

Toiduainete tehnoloogia

Kõrgkooliõpik

Eesti Maaülikool

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Väino Poikalainen, Vilma Tatar, Katrin Laikoja,
Anna Traksmaa, Katrin Laos, Lembit Lepasalu, Riina Soidla,
Helena Andreson, Kristiina Veri, Tauno Mahla

Toiduainete tehnoloogia

Kõrgkooliõpik

Koostaja

Vilma Tatar

Tartu 2017

Koostaja: Vilma Tatar

Autorid: Väino Poikalainen, DSc, Teadus ja Tegu OÜ
Vilma Tatar
Katrin Laikoja
Anna Traksmaa (TTÜ)
Katrin Laos (TTÜ)
Lembit Lepasalu
Riina Soidla
Helena Andreson
Kristiina Veri
Tauno Mahla

Joonised: Risto Iljas

Retsensendid: Urmas Sannik PhD
Raivo Vokk

Toimetajad: Vilma Tatar
Lembit Lepasalu
Väino Poikalainen

Keeletoimetaja: Mare Kalda

Kujundus ja küljendus: Audiomeister OÜ

Copyright ©
Eesti Maaülikool ja autorid

www.emu.ee
Eesti Maaülikool
EMÜ Estonian University of Life Sciences

Kirjastaja: Audiomeister OÜ

ISBN 978-9949-88-234-2

Ilmunud riikliku programmi „Eestikeelsed kõrgkooliõpikud 2013-2017” toetusel. Käesoleva õpiku väljaandmist toetasid Haridus- ja Teadusministeerium ja SA Archimedes.

HARIDUS- JA TEADUSMINISTEERIUM

ARCHIMEDES

Sisukord

SISSEJUHATUS 11
1. TOIT JA TOIDUVALDKOND 13
1.1. Toiduvaldkond ja toidu tooteahel 13
1.2. Toidu tooteahela funktsioonid 16
1.3. Toidu tooteahelat abistavad lülid ja nende funktsioonid . . . 19
1.4. Riskid ja jälgitavus toidu tooteahelas 26
1.5. Toiduohutuse tagamine (ettevõtte enesekontroll, riiklik järelevalve) 30
1.6. Toiduvaldkonna tugi- ja abisfäär 33
1.7. Toiduainete tehnoloogia ja selle seos toiduteadusega 40
2. TOITAINED JA NENDE PÕHIOMADUSED 47
2.1. Vesi 50
2.2. Süsivesikud 52
2.2.1. Monosahhariidid 53
2.2.2. Disahhariidid 62
2.2.3. Polüsahhariidid 66
2.3. Rasv ja rasvained ehk lipiidid 72
2.3.1. Lihtlipiidid 76
2.3.2. Komplekslipiidid 79
2.3.3. Rasva satelliitained 80
2.3.4. Lipiidide laguproduktid 81
2.4. Valgud 82
2.5. Vitamiinid 95
2.6. Mineraalained 102
3. TOIDUTOORME JAOTUS, KOOSTIS JA STRUKTUUR 111
3.1. Taimne toore 111
3.1.1. Lühiülevaade taimede ehitusest ja elutegevusest 112

3.1.1.1. Taimerakk ja selle funktsioonid 112
3.1.1.2. Taimekoed 117
3.1.1.3. Taimeorganid 126
3.1.1.4. Taime areng ja kasv 140
3.1.1.5. Taimede ainevahetus 143
3.1.2. Taimse toorme põhilised koostisosad ja toitaine sisaldus 146
3.1.2.1. Taime primaarsed metaboliidid 147
3.1.2.2. Taime sekundaarsed metaboliidid 155
3.1.2.3. Taimede koristusjärgne hingamine. 160
3.1.2.3.1. Klimakteerne hingamine. 162
3.1.3. Toormerühmade koristusjärgse säilitamise erisusi . . 165
3.1.4. Näiteid toidutaimedest 167
3.1.4.1. Teraviljad 168
3.1.4.2. Kaunviljad. 171
3.1.4.3. Mugulviljad. 173
3.1.4.4. Juurviljad 176
3.1.4.5. Aedviljad 178
3.1.4.6. Õlikultuurid 180
3.1.4.7. Maitsetaimed – eeterlike õlide kultuurid 182
3.1.4.8. Suhkrukultuurid. 187
3.1.4.9. Puuviljad 188
3.1.4.10. Marjad. 192
3.1.4.11. Pähklid. 195
3.2. Loomne toore 201
3.2.1. Piim. 201
3.2.1.1. Piima keemiline koostis 201
3.2.1.2. Piima omadused 212
3.2.1.3. Piima kvaliteet 218

3.2.2. Muna 223
3.2.2.1. Muna keemiline koostis 225
3.2.2.2. Muna tehnoloogilised omadused 228
3.2.2.3. Muna kvaliteet 232
3.2.3. Liha 237
3.2.3.1. Liha mõiste ja jaotus 237
3.2.3.2. Liha morfoloogia 238
3.2.3.3. Liha keemiline koostis 241
3.2.3.4. Liha kvaliteet 245
3.2.4. Kala 255
3.2.4.2. Lühiülevaade kalade anatoomiast ja morfoloogiast 257
3.2.4.3. Kala kvaliteet 261
4. TOIDUAINETE TEHNOLOOGIA ALUSPROTSESSID JA NENDE SEIRE 271
4.1. Füüsikalised alusprotsessid 271
4.1.1. Agregaatolekuga seotud füüsikalised protsessid 279
4.1.2. Kuivatamine 299
4.1.3. Destillatsioon 301
4.1.4. Ekstraktsioon. 303
4.1.5. Filtreerimine 307
4.1.6. Termiline töötlemine 307
4.1.7. Segamine 311
4.1.8. Peenestamine 313
4.2. Keemilised alusprotsessid 319
4.2.1. Hüdrolüüs 319
4.2.2. Hüdrogeenimine ja ümberesterifitseerimine 322
4.2.3. Oksüdatsioon 324
4.2.4. Ensümaatilised protsessid 328

4.2.5. Karamelliseerumine ja Maillardi reaktsioonid 349
4.2.6. Kliisterdumine 350
4.3. Mikrobioloogilised protsessid 357
4.3.1. Mikroorganismide nomenklatuur 357
4.3.2. Bakterirakud 359
4.3.2.1. Olulisemad bakterid toiduainetetööstuses 362
4.3.3. Pärm- ja hallitusseened 367
4.3.4. Mikroobide metabolism 370
4.3.4.1. Toitainete transport rakku 371
4.3.4.2. Energia talletamine 373
4.3.4.3. Metabolismi tüübid 374
5. TOIDUAINETÖÖTLUSE SEADMETE ÜLDINE EHITUS JA TÖÖPÕHIMÕTE 391
5.1. Masinad ja tootmine 391
5.1.1. Masinaelemendid 393
5.1.2. Ajamid, määrimine ja ülekanded 397
5.2. Tooraine varumise seadmed 402
5.2.1. Piima tsisternautod 402
5.2.2. Jahu tsisternautod 403
5.2.3. Tooraine vastuvõtuseadmed 404
5.3. Sisetranspordi seadmed 406
5.3.1. Mehhaanilised transpordiseadmed 407
5.3.2. Gravitatsioon transpordiseadmed 411
5.3.3. Pneumaatilised transpordiseadmed 412
5.4. Torustik ja armatuur 414
5.5. Pumbad 420
5.6. Mahutid 425
5.7. Separaatorid 429
5.8. Termilise töötlemise seadmed 435

6. TOIDUAINETE TEHNOLOOGIAD 445
6.1. Pagari- ja kondiitritoodete tehnoloogia 445
6.1.1. Leivatoodete tootmise põhietapid 446
6.1.1.1. Toorained ja nende roll leivavalmistamisel 447
6.1.1.2. Taigna valmistamine ja küpsetamine 463
6.1.2. Rukkileiva tehnoloogia 470
6.1.3. Valikpagaritoodete tehnoloogia 480
6.1.3.1. Erinevatest taignatest valmistatud tooted 481
6.1.3.2. Külmutatud valikpagaritoodete tehnoloogia . . . 488
6.1.4. Pagaritoodete defektid, valmistamisel tekkivad vead ja nende kõrvaldamisvõimalused 492
6.1.5. Suhkruliste kondiitritoodete tehnoloogia 496
6.1.5.1. Karamell 496
6.1.5.2. Iirised 498
6.1.5.3. Pähklitäidisega kompvekid 500
6.1.5.4. Martsipan 500
6.1.5.5. Pumat 502
6.1.6. Šokolaaditehnoloogia 504
6.2. Jookide tehnoloogia 515
6.2.1. Alkoholivabade jookide tehnoloogia 515
6.2.2. Õlletehnoloogia 519
6.2.3. Siidritehnoloogia 538
6.2.4. Veinitehnoloogia 555
6.2.5. Kangete alkohoolsete jookide tehnoloogia 558
6.2.5.1. Piiritus 558
6.3. Taimsete toiduõlide ja –rasvade tehnoloogia 563
6.3.1. Toiduõli valmistamise etapid ja põhiprotsessid 565
6.3.2. Külmpressõli tehnoloogia 568
6.3.3. Kuumpressõli tehnoloogia 573

6.3.4. Õlide fraktsioneerimine, hüdrogeenimine ja modifitseerimine 585
6.4. Suhkrutehnoloogia 589
6.5. Piimatehnoloogia 595
6.5.1. Täispiimatoodete tehnoloogia 595
6.5.1.1. Joogipiim 595
6.5.1.2. Rõõsk koor 600
6.5.1.3. Hapupiimajoogid 600
6.5.2. Hapukoore tehnoloogia 610
6.5.3. Kohupiima ja kohupiimatoodete tehnoloogia 611
6.5.3.1. Kohupiima liigid 611
6.5.3.2. Kohupiima valmistamine happe-laabimeetodil . . 612
6.5.3.3. Kohupiima valmistamine happemeetodil 615
6.5.3.4. Kohupiimapasta tootmine kohupiimaseparaatoriga 615
6.5.4. Jäätisetehnoloogia 619
6.5.4.1. Jäätisesegu komponendid 620
6.5.4.2. Jäätise valmistamine 622
6.5.5. Juustutehnoloogia 629
6.5.5.1. Juustude klassifikatsioon 629
6.5.5.2. Piima vastuvõtmine 630
6.5.5.3. Juustupiima ettevalmistamine 630
6.5.5.4. Juustupiima eeltöötlemine 631
6.5.5.5. Juustupiima kalgendamine 632
6.5.5.6. Kalgendi lõikamine ja tera töötlemine 635
6.5.5.7. Tera vormimine ja eelpressimine 637
6.5.5.8. Pressimine 639
6.5.5.9. Soolamine 639
6.5.5.10. Juustu pinna katmine 640

6.5.5.11. Juustude valmimine 641
6.5.6. Või ja võiderasvade tehnoloogia 645
6.5.7. Kondenspiimatoodete tehnoloogia. 655
6.5.7.1. Suhkruga kondenspiim 656
6.5.8. Piimapõhiste pulbrite tehnoloogia. 659
6.5.8.1. Täispiima- ja lõssipulber 660
6.6. Lihatehnoloogia 667
6.6.1. Tapatehnoloogia 667
6.6.2. Lihatoodete tehnoloogia 681
6.6.2.1. Keeduvorstid 687
6.6.2.2. Suitsuvorstid 692
6.7. Kalatehnoloogia 709
6.7.1. Kala eeltöötlemine. 709
6.7.2. Kalahakkliha ja kalalihamassi valmistamine 712
6.7.3. Kala külmtöötlemine. 715
6.7.4. Kala soolamine 719
6.7.5. Kala kuivatamine 724
6.7.6. Kalatoodete valmistamine 729
LÕPPSÕNA 747
MÄRKSÕNADE REGISTER 749




Safeline

SISSEJUHATUS

Toiduainetööstus annab suure osa Eesti rahvuslikust koguproduktist ja on toidu tooteahelas (toore-töötlemine-turustus) kõige olulisemaks lisandväärtuse loojaks. Sellele vaatamata puudub senini eestikeelne toiduainete tehnoloogia kõrgkooliõpik, mis sisaldaks süsteemselt esitatud baasteadmisi:

- loomse- ja taimse toorme omadustest, koostisest jms,
- toidutoorme töötlemise füüsikalis-keemilistest ja bioloogilistest põhiprotsessidest,
- olulisemate toiduainete tehnoloogiatest.

Eestikeelne toiduainete tehnoloogia õppekirjandus on senini lünklik, käsitleb eraldi kitsaid teemasid ega moodusta ühtset tervikut. See asjaolu raskendab üliõpilaste õppetööd, spetsialistide täiendkoolitust ja üldiste töötlemispõhimõtete tutvustamist ka laiemalt toidu tooteahelas.

Koostatud õpik on mõeldud eelkõige toiduainete tehnoloogia alaste baasteadmiste omandamiseks bakalaureuseõppes, olles edaspidi aluseks praktiliste õppevormide (labortööd, praktikumid) ning erinevate e-õppe materjalide, õppevideote jms süsteemsel väljatöötamisel. Õpiku olemasolu võimaldab suurendada toiduainete tehnoloogia bakalaureuseõppe üliõpilaste iseseisva töö mahtu ja muuta kogu õppeprotsessi efektiivsemaks.

Selleks, et toiduainete valmistamine toimuks efektiivselt, on vajalik tunda nii toidutoorme koostist ja omadusi kui võimalikke töötlemise meetodeid ja tehnilisi lahendusi. Seetõttu on õpik vajalikuks infoallikaks ka toiduainetetööstustele, kuna toiduainete töötlemine (tehnoloogia) on suhteliselt keeruline, mitmekülgseid baasteadmisi eeldav valdkond.

Peale selle aitab õpik juurutada ühtset eestikeelset erialaterminoloogiat. Ühtlasi leiavad siit kasulikku infot vastavad huvirühmad ja igasugused toiduainete tarbijad kui toidu tooteahela sihtgrupid.



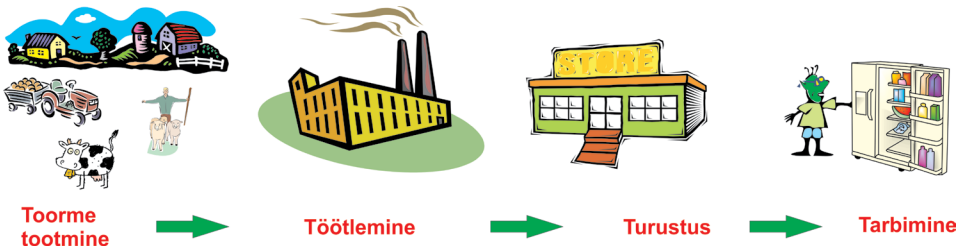


1. TOIT JA TOIDUVALDKOND

Väino Poikalainen

1.1. Toiduvaldkond ja toidu tooteahel

Levinud ütlus: „Toit tuleb põllult/laudast“ vastab tõele vaid tinglikult, sest laudast ja põllult, harvemini ka loodusest (metsast) saame me tegelikult toidutooret. Toit on see, mida me sööme. Toitu aga valmistatakse enamasti poest, turult või mujalt soetatud toiduainetest. Teatud juhtudel võib toiduaineks olla ka töötlemata toidutoore, kuid põhiosa toiduainetest valmistatakse loomsest ja taimsest toormest selleks spetsialiseerunud tööstusettevõtetes, kasutades erinevaid tehnoloogiaid (piimatoodete, lihatoodete, joogitoodete, pagaritoodete, kondiitritoodete jne tehnoloogiad). Eelöeldut kokku võttes võime rääkida toidu tooteahelast, mille sisendiks on põllumajanduslik või looduslik toidutoore ja väljundiks inimestele eluliselt vajalik toit, mida tarbitakse kodus, restoranis, reisil või piknikul viibides, sageli ka muude toimingute kõrval (**joonis 1.1**).



Joonis 1.1. Toidu tooteahela põhilülid

Toidust saab inimene ainevahetuseks vajalikke toitaineid (süsivesikuid, rasvu, valke, vitamiine, mineraalaineid), ilma milleta pole inimeksistents mõeldav. Lisaks eksistentsiaalsele tähtsusele on toidul ka oluline roll inimeste kui sotsiaalsete olendite omavahelisel läbikäimisel, kultuuriliste elamuste ja naudingute pakkujana. Elanike toiduga kindlustamisel on vajalikud kõik toidu tooteahela põhilülid: toidutoorme tootmine, toiduainete valmis-

tamine, nende turustamine ja toiduvalmistamine (mida ka kokandusena tuntakse). Seejuures peaks arvestama sellega, et rahvusvaheliselt levinud termini – *food* (ingl keeles „toit“) – tähendus sõltub sageli kontekstist ning seda võidakse kasutada üldistavalt nii toidutoorme, toiduaine kui toidu mõttes. Eesti keeles on sõna „toit“ kasutamine toidutoorme või toiduaine tähenduses eksitav ning toiduala terminoloogias tuleks kindlasti teha selget vahet toidutoormel, toiduainel, toidul ning toitainel. Toidu tooteahelat aga ei tohiks segi ajada toiduahelaga, mis on ökoloogiline mõiste ning lihtsustatult tähendab looduses valitsevat järjestust, kellest keegi toitub (hiir on taimetoiduline – rebane sööb hiiri – hunt rebast vms).

Toiduvaldkonna all mõistetakse märgatavalt enamat kui toidu tooteahelat, mis küll moodustab valdkonnas keskse struktuuri (**joonis 1.2**). Kuna toit on elulise tähtsusega, siis pööratakse toiduga seonduvale ühiskonna kõikidel tasanditel, riiklikult ja rahvusvaheliselt erilist tähelepanu. Sellest tulenevalt on moodustunud toidu tooteahela ümber kaks olulist täiendavat struktuuri, mida võiks defineerida tugi- ja abisfääriks.



Joonis 1.2. Toidu tooteahela põhilülid ja alusfunktsioonid.

Tugisfäär koosneb valdkondliku administreerimise ja koolitusega tegelevatest üksustest. Nendeks on riiklikud institutsioonid (koos vastavate regulatsioonide, seadusloome, andmebaasidega jms) ning mitmesugused

õppeasutused. Abisfäär moodustub valdkonda toetavatest üksustest. Nendeks on näiteks erialased omaalgatuslikud organisatsioonid ja ühendused, mis edendavad koostööd ahela lülide sees, nende vahel ja seovad toidu tooteahelat tarbijaskonnaga.

Tugisfääri seadusandlus ja riiklikud organisatsioonid on seejuures hierarhilise ülesehitusega ning toimivad toetudes käskudele, keeldudele ja lubadele. Suurt osa toiduvaldkonna tegemistest ja järelevalvest korraldab vastav ministeerium (Eestis – Maaeluministeerium), kus on selleks olemas toidutoorme tootmise, töötlemise ning toidukaupade turustamise koordineerimiseks vastavad osakonnad. Sama ministeeriumi vastutusalasse kuuluvad ka järelevalvet ja valdkonnas toetusi jagavad riiklikud ametid (Eestis näiteks Veterinaar- ja Toiduamet või Põllumajandusregistrite ja Informatsiooni Amet).

Toidualast kutseharidust juhitakse samuti riiklikult, kuigi õppekorralduse osas on koolidele antud ka teatud iseotsustamise võimalusi. Kõrgharidusõpet saab ülikool (kõrgkool) läbi viia autonoomselt, ilma otsese riikliku sekkumiseta. Kui aga õppekava on akrediteeritud, siis antakse tulemuslepingu alusel vastava õppe korraldamiseks ka riigi toetust. Nii kutse- kui ülikooliõpet koordineerib Eesti Haridus- ja Teadusministeerium (HTM), kes ühtlasi toetab ülikoolides tehtavat teadustööd. Õpi- ja teaduskeskkonna arendamist Eestis suunatakse HTM haldusalasse kuuluva sihtasutuse (Archimedes) kaudu. Üldjuhul toimub selline toetamine projektipõhiselt.

Mitteadministratiivse abisfääri moodustavad erialased ja omaalgatuslikud organisatsioonid pole hierarhilistes seostes, vaid töötavad vaba koostöö põhimõtetele tuginedes. Nii näiteks koordineerivad loomakasvatajad loomaliigiti moodustatud seltside abil tõuaretust, taimekasvatajad sordiaretust ja selle tulemuste praktilist rakendamist, toiduainetööstused on oma huvide kaitseks ühinenud Toiduainetööstuste Liiduks, spetsialistid erialaseltsidesse, turustajad Põllumajandus-Kaubanduskotta jne. Peale selle on olemas mitmesuguseid organisatsioone, kes seisavad tarbijate huvide ja toiduohutuse kaitsel (näit Tarbijakaitse Liit). Toiduvaldkonna institutsionaalne

ja organisatsiooniline struktuur Eestis järgib üldjoontes Euroopa Liidus ja teistes maailma arenenud piirkondades välja kujunenud ülesehitust.

1.2. Toidu tooteahela funktsioonid

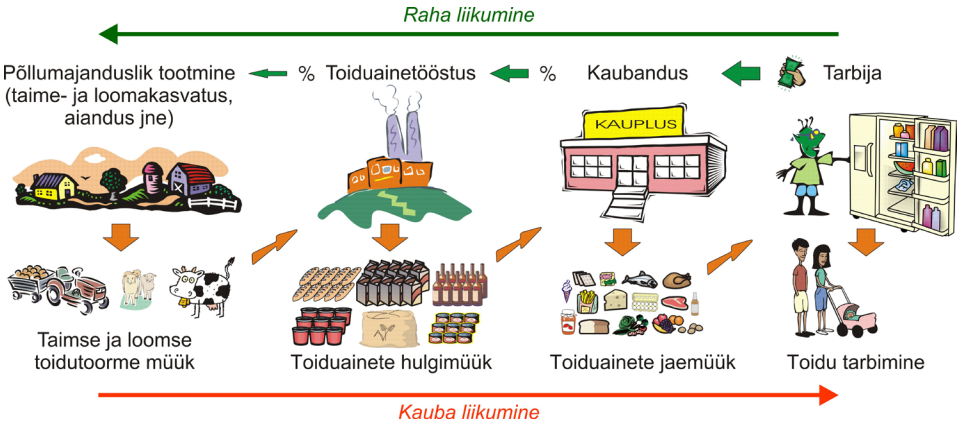
Toidu tooteahela lülide põhitegevusteks on toorme tootmine (või kogumine), toorme töötlemine toiduaineteks, toiduainete turustamine ja toiduainete tarbimine. Sageli kasutatakse tooteahela kohta ka toidu väärindusahela nimetust, millega rõhutatakse väärtuse lisandumist ahela eri lülides. Kauba liikumine toorme tootjalt töötlejani ning sealt edasi läbi kaubanduse tarbijani, on siiski vaid üks kahest toidu tooteahela alusfunktsioonist. Kaubaks on seejuures nii toore, toiduained kui toit (juhul kui seda ostetakse valmis kujul või tarbitakse toitlustusettevõttes). Igas ahela lülis lisandub sellele teatud täiendav väärtus kvaliteedi, kättesaadavuse, ohutuse, või muude omaduste paranemisena.

Väärindamise käigus saab näiteks toidutoore toiduainetööstuses töötlemisel lisandväärtuse, mis sageli ületab kordades toorme enda maksumuse. Tööstuslikult valmistatakse toiduaineid hulgi ehk tööstuslikes kogustes. Hulgikaubana neid toiduainetööstusest turustataksegi, eelkõige kauplustele, kuid küllalt suurtes kogustes müüakse ka toitlustusettevõtetele, toiduladudele, sõjaväele jt rohkearvulise liikmeskonnaga riiklikele struktuuridele või organisatsioonidele. Kaubanduses loodavaks põhiliseks lisandväärtuseks on toiduainete sobivas pakendis, koguses ja komplektsuses kättetoimetamine tarbijale jaemüügi abil (**joonis 1.3**). Suurkauplustes ja kaubanduskeskustes võib toimuda ka ümberpakendamine, toiduvalmistamine jms. Kuigi kaubandus müüb toiduaineid elanikkonnale eelkõige jaemüügi korras, turustab osa kauplustest (eriti kaubanduskeskused) neid ka hulgi (näiteks suurtele toitlustusettevõtetele), sageli mitmest toiduainest koostatud komplektidena.

Teiseks tooteahela alusfunktsiooniks on kaubaga vastassuunas toimuv raha liikumine, millega arveldatakse lülide vahel väärindamise käigus tek-

kiva lisandväärtuse eest. Lülide vaheliste arvelduste vastavusest väärtuse tegelikule lisandumisele kauba liikumise käigus, sõltub kogu toidu tooteahela jätkusuutlikkus. Kui üldised kulud toidu tooteahela ülalpidamiseks ületavad tarbija valmisolekut nende eest tasuda, siis ahel hääbub.

Lülidevahelised ebakõlad aga põhjustavad tõrkeid koostöös. Näiteks kaubanduse püüded oma kasumit liigselt suurendada toiduainete hulgiostu hinna allasurumisega vähendavad toiduainetööstuse sissetulekut. Samas,



Joonis 1.3. Toidu tooteahela põhilülid ja alusfunktsioonid.

kui toiduainetööstus taotleb täiendavat kasu toormehinna ülemäärase alandamisega, siis on kannatajaks pooleks põllumajanduslik tootmine. Mida läbipaistvam on lisandväärtuse teke, seda suurem on usaldusväärsus tooteahela lülide vahel ning seda võimekamaks ja elujõulisemaks muutub kogu ahel. Soodustavateks teguriteks on seejuures ühtse katusorganisatsiooni olemasolu või ahela lülide kuulumine ühele omanikule või omanike ringile. Paljudes arenenud riikides on väga levinud kooperatiivne omandisuhe, kus toidutoorme tootjad tegutsevad ühistuna, kellele kuulvad ka vastavad toiduainetööstused. Siis on võimalik rakendada ühtset arendusstrateegiat ning välja töötada mehhanisme kriisolukordade leevendamiseks või isegi vältimiseks. Niisuguste organisatsiooniliste struktuuride olemasolu loob ühtlasi hea aluse kogu toiduvaldkonna jätkusuutlikuks arenguks.

Mõlemad alusfunktsioonid (kauba ja raha liikumine) toetuvad tarbijale, kes on toidu tooteahela viimaseks lüliks. Tema vajaduste rahuldamiseks kogu tooteahel funktsioneeribki ning tarbija peab tooteahelat majanduslikul üleval. Ta maksab oma rahaga kinni kõikide tooteahela lülide tegevuse ehk igas lülis tekkiva lisandväärtuse. Samuti tasub tarbija kaudselt paljude toiduvaldkonna abifunktsioonide eest, mis kindlustavad toiduohutuse, lülidevahelise logistika jms. Isegi siis, kui mingi ahela osa funktsioneerimist toetatakse riiklikult või Euroopa Liidu eelarvest, tulevad selleks vajalikud vahendid ikkagi tarbija taskust, sest kogu makse maksev elanikkond (kellele lisanduvad ülalpeetavad) on ühtlasi toidu tarbijateks.

Seega jõuab toit meie lauale üpriski keeruka tooteahela kaudu, mida tarbija oma rahakotiga igapäevaselt käigus hoiab. Kui tarbija otsustaks loobuda toiduainete ostmisest, seiskuks kogu tooteahel. Ilma toiduta aga keegi meist hakkama ei saa, mistõttu toidu tooteahelaga seotud ettevõtlus kuulub kõige püsivamate ettevõtlusvormide hulka üldse. Kuigi tarbija maksab toiduainete eest kaubandusettevõttele, mõjutavad tema eelistused poest sisseoste tehes otseselt ka tooteahela kahte esimest lüli: toorme tootmist ja toiduainetööstust. Tarbija eelistustest oleneb, millest ja milliseid toiduaineid valmistatakse, missugune peab olema nende kvaliteet, sageli isegi tehnoloogiad, mida rakendatakse toorme tootmiseks ja töötlemiseks jms.

Toidu tooteahelaid eristatakse omavahel eelkõige toormepõhiselt. Tuntuimateks loomseteks tooteahelateks on piimaahel, munaahel, kalaahel, lihaahel, mis omakorda liigituvad spetsiifilisteks osadeks, nagu sealiha, veiseliha, küülikuliha jne ahelateks. Põhilisteks taimseteks toidu tooteahelateks on teraviljaahel, õlikultuuride ahel, kartuliahel, puuviljaahel, aed- ja juurviljaahel (kurgiahel, kõrvitsaahel jne). Teraviljaahela töötlev osa võib omakorda koosneda mitmest lülist: jahusid ja tangaineid tootvast veskist ning neist vastavaiks toodeteks väärindavatest pagari-, kondiitri-, makaroni- jm tööstustest. Olenevalt põllumajandusliku tootmise viisist võidakse eristada veel tava- ja eritooteahelaid (mahepiima ahel, heaolukanade munaahel vms).

1.3. Toidu tooteahelat abistavad lülid ja nende funktsioonid

Toidu tooteahela abistavate lülide olemasolu tuleneb eelkõige vajadusest kindlustada tooteahela alusfunktsioonid: kauba liikumine ja selle eest tasumine. Kauba liikumiseks vajatakse transporti, mille ratsionaalne kasutamine tagatakse logistiliste meetmetega. Tasumiseks vajalike arvelduste tegemine tagatakse infovahetusega vastavate tooteahela lülide vahel ning tarnelepingutega, milles kauba maksumuse määravad kogus ja kvaliteedinäitajad. Arveldused toimuvad eelkõige panganduse vahendusel jooksvalt või lepinguga kokku lepitud perioodide kaupa. Sularahaarveldust tuleb tänapäeval ette suhteliselt harva. Logistikas toorme tootja ja töötleja ning töötleja ja kaubanduse vahel on seejuures märgatavaid erinevusi.

Tooret tootvatest ettevõtetest toimub kaubavedu tööstusse spetsialiseeritud veokitega, mis peavad vastama kindlatele tingimustele. Kuna näiteks piima ei saa laudas kaua säilitada, siis tuleb seda kokku vedada igapäevaselt või üle päeva. Selleks rakendatakse suhteliselt suure mahutavusega tsisternautosid, kuhu võidakse paigutada mitme erineva lauda piim. Sellest tulenevate täiendavate riskide maandamiseks on piimaveole ja -veokitele kehtestatud ranged hügieenitaset ja kvaliteeti tagavad nõuded. Veokites peavad olema ühtlasi võimalused vastuvõetava piimakoguse määramiseks, piimaproovide võtmiseseks ja nende säilitamiseks. Kokkuveo hõlbustamiseks on kaasaegsed veokid varustatud veel täiendavate infotehnoloogiliste vahenditega marsruudi jälgimiseks, koguste registreerimiseks, lauda identifitseerimiseks jms.

Loomade veoks tuleb samuti kasutada spetsialiseeritud transpordivahendeid, millele on kehtestatud kindlad nõuded ohutuse ja loomade heaolu tagamiseks teatud tasemel. Lisaks sellele on kehtestatud spetsiaalsed regulatsioonid marsruudi pikkuse ja selle etappide kestvuse kohta. Vähem on reguleeritud taimse toorme kokkuvedu tööstusesse. Taimset tooret võidakse kokku vedada ka vahepealseks ladustamiseks, näiteks juur- ja puuvilja viiakse reguleeritava sisekliimaga hoidlatesse, teravilja elevaatoritesse jne.

Kui loomade ja piima veol on keelatud sama transpordivahendi kasutamine (mh ka erinevate loomaliikide vedu samas veokis), siis taimse toorme puhul on selliseid piiranguid oluliselt vähem. Küll aga peavad kõik veokid tagama toidutoorme ohutuse. Seejuures võib toorme tootja ja toiduainetööstuse vahel sõlmitud tarnelepingutega olla kehtestatud veel teatud täiendavad piirangud või lisatingimused.

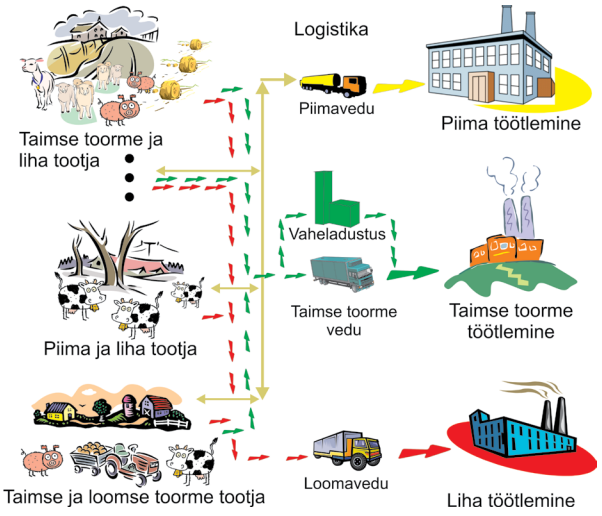
Erinõuetele vastavate transpordivahendite kõrge maksumuse tõttu püütakse nende kasutamist muuta võimalikult efektiivseks. Selle juures on kõige olulisemaks eesmärgiks vähendada läbisõitu, võttes arvesse ka teeolusid, töökorraldust nii põllumajandusettevõttes kui toiduainetööstuses jms. Näiteks halvematel teedel sooritatavaid vedusid püütakse planeerida väiksema koormakaaluga, suurematesse piimalautadesse sõidetakse üldjuhul siis, kui lüps on eeldatavasti lõppenud, sigadele minnakse järele pärast nuumaperioodi lõppemist jms.

Suhteliselt keerukas on logistika piimaveol, mida tuleb sooritada regulaarselt ja ühte veokisse koguda mitme erineva tootja tooret, samas aga pidada iga piimamüüja kohta eraldi arvestust.

Sellisel juhul on põhiliseks transpordikulude vähendamise mooduseks läbimõeldud marsruutide ehk nn varumisringide kasutamine (**joonis 1.4**).

Mõjutegurite paljusus teeb varumisringi ja selle ajagraafiku planeerimise küllaltki tülikaks, mistõttu selleks on üha enamhakatud rakendama spetsiaalseid infotehnoloogilisi tarkvaralahendusi. Samas peab aga süsteem jääma paidlikuks ootamatuste ilmnemisel kokkuveo käigus. Taimse toorme varumine toimub Eestis hooajaliselt ja enamasti ühekordse või korduva otseveona toorme tootjalt tööstusse või vaheladustamiseks. Loomade vedu on eelkõige perioodiline, kuid jaotatud erinevate loomakasvatusettevõtete vahel. Toorme kokkuveoga tööstusse võivad tegeleda nii tootja kui töötleja. Kuna aga selleks on vaja spetsiifilisi veovahendeid ja logistika-alaseid oskusi, siis põhimahus osutavad vastavat teenust spetsialiseerunud logistika- ja transpordiettevõtted.

Toorme müüja ja töötleja vaheliste arvelduste tegemiseks vajatakse jooksvalt teavet iga toormepartii koguse ja kvaliteedi kohta. Koguseid mõõdetakse sageli kummagi osapoole (tootja ja töötleja) vahel vastavalt sõlmitud tarnelepingule. Kvaliteet on kompleksne mõiste, mille alla kuuluvad väga erinevad näitajad: toorme koostis, mikrobioloogilised näitajad, puhtus, temperatuur jm. Teatud juhtudel võidakse koostist käsitleda muudest kvaliteedinäitajatest ka lahusolevana. Müügitehingutes võetakse neist arvesse enamasti kõige olulisema(te) koostisosa(de) sisaldus (teraviljal näiteks kuivaine-, valgu-, gluteenisisaldus, rapsil kuivaine-, õli-, eruukhappe sisaldus). Kvaliteedi hindamist võidakse seejuures osutada teenusena sõltumatus laboratooriumis. Niisugust moodust rakendatakse eelkõige piima varumisel, kus laudast piimaautosse pumbatava koguse mõõtmisega samaaegselt võetakse toormepartiist piimaproov (**joonis 1.5**). Sellest määratakse hiljem piima kvaliteedinäitajad (mh rasva-, valgu-, somaatiliste rakkude sisaldus, mikroobide sisaldus jms) sõltumatus piimaanalüüside laboratooriumis. Eestis on selline laboratoorium Jõudluskontrolli Keskuse juures.

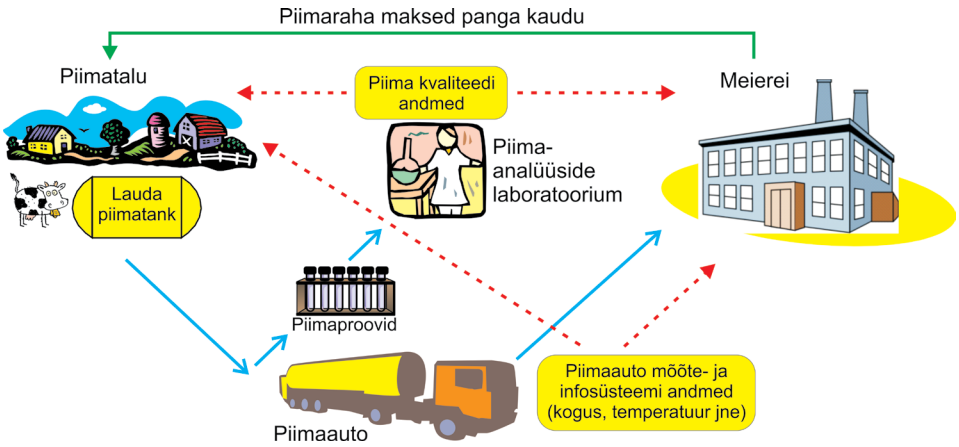


Joonis 1.4. Toorme transport tööstustesse: piima kogutakse varumisringil ühe veokiga mitmelt tootjalt regulaarse otseveo korras; loomade vedu on perioodiline ja taimset tooret kogutakse hooajaliselt (sageli vaheladusid kasutades)

Lisaks toorpiimaga tehtavate tehingute eest maksmisele, on kvaliteeti vaja teada veel tootmis-tehnoloogiliseks seireks, juhtimiseks, tootja ning töötleja vaheliste vaidluste lahendamiseks vms. Maksumuse arvutamisel kasutatakse põhinäitajana piima kogust, mille ühe ühiku (kilogrammi) hind kujuneb eelkõige rasva- ja valgusisalduse põhjal (**joonis 1.6**). Tööstuses

vastuvõetud piima eest tasutakse pangaülekandega meierei arvelt piimatootja arvele. Teatud kvaliteedinäitajate, näiteks antibiootikumide või muude pidurdusainete jääkide esinemine piimas, võib olla aluseks selle tagastamisele piimatootjale ja edaspidiste sanktsioonide rakendamisele tema vastu. Niisugused eritingimused koos kvaliteedi ja koguse andmete kasutamisega on täpsemalt määratletud ostu-müügi-lepingutega.

Kuigi ka muude toormete (taimne toore, lihatoore) ostu-müügitehingud toimuvad samuti koguse ja kvaliteedinäitajate alusel, määratakse mõlemad näitajad peamiselt tooret ostvas ettevõttes. Teatud spetsiifilistel juhtudel võidakse kvaliteeti hinnata tellitava teenusena. Loomade ostul lähtutakse koguse mõõtmisel eelkõige nende rümbakaalust. Kvaliteeti aga hinnatak-

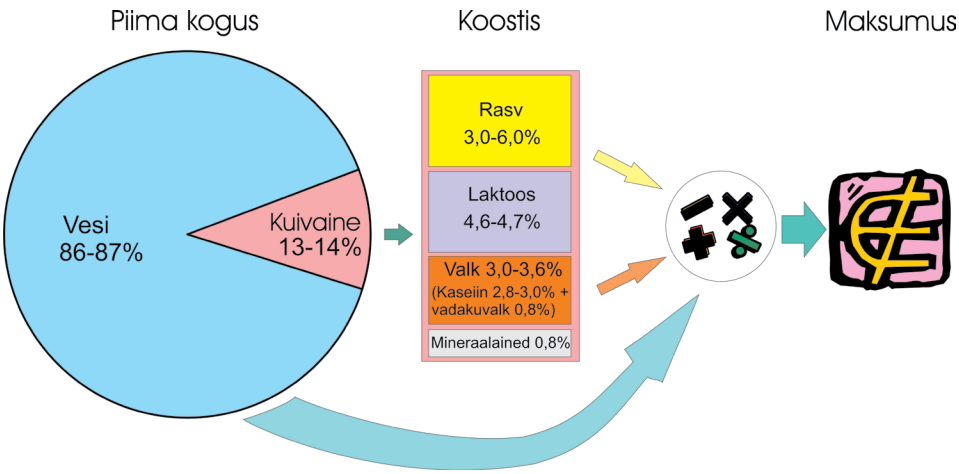


Joonis 1.5. Toorpiima eest tasumiseks kasutatavate andmete kogumine ja kasutamine.

se kas visuaalselt või registreerides rasv-, lihas- ja sidekoe osa lihakehas (rümbas) ning määrates liha muid parameetreid (pH, tilkumiskadu jms). Näiteks sigade algtöötluse järgselt peetakse kõige olulisemateks kvaliteedi näitajateks tailiha ja rasvakoe sisaldust ning liha pH-d.

Seoses rahvusvaheliste kaubandussuhete laienemisega on osa toiduainetööstustest hakanud kasutama omamaise kõrval ka imporditavat tooret. Eestis on küllalt levinud näiteks täiendav lihatoorme sisseost. Õlletoormest imporditakse peaaegu kogu õlleoder (või linnased) ja humal teistest EL riikidest, omamaine on peamiselt vesi. Ka karastusjookide tootmisel

kasutatavad mahlakontsentraadid ostetakse sisse. Eesti toidutoormest aga eksporditakse teistesse riikidesse toorpiima, kartulit, mahevilja, metsaande. Toorme piiriülest kaubandust võimaldab vastavate kokkuostufirmade (näiteks metsamarjade, lihaloomade) ja suurte vahe- ning külmladude (näiteks lihakehade ja kala säilitamiseks) olemasolu. Teatud toormete jaoks moodustab vaheladustamine tooteahelas omaette lüli. Nii tegelevad elevaatorfirmad teravilja kokkuostu ja pikaajalise säilitamisega, juur- ja puuviljade ületalve säilitamiseks on loodud kontrollitud sisekliimaga hoidlaid jne. Nende juures võib seejuures olla korraldatud ka toorme eeltöötlus ning mõningane toiduainete valmistamine (näiteks jahude ja tangainete tootmine viljaelevaatorite juures).



Joonis 1.6. Toorme maksumuse kujunemine koguse ja koostise alusel toorpiima näitel.

Tööstustes valmistatavate toiduainete transpordi- ja logistikasüsteem erineb toorme varumisel kasutatavatest logistikasüsteemidest suurema mitmekülgsuse poolest. See tuleneb toiduainete ulatuslikumast nomenklatuurist, võrreldes toormega ning hulgi- ja jaekaubanduse eripäradest. Viimastel aastakümnetel on Eestis selles vallas toimunud ulatuslikud ja põhimõttelised muutused. Suure osa neist on tinginud kaubanduse konsolideerumine, eriti suurkaupluste, kaubanduskeskuste ja kaubanduskettide teke. Oma mõju on olnud ka toiduainetööstuste ning transpordi- ja logistikasüsteemide tehnilisel arengul. Varem korraldati toiduainete transpor-

ti tööstustest enamasti otse kauplustesse kas tööstuse turustusüksuse või vedusid korraldava ettevõtte vahendusel. Vedude efektiivistamisel tõi siis teatud murrangu kaasa unifitseeritud kaubaaluste kasutuselevõtt, mis võimaldas igasse kauplusesse müüdavaid toiduainete hulgikoguseid kokku pakendada ja sellega kiirendada mahalaadimist ning hõlbustada jälgitavust (**joonis 1.7**).

Nüüdseks rakendatakse suuremates ettevõtetes elektroonset tellimuste vastuvõttu ja arvete esitamist, automaatset kaubasaadetiste komplekteerimist, kaubaaluste automaatset identifitseerimist sihtkohtades, arvutiprogramme veoringide optimeerimiseks, GPSi-põhist marsruudijälgimist ning paljusid muid IT rakendusi. Pidevalt paranevad ka kaubaveoks rakendatavate transpordivahendite omadused, need on muutunud märgatavalt ökonoomsemateks, nende funktsionaalsus ning varustatus tööd ja seiret hõlbustavate vahenditega on paranenud.



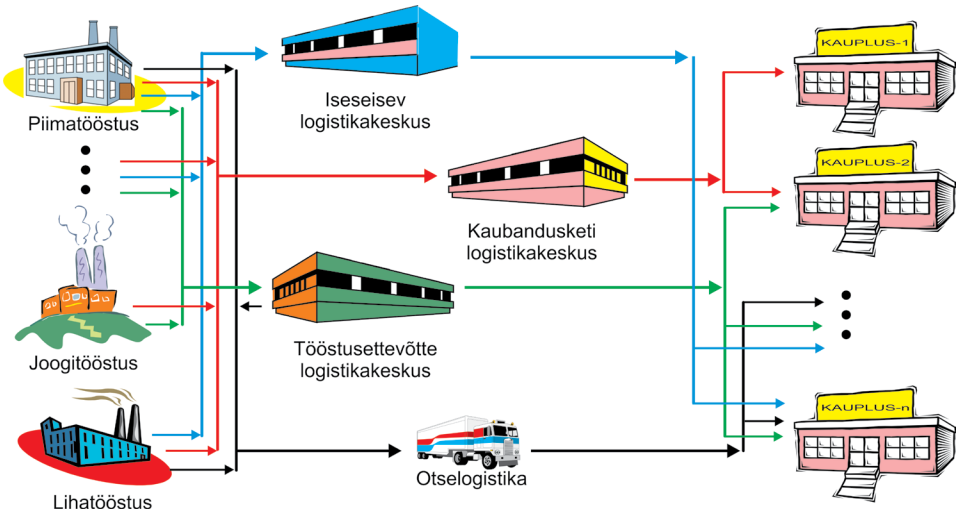
Joonis 1.7. Kaubaaluste komplekteerimine toiduainetööstuse väljastuslaos.

Otselogistikaga tegelevatele kaubaveo ettevõtetele on lisandunud veel mitut tüüpi logistikakeskuseid. Nende ülesandeks on vahendada varustussüsteemiga liitunud kaupluste tellimused erinevate toiduainete koguste kohta toiduainetööstustele või suurematele toiduaineladudele ühtseks tervikuks kokku koondatuna. Suurpakendis saabuvatest tööstuslikest kaubasaadetistest komplekteeritakse keskuses toiduained kaubaalustele juba tellimusi esitanud kaupluste kaupa ning transporditakse siis tellijaile. Vastavad keskused võivad olla kas iseseisvad, kuuluda toiduainetööstuse või kaubandusketi alluvusse (**joonis 1.8**).

Lisaks toidukaupade ladustamise, komplekteerimise ja laialiveo teenusele võidakse logistikakeskustes sooritada ka täiendavat töötlust (näiteks väikepakendust, teatud tööstuskaupade vahendust jms). Iseseisvatel logis-

tikakeskustel on lihtsam ühendada nii erinevat liiki tööstuste kui kaubandusettevõtete huve. Kõiki osapooli silmas pidades on kaupade ulatusliku nomenklatuuri korral selline logistika vorm efektiivne ja pikemas perspektiivis jätkusuutlik just suurte kaubamahtude varumisel ja sihtkohtadesse toimetamisel. Eesti väiksuse tõttu meil ülisuuri toiduainetega tegelevaid logistikakeskuseid pole loodud.

Kaubandusketile kuuluvasse logistikakeskusesse soetatakse toiduainetööstuste toodangut (ka piiritagust) kõigi ketti kuuluvate piirkondlike kaupluste tarbeks. See toimetatakse siis koos muu müüdavaga kauplustesse optimeeritud kaubaringide abil, kasutades vastavaid veovahendeid.



Joonis 1.8. Üldistav skeem logistika ja transpordi korralduse võimalustest toiduainetööstuse ja kaubanduse vahel.

Sellised logistikakeskused võivad rahvusvahelistes kaubanduskettides (näiteks *Carrefour* Prantsusmaal, *Lidl* Saksamaal, *Maxima* Baltimaades) moodustada omakorda võrgustikke ning sooritada ka piiriüleseid veoseid. Tööstusettevõttele kuuluvad logistikakeskused on spetsialiseerunud eelkõige oma ettevõtte (või kontserni) toodete laialiveole. Vajadus sellise järele tekib suurte tootmismahtude ja ulatusliku klientuuri korral.

Joogitööstused on ilmselt kõige enam konsolideerunud toiduainetööstuse ettevõtted, mis varustavad ulatuslikke piirkondi suhteliselt kitsa too-

dete nomenklatuuriga. Seetõttu moodustavad need ettevõtted üsna sageli enda juurde spetsialiseeritud ja väga suuri logistikakeskuseid, kust kaupa komplekteeritakse kogu riigi, ulatusliku regiooni või ka ülemaailmseks tarbeks (**joonis 1.9**).

Igal logistikakeskuse tüübil on oma eelised ja puudused, seetõttu sõltub logistika ja transpordi korraldus alati konkreetsest olukorrast ning omanike eelistustest. Lisaks toiduainete transportimisele peavad need lahendused tagama ka toiduohutuse, selle kontrolli, varustuskindluse ja muidugi arveldusteks vajalike andmete liikumise. Viimane sõltub omakorda paljuski omandi- ja lepingulistest suhetest ettevõtete vahel. Mida konsolideeritum on toiduainetööstus ja kaubandus, seda suuremad ja automatiseeritumad on vastavad logistikakeskused ning nendes kasutatavad IT-süsteemid.

1.4. Riskid ja jälgitavus toidu tooteahelas

Toidu tooteahelas võivad ilmneda mitmesugused tarne- ja ohuriskid. Tarneprobleeme võivad põhjustada looduskatastroofid, ulatusliku mõjuga õnnetusjuhtumid, transpordi- ja elektrikatkestused, toorme vähesus saagi ikaldumise tõttu vms. Nende riskide maandamiseks luuakse ladudesse toorme või toiduainete varusid (korraldades näiteks sekkumis- ehk intervensioonioste), hajutatakse varude paiknemist, moodustatakse rahvusvahelisi tarnevõrgustikke jne. Toiduohutuse probleeme tekitavad toorme või toiduainete riknemine, saastumine ohtlike ainetega, haigustekitajatega jne. Toiduohutuse riske aitavad hajutada läbimõeldud hügieenimeetmed kogu tooteahela ulatuses ja ohu ilmnemisel vastavate tõrjeplaanide, mehhanismide ja vahendite olemasolu. Mõlemat tüüpi riskide maandamiseks ja ohjamiseks on väga oluline tagada tooteahela jälgitavus.

Jälgitavuse nõue on ülemaailmselt kehtestatud rahvusvahelise toiduseadusega (vt *International Codex Alimentarius Guideline CAC/GL 60-2006: „Principles for traceability and product tracing as a tool within a food inspection and certification system“*), millele omakorda tuginevad regio-



Joonis 1.9. Osa Baltika õlletehase automatiseeritud logistikakeskusest Peterburis, mille komplekteerimislao pindala ületab 20 hektarit.

naalsed ja riiklikud regulatsioonid. Jälgitavuse põhieesmärgiks on tagada toiduohutus, kvaliteedi- ja muude riskide haldamine toote- ja tarbimisahelas. Euroopa Liidus juhib riskihaldust ja jälgitavust Euroopa Toiduohutusamet (*European Food Safetey Authority* – EFSA) vastavalt Europarlamendi poolt kehtestatud toiduohutuse meetmetele (178/2002 EÜ).

Jälgitavuse põhimõtteid peab rakendama toidu ja sööda tooteahela ulatuses kõkidele lülidele ja importööridele. Minimaalselt nõutakse suvaliselt ahela lülilt võimekust teha kindlaks ükskõik millise toidutoorme, toiduaine ja toidu liikumine vähemalt lähimate partnerite vahel (kauba saatja – kauba vahendaja – kauba saaja) ning selle kaudu ka ahelas tervikuna. Tagatud peab olema ohtlikeks hinnatud toidukaupade kohene kõrvaldamine tooteahelast ning tarbijale arusaadava ning piisava informatsiooni kättesaadavus (vastavalt pakendiseadusele). Sarnased põhimõtted kehtivad ka USAs jt arenenud maades. Täiendavaid regulatsioone rakendatakse religiooni, traditsioonide, tootmisviisi või muu sellisega määratletud eritoodete kohta (mahetooted, *halāl*-tooted, *kosher*-tooted, kaitstud päritolu märgistusega tooted).

Jälgitavus põhineb kohustuslikul süsteemil, mille järgi peavad toote saatedokumendid ja pakendi märgistus sisaldama tootja või tarnija aadressi, tarnitava kauba nimetust ja selle kogust, koostist, tarnekuupäeva, partii numbrit ja informatsiooni säilivuse kohta. Lisaks tavapärasele märgistusele kasutatakse

andmevahetuse hõlbustamiseks ka riba- või muud trükitud koodi, elektroonseid identifitseerimise vahendeid. Näiteks põllumajandusloomade identifitseerimiseks kasutatakse laialdaselt nn elektroonseid numbreid kiipide või implantaatidena, mis paigaldatakse kas naha alla, kinnitatakse kõrvalestale või mõnele teisele kehaosale. Riba- või muud trükitud koodi saab lugeda ning salvestada spetsiaalse skaneeriva seadmega. Elektroonsete identifitseerimis- ja mõõtevahendite kasutamine võimaldab informatsiooni automaatselt registreerida ja salvestada distantsilt. Lisaks jälgitavusele on see informatsioon kasutatav erinevates tooteahela lülides ka konkreetsete protsesside juhtimiseks (**joonisel 1.10**).

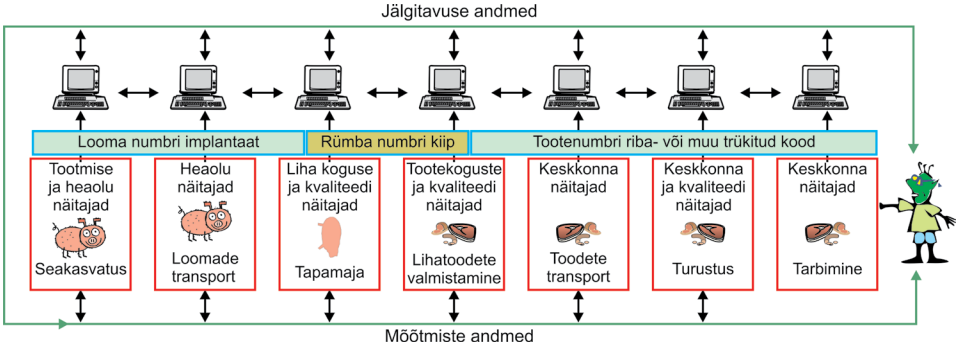
Toidu tooteahela jälgitavuse vahendite ja süsteemide ühtlustamiseks on loodud ka vastavad ISO-standardid (näiteks ISO 22005: 2007). Automaatse jälgitavuse juurutamine võimaldab kõige kiiremini reageerida võimalikule ohule ning vastava toote ahelast kõrvaldada. Mida kiiremini suudetakse reageerida, seda väiksem on ka ohu kahjulik mõju ettevõtte ja tootebrändi mainele ning kogu toidusektorile.

Toidu tooteahelas oleva ettevõtte siseselt korraldatakse toiduohutuse järelevalvet nn enesekontrolli (HACCP) põhimõtetel. Väline järelevalve organisatsioon (Veterinaar- ja Toiduamet) kontrollib vastava plaani ja toiduohutuse seisukohast oluliste parameetrite registreerimise süsteemi olemasolu ning omab rikkumiste ilmnemisel õigust tagantjärele kontrollida registreeritud andmeid ja teha ettekirjutusi. HACCP põhimõtted lähtuvad rahvusvaheliselt tunnustatud *Codex Alimentarius Comission*'i, Euroopa Liidu ja Eesti Vabariigi õigusaktidest. Kuna HACCP süsteemi kohta on eestikeelset õppe–otstarbeks kasutatavat kirjandust ja muud materjali olemas, siis käesolevas õpikus seda eraldi ei käsitleta.

Viimasel ajal on tulnud tõsiselt hakata arvestama ka küberkuritegevuse ja -rünnakute ohuga, mis võib halvata täielikult nii kaupade ja raha liikumise kui toiduohutuse tagamise infosüsteemid. Seetõttu on üha enam vaja rakendada meetmeid andmete ja IT-süsteemide kaitseks pahatahtliku rik-

kumise või kuritegeliku ärakasutamise vastu. Kuigi elektroonse infoturbega tegeletakse enamasti riiklikul, rahvusvahelisel ja ülemaailmsel tasemel, peab sellesse panustama ka iga ettevõte ja arvutikasutaja. Selleks on aga vaja arusaamist, millised vahendeid on infoturbeks saadaval, kuidas ohtudele reageerida ning mida teha ohtude vältimiseks.

Küberriske saab maandada meetmete kompleksiga, milleks on mitmesuguste paroolide ja spetsiaalsete turbeprogrammide, näiteks nn tulemüüride rakendamine. Need takistavad kõrvalistel abonentidel andmesidevõrku ühendatud arvutitesse siseneda. Infoside kanalis vahetatavate andmete salastamiseks kasutatakse täiendavat kodeerimist (krüptimist) andmeedastusel ja dekodeerimist (dekrüpimist) andmete vastuvõtul (**joonis 1.11**). Selleks on loodud vastavad nn krüptimise ja dekrüptimise programmid, kus digitaalset infot modifitseeritakse matemaatiliste funktsioonide abil (näiteks krüptimisel korrutamise ja dekrüptimisel selle pöördfunktsiooni ehk jagamisega).



Joonis 1.10. Elektroonse jälgitavuse põhimõttelised rakendamisvõimalused sealiha tooteahelas.

Andmeid on raske turvata internetis, mis on globaalne ja seetõttu häkkeritele hõlpsamini ligipääsetav. Väga levinud on sellise pahavara (nn nuuskvara) rakendamine, mis interneti abil toimuva andmevahetuse käigus kasutaja teadmata arvutisse installeeritakse. Sageli on siis kandjateks kõige tavalisemad elektronkirjade manused, mille avamisel pahavara aktiveerub. Nakatumine võib toimuda ka võõraste, vähemturvatud koduleh-

tede külastuste kaudu. Pahavara võib võtta kasutaja arvuti oma kontrolli alla ning sellest hetkest alates sõltub selle käitumine juba täielikult häkkerist. Niisuguste riskide maandamiseks tuleb pidevalt uuendada viirusetõrje programme, regulaarselt kopeerida andmeid varukettale ning eriti oluline on vältida võõraste kodulehtede külastamist ja kahtlaste manuste avamist. Kõige parema turvalisuse tagavad otsesidekanalid, mida ei kasutata muuks kui ainult süsteemisiseseks andmevahetuseks. Selline andmeside võib küll katkeda füüsiliste tegurite toimel (kaabel- või raadiosidekanali purunemine, töökõlbmatuks muutumine ilmastikuolude või raadiohäirete tõttu), kuid häkkeritele on otsekanal raskesti ligipääsetav.

1.5. Toiduohutuse tagamine (ettevõtte enesekontroll, riiklik järelevalve)

Toidu ohutus on kindlustunne, et toitu ettenähtud viisil tarbides (õigesti säilitades, ettenähtud ajal ära kasutades, kuumtöödeldes, kui vaja, jne) ei kahjusta see tarbija tervist. Ohutuse tagamiseks peavad pingutama kõik osalised toidu „laudast lauale“ käitlemisahelas: alates esmatootmisest, läbi tootmise, logistika, hulgi- ja jaekaubanduse kuni tarbijani välja. Tooraine väärindamisel valmistoiduks vastutab ohutuse eest toidukäitleja, st toidu töötlemisettevõte. Selle eesmärgi saavutamiseks näeb toiduseadus ette käitleja enesekontrollikohustuse.

Ettevõtte toiduohutuse töörühm analüüsib esmalt võimalikke bioloogilisi, keemilisi ja füüsikalisi ohtusid toidu töötlemisel, mis võivad tuleneda toorainest, tootmise tehnoloogiast, seadmetest või toiduga kokkupuutes



Joonis 1.11. Infovahetusega seotud ohud ja üldmeetmed nende maandamiseks.

olevatest materjalidest, töötajatest tootmisprotsessis, toidu tootmise keskkonnast ning seejärel võimalikke meetmeid nende ohtude ennetamiseks, vähendamiseks vastuvõetava tasemeni või kõrvaldamiseks.

Võimalikke ohtusid saab ennetada või vähendada erinevate eeltingimusprogrammidega nagu töötajate koolitamine ja isikliku hügieeni reeglite kehtestamine, puhastuskavadega ruumide, seadmete, tööriietuse, taara jm puhastamiseks, meetmetega tooraine, pakendimaterjalide, joogivee nõuetekohaseks tarnimiseks ja säilitamiseks, külmaketi säilitamisega, jälgitavuse tagamisega, kahjuritõrjega jne. Need meetmed pannakse kirja enesekontrolliplaanis. Enesekontrolliplaanis kirjeldatakse ka HACCPiga – ohu analüüsi ja kriitiliste kontrollpunktidega (KKP) ohjatavaid ohtusid ning tegevusi KKPdes, mis enamasti kõrvaldavad ohu. Sellised tegevused on näiteks kuumtöötlemine, taara kontrollimine ja prakeerimine, metallidetektori kasutamine.

Enesekontrolliplaani väljatöötamine on algus enesekontrollisüsteemi loomiseks, kuid paberkandjal või arvutifailis kirja pandu ei taga veel ohutust, selleks on vaja planeeritud tegevusi tootmises igapäevaselt teha. Plaani juurutamiseks soetatakse vajalikud abivahendid ja materjalid (nt puhastamise inventar ja puhastuskemikaalid, nõuetekohased termomeetrid või muud mõõteriistad) ning õpetatakse töötajad plaani kohaselt vajalikke tegevusi õigesti tegema ning vajadusel dokumenteerima.

Enesekontrollisüsteem vajab ka ajakohastamist, st vähemalt kord aastas võrreldakse ülevaatuse või siseauditi käigus ohutuse tagamiseks planeeritud tegevusi ning tegelikku olukorda toidu tootmisel ning vajadusel tehakse vajalikud muudatused enesekontrolliplaanis või igapäevases tootmisprotsessis. Juhendeid enesekontrollisüsteemi loomiseks, juurutamiseks ja ajakohastamiseks saab VTA kodulehelt.

Veterinaar- ja toiduamet (VTA) on peamine institutsioon, kellega toidukäitlejate esindajad suhtlevad, sest alates 01.07.2007.a. on kõigi toidukäitlemisahela ettevõtete järelevalve VTA ülesanne. VTA tegevuse laiemaks

eesmärgiks on „tagada tarbijaskonnale ohutu, tervisliku ja kvaliteetse toidutoorme ja toidu tootmine, ära hoida ja likvideerida loomade nakkushaigusi, kaitsta inimest loomadega ühiste ja loomade kaudu levivate haiguste eest, kaitstes samas loomi nende tervist ja heaolu ohustada võiva inimesepoolse tegevuse või tegevusetuse eest, ning tagada põllumajandusloomade jõudlusvõime ja geneetilise väärtuse suurenemine ning genofondi säilimine ja loomakasvatuse majanduslik tasuvus“.

Veterinaar- ja Toiduameti keskasutus asub Tallinnas, maakondades on 15 kohalikku asutust ehk maakondade veterinaarkeskused. Toidu ohutuse ja kvaliteedi alase järelevalvetegevuse planeerimise ja koordineerimisega tegeleb keskasutuse toiduosakond. Järelevalvetegevusi planeeritakse vastavalt käitlemisettevõtete liikidele (nt toidu veoga tegelevad ettevõtted, toidu ladustamisettevõtted, toidu valmistamisega tegelevad ettevõtted, jaekaubandusettevõtted), toidugruppidele (nt piim ja piimapõhised tooted, munatooted, mesi), toidu liikidele (nt uuendtoit, geneetiliselt muundatud (GM) toit, toidulisandid, lisaained, eritoit) ja uuringute liikidele (nt saasteained, jääkained, lisaained, mikroorganismid toidus). Aastal 2015 oli VTA järelevalve all 13 263 toidu, sh toiduga kokkupuutumiseks ettenähtud materjalide (TKM) ja mahepõllumajandusliku toidu käitlemisega tegelevat ettevõtet. Viimastel aastatel on ettevõtete arv igal aastal suurenenud, kusjuures enim on kasvanud mahepõllumajandusega ja eraelamus toidu valmistamisega tegelevate ettevõtete arv. Täpsema ülevaate teistest toidu järelevalvega seotud institutsioonidest ning nende vastutusvaldkondadest annab **tabel 1**.

Toiduvaldkonna poliitika peamiseks kujundajaks on Maaeluministeerium, mille tegevuse eesmärk on “Luua tingimused Eesti maaelu, põllu- ja kalamajanduse jätkusuutlikuks ja mitmekesiseks arenguks, tagada ohutu ja nõuetekohane toit ja sööt ning hea loomatervise ja -kaitse ning taimetervise ja -kaitse alane olukord. Eesmärkide täitmiseks töötab ministeerium välja valdkondlikku poliitikat, õigusakte ning nõudeid, korraldab nende rakendamise ning tulemuste hindamise” (www.agri.ee).

1.6. Toiduvaldkonna tugi- ja abisfäär

Toiduvaldkonna tugisfäär tegeleb eelkõige administreerimisega, mille instrumendid on seadusandlikud jm regulatsioonid ning finantstoetused. *Codex Alimentarius* on rahvusvaheline ühtsete toidustandardite programm, mille eesmärk on kaitsta tarbijate tervist ning tagada aus konkurents rahvusvahelises toidu- ja põllumajandussaaduste kaubanduses. *Codex Alimentariuse* standardid katavad toidu märgistamist, hügieeni, lisaaineid, saasteaineid, üldiseid toiduohutuse põhimõtteid ja paljusid muid teemasid.

Ühiste standardite ja nendega seotud tekstide väljatöötamise eest vastutab *Codex Alimentariuse* Komisjon (*Codex Alimentarius Commission*). See

Tabel 1. Toidu valdkonna järelevalvega seotud pädevad asutused ning nende pädevusvaldkonnad (allikas: VTA)

Toiduvaldkonna kontrollisüsteem			
Poliitika, koordineerimine	**Kontrolli koordineerimine**	**Kontrollitoimingute rakendamine**	**Laboratooriumid**
MeM, SM, MKM*	VTA, TKA, TA**	MVK, TKA, TAT***	VTL, KeA labor, TA laboratooriumid, PMK***
Pädevad asutused	**Pädevusvaldkonna kirjeldus**		
Veterinaar- ja Toiduamet	Teostab järelevalvet kõigi toidukäitlejate üle (esmatootmise, toiduainetööstusettevõtete, hulgiladude, transpordiettevõtete, jaekaubandus-, sh toitlustusettevõtete) kõigis käitlemisvaldkondades ning ka toiduga kokkupuutuvate materjalide ja esemete ning nende käitlemise üle.		
Tarbijakaitseamet	Teostab järelevalvet teabe esitamise kohta kehtestatud nõuete täitmise ning esitatud teabe õigsuse üle jaekaubandusettevõtetes		
Terviseamet	Teostab järelevalvet joogivee ning loodusliku mineraalvee valdkonnas ning joogiks kasutatava vee terviseohutuse üle		
Põllumajandusamet	Teostab järelevalvet taimekaitsevahendite kasutamise ja nende toimeainete jääkide üle taimekasvatussaaduste tootmise tasandil		

*MeM-Maaeluministeerium; MKM-Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium; SM-Sotsiaalministeerium
**VTA-Veterinaar- ja Toiduamet; TKA-Tarbijakaitseamet; TA-Terviseamet
***MVK-maakondade veterinaarkeskused; TAT-terviseameti talitused
****KeA-Keskkonnaamet; PMK-Põllumajandusuuringute Keskus

on valitsustevaheline organisatsioon, mida rahastavad koos ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsioon (FAO) ja Maailma Tervishoiuorganisatsioon (WHO). Euroopa Liidus reguleerib toidualast tegevust Euroopa Parlamendi ja EL Nõukogu määrus 178/2002/EÜ (ja selle lisad), mis järgib *Codex Alimentarius*es sedastatud põhimõtteid. Eesti Toiduseadus lähtub omakorda EL määrusest ning reguleerib mh toidutoorme ja toidu käitlemist, käitleja enesekontrolli ja riiklikku järelevalvet. Täiendavad riiklikud regulatsioonid on kehtestatud Eesti Maaeluministeeriumi (varasemalt Põllumajandusministeerium) määrustega. Lisaks toiduseadusele ja selle rakendusaktidele, reguleerivad toiduvaldkonda ka mitmed teised seadused (näiteks loomade ja loomsete saadustega kauplemise ning nende impordi ja ekspordi veterinaarjärelevalve seadus, loomakaitseseadus, mahepõllumajanduse seadus, söödaseadus), nende rakendusaktid ning otsekohalduvad EL õigusaktid (näiteks Euroopa Liidu ühise põllumajanduspoliitika rakendamise seadus). Toidualast seadusandlust, selle rakendusakte ja muid regulatsioone käsitletakse põhjalikumalt eraldi õppeainete raames.

Eesti Maaeluministeerium on olulisimaks riiklikest tugisfääri institutsioonidest. Selle põhilised tegevusvaldkonnad on: 1) toiduohutus, taimetervis ja loomade tervishoid, 2) maaelu, põllumajandus ja toiduainetööstus, 3) kalandus. Loomse toidu ohutusega tegeleb ministeeriumis toidu- ja veterinaariaosakond, taimse toidu ohutuse eest seisab taimetervise osakond. Loomse ja taimse toorme tootmist suunab ministeeriumis põllumajandusturu korraldamise osakond. Toidu tooteahelas toorme töötlemist toiduaineteks ja nende turustamist reguleerib kaubanduse ja põllumajandussaadusi töötleva tööstuse osakond. Ministeeriumi kalamajandusosakond aga haldab tervikuna kogu kala tooteahelat. Täiendavalt on Maaeluministeeriumis veel teadus- ja arendusosakond, põhiülesandega tegeleda riiklikke teadus- ja arendusprogrammidega, nõustamissüsteemi edendamise ning põllumajandusliku hariduspoliitika kujundamisele kaasa aitamisega.

Veterinaar- ja Toiduamet (VTA) on Põllumajandusministeeriumi valitsemisalas tegutsev valitsusasutus, kust lisaks veterinaariaga seotule

juhitakse õigusaktidest tulenevate nõuete täitmist toiduohutuse, söödaohutuse ja turukorralduse vallas. Ameti põhilisteks ülesanneteks toiduavaldkonnas on: 1) toiduohutuse kontroll toidutoorme ja toidu tootmisel, esmasel töötlemisel, veol ja hulgimüügil, 2) järelevalve teostamine toidutoorme ja toidu tootmise, esmase töötlemise, veo ja hulgimüügiga tegelevate ettevõtete tegevuse üle, 3) järelevalve teostamine toidutoorme ja toidu mahepõllumajandusliku töötlemise üle.

Veterinaar- ja toidulaboratoorium (VTL) on samuti Maaeluministeeriumi hallatav riigiasutus, mille tegevus on tihedalt seotud Veterinaar- ja Toiduametiga. Lisaks loomahaiguste diagnoosimisele on selle esmaseks ülesandeks riiklike järelevalveasutuste (VTA, Tervisekaitseinspektsiooni, Tarbijakaitseameti, jt) vajadustest tulenevate analüüside ja uuringute läbiviimine. Seejuures analüüsitakse toidutoorme, toidu, vee ja söötade ohutust ning kvaliteeti. Lisaks neile sooritab VTL teenuse korras analüüse ka toiduainetööstuse ettevõtetele ning annab konsultatsioone toiduohutuse ja kvaliteedi küsimustes. Koostöös Eesti Maaülikooli jt uurimisasutustega tegeleb VTL ka teadustöö ja arendustegevusega.

Tervisekaitse laboratooriumid on ellu kutsutud selleks, et sooritada eelkõige inimese elukeskkonna ohutuse hindamiseks vajalikke uuringuid. Toiduga seonduvast teevad need laborid teenusena joogivee keemilisi ja mikrobioloogilisi analüüse, toidu koostise, lisa- ja saasteainete, vitamiinide ning taimekaitsevahendite jääkide analüüse ning toidu mikrobioloogilisi uuringud.

P**õllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet (PRIA)** on Eesti toidu tooteahelat puudutavate toetuste jagamise ning vastavate registrite ja andmebaaside haldamise olulisim institutsioon. PRIA kuulub Maaeluministeeriumi haldusalasse, korraldab põllumajanduses riiklikku üldseiret ning toimib makseagentuurina, kust jagatakse erinevaid maaelu, põllumajanduse, kalanduse ja toidu tooteahelaga seotud toetusi. Rohketest põllumajandustoetustest seostub otseselt toidu tooteahelaga piimalehma kasvatamise toetus ja hektaritoetus, kaudsemalt veel põllumajanduslik keskkon-

natoetus, põllumajanduskindlustustoetus, intressitoetus, nõuandetoetus, koolitustoetus, praktikatoetus, põllumajandustootjate ühise majandustegevuse toetus, põllumajandusloomade aretustoetus.

Samuti toetatakse mitmesuguseid toidu tooteahelaga seonduvaid innovatsiooni- ja uurimisprojekte. Toetuste süsteem on pidevas arengus, mis tuleneb sageli muutuvatest üleeuroopalistest ja siseriiklikest vajadustest. Juurutatud on elektroonne taotluste ja kannete esitamise süsteem, mille abil kliendid saavad sooritada kõik vajalikud toimingud koduarvuti abil. Lisaks PRIA-le on toidu tooteahelaga seotu arendamiseks võimalik saada toetusi veel Eesti Ettevõtluse Sihtasutuselt, Maaelu Edendamise Sihtasutuselt jt selleks ellu kutsutud organisatsioonidelt.

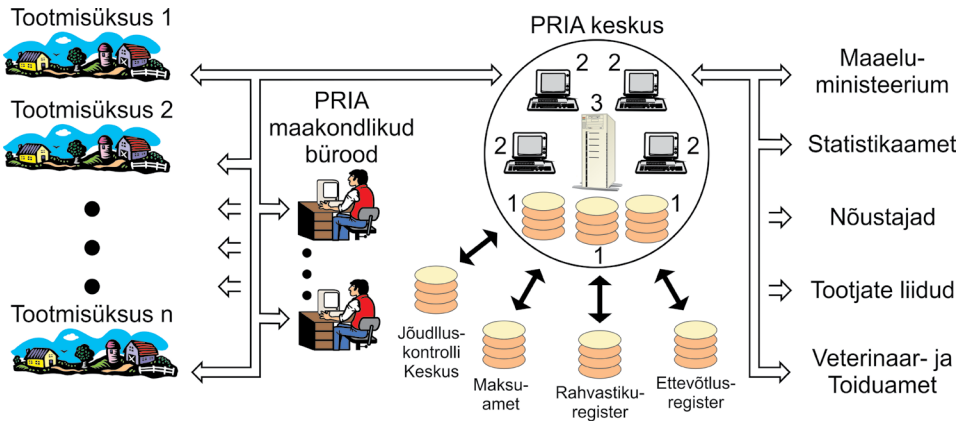
PRIA tegevustes on keskne roll üldriiklikel registritel, mida kasutavad keskasutuse osakonnad koos maakondlike büroodega (**joonis 1.12**). Registrid on arvutipõhised andmebaasid, mis sisaldavad kindla süsteemi kohaseid kirjeid. Neisse on koondatud erinevate toetuste määramiseks ja järelevalveks vajalikud andmed.

Olulisemad registrid, mis puudutavad toidu tooteahelat, on põllumassiivide register, põllumajandustoetuste register ja põllumajandusloomade register. Need registrid aitavad teha toiminguid toetuste jagamisel ning teostada järelevalvet toetusraha saajate üle. Ühtlasi vahendatakse registritesse talletatud informatsiooni teistele riiklikele institutsioonidele, osalt ka teadusasutustele ja maamajanduses tegutsevatele ettevõtetele.

Registrite haldamise ja registriandmete analüüsiga tegeleb infotehnoloogia osakond, kus ühtlasi töötatakse välja andmete seireks ja kasutamiseks vajalikku tarkvara ning ühildatakse seda teiste riiklike seiresüsteemide ja andmebaasidega. Andmesidevõrgu (interneti) vahendusel saavad PRIA registritest jooksvaks tööks vajalikku infot Maaeluministeerium, Statistikaamet, Maksu- ja Tolliamet ning Veterinaar- ja Toiduamet. Registritest saavad loomapidajad ja põllumehed ka ise vajalikku teavet. Üldandmeid loomade ja põllumassiivide kohta saavad registritest oma kasutusse kõik

huvitatud. Neisse tehtud kandeid kontrollitakse äriregistri ja rahvastikuregistri andmebaaside alusel ja täpsustatakse vastavalt kohtadel sooritatud kontrolli tulemustele.

Eesti Statistikaamet (SA) on teine toiduvaldkonna jaoks väga oluline informatsiooni kogumise ja haldamisega tegelev riiklik üksus. See kuulub Rahandusministeeriumi haldusalasse, põhiülesandega pakkuda ametiasutustele, äri- ja teadusringkondadele, rahvusvahelistele organisatsioonidele ning üksikisikutele usaldusväärset ja objektiivset infoteenust Eesti keskkonna, rahvastiku, sotsiaalvaldkonna ja majanduse olukorra ning trendide kohta. Seega on statistikaameti tegevus seotud kõigi riigi jaoks oluliste valdkondadega. Kuna riiklik statistika tugineb rahvusvaheliste klassifikaatorite ja meetodite kasutamisele, siis on tegemist igati erapooletu, usaldusväärse ja läbipaistva informatsiooniga. Statistika tegemisel lähtub Statistikaamet riikliku statistika seadusest. Päringutega saab SA poole pöörduda kirja, e-posti või veebilehe vahendusel. Lepingulise tööna on Statistikaametist võimalik tellida ka üksikasjalikumat andmete analüüsi.



Joonis 1.12. PRIA struktuuri ja infovahetuse lihtsustatud skeem: 1 – registrid, 2 – osakonnad, 3 – riist- ja tarkvara.

Eesti Konjunktuuriinstituut (EKI) on eraõiguslik rakendusliku suunaga teadusasutus, kelle ülesanneteks on Eesti majandust puudutavate andmete kogumine, töötlemine, analüüs ja hindamine, majanduskonjunktuuri jälgimine maailmas, majanduskonjunktuuri alane nõustamine jne. Eesti

Konjunktuuriinstituut teeb koostööd ministeeriumidega, Eesti Statistikaameti, teadusasutuste ja kõrgkoolidega. EKI peab üleval ja täiendab pidevalt hinnainfo andmebaasi, mis sisaldab teavet toiduainetööstuste, kaubanduse ja tarbimise näitajatest. Samuti viiakse seal läbi regulaarseid riigitellimuslikke uuringuid põllumajanduse, toiduainetööstuse, tarbimiseelistuste jms kohta. Arvestada tuleb sellega, et EKI informatsiooni kasutamine on tasuline, välja arvatud riiklike tellimustööde tulemused.

Tarbijakaitseamet on riiklik institutsioon, kes seisab tarbijate õiguste eest. Toidu tooteahelas puudutab selle tegevus eelkõige toiduainete müüki ja tarbimist ning toitlustust. Vastavalt seadustele peab tarbijale osutatud teenus või müüdav kaupa olema ohutu, tarbijal on õigus nõuda nende kohta objektiivset teavet ning õiguste rikkumisel saada õigusabi ja taotleda müüdud kauba või teenusega tekitatud kahju hüvitamist.

Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontroll (EPJ) on loomset tooret tootvate ettevõtete poolt asutatud tõuaretuslik riiklikult toetatav isemajandav üksus, mille põhiülesanneteks on: 1) piimaveiste, lihaveiste, sigade ja kitsede geneetiline hindamine jõudluse kaudu (oluline loomse toorme tootmise edendamisel), 2) toorpiima kvaliteedi sõltumatu määramine (oluline toorpiima hinna kujundamisel), 3) koduloomade märgistamise korraldamine (oluline toidu tooteahelas jälgitavuse teostamisel).

EPJ-l on olemas oma infotehnoloogiline osakond, kus töödeldakse, analüüsitakse ja arhiveeritakse koduloomade jõudlusandmeid. Piimalehmade jõudluse hindamiseks vajalikku regulaarset analüüsi sooritatakse spetsiaalses piimaanalüüside laboratooriumis. Selleks määratakse kõikide jõudlusaluste lehmade piimast põhikoostisosade sisaldus, somaatiliste rakkude arv ja vajadusel ka mikroobide üldarv. Piimaproovide kogumiseks on käivitatud vastav logistiline süsteem. Laboratoorse ja andmetöötluse kõrge võimekuse tõttu on EPJ piimandusteadlaste oluline koostööpartner. Lisaks sooritatakse EPJ laborites veel piimatööstustele müüdava piima koostise ja kvaliteedi analüüse, mille alusel määratakse toorpiima hinda.

Toiduainete tehnoloogia alase hariduse andmisega tegelevad kõrgkoolidest Eesti Maaülikool ja Tallinna Tehnikaülikool; kutsehariduskoolidest eelkõige Tartu Kutsehariduskeskus ning Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool.

Eesti Maaülikooli (EMÜ) veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituudi (VLI) toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakond annab kõrgharidust toiduainete tehnoloogia bakalaureuseõppes ning liha- ja piimatehnoloogia magistriõppes. Lisaks sellele tegeletakse osakonnas ka erialase doktoriõppega. Loomse toorme tootmist õpetatakse VLI loomakasvatusega tegelevates osakondades ja taimse toorme tootmist põllumajanduse ja keskkonna instituudis (PKI).

Tallinna Tehnikaülikooli (TTÜ) toiduvaldkonna õppekavaks on toidutehnika ja tootearendus. Vastavat koolitust viiakse läbi TTÜ keemiateaduskonna Toiduinstituudis (TI) nii bakalaureuse kui magistriõppes. Samuti toimib seal toiduainete töötlemise doktoriõpe.

Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool (OTMK) teeb rakenduslikku koolitust pagaritoodete, jookide, liha- ja piimatoodete tehnoloogia erialadel. Olustveres on olemas ka suurepärased õppetööstused praktiliste tööde läbiviimiseks ja tööstusliku kogemuse omandamiseks.

Tartu Kutsehariduskeskus koolitab spetsialiste pagaritoodete ja lihatehnoloogia erialadel. Lihatehnoloogia õppeks on koolis olemas heal tasemel katsetsehh, mida on õppetööks kasutanud ka Eesti Maaülikool.

Eesti Toiduainetööstuse Liit, Eesti Piimaliit, Eesti Leivaliit on näited toiduainetööstuste erialastest ühendustest. Need toimivad mittetulundusühingutena, kelle eesmärkideks on vastavas toiduainetööstuse valdkonnas ühistegevuse edendamine ja koordineerimine ning osalemine rahvusvahelistes erialastes organisatsioonides.

Eesti Tõuloomakasvatajate Liit, Eesti Tõusigade Aretusühistu, Eesti Maakarja Kasvatajate Selts jne on näited loomse toorme tootmisega seotud ettevõtete poolt asutatud vabatahtlikest organisatsioonidest. Nende

tegevuses on esikohal tõuaretus, tõumaterjali hankimine ja müük, jõudluskontrolli sooritamine. Samas tegeletakse ka loomakasvatajate koolituse ja nõustamisega, loomakasvatussaaduste kokkuostu, müügi ning mõningal määral isegi töötlemisega.

Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoda (EPKK) on eraõiguslik põllumajandustootjate ja -töötlejate ühendus, kuhu kuuluvad mitmesugused toiduvaldkonda toetavad organisatsioonid ja asutused (mh kaubandusettevõtted, õppeasutused jne). Selle eesmärgiks on toetada oma teenuste kaudu Eesti tootjate ja töötlejate vahelist koostööd, põllumajandussaadustega kauplemist sise- ja välisturul ning esindada oma liikmeskonda muudes struktuurides.

Eesti Põllumajandusmuuseum on Maaeluministeeriumi haldusalasse kuuluv riiklik muuseum, kelle eesmärkideks on põllumajandusliku tootmise ajaloo (sh toiduainetööstuse) alase materjali kogumine, arhiveerimine, eksponeerimine ja uurimine ning mitmesuguste sellega seotud õppepäevade jm ürituste läbiviimine.

Eesti Piimandusmuuseum on loodud Eesti piimanduse ajalooga seotud materjalide kogumiseks, uurimiseks, arhiveerimiseks ja eksponeerimiseks.

Ülaltoodud näidete loetelu olemasolevatest toiduvaldkonna tugi- ja abisfääri asutustest, ettevõtetest ja organisatsioonidest pole kaugeltki ammendav. Samas tekib neid pidevalt juurde, kaunis sagedased on reorganiseerumised ja teatud juhtudel ka tegevuse lõpetamine.

1.7. Toiduainete tehnoloogia ja selle seos toiduteadusega

Sageli tekib raskusi toiduainete tehnoloogia ja toiduteaduse valdkondade omavahelise eristamisega. Need on küll tihedas seoses, kuid siiski eri valdkonnad. Kõige üldisema definitsiooni järgi on toiduteadus rakenduslik teaduslike distsipliinide kogum, mille eesmärgiks on toidu uurimine. Toiduainete tehnoloogia seisukohalt defineeritakse toiduteadust tehnika, bio-

loogia ja füüsika rakendamisena toidu olemuse, toidu riknemise põhjuste, toiduainete tehnoloogiliste protsesside aluste ja toidukvaliteedi uurimiseks. Klassikalistes teadusringkondades mõistetakse toiduteaduse all baasteaduste ja tehnikateaduste ühist kasutamist toidu füüsikalise, keemilise ja biokeemilise olemuse ning toiduainete tehnoloogia põhimõtete uurimiseks. Toiduteaduse olulisteks alamdistsipliinideks on:

Toidukeemia (ka toidu füüsikaline keemia), mis uurib toidutoorme, toiduainete, toidu, selle tooteahela kõrvalsaaduste jms keemilist koostist ning koostisosade osalemist keemilistes reaktsioonides, füüsikalis-keemilise analüüside printsiipe, seadmeid jne.

Toidufüüsika, mis uurib toidutoorme, toiduainete, toidu, selle tooteahela kõrvalsaaduste jne füüsikalisi näitajaid, nende rakendusi toidu tooteahelas, füüsikalise analüüsi printsiipe, seadmeid jms (siia kuulub ka reoloogia, tekstuur, termodünaamika, olekud, elektrilised omadused, optilised omadused jne).

Toidu mikrobioloogia, mis uurib mikroorganismide interaktsioone toidutoorme, toiduainete, toidu ja selle tooteahela kõrvalsaadustega, mikroobide kasutamist ning mikrobioloogilisi ohte toidu tooteahelas.

Toidutehnika, mis uurib toidu tooteahelas kasutatavaid (füüsikalisi, keemilisi, mikrobioloogilisi jm) protsesse.

Molekulaargastronoomia, mis tegeleb toiduvalmistamisel toimuvate protsesside ja toidu gastronoomiliste omaduste ning nähtuste uurimisega.

Toitumisteadus, mis tegeleb toiduainete koostise, toitumise, toidu ja inimorganismi vaheliste interaktsioonidega.

Toiduainete tehnoloogia on toiduteaduse alla liigitatav tugevalt praktilise suunitlusega valdkond, mis tegeleb toiduainete valmistamise tehnoloogiliste protsesside, nende tehniliste lahenduste uurimise ning rakendamisega tootmisliinides. Toiduainete tehnoloogia osaks võib lugeda ka toidu ja

toiduainete hindamist ning sensoorset analüüsi, toidu tootearendust, toidu säilitamist ja toiduohutust.

Toidu hindamine ja sensoorne analüüs tegeleb maitse, lõhna, välimuse ja konsistentsi määramise ning selleks vajalike meetodite uurimise ja rakendamisega toidu tooteahelas.

Toidu tootearendus tegeleb uute toodete arendamise põhimõtete ja rakendamisvõimaluste uurimisega toidu tooteahelas.

Toidu säilivus uurib kvaliteeti mõjutavaid faktoreid ja säilitamist toidu tooteahelas mh ka *toidupakendust*, mis uurib pakendi kasutamist ja mõjusid toidu tooteahelas.

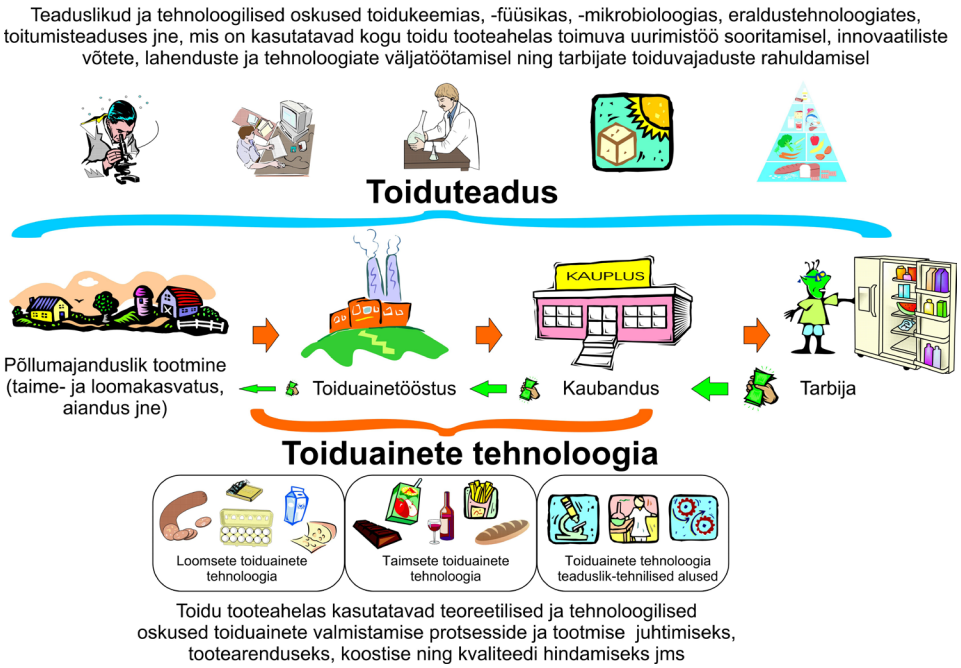
Toiduohutus tegeleb toidupõhiste haiguste ja terviseriskide põhjuste uurimise, nende vältimiseks rakendatavate meetmete ja selgitustööga.

Nii toiduteadus, kui toiduainete tehnoloogia on omavahel tihedas seoses ning omavad väga olulist rolli toidu tooteahela toimimises ja arengus. Toiduteadus katab seejuures kogu ahelat, toiduainete tehnoloogia aga eelkõige toiduainetööstuse ning osalt ka logistika ja kaubandusega seotud osi (**joonis 1.13**).

Toiduainete tehnoloogia valdkond käsitleb süsteemset toiduainete valmistamise ahelat toormest valmistoodanguni nii toiduteaduse kui tehnika seisukohast. Selle ahela moodustavad üksteisele järgnevad protsessid ja operatsioonid. Protsesside puhul on tegemist toormes või vaheproduktis toimuvate kvalitatiivsete muutustega. Näiteks piimhappelisel käärimisel muundatakse laktoos mikroobide elutegevuse toimel piimhappeks; koore kokkulöömisel toimub faasimuutus (vees dispergeeritud piimarasva faas muutub pidevaks võirasva faasiks, milles on dispergeeritud vesi); mahla kontsentreerimisel muutub kordades toote kuivainesisaldus jne.

Osa protsesse on tehnoloogia seisukohalt võtmelise tähtsusega ning neid nimetatakse põhi- ehk alusprotsessideks. Põhiprotsessid tuginevad sageli ainega toimuvatele sügavatele keemilistele, biokeemilistele või füü-

sikalistele muutustele. Põhiprotsessideks on näiteks suhkrutehnoloogias kristalliseerimine, juustutehnoloogias valmimine, pagaritoodete tehnoloogias küpsetamine jne. Operatsioonide puhul toorme, pooltoote või valmistoodanguga kvalitatiivset muutust ei toimu. Nende näideteks on pumpamine, pakendamine jms. Iga üksik operatsioon, protsess ja nendevahelised seosed on ühtlasi toiduteaduslikud uurimisobjektid. Sageli ongi tehnoloogilised protsessid välja töötatud teadusuuringutele tuginedes.



Joonis 1.13. Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia seos toidu tooteahelaga

Iga toiduaine valmistamiseks on välja töötatud konkreetne tehnoloogia. Kõige üldisemalt jaguneb toiduainete tehnoloogia valdkond taimsete-, loomsete- ja segatoiduainete tehnoloogiaks. Need omakorda jaotuvad tootegruppide kaupa näiteks pagaritoodete tehnoloogiaks, kondiitritoodete tehnoloogiaks, suhkrutoodete tehnoloogiaks, jookide tehnoloogiaks, lihatoodete tehnoloogiaks, piimatoodete tehnoloogiaks jne. Iga tootegrupi tehnoloogia aga koosneb omakorda üksikute toodete tehnoloogiatest. Nii näiteks moodustub piimatoodete tehnoloogia jogurti-, jäätise-, või-, juustu-, piimapulbri jne tehnoloogiatest.

Iga konkreetse tehnoloogia jaoks on välja töötatud vastavad seadmed, mis võimaldavad läbi viia tehnoloogilisi protsesse ja operatsioone. Neist seadmetest on moodustatud toiduainetööstustes tehnoloogilised liinid, mille funktsionaalsuse tagab terviklikkus ja spetsiifilisus vastavate toodete valmistamiseks. Samas võivad eri liinides teatud osa tehnoloogilistest protsessidest olla universaalsed. Tüüpiliseks näiteks on vedela toorme pastöriseerimine, mida sooritatakse pastörisaatoritega.

Tehnoloogia ja selleks kasutatavate liinide protsesside ja operatsioonide järjestuse kirjeldamise ja piltlikustamise olulisim vahend on tehnoloogiline skeem. Tehnoloogilisel üldskeemil näidatakse ära vaid kõige olulisimad protsessid ja operatsioonid. Detailskeemil on esitatud kõik operatsioonid ja protsessid ning ka nende olulisimad tehnilised parameetrid. Tehnoloogilise liini skeem kirjeldab lisaks tehnoloogiale ka kasutatavaid seadmeid, millega operatsioone ja protsesse sooritatakse.



Kontrollküsimused

Millistest põhilülidest koosneb toidu tooteahel?
Missuguste toidu tooteahela põhilülide väljunditeks on toidutoore, toiduained ja toit?
Kes peab toidu tooteahelat majanduslikult üleval?
Kirjelda toorme ja raha liikumist põllumajandusettevõtete ja toiduainetööstuste vahel?
Kuidas vahendatakse toiduaineid toiduainetööstusest tarbijani?
Millega tagatakse jälgitavus kauba liikumisel toidu tooteahelas?
Missugune regulatsioon on aluseks toidu tooteahela tegevuste ülemaailmsel korraldamisel?
Missugune asutus teostab Eestis järelvalvet toidu tooteahela üle?
Mis on PRIA põhilised ülesanded toidu tooteahelas?
Millised asutused tegelevad toiduvaldkonnas koolitusega?
Missugused katusorganisatsioonid on toidutoorme tootjatel ja toiduainetööstustel?

Kasutatud kirjandus

Dani, S. 2015. Food Supply Chain Management and Logistics: From Farm to Fork. ISBN-13: 978-0749473648. London, 260 p.

Pullman, M., Wu, Z., 2012. Food Supply Chain Management: Economic, Social and Environmental Perspectives. ISBN-13: 978-0415885898. New-York: Tailor & Francis, 287 p.

Pärn, J., Laikoja, K., Soosaar, P., Kovaljova, L., Veskus, T., 2002. HACCP: käsiraamat toidukäitlejale. ISBN 9985-78-857-5. Tallinn: Eesti Põllumajandusministeerium, 151 lk.



2. TOITAINED JA NENDE PÕHIOMADUSED

Väino Poikalainen

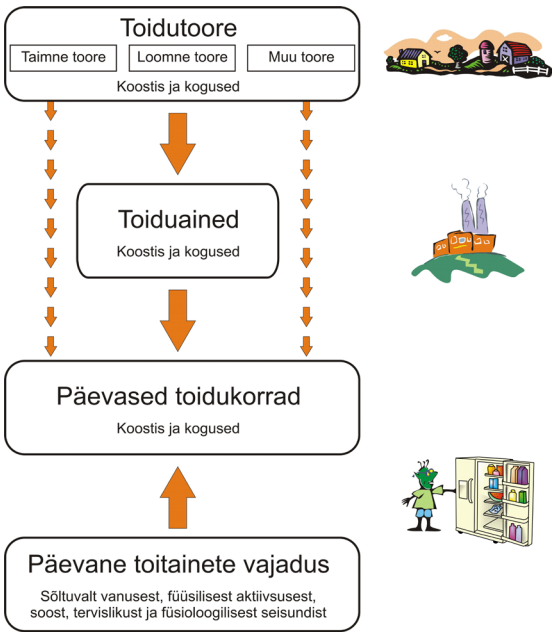
Üldlevinud määratluse kohaselt on toitained toidus leiduvad keemilised ühendid, mida inimorganism vajab ainevahetuses, energiaallikana ja nende omastamiseks. Toitainete puudusel ilmneb esmalt näljatunne, siis väsimus, hiljem ka ainevahetushäired ja muud sümptomid sh haigused. Toitainetel on otsene seos inimese seedeprotsessidega. Inimorganism tarvitab pidevalt enam kui 600 erinevat keemilist ühendit. Osa neist on organism võimeline toiduga saadavast ise sünteesima, kuid väga mitmedki neist peavad originaalkujul sisalduma juba toidus.

Organismi sünteesivõime järgi jagunevad toitained asendamatuteks ja asendatavateks. Suuremalt jaolt on toitained asendatavad, ehk nende puudumisel toidus asub organism neid ise sünteesima. Nii näiteks suudab inimorganism toota praktiliselt kõiki elutegevuseks vajalikke süsivesikuid, paljusid amino- ja rasvhappeid, mida omakorda kasutab valkude ja lipiidide sünteesiks.

Asendamatuteks toitaineteks on mineraalained, põhiosa veest, osa aminohapetest, mõned asendamatud rasvhapped ja ka enamus vitamiinidest. Asendamatute rasv- ja aminohapete puudust ei teki loomse ja segatoidu tarvitamisel. Küll aga võib ühekülgse loomse toidu eelistamisel tekkida vitamiinide ja mineraalainete puudujääk. Taimetoitlastel tuleb tõsiselt arvestada asendamatute aminohapete võimaliku defitsiidiga.

Toitainete funktsiooni, nende vajaduse selgitamise, organismisisese toitainete lõhustamise, sünteesi jms tegeleb toiduteaduse valdkonnas toitumisteaduse haru. Selle üheks põhiülesandeks on toitainete tarbe väljaselgitamine ja selle vastavusse viimine toidu koostisega (**joonis 2.1**) Toitainete keemiliste omaduste ja nendega seotud toime uurimine on aga toidukeemia eesmärkideks.

Toidu seedimise käigus muudetakse toidumaatriksit selliselt, et toitained sellest vabanevad ning enamasti lõhustatakse need komponentideks, mis on võimelised imenduma verre ning sellega kanduma organismi organitesse ja kudedesse, kus neid kasutatakse elutegevuseks vajalike ainete sünteesiks ja energia tootmiseks. Sünteesitavad ained tagavad rakkude kasvu ja uuenemise kudedes, vastupanuvõime haigustekitajatele, kahjulike ainete neutraliseerimise jms. Energiat vajab organism kõikide ainevahetusprotsesside läbiviimiseks, lihas- ja ajutööks, ainete transpordiks organismi kudede vahel jms. Toitumisteaduse ja toiduainete tehnoloogia seisukohast on toitainetel ka täiendavaid funktsioone, näiteks kiudained soodustavad seedimist ning moodustavad toiduainete struktuuri (maatriksit), vesi tagab sobiva keskkonna ainevahetuseks, toitainete omastamiseks jne.

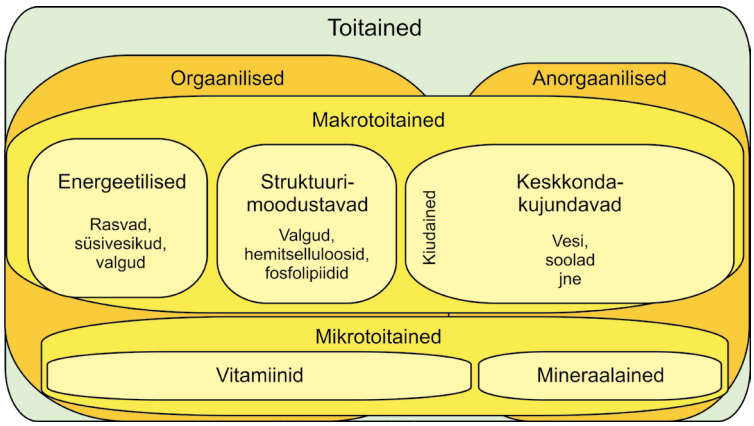


Joonis 2.1. Toidu koostise kujunemine sõltuvalt inimese toitainete vajadusest ning kasutatavast toidutoormest ja toiduainetest.

Kuigi erinevad toitained võivad täita mitmesuguseid ülesandeid, saab neid vastavalt funktsioonidele jaotada siiski kahte põhi- ja kahte täiendgruppi. Põhigruppi kuuluvad: 1) sünteesiks kasutatavad ained ning 2) energeetilised ained. Sünteesiks kasutatavate ained on vajalikud keharakkude kasvu ja arengu tagamiseks ning nendeks on eelkõige valgud, osalt ka lipiidid ning mõned mineraalained (Ca, P, Mg, S jt). Energeetilist funktsiooni täidavad organismis peamiselt süsivesikud (mh suhkrud, tärklis, glükogeen) ja rasvad, nende vähesuse korral ka valgud. Kuigi alkohol ja orgaanilised happed võimaldavad samuti katta organismi ener-

giavajadust, neid siiski energeetiliste toitainete hulka ei loeta. Väga suur energeetiline roll on hapnikul, kuid ka seda ei loeta üldjuhul toitaineks, sest satub organismi eelkõige sissehingatavast õhu, mitte toiduga.

Täiendgruppi kuuluvad: 1) põhigrupi toitainete omastamist soodustavad ained ning 2) toiduainete ja toidu struktuuri moodustamist ning seedimist soodustavad ained. Energeetiliste ja sünteesiks kasutatavate ainete omastamisele aitavad kaasa eelkõige vesi, vitamiinid ja mineraalained, mida nimetatakse ka regulatiivseteks toitaineteks. Seedimist soodustavate toitainete hulka võib arvata veel osa kiudainetest, mis ei tarvitse seede käigus lõhustuda, kuid aitavad seedekulglal normaalselt funktsioneerida. Kiudainetel on oluline roll ka toidu ja toiduainete struktuuri (toidumaatriksi) kujundamisel. Samuti aitavad struktuuri moodustamisele kaasa vesi, mitmesugused pektiinained, kuid ka osa polüsahhariididest (näiteks tärklis), valkudest jne, mis kuuluvad samaaegselt põhigrupi toitainete hulka.



Joonis 2.2. Toitainete jaotus päritolu, koguse ja funktsiooni alusel.

Päritolu järgi jagunevad toitained orgaanilisteks ja anorgaanilisteks (**joonis 2.2**). Orgaanilised on süsivesikud, rasvad, valgud, nende funktsionaalsed osad (aminohapped, rasvhapped), orgaanilised happed, vitamiinid. Kui vähesed sünteesitud ained välja arvata, siis põhiosas pärinevad need teistest organismidest, eelkõige taimsest ja loomsest toormest, vähemal määral ka seentest, vetikatest, mikroobsest toormest. Anorgaanilisteks toit-

aineteks on mineraalained ja vesi. Umbes poole veetarbest saab inimene jookidena, ülejäänu aga toidu koostises leiduva veena. Mineraalained saab inimene oma vajaduste katteks enamasti samuti põhigrupi toitainetest. Puuduv osa aga lisatakse toiduainetele või toidule erinevate mineraalsoolade ning nende vesilahustena.

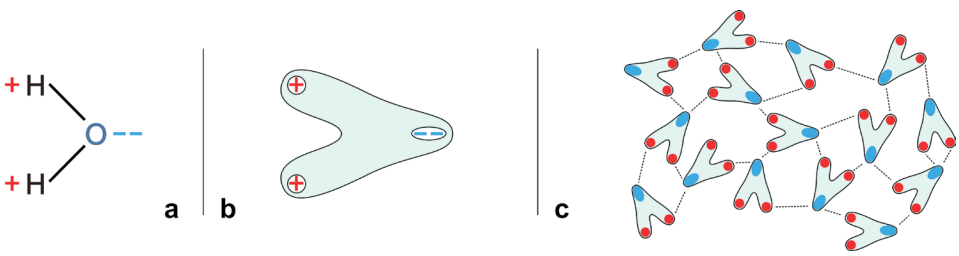
Koguste järgi, mida organism elutegevuseks vajab, jaotatakse toitained makro- ja mikrotoitaineteks. Makrotoitainete puhul on organismi vajadus suhteliselt suur. Nendeks on süsivesikud, rasvad, valgud, kiudained, vesi. Olenevalt organismi arengufaasist ja energiavajadusest võib makro- ja mikrotoitainete tarve kordades erineda. Kiire kasvu faasis oleval organismil on nii sünteesiks kasutatavate kui energeetiliste toitainete vajadus suhteliselt suur. Enam vajab organism energeetilisi toitaineid ka suurema füüsilise aktiivsuse korral (raske füüsilise töö tegijad, sõdurid, sportlased jne). Mikrotoitaineteks on vitamiinid ja mineraalained. Osa mineraalainetest, näiteks soolana tarbitav Na, Cl ning Ca, Mg, K, P ja S võidakse samuti tinglikult liigitada makrotoitaineteks, kuigi nende ööpäevane vajadus on koguseliselt siiski väike ja enamasti mõõdetav sadades milligrammides (harvem grammides).

2.1. Vesi

Keemiliselt koostiselt on vesi divesinikoksiid (H_2O), milles kaks vesiniku aatomit on liitunud ühe hapniku aatomiga (**joonis 2.3 a**). Vesi on keskkonnaks, kus lahustub enamik ainevahetuslikeks protsessideks vajalikest tahketest, vedelatest ja gaasilistest ainetest. Seega on vesi elutegevuseks hädavajalik ning elusorganismide koostises on vett rohkesti (inimestel sõltuvalt vanusest 55-75%). Kuna toiduaineid valmistatakse taimsest ja loomsest toormest (elusorganismidest), siis on nendegi koostises rohkesti vett. Vesi omab olulist tähtsust ka toiduainete tehnoloogias laiemalt. Mitmed toiduainete tehnoloogia keemilised ja mikrobioloogilised alusprotsessid on seotud veega. Kõrge veesisaldus soodustab ja madal veesisaldus piirab mikroobide arengut ning hüdrolüüsireaktsioone (vt allpool). Samuti on

veega seotud enamus füüsikalistest alusprotsessidest. Nii näiteks paraneb sügavkülmutatud toiduainete säilivus, sest vesi muutub tahkeks (jääks), mis seiskab veekeskkonnas toimuvad reaktsioonid. Vee aurutamine toiduainetest võimaldab neid kuivatada. Vee kapillaarsus ja pindpinevus toimivad vett siduvate nähtustena jne. Vee füüsikalis-keemilisi üldomadusi käsitletakse põhjalikumat neljandas peatükis.

Selleks, et mõista vee mitmesuguseid erisusi, tuleb eelkõige lähtuda veemolekulide ruumilisest ehitusest ja elementaarlaengute paiknemisest selles. Hapniku- ja vesinikuaatomite ebasümmeetriline orientatsioon muudab veemolekuli ruumiliselt polaarseks: hapnik kannab kahte negatiivset osalaengut ja kumbki vesinikuaatom ühte positiivset osalaengut (**joonis 2.3 b**). Nende osalaengute olemasolu võimaldab moodustada polaarseid vesiniksidemeid molekulide vahel, liites neid isegi puhtas vees (ja segude veefaasis) teatud struktuuriga kogumiteks (klastriteks). Iga negatiivse laenguga osa võib endaga vesiniku kaudu siduda kahte veemolekuli ning iga vesinikuaatomist tingitud positiivne laeng seostuda ühe veemolekuliga selle hapnikuaatomi negatiivse laengu abil (**joonis 2.3 c**).



Joonis 2.3. Vee molekulis paiknevad positiivse osalaenguga vesiniku aatomid negatiivse osalaenguga hapnikuaatomi suhtes ebasümmeetriliselt (a), mistõttu moodustub polaarne struktuur (b), mis omakorda soodustab molekulide liitumist vesiniksidemete abil ruumiliseks võrkstruktuuriks (c).

Veemolekulide omavahelist seotust vesiniksidemete ja Van der Waalsi jõududega nimetatakse ka kohesiooniks ning neid kooshoidvat resultantjõudu kohesioonijõuks. Vesiniksidemed katkevad ja taasmoodustuvad pidevalt suure kiirusega, kuid kokkuvõttes on suvalisel ajahetkel alati suur osa veemolekulidest omavahel klastriteks ühendatud. Veemolekuli klastrite

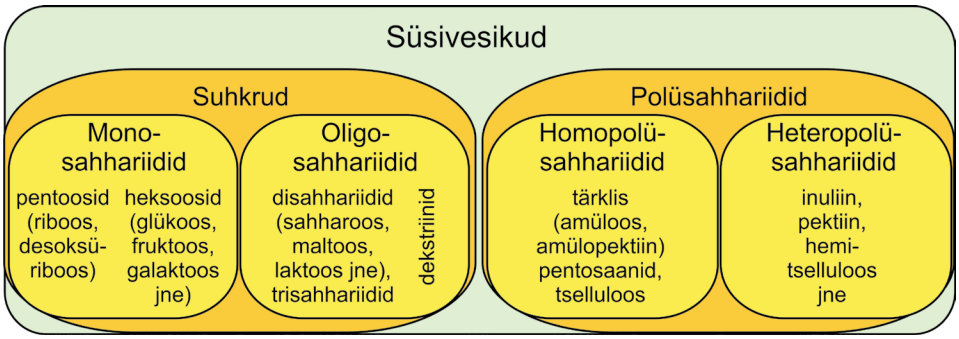
modelleerimisel ja vastavates eksperimentides on selgunud, et 3-4 vesiniksidemega kogumid püsivad enne ümberformeerumist umbes 1 ns. Samuti on uurimustes selgunud, et veemolekulide ruumilise paiknemise struktuuri lõhkumine näiteks ultrahelitöötlusega, muudab vee mõneks ajaks teiste ainete suhtes aktiivsemaks. Aktiveeritud vesi seostub tugevamini toidumaatriksiga ning seda omadust on hakatud kasutama toiduainete füüsikalise veesiduvusvõime suurendamiseks (näiteks lihatoodete puhul).

Tänu vesiniksidemetele moodustub vee jäätumisel kuusnurksete kristallidega avatud struktuur, milles olevad tühimikud suurendavad ruumala ning seetõttu on kristallilise jää tihedus vee omast väiksem. Tänu sellele koguneb moodustuv jää vee pinnale, mis ühtlasi raskendab vee läbikülmumist. Jää, kui üks võimalikest vee agregaatolekutest, mõjutab oluliselt nii toidumaatriksit kui toiduainete tehnoloogias toimuvaid protsesse. Samuti on mitmete toiduainete töötlemisprotsesside mõistmiseks oluline teada nii jää kui teiste vee olekute mõju ja üleminekuid olekute vahel.

Toiduainete tehnoloogias on eriline roll mitmesugustel reaktsioonidel, mis toimuvad vee keskkonnas. Neist olulisemad on hüdrolüüsi ensüümaatilised reaktsioonid (vt ka keemilised alusprotsessid), mille käigus liidetakse tekkivate ühenditega vett ning eraldub teatud kogus energiat. Vesi on veel äärmiselt oluline mikroobide elutegevust mõjutav tegur toiduainetes, mis tegelikult samuti põhineb ensümaatilistel reaktsioonidel.

2.2. Süsivesikud

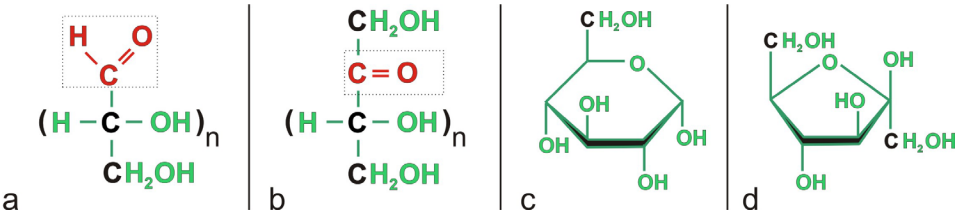
Süsivesikud ehk sahhariidid on asendatavad makrotoitained, mis täidavad inimorganismis eelkõige energeetilist eesmärki ning koosnevad ainult süsiniku, vesiniku ja hapniku aatomitest. Need jaotatakse kolme suuremasse rühma: mono-, oligo- ja polüsahhariidid. Mono- ja oligosahhariide tuntakse ka üldnimetusega – suhkrud. Polüsahhariidid jagunevad omakorda kahte põhirühma: homo- ja heteropolüsahhariididekss (**joonis 2.4**).



Joonis 2.4. Süsivesikute üldine jaotus.

2.2.1. MONOSAHHARIIDID

Monosahhariidid ehk lihtsuhkrud (mida nimetatakse ka monoosideks) on valged kristallilised ained, mis lahustuvad hästi vees ja omavad sageli magusat maitset. Nende molekulid sisaldavad vähemalt kolme süsinikuaatomiga ahelat, hüdroksüülrühmi (OH) ja karbonüülrühma, milles süsinikuaatom on kaksiksidemega seotud hapnikuaatomiga. Viimane võib esineda kas aldehüüd- (H-C=O) või ketorühmana (C=O). Ketorühma korral nimetatakse monosahhariidi vastavalt ketoosiks ja aldehüüdrühma puhul aldoosiks (**joonis 2.5**). Kuue süsinikuaatomiga ja aldehüüdrühma sisaldav lihtsuhkur on seega aldoheksoos (näiteks glükoos, galaktoos), riboos ja desoksüriboos on aldopentoosid, fruktoos aga ketoheksoos.



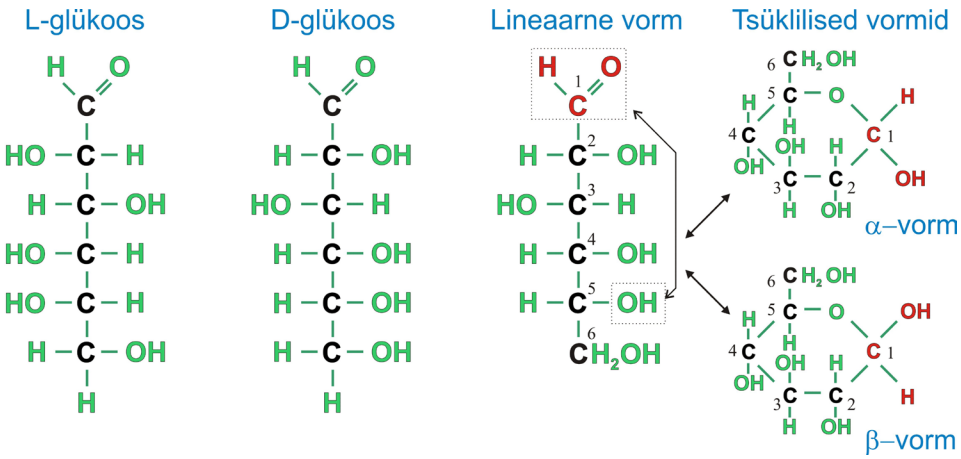
Joonis 2.5. Aldoosi (a) ja ketoosi (b) struktuurvalemid lineaarsete süsinikuahelate korral Fischeri projektsioonis ning α-D-glükoosi (c) ja β-D-fruktoosi (d) vastavalt kuue- ja viielülilised tsüklilised ahelad Haworthi projektsioonis.

Kõik monosahhariidide molekulid võivad esineda mitmete erinevate isomeeride ja vormidena. Erinevad isomeerid (epimeerid) moodustuvad olenevalt sellest, kummale poole süsinikuaatomit paigutub molekuli line-

aarse (avatud) ahela struktuurvalemis (Fischeri projektsioonis) vesiniku aatom ja hüdroksüülrühm. Aldoheksoosidel eksisteerib kokku kaheksa erinevat epimeeri, millistest igaüht käsitletakse eraldi sahhariidina. Neist toitainetena omavad olulisemat tähtsust glükoos, galaktoos ja mannoos. Ketoheksoose on kokku neli epimeeri, millistest toitainena on tuntuim fruktoos. Viie süsinikuaatomiga riboos ja desoksüriboos kuuluvad aldopentooside hulka.

Peale selle võib iga epimeeri molekul esineda veel nn peegelpildis kas D- või L-vormi ehk enantiomeerina. D-vormiga on tegemist siis, kui lahtise ahela eelviimase süsinikuaatomiga seotud hüdroksüülrühm paikneb Fischeri projektsioonis paremal pool, L-vormi korral on sama rühm vasakul (**joonis 2.6 a**). Toitainetena tulevad arvesse sahhariididest vaid D-vormid, sest L-vormid pole üldjuhul inimorganismi poolt omastatavad ning looduslikult esineb neid tühisel määral. D- ja L-vorme vorme saab teineteisest eristada optiliselt (polarimeetrilise analüüsi abil), sest D-vormi suhkrulahuse läbimisel pöördub polariseeritud valguse tasapind paremale, L-vormi korral aga vasakule.

Lahustes toimub lineaarse (avatud) ahela karbonüülrühma (aldehüüd- või ketorühma) ja eelviimase või viimase süsinikuaatomi hüdroksüülrühma vahel molekulisisene reaktsioon, mille tulemusena tekib monosahariidi molekuli (viie- või kuuelüline) tsükliline vorm. Tsüklilised vormid on lineaarsetest vormidest märgatavalt püsivamad ning seetõttu leidub neid suhkrulahustes alati väga suures ülekaalus. Seejuures jagunevad need omakorda α- või β-vormideks, mis on määratud sellega, kuidas asuvad tekkinud tsükli tasapinna suhtes karbonüülrühmast moodustunud OH-rühm ja tsüklist väljapoole jääv ahela osa (CH_2OH). Kui need paiknevad samal poolel (*trans*-positsioonis), siis on tegemist β-vormiga, vastupidistel pooltel (*cis*-positsioonis) paiknemise korral aga α-vormiga (**joonis 2.6 b**). Lineaarsed ja tsüklilised ahelad ning nende modifikatsioonid on omased kõikidele lihtsuhkrutele.

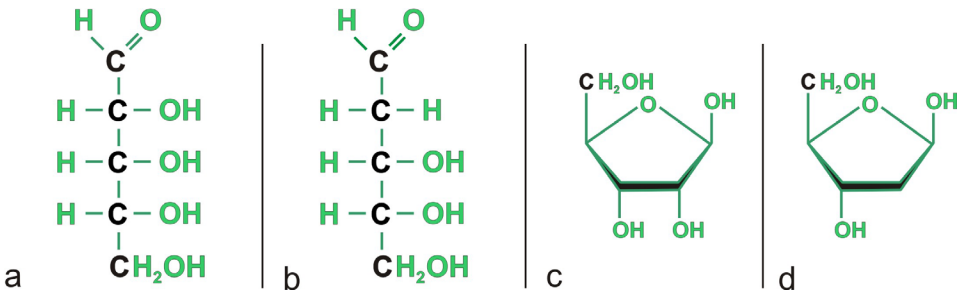


Joonis 2.6. Glükoosi L- ja D-vorm (a) ning kuuelüliliste tsükliliste α- ja ß-vormide moodustumine D-glükoosi lineaarsest ahelast (b).

Vesilahustes esinevad mõlemad tsüklilised vormid alati koos, sest toimub ühest vormist teise üleminek (mutarotatsioon) niikaua, kuni saabub teatud tasakaaluseisund. Ruumitemperatuuril kujuneb tasakaal välja mõne tunniga, madalatel temperatuuridel kulub selleks siiski märgatavalt enam aega. D-glükoosilahuses on tasakaalu korral α-vormi 36% ja β-vormi 64%. Kuna mutarotatsioonil toimub üleminek ühest vormist teise alati tsüklilistest ahelatest lineaarse ahela taastekke ja sellest uue tsüklilise konfiguratsiooni moodustumise kaudu, siis leidub lahuses alati mingil määral ka lineaarseid monosahhariidi molekule (glükoosil näiteks 0,02%, fruktoosil märgatavalt enam). Kristalliseerimisel on vastava režiimi valikuga võimalik saada ka puhta α- või β-vormiga kristalle.

Monosahhariididest omakorda koosnevad kõik oligo- (näiteks disahhariidid) ja polüsahhariidid (näiteks glükoosijääkidest moodustunud tärklis, glükogeen, tselluloos). Vastav polümerisatsioon toimub glükosiidsidemete (-O-) moodustumisega monosahhariidijääkide vahele, mille käigus ühinevad näiteks 6-lülilise tsükli esimese ja neljanda süsiniku OH-rühmad ja eraldub üks veemolekul. Selline liitumine on vastupidine oligo- või polüsahhariidi hüdrolüüsi reaktsioonile.

Viie süsinikuaatomiga monosahhariide tuntakse rahvusvahelises terminoloogias pentoosidena ($C_5H_{10}O_5$) ja kuue süsinikuaatomi korral nimetatakse neid heksoosideks ($C_6H_{12}O_6$). Heksoosideks on näiteks glükoos, fruktoos ja galaktoos, mida organism kasutab eelkõige hingamisel energia tootmiseks (vt *Taimne toore*), kuid neil on ka oluline roll mitmesugustes muudes ainevahetusprotsessides. Põhilisteks toidus esinevateks viie süsinikuaatomiga monosahhariidideks on riboos ja desoksüriboos (**joonis 2.7**).



Joonis 2.7. Lineaarse ahelaga riboosi (a) ja desoksüriboosi (b) struktuurvalemid ning nende tsüklilise ahelaga vormid (vastavalt c ja d).

Riboosi ja desoksüriboosi vajab organism RNA ja DNA sünteesil osalevate nukleiinhapete loomes. Riboos kuulub (lisaks RNA-le) ka adenosiintrifosfaadi (ATP), guanosiintrifosfaadi (GTP) jt makroenergeetiliste ühendite koostisse. Nende ühendite abil toimub energia ülekanne raku organellides toimuvate protsesside vajaduste katteks. Veel üheks toidus esinevaks pentoosiks on näiteks arabinoos, mis kuulub hemitselluloosi koostisse ning moodustab põhiosa akaatsiavaigu polümeersest kummiaraabikust. Kummiaraabik on tugeva veesidumisvõimega ning seda kasutatakse toiduainete tehnoloogias paksendaja ja stabilisaatorina.

Glükoos

Inimeste toitumises ja ainevahetuses on suhkrutest kõige olulisemaks energiaallikaks viinamarjasuhkur ehk glükoos, mille muundamine energiaks toimub aeroobse või anaeroobse hingamise (käärimise) teel. Hin-

gamise reaktsioonides salvestatakse energia adenosiintrifosfaadi (ATF) molekulidesse, mis omakorda on võimelised fosfaadijäägi eraldamisel seda energiat vajavates protsessides kiiresti ära andma. Glükoosi toodavad taimsed organismid fotosünteesi teel ning varuvad seda tärklisena (seemnetesse, mugulatesse jne). Loomsetes organismides salvestub glükoosivaru glükogeenina maksa ja lihastesse. Glükoos on ka mitmete disahhariidide (sahharoosi, maltoosi, laktoosi) koostisosaks.

Molekulide struktuurilt esineb loodusliku glükoosi lineaarne ahel enamasti D-vormina, koos nelja erinevat tüüpi tsüklilise vormiga (kuuelülilise tsükliga α-D-glükopüranoosi ja β-D-glükopüranoosina, ning viielülilise tsükliga α-D-glükofuranoosi ja β-D-glükofuranoosina). Seejuures moodustavad kuuelülilised püranoosid vesilahuses kuni 99% kõigist glükoosimolekulidest. Kuigi L-glükoosi looduslikult ei esine, on seegi tegelikult võimeline moodustama tsüklilisi vorme. Üldiselt on lineaarse (avatud) ahelaga glükoosi vorm suhteliselt ebastabiilne ja muundub lahuses paratamatult tsüklilisteks vormideks.

Glükoosi molaarmass on 180,16 g/mol, tihedus on 1,54 g/cm^3, sulamistäpp α-D-glükoosil 146 °C ja β-D-glükoosil 150 °C, lahustuvus vees 25 °C juures on 909 g/l, soojusmahtuvus 218,6 J/K·mol. Kõrgetel temperatuuridel (pürolüüsil) lõhustub glükoos süsinikuks ja veeks. Looduslikult esineb glükoos D-isomeerina, L-glükoosi looduslikult praktiliselt ei esine. Neid isomeere on võimalik teineteisest eristada näiteks optilise aktiivsuse kaudu: D-glükoos pöörab polariseeritud valguse tasapinda paremale (on dekstorotaarne), L-glükoos aga vasakule (on levorotaarne).

Glükoosi toodetakse enamasti polü- (tärklise) ja disahhariidide (sahharoosi, laktoosi) hüdrolüüsimisega. Väga suur kogus glükoosist turustatakse sahharoosi lõhustamisel saadava invertsuhkruna, mis sisaldab võrdsetes kogustes glükoosi ja fruktoosi. Oligo- ja polüsahhariidide hüdrolüüs ning invertsuhkru moodustumine sahharoosist võivad toimuda ka toiduainete valmistusprotsesside käigus.

Glükoos (ka fruktoos ja galaktoos, mis kujutavad endist tegelikult glükoosi isomeere) on võimeline imenduma seedetrakti eesmises osas (kaksteistsõrmiksooles ja peensooles) muutumatul kujul. Lisaks toidus leiduvale glükoosile, tekib seda juurde ka inimese seedetrakti jõudnud muude süsivesikute (maltoosi, sahharoosi, laktoosi, dekstriinide, tärklise ja glükogeeni) ensümaatilise lõhustamisega glükosidaaside toimel. Pärast seedetraktis imendumist suunatakse glükoos vere kaudu energiat vajavatesse kudedesse ja organitesse, mistõttu seda nimetatakse sageli ka veresuhkruks.

Vajalikku glükoositaset veres reguleerib hormoon insuliin, mis juhib ühtlasi glükoosivaru talletumist glükogeenina maksa ja lihastesse. Glükoosi defitsiidi korral veres saadakse seda kas maksa glükogeeni hüdrolüüsist, teiste heksooside (näiteks fruktoosi või galaktoosi) muundamisest, või glükoosi sisaldavate muude ühendite lõhustamisest. Diabeedi ehk suhkruhaiguse puhul on veresuhkru omastamine keharakkude poolt häiritud või koguni peatunud. Selle põhjuseks on kas insuliini sünteesi lakkamine või häired selle produktsioonis. Niisugusel juhul peab verre manustama organismivälist insuliini. Osal inimestest võib esineda ka veresuhkru madalat sisaldust. Siis tuleb täiendavalt tarbida glükoosi preparaate (näiteks glükoositablette), sahharoosi või teisi omastatavaid suhkruid.

Fruktoos

Fruktoosil ehk puuviljasuhkrul on sama molekulaarvalem nagu glükoosil $C_6H_{12}O_6$, kuid selle molekuli struktuuriliseks erinevuseks on ketorühma olemasolu teise süsinikuaatomi juures, mistõttu tegemist on ketoheksoosiga. Ketorühma ja eelviimase hüdroksüülrühma vahel vesilahuses toimuval molekulisisesel reaktsioonil moodustub fruktoosi viielüliline tsükliline vorm (fruktofuranoos). Kui ketorühm aga ühineb viimase süsinikuaatomi hüdroksüülrühmaga, siis tekib fruktopüranoos, mille tsüklis on kuus lüli. Tasakaaluseisundis sisaldab fruktoosilahus 22% furanoosi ja 70% püranoosi. Seejuures on mõlemal juhul võimalik nii α- kui ß-vormi teke. Kuna fruktoosi avatud ahelaga modifikatsiooni leidub suhteliselt enam kui sama

vormi glükoosilahuses, siis toimuvad fruktoosi tsükliliste vormide moodustumine ja nende mutarotatsioon glükoosi vastavatest muundumistest oluliselt kiiremini. Samal põhjusel toimub ka Maillardi reaktsioon fruktoosi puhul intensiivsemalt kui glükoosiga.

Võrreldes glükoosiga on fruktoos märgatavalt paremini vees lahustuv ning 1,7 korda ka magusam. Puuviljasuhkru nimetus pärineb fruktoosi avastamise ajast, mil seda esmakordselt just puuviljadest eraldati. Glükoosi ja fruktoosi ühinemisel (1-1) glükosiidsideme abil, moodustub sahharoos. Sahharoosi mõõdukal kuumutamisel laguneb see uuesti fruktoosi ja glükoosi seguks, mida tuntakse invertsuhkruna. Taimses toormes esineb fruktoos nii monosahhariidina kui sahharoosi koostises. Fruktoosi molaarmass on 180,16 $g \cdot mol^{-1}$, tihedus on 1,694 g/cm^3, sulamistäpp on 103 °C ja keemispunkt 440 °C juures, fruktoosi lahustuvus vees 20 °C korral on 790 g/l. Kõrgetel temperatuuridel lõhustub fruktoos süsinikuks ja veeks.

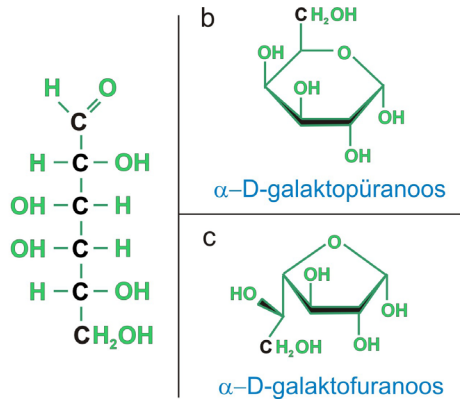
Kristallilist fruktoosi toodetakse peamiselt sahharoosi sisaldavast toormest (eelkõige suhkruroost või suhkrupeedist). Seda lisatakse toidule maitsestamiseks, maitsetugevdajana ja pagaritoodete puhul ka pruunistamiseks. Naturaalsel kujul on fruktoosi kõige enam puuviljades, mees, mitmesugustes marjades ja teatud juurviljades. Kõrge fruktoosisisaldusega toiduaineteks on veel maisi-, agaavi- ja vahtrasiirup ning puuviljamahlad. Fruktoosirikka maisisiirupi tootmisel kasutatakse toormena maisitärklist. Polüsahhariididest on eriti fruktoosirikas inuliin, mis seedub jämesoole mikrofloora kaasabil.

Fruktoosi suure lahustuvuse tõttu kristalliseerub see halvasti. Sellepärast eelistatakse toiduainetööstuses fruktoosi glükoosile ja teistele suhkrutele juhul, kui tahetakse vältida või vähendada kristallide teket. Nii näiteks saadakse suhkrusegust pehmemad kommid siis, kui segus kasutatavatele suhkrutele lisatakse fruktoosi. Fruktoos vähendab magusates toiduainetes ka veekristallidest tingitud suuaistingu vigu, sest selle lisamine alandab vee külmumistäppi enam kui teised sahhariidid. Veel on fruktoosi kasulik lisada tärklisega paksendatavatele vedelatele toiduainetele. Fruktoos alandab

tärklise kliisterdumise (geelistumise) temperatuuri, mistõttu nõutud viskoossus saabub kiiremini kui näiteks sahharoosi lisamisel.

Galaktoos

Galaktoosi nimetus tähendas algselt küll piimsuhkrut, kuid hiljem hakati sellega tähistama piimsuhkru ühte põhikomponentidest. Glükoosi C-4 epimeerina eristab seda glükoosist OH-rühma vasakpoolne paiknemine neljanda süsinikuaatomi juures. Galaktoos kujutab endast aldoheksoosi, mis esineb nii avatud ahela kui tsükliliste vormidena (**joonis 2.8**). Kokku võib D-galaktoosist moodustuda kaks erinevat nii viie- kui kuuelülilise tsükliga α-D ja β-D vormi. Sama palju eri vorme on võimalikud ka L-galaktoosi puhul, mida looduslikul kujul esineb harva. Eri vormide mutarotatsiooni tasakaal saabub vesilahuses siis, kui α-D-püranoosi on 32%, β-D-püranoosi 64%, α-D-furanoosi 1% ja β-D-furanoosi on 3%. Galaktoosi molaarmass on 180,16 g/mol, tihedus on 1,723 g/cm^3, sulamistäpp 167 °C ning lahustuvus vees 25 °C juures on 683 g/l. Kõrgetel temperatuuridel lõhustub galaktoos süsinikuks ja veeks. Galaktoosi magusus on oluliselt madalam glükoosi ja fruktoosi omast.



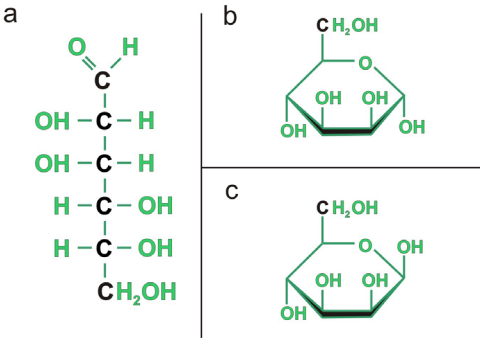
Joonis 2.8. D-galaktoosi avatud ahel a Fischeri projektsioonis ja sellest moodustunud α-D-galaktopüranoosi ja α-D-galaktofuranoosi vormid Haworthi projektsioonis.

Galaktoosi leidub eelkõige imetajate piimas ja enamikus piimatoodetes. Rohkesti on seda ka hemitselluloosi koostises oleva polümeerse galaktaanina, mille molekulid koosnevad galaktoosijääkidest. Seega saab galaktaani vastava hüdrolüüsiga muundada tagasi galaktoosiks. Ka laktoosist saab galaktoosi eraldada hüdrolüüsi teel, kasutades selleks laktaasi või ß-galaktosidaasi ensüüme.

Toidust omastab organism galaktoosi seedetrakti eesmises osas. Selle muundamine glükoosiks toimub Leloir'i metaboolses ahelas. Galaktoseemia korral sellist muundamist ei toimu, mistõttu galatoosi tarbimine osutub kahjulikuks isegi väikeste koguste puhul. Imetajate piimaloomes toimub vastupidine protsess, siis glükoos muundatakse piimanäärme laktotsüütides galaktoosiks. Uuringutest on selgunud, et kahest galaktoosimolekulist moodustunud disahhariid (nn alfa-gal) võib organismis tekitada allergilist reaktsiooni.

Mannoos

Mannoos on aldoheksoos, mis kujutab endast glükoosi C-2 epimeeri. Mannoosi molaarmass on sama suur kui glükoosil, fruktoosil ja galaktoosil (180,16 g•mol^{-1}), kuid tihedus (1,54 g/cm^3) ja sulamistemperatuur (132 °C) on madalamad. Vees lahustub mannoos praktiliselt sama hästi kui glükoos ja fruktoos. Sarnaselt glükoosi ning galatoosiga, esineb see looduslikult eelkõige D-vormina, mille avatud ahelast võib moodustuda nii viiekui kuuelüliliste tsüklitega α-D ja β-D vorme (**joonis 2.9**). Nende vormide vahel toimub kiire mutarotatsioon. Püranoosid on seejuures ülekaalus, ning nende α-D ja β-D vormide vaheline tasakaal lahuses saabub vahekorra 67:33 juures.



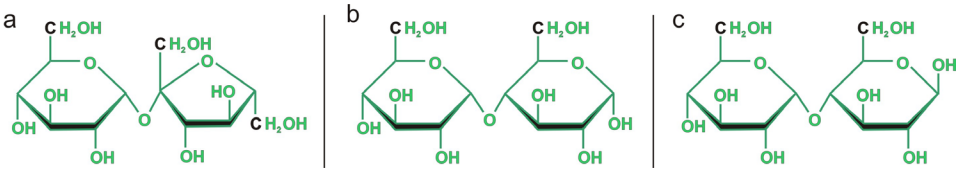
Joonis 2.9. Avatud ahelaga D-mannoos Fischeri projektsioonis (a) ja sellest moodustunud α-D-mannopüranoosi (b) ja β-D-mannopüranoosi (c) vormid Haworthi projektsioonis.

Toiduga satub mannoos organismi erinevate polüsahhariidide ja glükoproteiinide seede kaudu. Vaatamata seedeprotsessis toimuvale omastamisele, metaboliseerub mannoos väga halvasti ning suurem osa sellest väljutatakse uriiniga. Samas on mannoosil inmorganismi ainevahetuses eriti oluline roll tänu tugevale valkude glükosüleerimise võimele, millega seostuvad mitmete ensüümaatiliste reaktsioonide reguleerimise mehhanismid.

Mannoosijäägid on organismis võimelised aktiveerima immuunsüsteemi. Elusorganismid on mannoosi võimelised sünteesima glükoosist.

2.2.2. Disahhariidid

Toiduainete oligosahhariididest on kõige tuntumad kahest monosahhariidist moodustunud disahhariidid: sahharoos, maltoos ja laktoos (**joonis 2.10**). Sahharoosi molekul koosneb ühest glükoosi- ja ühest fruktoosijäägist, maltoosi molekul kahest glükoosijäägist, ning laktoosi moodustavad glükoosi ja galatoosi molekulid. Sahharoosi ja maltoosi sisaldab eelkõige taimne toit, eriti küpsenud puuviljad ja marjad. Laktoos on tüüpiliseks piima süsivesikuks.



Joonis 2.10. Olulisimate toidu disahhariidide struktuurvalemid: sahharoos (a), laktoos (b) ja maltoos (c).

Sahharoos

Sahharoos (tavakeeles – suhkur) on looduslikult esinev disahhariid ($C_{12}H_{22}O_{11}$), mille glükosiidside on moodustanud glükoosijäägi esimese süsinikuaatomi ja fruktoosijäägi teise süsinikuaatomi vahele. Seejuures saab vastav ühinemisreaktsioon toimuda vaid α-D-glükopüranoosi ja β-D-fruktofuranoosiga. Ühinemisel tekkinud (1-2) glükosiidsideme tõttu pole sahharoos suuteline edasiseks liitumiseks pikematesse ahelatesse.

Sahharoosi energiasisaldus on 3,94 kcal/g (17 kJ/g). Toiduainena turustatakse seda valget värvi kristallilise ainena, mille molaarmass on 342,3 g/mol ja tihedus 1,587 g/cm^3. Sahharoosil puudub kindel sulamistemperatuur, 186 °C juures see karamelliseerub ning kõrgemal temperatuuril laguneb veeks ja süsinikuks, mis omakorda võib seejärel õhuhapniku juuresolekul põleda. Seda reaktsiooni saab rakendada näiteks puhta süsiniku saamiseks.

Katalüsaatorina kasutatakse seejuures väävelhapet, mida valatakse kuumale sahharoosile.

Ensüüm sahharaasi (sukraasi, katalaasi) mõjul või happelises keskkonna toimub sahharoosi hüdrolüüs glükoosiks ja fruktoosiks, mille segu on tuntud invertsuhkruna. Sahharoos lahustub väga hästi vees (selle lahustuvus temperatuuril 25 °C on 2000 g/l), kusjuures temperatuuri tõstmisel lahustuvus märgatavalt suureneb.

Sahharoosi leidub peaaegu kõikides taimedes varu- ja kaitseainena. Rohkesti esineb seda ka mees. Juba mitme aastasaja jooksul on sahharoos olnud kasutusel toitude magustaja ja maitsetugevdajana. Samal otstarbel on selle kasutus jätkunud toiduainete tööstuslikul tootmisel ning on senimaani kõige levinum toiduainetes kasutatav suhkur. Otseseks toormeks on see paljude maiustuste, eriti kommide valmistamisel. Tööstuslikult valmistatakse sahharoosi taimsest toormest, mille suhkrusisaldus jääb vahemikku 12-20%, eelkõige aga suhkruroost ja suhkrupeedist (vt Suhkrutehnoloogia).

Seedekulglas lõhustub sahharoos ensümaatiliselt glükoosiks ja fruktoosiks, mis seejärel imenduvad verre ja kasutatakse organismi energiavajaduste rahuldamiseks. Sahharoosi tarbimine on inimeste seas suhteliselt suur, mis avaldub ka suures hulgas terviseriskides.

Maltoos

Maltoos ehk linnasesuhkur on disahhariid, mida leidub rohkesti linnastes, kust see esmalt ka eraldati. Linnastumisel lõhustavad idudes leiduvad α- ja β-amülaasid esimeses etapis teravilja varutärklise maltoosiks, mis koosneb kahest omavahel α(1-4) glükosiidsidemega seotud glükoosimolekuli jäägist. Vähemal määral tekib ka isomaltoosi, mille moodustavad α(1-6) glükosiidsidemega seotud glükoosimolekulid. Maltoosi molaarmass on 342,3 g/mol, tihedus 1,54 g/cm^3, sulamistemperatuur jääb vahemikku 160-165 °C. Maltoos lahustub kaunis hästi vees: temperatuuril 20 °C on selle lahustuvus 1080 g/l.

Maltoos on põhiliseks õllevirde koostises olevaks sahhariidiks, mille kääritamisel moodustub etüülalkohol ja süsihappegaas (vt Õlletehnoloogia). Maltoosi tekib veel loomse glükogeeni ensümaatilisel lõhustumisel ning glükoosi karamelliseerimisel. Peale α-D-vormi, on olemas ka looduslik β-D-vorm, mida tekib taimsete amülopektiinide 1-6 sidemete lõhustamise käigus.

Amüloosi lahuses toimub α- ja β-vormide vormide vaheline mutarotatsioon seni, kuni saabub vajalik tasakaal. Erinevalt sahharoosist, on maltoos võimeline ensümaatiliselt ühinema polümeerseteks ahelateks, mida esindavad näiteks tärklis, amülopektiin ja glükogeen.

Maltoos on suhteliselt madala magususega. Toiduks kasutatakse maltoosi nii kristallilise suhkru kui siirupina. Seedetraktis lõhustub maltoos hüdrolüüsil ensüüm maltaasi abil kaheks glükoosimolekuliks. Isomaltoosi lõhustavaks ensüümiks on isomaltaas. Nende ensüümide puudumisel võib inimesel ilmneda maltoositalumatus (intolerantsus), millega kaasnevad puhitised, kõhulahtisus, isegi nn kõhukrambid.

Laktoos

Laktoos ehk piimasuhkur on disahhariid, mis koosneb ühest glükoosi- ja ühest galaktoosijäägist. Need on omavahel liitunud β(1-4) glükosiidsidemega, kusjuures galaktoos esineb ainult β-D-püranoosina. Glükoos aga võib laktaasimolekulis olla nii α-D, kui β-D-vormina.

Laktoosi molaarmass on 342,30 g/mol ja on tihedus 1,525 g/cm^3. Laktoos sulab temperatuuril 203 °C ning keeb 669 °C juures. Võrreldes teiste disahhariididega, on laktoosi lahustuvus vees madalam (216 g/l). Laktoosi saab muundada (isomeriseerida) laktuloosiks, hüdrogeenida alkoholiks (laktilooliks) ning hüdrolüüsida glükoosiks ja galaktoosiks.

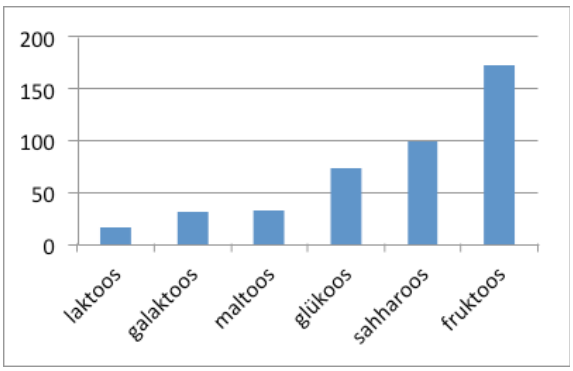
Laktoosi hüdrolüüs toimub ka selle seedimisel, siis lõhustub laktoos seedetraktis ensüüm laktaasi (β-D-galaktsoidaasi, mida eritavad peensoole seinas olevad hatud) toimel glükoosiks ja galaktoosiks (vt Glükoos ja Ga-

laktoos). Täiskasvanud inimestel võib laktaasi sekretsioon olla vähenenud või peatunud, mistõttu neil võib olla raskusi laktoosi omastamisega ning tekib laktoositalumatus. Laktoositalumatusega kaasnevad samasugused seedehäired nagu maltoositalumatuse korral. Siis tuleks vältida laktoosirikaste toitainete tarbimist või manustada söögi ajal laktaasi eraldi preparaadina.

Laktoosi esineb kõikide imetajate piimas, eriti rohkesti on seda inimese, hobuse ja kaamelipiimas. Põhiosa laktoosist pärineb siiski lehmapiimast, mille töötlemise kõrvalsaadust – vadakut – kasutatakse ka laktoosi kui toote valmistamise toormena. Laktoosi kasutatakse kaunis rohkesti toidulisandina (eriti lastetoitudes), farmaatsiatööstuses ja etüülalkoholi valmistamiseks *Kluyveromyces* perekonna pärmidega kääritamisel. Selle eraldamiseks vadakust rakendatakse enamasti kristalliseerimist, kuid kasutada saab ka etanooli, milles laktoos ise ei lahustu vaid sadestub.

Suhkrute magusus

Magusus on toitumise seisukohast ilmselt suhkrutele kõige iseloomulikum omadus. Seetõttu kasutatakse neid nii toiduainete põhikoostises, toiduainete maitsestamiseks, maitse tugevdajatena, vajaliku värvuse tagamiseks jne. Magususe skaala aluseks on võetud glükoosi ja fruktoosi molekulist koosneva sahharoosi magusus (100%), mida võrreldakse organoleptiliselt uuritavate suhkrute magususega (**joonis 2.11**). Selle hindamissüsteemi järgi on fruktoosi magusus 173%, glükoosi magusus on 74%, maltoosil on see 33%, galaktoosil 32% ja laktoosil 16%. Erinevad vormid võivad seejuures olla erineva magususega. Nii näiteks on ülaltoodud fruktoosi magusus tegelikult selle viielülilise tsüklilise vormi oma, kuuelülilisel on tegelikult sahharoosiga võrdne



Joonis 2.11. Sahhariidide magususe võrdlus.

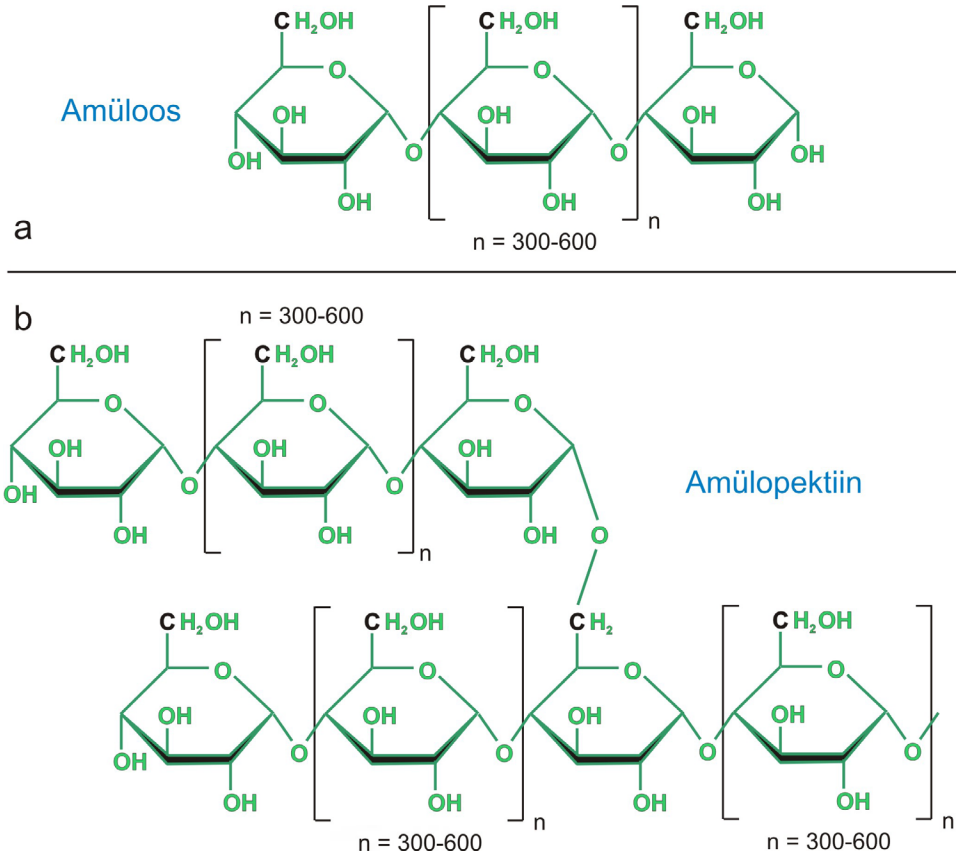
magusus. Kuna glükoosi magusus on 74%, siis termiliselt saadava invertsuhkru magusus jääb sahharoosi omast kokkuvõttes madalamaks.

2.2.3. POLÜSAHHARIIDID

Polüsahhariide nimetatakse polüoosideks ning nende molekulid koosnevad glükosiidsidemetega liitunud monosahhariidide jääkidest. Üldiselt arvatakse polüsahhariidide hulka enam kui 10-lülilised ühendid, vähem monosahhariide sisaldavad molekulid (näiteks dekstriinid) on oligosahhariidid. Üht tüüpi monosahhariidist koosnevaid polüsahhariide liigitatakse homopolüsahhariidideks (näiteks tärklis, tselluloos), erinevat tüüpi monosahhariide sisaldavad aga heteropolüsahhariidid (näiteks inuliin). Toiduainetes moodustavad polüsahhariidid suure osa energiarikastest makrotoitainetest (näiteks tärklis) ja seedeprotsesse soodustavatest kiudainetest (näiteks hemitselluloos).

Toidu enimtuntud energeetiline polüsahhariid on taimsest toormest pärit tärklis. Sellest koosneb paljude taimede energiavaru. Keemiliselt koostiselt on tärklis α-glükosiidsidemetega D-glükoosi polümeer, mida inimene on võimeline täielikult seedima. Seda esineb kahes vormis: lineaarse ahelaga amüloosi ning hargevate ahelatega amülopektiinina (**joonis 2.12**). Tärklise lineaarsed ahelad on moodustunud 1-4 glükosiidsidemetest, amülopektiini ahelate hargnemiskohad aga 1-6 glükosiidsidemetest. Põhiosa (70-85%) tärklisest koosneb amülopektiinist, amüloosi on selles märgatavalt vähem (15-30%).

Tärklis ei lahustu vees, kuid on suuteline rohkesti siduma vett kliisterdumise käigus, mis toimub kõrgema (ca 60 °C) temperatuuri juures. Kuival kuumutamisel lõhustub tärklis dekstriinideks, mis võivad muuhulgas sisaldada ka hargnevate ahelate (1-6) glükosiidsidemeid. Kuumutamisel eraldunud dekstriinid omandavad pruunika värvuse, toetades küpsetamisel vastava värvitooni teket näiteks pagaritoodetele. Tärklise molekulmass sõltub polümerisatsiooni astmest, selle tihedus on 1,5 g/cm^3, mis soodustab

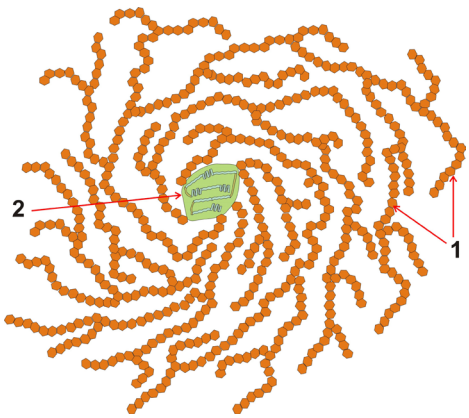


Joonis 2.12. Tärklise lineaarsed ahelad koosnevad 1-4 sidemetega polümeriseerunud glükoosijääkidest: a – amüloos moodustub ainult lineaarsetest ahelatest, b – amülopektiinis esineb ka 1-6 sidemete abil hargnevaid ahelaid.

tärklise sedimentatsiooni veekeskkonnas. Tärklise olemasolu hindamiseks kasutatakse joodireaktsiooni, mille käigus tärklis värvub lillakas-siniseks. Toiduainete tehnoloogias kasutatakse tärklist ja selle modifikatsioone väga rohkesti tekstuuri parandaja, paksendaja ja stabilisaatorina.

Taimedes paikneb tärklisevaru mikroteradena, mis rakukestade purustamise järgselt on saadavast mahlast kergesti eraldatavad sedimentatsiooni või tsentrifuugimisega. Tärklist toiduainena toodetakse eelkõige kõrge tärklisesisaldusega mugulviljadest. Kui tärklis on taimseks glükoosivaruks, siis glükogeenil on sama roll loom- ja seenorganismides. Laialdase esi-

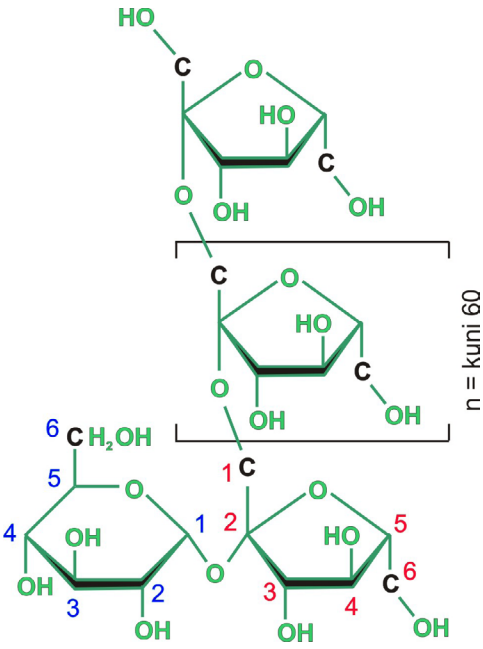
nemise tõttu loomadel, nimetatakse glükogeeni vahel ka loomseks tärkliseks. Keemiliselt ehituselt koosnevad glükogeeni molekulid glükoosijääkidest, mis moodustavad hargnevaid ahelaid (**joonis 2.13**). Need ahelad on koondunud globulaarseteks graanuliteks, milles sisaldub umbes 30 tuhat glükoosijääki. Glükogeeni molekuli ahelad hargnevad keskmiselt iga 8-12 glükoosijäägi järel ning sarnanevad taimse amülopektiini molekulidega, kuigi hargnemisi on amülopektiiniga võrreldes enam. Loomse glükogeeni graanuli tuuma moodustab glükogeniinina tuntud valk. Loomsetes organismides leidub glükogeeni graanuleid kõige enam maksas (moodustades 5-6% maksa massist) ja lihastes (kus seda on 1-2% lihasmassist). Glükogeeni esineb märkimisväärselt loomse toidu koostises.



Joonis 2.13. Glükogeeni graanuli struktuuri skeem: 1 – hargnenud glükoosijääkide ahelad, 2 – glükogeniinist tuum.

Seedimisel lõhustab tärklise ja glükogeeni ahelate (1-4) glükosiidsidemeid α-amülaas, ahelate hargnemiskohti aga γ-amülaas. Amülaasside katalüüsiva toime avaldumiseks on vajalik kaltsiumi manulus. Amüloosi lõhustumise esmasel etapil tekivad seejuures maltoosi ja maltotrioosi (kolme glükoosijäägiga) molekulid. Amülopektiini lõhustumise saadused on aga maltoos, glükoos ja dekstriin. Inimorganism β-amülaasi ei sünteesi, kuid see osaleb seedetraktis elavate mikroobide ensüümina, katalüüsides samuti (1-4) glükosiidsidemeid. Termiliselt töödeldud tärklis seedub märgatavalt paremini, kui toortärklis. Kuumtöötluse läbimisel tärklis kliisterdub ja muutub pärast seda ensüümidele kergemini lõhustatavaks.

Tärklisele ja glükogeenile lisaks esineb taimses toidus polümeerse süsivesikuna ka inuliini, mis samuti koosneb heksoosijääkidest. Tegemist on polüsahhariididega, milles võib polümeriseerunud olla kuni 60 heksoosimolekuli. Selle ahelad koosnevad fruktoosijääkidest, kuid terminaalse osa



Joonis 2.14. Inuliiniahela keemiline ehitus.

lõpetab glükoosi molekul (**joonis 2.14**). Erinevalt tärklisest, lahustub inuliin suhteliselt hästi vees. Korralikult veega segatuna moodustub sellest kreemjas, rasvalaadne struktuur. Geelistava ja vett siduva võime tõttu kasutatakse inuliini toiduainete tehnoloogias ning toiduvalmistamisel saaduste emulgeerimiseks ja vahustamiseks.

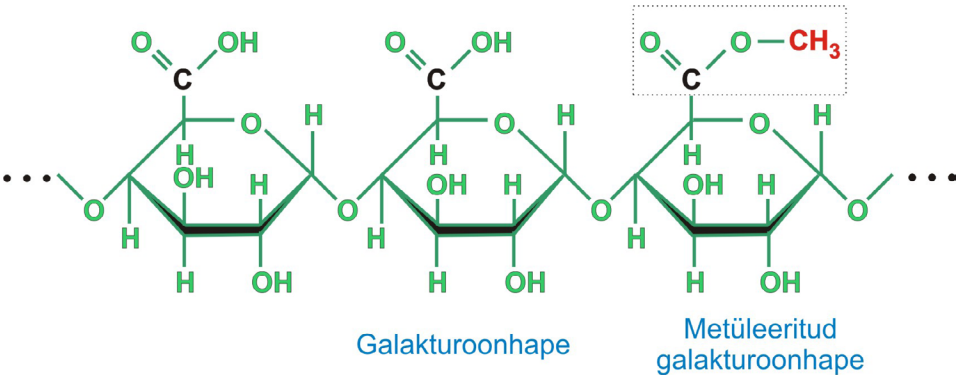
Inuliinil on imal-magus maitse, kuid tal puudub lõhn. Inuliini pole inimese seedetrakti ensüümid võimelised lõhustama, mistõttu seda otseselt energeetiliseks toitaineks ei liigitata, vaid loetakse kiudaineks. Inuliin lõhustub jämesooles, sealse mikrofloora ensüümide kaasabil, tekitades seejuures rohkesti gaasi. Seetõttu tuleb inuliini tarbimisel vastavate toiduainete koguseid suurendada järkjärgult, andes jämesoole mikrofloorale kohanemisaega. Inuliin annab vaid kolmandiku energiast, mis on talletunud sama suurde tärklise kogusesse. Toitumise seisukohast loetakse inuliini madala kalorsusega prebiootiliseks aineks, mida soovitatakse tarbida vere suhkrusisalduse alandamiseks. Lisaks on uuringutes selgunud, et inuliin soodustab kaltsiumi ja magneesiumi imendumist.

Toiduainete struktuuri ja seedeprotsesside seisukohast on oluliseks taimseks toitaineks pektiin. Selle põhikarkassi moodustavad polümeersed molekulid, mis koosnevad (1-4) glükosiidsidemetega seotud galakturoonhappe (pektiinhappe) jääkidest (**joonis 2.15**), kuid sisaldab ka heteropolüsahhariid. Galakturoonhappe jäägid on osaliselt seotud metüülalkoholiga, moodustades metüülestreid. Pektiini kuumutamisel suhkrute ja orgaaniliste

hapete manulusel tekivad želeed, mida laialdaselt rakendatakse toiduainete ja toidu valmistamisel. Väga rohkesti kasutatakse pektiini vedelate toiduainete (näiteks jogurtite) struktuuri tugevdamiseks.

Pektiine lõhustavateks ensüümideks on pektinaasid, mida inimese seedetrakt ei sünteesi. Seetõttu seedub see vaid osaliselt jämesoole mikrofloora toimel. Vaatamata pektiini mõningasele seedumisele, liigitub see toitainena koos inuliini ja hemitselluloosiga kiudainete hulka. Tööstuslikult valmistatavaid pektinaase kasutatakse pektiinirikaste mahlade selitamiseks.

Heksosaanidest ja nende derivaatidest koosnevate ühendite kõrval esineb toiduainetes polümeersetest süsivesikutest veel pentosaane, mis on koosnevad viie süsinikuaatomiga monosahhariidide riboosi ja desoksüriboosi jääkidest. Nende lineaarsed ja hargnenud ahelad moodustavad näiteks arabinoksülaani karkassi, millega on enamasti seotud ka valkainet. Pentosaanid lahustuvad suhteliselt halvasti vees, kuid on kleepuvad ja toimivad mh pagaritoodetes koos β-glükoonidega liimainena. Sarnaselt tärklise, inuliini ja pektiiniga on ka pentosaanid tugevad geelimoodustajad ning seovad siis rohkesti vett.

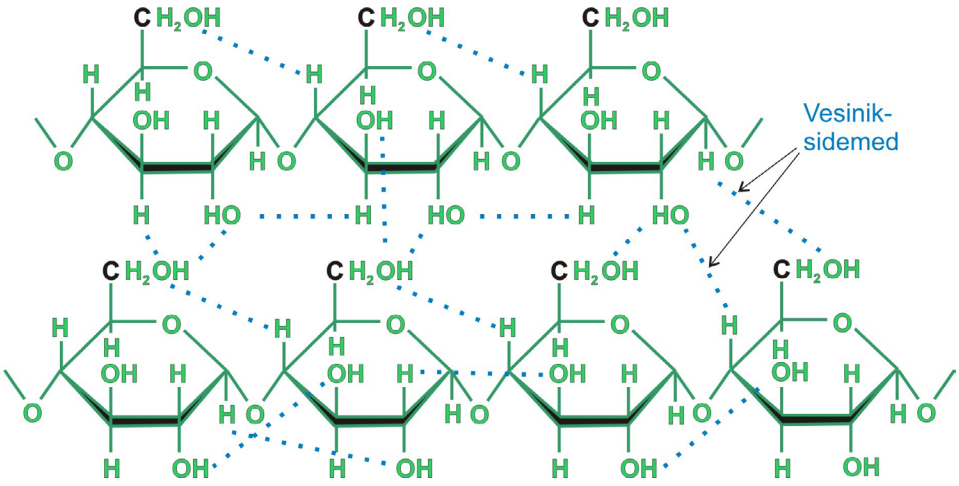


Joonis 2.15. Lõik pektiini põhikarkassist

Põhiosa toidu kiudainest pärineb taimset päritolu rakukestadest, kus toesena toimivad tselluloos ja hemitselluloos. Tselluloos on homopolüsahhariid, mille ahelad ei hargne ning koosnevad ainult polümeriseerunud glükoosijääkidest (**joonis 2.16**). Neid võib ühes molekulis olla üle kümne tuhande. Tselluloosi on seejuures hemitselluloosist enam ning umbes

kolmandik taimse toorme kuivainest on tselluloos. Selle hüdroksüülrühmad moodustavad nii ahelasiseseid kui ahelate vahelisi vesiniksidemeid, mis annavad kiududele mehhaanilise tugevuse, kuid ei kaota elastsust. Lisaks struktuuri tugevdavale toimele, suurendavad vesiniksidemed niiskes keskkonnas ka tselluloosi veesisaldust, soodustades vee molekulide difundeerumist kiudude vahele. Toidus toestab see toidumaatriksit ning seedimisel soodustab küümose liikumist seedetraktis ja on kandjaks soolestiku mikrofloorale.

Tselluloosiga koos esinev hemitselluloos on heterosahhariid, mis koosneb glükoosi-, fruktoosi-, mannoosi- ja ksüloosijääkidest ning selle molekul sisaldab hargnevaid ahelaid. Hemitselluloos on seedetrakti jämesoole osas võimeline mõningal määral ka seeduma. Selle ahelad sisaldavad 300-3000 sahharriidilüli, moodustades amorfseid struktuure. Hemitselluloosidega on sageli liitunud näiteks karraginaan, kummiaraabik, mitmesugused kameedid, mida rakendatakse toiduainete stabilisaatoritena ja želeerivate lisanditena. Erinevalt tselluloosist, on hemitselluloos kergesti hüdrolüüsitav lahja aluse või happega.



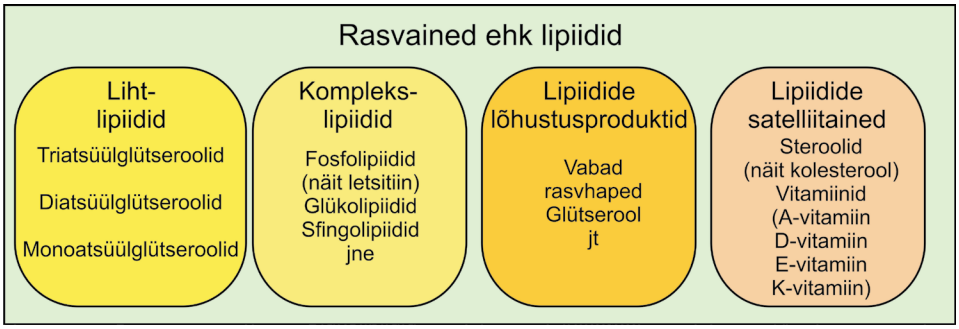
Joonis 2.16. Glükoosijäägid moodustavad tselluloosi struktuuris pikki ahelaid, mida tugevdavad ahelasisesed ja ahelate vahelised (punktiiriga tähistatud) vesiniksidemed.

Loomses toormes on kiudaineid suhteliselt vähe, mis muudab taimse toidu kiudainete sisalduse poolest eelistatumaks. Toidu kiudainete põhiosa moodustavadki taimset päritolu pektiin, tselluloos ja hemitselluloos.

2.3. Rasv ja rasvained ehk lipiidid

Toidurasv on enamasti väga erinevate rasvainete segu, mis sisaldab lihtlipiide, komplekslipiide ehk lipoide, lipiidide laguprodukte ja rasvadega kaasnevaid ehk satelliitaineid (**joonis 2.17**). Loomses toormes on nende komponentide sisaldused üldjuhul taimse toorme omast paljuski erinevad. Kõik lipiidid (kui osa rasvaslahustuvatest vitamiinidest välja arvata) sisaldavad rasvhappeid, mis suurel määral mõjutavad rasvainete omadusi. Seetõttu on oluline teada rasvhapete ehitust ja nende eripärasid. Toitumise seisukohast on rasvad oluliseks energiaallikaks, kusjuures ka see funktsioon tugineb eelkõige rasvhapete metabolismile.

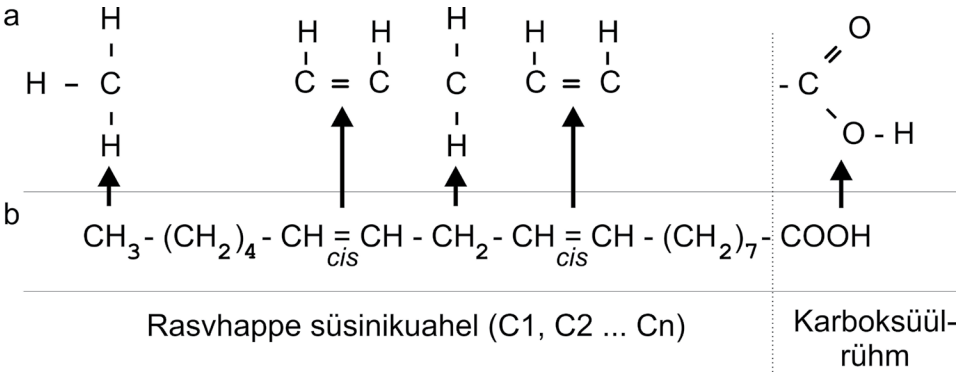
Rasvhapped on alifaatse (avatud) ja suhteliselt pika ahelaga karboksüülhapped, milles süsinikuaatomite vahel esineb nii üksik- kui kaksiksidemeid. Selle järgi jaotatakse neid kahte suuremasse rühma: küllastatud ja küllastamata rasvhapeteks (**joonis 2.18**). Küllastatus tähendab seda, et süsinikuaatomitega ühinenud vesinikuaatomite arvu pole võimalik enam suurendada (kõik ahelasisesed süsinikuaatomid on seotud kahe vesinikuaatomiga ning ahela terminaalse süsinikuga on ühinenud kolm vesinikuaatomit). Kui ahelas esineb kasvõi üks kaksikside, siis on tegemist küllastamata rasvhappega.



Joonis 2.17. Rasvainete põhiklassid.

Looduslike rasvhapete ahel võib sisaldada 4-28 süsinikuaatomit. Lühikeseks loetakse ahelat siis, kui see koosneb kuni 6 süsinikuaatomist, keskmise pikkusega ahelates on neid 7-12, pikkades ahelates 13-21, ülipik-

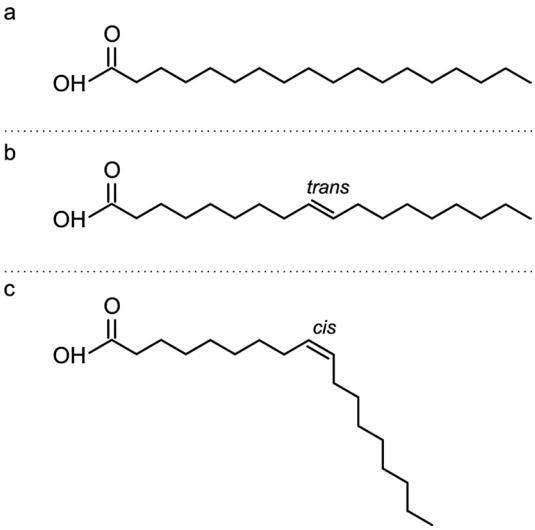
kades aga üle 21 süsinikuaatomi. Süsiniku aatomite arvu, nendevaheliste sidemete ja asukohtade iseloomustamiseks kasutatakse lisaks keemiliste ainete süstemaatilisele märgistusele ka mitmesuguseid muid süsteeme. Toiduteaduses ja toiduainete tehnoloogias on levinud arvlühendite ning nendega seotud tähiste kasutamine. Nii näiteks tähendab arvlühend 18:0 seda, et rasvhappes on kokku 18 süsinikuaatomit ning nende vahel puu-



Joonis 2.18. Rasvhappe struktuurielemendid: a – ahela süsinikuaatomiga rühmad, kaksiksidemed ja karboksüülrühm, b – linoolhappe (9-cis, 12-cis-18:2) lihtsustatud struktuurvalem

duvad kaksiksidemed. Tähistust 18:1 kasutatakse aga siis, kui sama pikas süsinikuahelas on ka üks kaksikside. Kõige korrapärasema struktuuriga on küllastatud rasvhapped, nende ahelas on kõik süsinikuaatomid ruumiliselt paigutunud naabersüsinikega 109° ruuminurga all kindla suunaga ritta. Sageli esitatakse rasvhapete struktuurvalemeid lihtsustatult murdjoonena, mille murdekohtades süsiniku- ega vesinikuaatomeid (välja arvatud karboksüülrühmas) ei tähistata. Kaksikside on kujutatud ahelas topeltjoonena ning tähistuses võidakse arvlühendile lisada märgistus selle asukoha ja ruumilise konfiguratsiooni iseloomustamiseks.

Stеariinhappel puuduvad kaksiksidemed ja selle ahel jääb vaatamata sakkidele, siiski ühesuunaliseks. Suund jääb samaks ka küllastamata (18:1) *trans*-oleiinhappel. *Cis*-oleiinhappe ahel on aga kaksiksideme kohalt tugevasti väändunud (**joonis 2.19**). Põhjuseks on vesinikuaatomite ruumiliselt erinev paiknemine kaksiksidet moodustavate süsinikuaatomite küljes.



Joonis 2.19. Sama süsinikuaatomite arvuga rasvhapete lihtsustatud struktuurvalemid: a – küllastatud (18:0) steariinhape, b – küllastamata (18:1) *trans*-oleiinhape, c – küllastamata (18:1) *cis*-oleiinhape

Cis-isomeeridel asuvad need kaksiksideme tasapinna suhtes samal poolel, mis põhjustab-ki ahela pöördumist esialgsest suunast kõrvale. Mida enam on *cis*-kaksiksidemeid, seda väändunum on rasvhappe molekul ning kolme *cis*-kaksiksidemega ahelad võivad võtta isegi konksulaadse kuju.

Trans-isomeeridel aga paiknevad vesinikuaatomid kaksiksideme tasapinna erinevatel pooltel, mis väänet ei põhjusta. Mitme kaksiksideme puhul on need ahelas tavaliselt teineteisest eraldatud kahe üksiksidemega.

Ahela ruumiline vääne raskendab tugevasti mh rasvade liitumist kristallideks ja seetõttu on cis-rasvhappeid sisaldavad rasvad trans-rasvadest pehmemad. Samuti mõjutab vääne teatud ainevahetuslike reaktsioonide kulgu. Üldiselt on looduslikud küllastamata rasvhapped cis-isomeerid, trans-isomeerid on aga tehislikku päritolu. Neid sattub toiduainetesse eelkõige rasvade hüdrogeenimise tulemusena.

Rasvhapete mõju tervisele seostatakse samuti kaksiksidemete asukohaga ahelas. Seejuures tähistatakse nende paiknemist kreeka tähega ω (või ladina tähega n), millele lisandub kaksiksideme asukohta tähistava süsinikuaatomi number ahela lõpust arvestades.

Nii näiteks paikneb ω-9 oleiinhappes kaksikside ahela lõpust üheksanda süsinikuaatomi juures, ω-6 linoolhappes aga on see seotud kuuenda süsinikuaatomiga ning ω-3,6 linoleenhappel on olemas mõlemad mainitud kaksiksidemed. Vastupidi toimub loendamine keemiliste ühendite süste-

maatilise nomenklatuuri järgi, kus numeratsioon algab karboksüülrühmast ning sellega seotud ahela esimest süsinikuaatomit eristatakse täiendavalt kreeka tähega α (**joonis 2.20**).

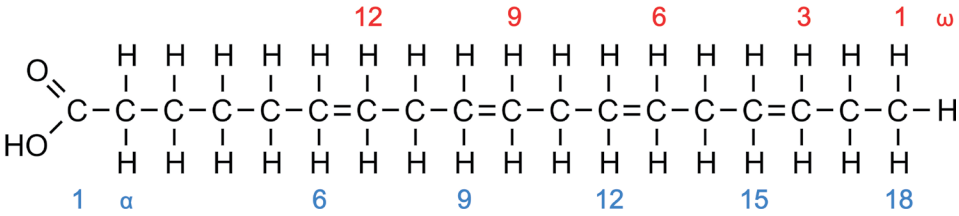
Rasvhapped on rasva põhikomponentideks ning nende koostisest ja omavahelisest vahekorrast sõltuvad väga paljud rasva omadused. Toidurasvade olulisimad rasvhapped on esitatud **tabelis 2.1**. Tervisliku toitumise aspektist omavad erilist tähtsust küllastamata rasvhapped.

Neid, millel kaksiksidemed paiknevad pärast α-9 süsinikuaatomit, ei suuda inimorganism ise toota ning seetõttu nimetatakse selliseid ka asendamatuteks rasvhapeteks. Asendamatute rasvhapete hulka kuuluvad linool- ja

Tabel 2.1. Toidurasva olulisimad rasvhapped

Triviaalne nimetus	**Tähis**	**Rahvusvaheline nimetus**	**Märkused**
Küllastatud rasvhapped			
Võihape	4:0	Butaanhape	Mõjutavad lõhna- ja maitseomadusi, pehmendavad konsistentsi
Kaproonhape	6:0	Heksaanhape	
Kaprüülhape	8:0	Oktaanhape	
Kapriinhape	10:0	Dekaanhape	
Lauriinhape	12:0	Dodekaanhape	Tõstavad rasvade hangumis- ja sulamistemperatuuri
Müristiinhape	14:0	Tetradekaanhape	
Palmitiinhape	16:0	Heksadekaanhape	
Steariinhape	18:0	Oktadekaanhape	
Arahiinhape	20:0	Eikosaanhape	
Beheenhape	22:0	Doeikosaanhape	
Lignosteriinhape	24:0	Tetraeikosaanhape	
Küllastamata rasvhapped			
Müristoleiinhape	14:1	cis-9-tetra-detseenhape	Muudavad rasva pehmemaks ja määritavamaks
Palmitoleenhape	16:1	cis-9-heksa-detseenhape	
Sapieenhape	16:1	cis-6-heksa-detseenhape	
Oleiinhape	18:1	cis-9-oktadetseenhape	ω-9 rasvhape
Linoolhape	18:2	cis-9, cis-12-okta-dekadieenhape	asendamatu ω-6 rasvhape, F-vitamiin
α-linoleenhape	18:3	cis-9, cis-12, cis-15-okta-dekatrieenhape	asendamatu ω-3, 6 rasvhape, F-vitamiin
Arahhidoonhape	20:4	cis-5, cis-8, cis-11, cis-14-eikosatetraeenhape	F-vitamiin

α-linoleenhape, mida nimetatakse ka ω-6 ning ω-3, 6 rasvhapeteks. Neid leidub rohkesti taimsetes rasvades ning see on ka üks põhjustest, miks taimseid õlisid peetakse tervislikumaks kui loomseid rasvu.



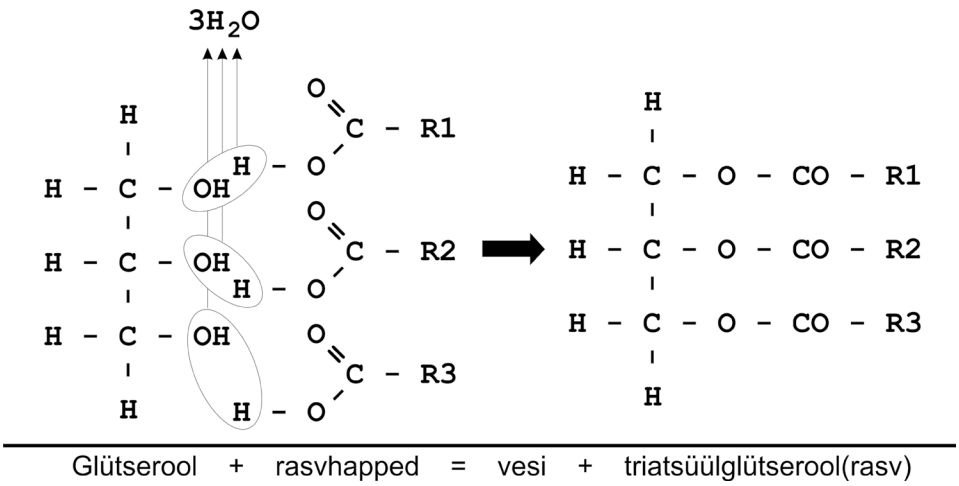
Joonis 2.20. Süsinikuaatomite (sinisega) ja kaksiksidemete (punasega) nummerdamise süsteemid

Ühe kaksiksideme korral on tegu monoküllastumata rasvhapetega. Mitme kaksiksideme olemasolul nimetatakse vastavaid ühendeid polüküllastamata rasvhapeteks. Kaksiksidemed on võimelised kergesti oksüdeeruma, mis teeb küllastamata rasvhapped (võrreldes küllastatud rasvhapetega) vähem stabiilseks.

Kõik rasvhapped lahustuvad tüüpilistes orgaanilistes lahustites nagu eeter, benseen, etüülalkohol jt. Või- ja kaproonhape on lisaks ka vees lahustuvad ning neid on võimalik sel moel muudest rasvhapetest eraldada. Madalmolekulaarsed rasvhapped (või-, kaproon-, kaprüül- ja kapriinhape) on lenduvad ning neid saab ekstraheerida veeauruga. Küllastamata rasvhapped on võimelised ühinema joodi aatomitega ning seda omadust kasutatakse mh kaksiksidemete hulga määramiseks rasvas.

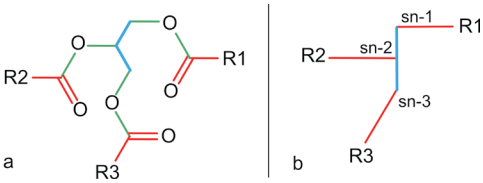
2.3.1. Lihtlipiidid

Lihtlipiidid on keemiliselt ehituselt rasvhapete ja propaantrioli ehk glütserooli (varasema nimetusega – glütseriin) estrid. Glütserool on alkohol, millel on kolm hüdroksüülrühma. Neist igaüks võib moodustada estersideme (**joonis 2.21**). Triatsüülglütserooli molekuli moodustumisel glütseroolist ja rasvhapetest eraldub kolm molekuli vett. Seejuures tekib molekuli ruumiline struktuur, mis on osalt määratud glütserooli hüdroksüülrühmade paiknemisega süsinikuaatomite juures. Väga lihtsustatult esitatuna, on te-



Joonis 2.21. Triatsüülglütserooli moodustumine glütseroolist ja rasvhapetest.

gemist harulise moodustistega, milles ahelad võivad olla erinevalt orienteeritud.Selguse mõttes saab ka neile anda positsiooniga seotud tähistuse: esimene – sn-1, keskmine – sn-2 ja viimane – sn-3. Selline tähistus lihtsustab teatud määral rasvade ehituse ja omaduste kirjeldamist (**joonis 2.22**). Teisest küljest määrab rasvamolekuli ruumilist struktuuri veel rasvhapete pikkus ja ahelakujud (eriti cis-isomeeridel). Olenevalt sellest, kas glütserool on ühinenud ühe, kahe või kolme rasvhappega, nimetatakse saadud ühendeid kas mono-, di- või **triatsüülglütseroolideks** (mida on rasvades valdav osa).

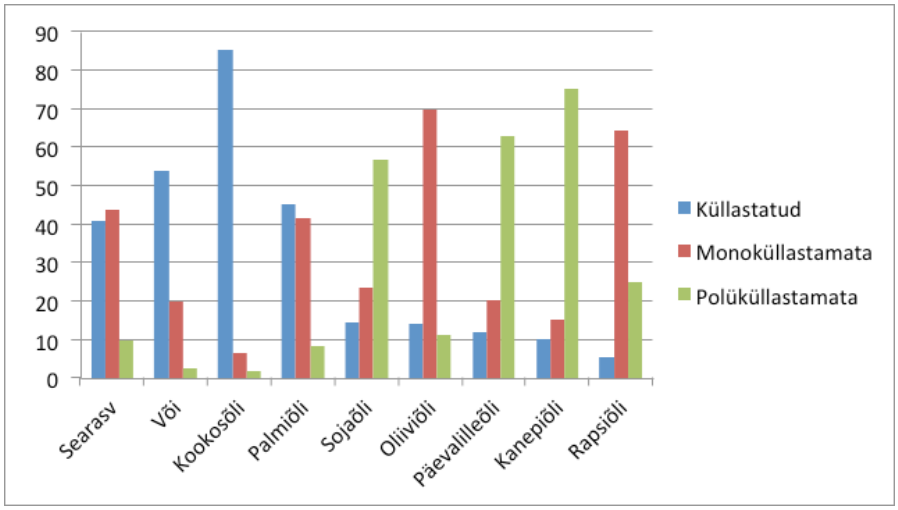


Joonis 2.22. Glütserooliga (sinine tähistus) ühinenud rasvhapete (punane tähistus) ahelate orientatsioon (a) ja selle skemaatiline esitus (b).

Ühe glütserooli molekuliga võivad ühineda erinevad rasvhapped, mis muudab triatsüülglütseroolide keemilise koostise äärmiselt mitmekesiseks. Oluline osa on selles lühi- ja pikaahelaliste rasvhapete ning küllastatud ja küllastamata rasvhapete omavahelisel suhtel. Mida enam on suure molekulmassiga küllastatud rasvhappeid, seda tahkem on rasv, seda kõrgem on rasva sulamistemperatuur, seda madalam on happesus ja seda vähem tekib hüdrolüüsil vabu rasvhappeid. Steariin-, palmitiin- ja muude

pikaahelaliste hapete rohke sisaldus annab rasvale tugeva konsistentsi. Samad rasvhapped aga vähendavad maitse ja lõhna intensiivsust.

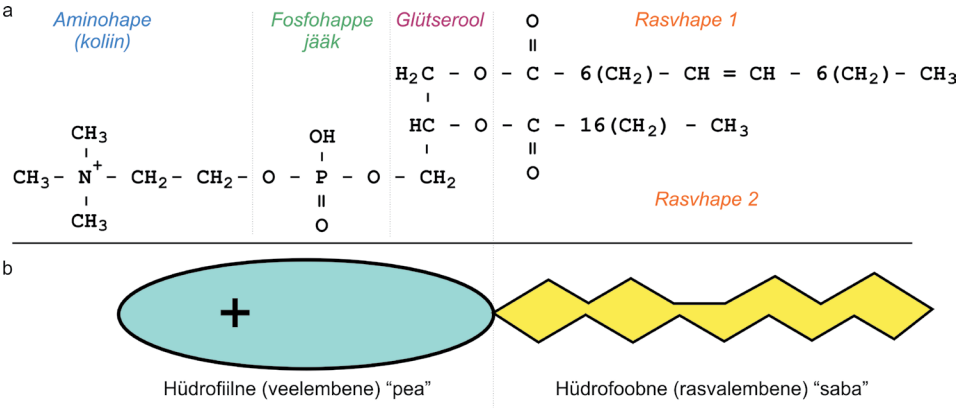
Rasvad, mille koostises on ainult kuni 8 süsinikuaatomiga küllastatud rasvhapped, jäävad toatemperatuuril vedelasse olekusse. Sellest kõrgema süsinikuaatomite arvu korral on küllastatud rasvad toatemperatuuril tahked (kristallilise struktuuriga). Üle 40 kraadisel temperatuuril on aga praktiliselt kõik triatsüülglütseroolid vedelad. Küllastamata rasvhapped alluvad kergemini mitmesugustele keemilistele reaktsioonidele. Ühtlasi alandavad nad märgatavalt rasvade sulamis- ja hangumistemperatuuri. Kui triatsüülglütseroolide koostises leidub ainult küllastatud rasvhappeid, siis on ka kogu rasv küllastatud. Ühe, kahe või kolme küllastamata rasvhappega triatsüülglütseroolid on küllastamata rasvad ja nende molekule nimetatakse vastavalt **monoeenideks**, **dieenideks** või **trieenideks**. Toiduainetes jaotatakse rasvad toorme päritolu järgi taimseteks ja loomseteks rasvadeks. Taimseid rasvu tuntakse ka õlidena, sest rohke küllastamata rasvhapete sisalduse tõttu on need toatemperatuuril vedelas olekus (**joonis 2.23**). Loomsed rasvad on samal temperatuuril üldjuhul tahked (välja arvatud hülge- ja vaalarasv).



Joonis 2.23. Küllastatud ja küllastamata rasvhapete vahekord erinevates toidurasvades (g/100g).

2.3.2. KOMPLEKSLIPIIDID

Komplekslipiidides on lisaks rasvhapetele, liitunud glütserooliga ka teisi keemilisi ühendeid. Enimtuntud komplekslipiidid on fosfolipiidid (fosfatiidid), millistest olulisimad on fosfatidüülkoliinid ehk letsitiinid ja fosfatidüületanoolamiinid ehk kefaliinid. Fosfolipiidides on glütserooliga positsioonis sn-3 ühinenud fosforhape ja sellega omakorda üks lämmastikuühend. Letsitiinides on selleks ühendiks koliin, kefaliinides aga etanoolamiin. Ülejäänud glütserooli hüdroksüülrühmad on seotud kahe rasvhappe molekuliga (**joonis 2.24**). Seejuures domineerivad kefaliinides küllastatud ja letsitiinides küllastamata rasvhapped.



Joonis 2.24. Näide letsitiini ehitusest: a – struktuurvalem, b – skemaatiline esitus.

Fosfolipiidide molekuli struktuurist tuleneb üks väga oluline omadus: sellega seotud valguühend (aminohape) on tugevalt veelembene ehk hüdrofiilne, rasvhapetest moodustuv osa aga rasvalembene ehk lipofiilne. Selliseid kahe antagonistliku keskkonna suhtes tolerantseid aineid nimetatakse amfifiilseiks või difiilseiks. Rasv ja vesi on teineteist tõrjuvad (antagonistlikud) ained: vesi on lipofoobne ja rasv hüdrofoobne. Difiilsusest tingituna mõjutavad fosfolipiidid ainete pindaktiivseid omadusi. See võimaldab nende paigutumist vahekihtidena rasva- ja veefaasi piirpinnale, mis aitab moodustada rasvainetest püsivaid emulsioone veekeskkonnas ja vastupidi. Fosfolipiidid on üheks tuntuimaks looduslike emulgaatorite rühmaks. Toiduainete tehnoloogias hinnatakse neid, lisaks emulgeerivatele omadustele

ka toodete veesiduvust parandava võime tõttu. Fosfolipiididega sarnaseid omadusi on teistelgi polaarsetel komplekslipiidel. Nendeks on näiteks sfingofosfolipiidid (sfingomüeliin), glükolipiidid jne.

Fosfolipiididel on elusorganismides eluline tähtsust, kuna kuuluvad rakumembraanide koostisse ja osalevad nende kaudu toimuvates ainevahetuslikes protsessides. Lisaks omistatakse neile tervistavat toimet, näiteks immuunsüsteemi ja südame tugevdajatena. Samas võivad küllastamata rasvhappe kaksiksidemed kergesti oksüdeeruda (eriti soojas keskkonnas) ning rikkuda toiduainete maitset (nn heeringamaitse teket seostatakse letsitiini oksüdatsiooniga). Teatud pH väärtustel on aga fosfolipiidid suutelised oksüdatsiooni pidurdama, sest võimendavad antioksüdantide toimet.

2.3.3. Rasva satelliitained

Rasva satelliitainetest on tähtsaimad rasvaslahustuvad vitamiinid ja steroolid, mis on eriti olulised tervisliku toitumise vaatenurgast. Rasvas lahustunud vitamiinideks on: A-vitamiin, mis moodustub retinoolidest, D-vitamiin koosneb kaltsiferoolidest, E-vitamiin tokoferoolidest ja K-vitamiin naftokinoonidest. Ka linool- ja linoleenhapet üheskoos (vt rasvhapped) käsitletakse vitamiinina, mida tähistatakse tähega F.

Steroolid on taimsed ja loomsed 17-st süsinikuaatomist koosneva steroidituuma baasil moodustunud ühendid, mida tuntakse ka steroidalkoholidena. Steroolide polütsüklilise tuumaga võivad olla liitunud erinevad külgahelad ja funktsionaalsed rühmad. Nii taimsed kui loomsed steroolid on eluliselt olulised. Neist suurima tähelepanu osaliseks on saanud loomset päritolu kolesterool, mille liigne sisaldus veres võib põhjustada ateroskleroosi ja kõrgvererõhutõbe. Seejuures ei tohi kolesterooli aga liigitada kahjulikuks ühendiks, sest sellel on väga oluline roll rakumembraanidel kulgevates ainevahetuslikes protsessides, ta on lähteaineks suguhormoonide, sapihapete, D-vitamiini jt ühendite sünteesil ning pikaahelaliste rasvhapete transportimisel vere- ja lümfiringes.

Veres ja lümfis esineb kolesterool seotult lipoproteiinidega nn külomikronites, mis toimivad pikaahelaliste rasvhapete kandjatena. Seejuures rakendatakse erinevate lipoproteiinide mõju eristamiseks tiheduse näitajat. Enim tähelepanu on pälvinud madaltihedusega (LDL, kus kolesterooli osakaal on suur) ja kõrgtihedusega (HDL, kus kolesterooli osakaal on väike) lipoproteiinid.

Südame- ja veresoonkonnahaigusi soodustavate faktorite olemasolule viitab LDL kõrge sisaldus veres. Alati ei põhjusta toidu kõrgem rasvasisaldus veel vere kolesteroolisisalduse kasvu. Toidu rohkel küllastamata rasvhapete sisaldusel on vere LDLi ja sellega seotud kolesterooli taset alandav toime.

2.3.4. Lipiidide laguproduktid

Lipiidide laguproduktidest on tähtsaimad glütserool, vabad rasvhapped ning di- ja monoatsüülglütseroolid. Need tekivad eelkõige rasva hüdrolüüsil, mille käigus vabaneb glütserooli molekulist üks või kaks rasvhapet ning jäägist moodustuvad di- või monoatsüülglütseroolid. Kuna rasvad hüdrolüüsivad pidevalt, siis toidutoorme ja toiduainete säilitamisel mono- ja diatsüülglütseroolide sisaldus võib suureneda mitmeid kordi.

Mono- ja diatsüülglütseroolide hüdrolüütilise moodustumisega kaasneb vastavalt ka vabade rasvhapete eraldumine rasvadest. Lühiahelaliste vabade rasvhapete tekkega ilmnevad peaaegu alati muutused maitses ja lõhnas. Maitse mõjutamise seisukohast on madala molekulmassiga rasvhapete kriitiliseks kontsentratsiooniks toidus 9 mg/kg. Rasvhapped, mille molekulis on 12 ja enam süsinikuaatomit, on praktiliselt maitse ja lõhnata. Tegelikult ei kasva vabade rasvhapete sisaldus ainult lipolüüsi tulemusena. Näiteks madalmolekulaarsete rasvhapete (propioon- ja võihappe) sisaldus võib mh suureneda seoses käärimisega. Samuti tekib mitmeid orgaanilisi happeid (nagu propioonhape, isovõihape, isopalderjanhape, fenüüläädikhape, bensoehape jm) paljude aminohapete ensümaatilisel lõhustumisel.

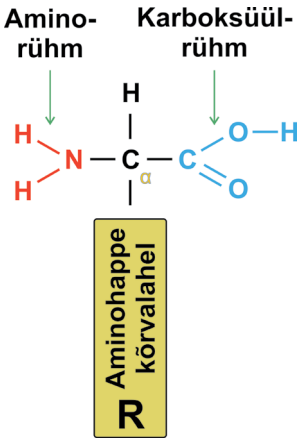
Rasvade seedimisel lõhustatakse triatsüülglütseroolid soolestikus sapihapete toel lipolüütiliste reaktsioonide käigus glütserooliks ja vabadeks rasvhapeteks. Ainevahetuse seisukohast on seejuures olulisemaks saaduste rühmaks just rasvhapped. Neid kasutatakse organismis tõhusa energiaallikana, eriti lihastöö vajaduste katteks. Rasvadega toimuvad keemilised reaktsioonid mõjutavad suuresti rasvatoodete säilivust, omadusi ning kvaliteeti. Toiduteaduses pööratakse erilist tähelepanu hüdrolüüsi, oksüdatsiooni, hüdrogeenimise ja ümberesterifitseerimise protsessidele.

2.4. Valgud

Organismi kõik eluliselt olulised protsessid on seotud valkude (laiemalt võttes valkainetega). Need osalevad uute ainete sünteesis, füsioloogilistes protsessides, katalüüsivad ensümaatilisi reaktsioone, toimivad transportainetena, kaitsevad organismi antikehadena jms. Vajadusel võib organism kasutada valke ka energiaallikana. Ehituslikult on valgud erinevat tüüpi aminohappejääkidest peptiidsidemetega alelateks liitunud ühendid.

Aminohapped

Aminohapped ehk aminokarboksüülhapped on bioloogiliselt olulised orgaanilised ühendid, mille iseloomulikuks tunnuseks on kahe funktsionaalse rühma – amino- ($-NH_2$) ja karboksüülrühma (-COOH) olemasolu. Reeglina on mõlemad need rühmad seotud karboksüülrühmast arvestades esimese süsinikuaatomiga. Sama süsinikuaatomiga on liitunud ka aminohappe kõrvalahel, millel võib olla lineaarne, hargnev või tsükliline kuju (**joonis 2.25**). Karboksüülrühmast järgmist süsinikku ahelas tähistatakse kreeka tähega α, mistõttu reeglina on val-



Joonis 2.25. Aminohappe tunnusrühmad ja nende seos α-süsinikuga

ke moodustavad aminohapped nn α-aminohapped. Erandiks on tsüklilise kõrvalahelaga proliin, kus aminorühm on seotud β-süsinikuga. Kiraalsuse tõttu võivad aminohapped esineda L- või D-isomeeridena. Toiduvalkude aminohapped on seejuures peamiselt L-isomeerid.

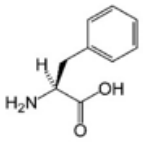
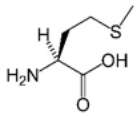
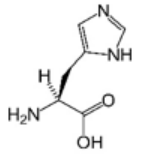
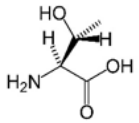
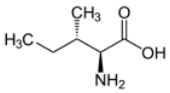
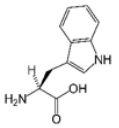
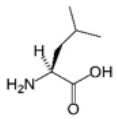
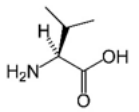
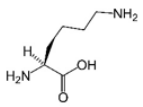
Lisaks eelkirjeldatud struktuursele klassifikatsioonile, on aminohappeid võimalik liigitada kõrvalahela tüübi, selles sisalduvate keemiliste elementide või funktsionaalsete rühmade olemasolu põhjal. Olulist rolli omavad väävlit (näiteks tsüsteiin) ja hüdroksüülrühma (näiteks seriin) omavad kõrvalahelad. Hargnenud struktuuriga aminohapetel (leutsiin, isoleutsiin ja valiin) on alifaatne mittelineaarne kõrvalahel.

Aminohappeid, mida valguloomes määrab geneetiline kood nimetatakse standardseiks. Neid tähistatakse kolme- või ühetähelise lühendiga ning jaotatakse organismi sünteesivõime alusel kolme rühma. Kõige olulisemad on asendamatud aminohapped (fenüülalaniin, histidiin, isoleutsiin, leutsiin, lüsiin, metioniin, treoniin, trüptofaan ja valiin), mida organism pole võimeline sünteesima (**tabel 2.2**). Asendamatud aminohapped peavad vältimatult sisalduma toidus, muidu võib tekkida osaline alatoitlus isegi rohkel toidu tarbimisel.

Kuus aminohapet võivad osutuda tingimisi asendamatuteks. Need on arginiin, tsüsteiin, glütsiin, glutamiin, proliin ja türosiin. Kui üldjuhul on organism neid toidus puudumisel võimeline sünteesima, siis teatud tingimustel (näiteks liiga varase puberteedi, kõrge vanuse või teatud ainevahetuslike haiguste korral), selline sünteesivõime kaob (**tabel 2.3**).Asendatavaid aminohappeid on organism alati võimeline toidus esineva defitsiidi korral ise looma. Nendeks on alaniin, aspartaanmhape, asparagiin, glutamiinhape ja seriin: kokku viis aminohapet (**tabel 2.4**).

Lisaks standardsetele aminohapetele on rohkesti ka mittestandardseid aminohappeid, mida geneetiliselt ohjatud valguloomes ei kasutata. Neist kolm võivad aga ikkagi valkudes esineda, sest liidetakse valguahelatesse hilisema (posttranslatsioonilise) modifitseerimise käigus, näiteks Golgi

Tabel 2.2. Inimese jaoks asendamatud aminohapped, nende rahvusvahelised lühendid ja struktuurvalemid

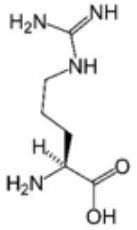
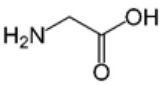
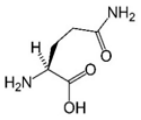
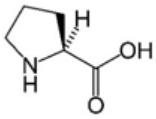
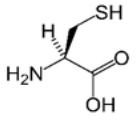
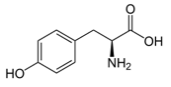
Aminohape	Lühendid	Struktuur-valem	Aminohape	Lühendid	Struktuur-valem
fenüülalaniin	Phe, F		metioniin	Met, M	
histidiin	His, H		treoniin	Thr, T	
isoleutsiin	Ile, I		trüptofaan	Trp, W	
leutsiin	Leu, L		valiin	Val, V	
lüsiin	Lys, K		-	-	-

kompleksis ning loetakse seetõttu samuti proteinogeensete aminohapete hulka. Suurem osa toidu mittestandardsetest aminohapetest aga pole proteinogeensed (**joonis 2.26**).

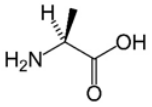
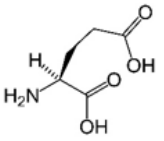
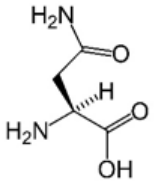
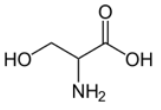
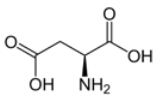
Need võivad aga olla erinevat tüüpi vaheühenditeks standardaminohapete ainevahetuses (näiteks uurea tsüklis). Taimedes täidavad mitmed mittestandardsed aminohapped kaitsefunktsioone, kahjustades herbivooride ainevahetust (vt Taimne toore). See on ka põhjuseks, mis töötlemata kujul osutuvad mõned kaunviljad inimestele mürgisteks.

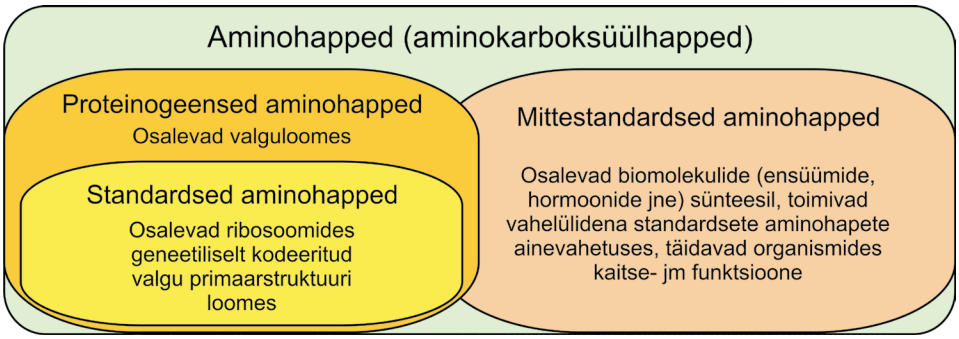
Aminohapped lahustuvad üldjuhul hästi vees. Erandiks on türosiin, leutsiin ja tsüsteiin, mille vees lahustuvus on hüdrofoobsuse tõttu suhteliselt halb. Mõningad neist (proliin ja hüdroksüproliin) lahustuvad ka etanoolis

Tabel 2.3. Tingimisi asendamatud aminohapped, nende rahvusvahelised lühendid ja struktuurvalemid

Aminohape	Lühendid	Struktuur-valem	Aminohape	Lühendid	Struktuur-valem
arginiin	Arg, R		glütsiin	Gly, G	
glutamiin	Gln, Q		proliin	Pro, P	
tsüsteiin	Gln, Q		türosiin	Tyr, Y	

Tabel 2.4. Asendatavad aminohapped, nende rahvusvahelised lühendi ja struktuurvalemid funktsionaalsetesse rühmadesse

Aminohape	Lühendid	Struktuur-valem	Aminohape	Lühendid	Struktuur-valem
alaniin	Ala, A		glutamiin-hape	Glu, E	
asparagiin	Asn, N		seriin	Glu, E	
aspartaam-hape	Asp, D		-	-	-



Joonis 2.26. Aminohapete üldise funktsionaalse jaotuse skemaatiline esitus.

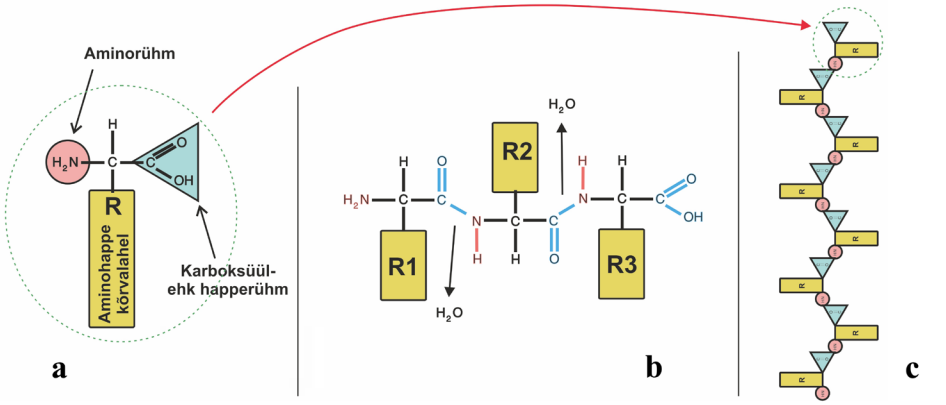
ja dietüüleetris. Aminohappeid iseloomustab kaunis kõrge sulamistemperatuur, mis jääb vahemikku 200-300 °C. Sulamistemperatuurist kõrgematel temperatuuridel aminohapped enamasti lagunevad. Amino- ja karboksüülrühmade olemasolu tõttu on aminohapped amfolüüdid, mis omavad amfoteerseid, nii hapetele kui alustele omaseid tunnuseid.

Toidus tuleb pöörata erilist tähelepanu asendamatute aminohapete olemasolule, sest organismi vajadus nende järele on küllalt suur ja ühekülgse toitumise korral võib tekkida nende puudus. Taimetoitlased aga peavad oma menüüd hoolikamalt valima, sest vaid väga vähestes taimse toorme liikides on kõik asendamatud aminohapped olemas. Asendamatute aminohapete sisalduse poolest tasakaalustatud taimsete toiduainete tootearendus pakub seega tõsist väljakutset toiduvaldkonna spetsialistidele.

Lisaks on aminohapped (süsivesikute, rasvade ning orgaaniliste hapete kõrval) olulisteks toidumaitset määravaks ühendite rühmaks. Erinevate aminohapete maitse varieerub magusast kibedani, mille vahele jääb mitmeid nõrgemalt väljenduvaid maitseid. Magusa maitsenüansiga on näiteks glütsiin, alaniin, valiin, proliin, seriin, trüptofaan ja histidiin. Maitse kujundajatena on kaunis suur roll veel lüsiinil, asparagiinhappel ning glutamiinhappel (kasutatakse ka tööstuslikult toodetavate toiduainete maitsestamiseks).

Osa aminohappeist (näiteks leutsiin) ei oma maitset. Kibedamaitselised on aga isoleutsiin ja arginiin. Väga levinud on glutamiinhappe lisamine

tööstuslikult valmistatavatele toiduainetele, millega parandatakse toitude maitseomadusi. Aspartaam aga leiab rakendamist madala kalorsusega magusainena.



Joonis 2.27. Valguahela moodustumine aminohapetest: a – aminohape, b – aminohapete vaheliste peptiidsidemte teke, c – valgu aminohappeahela primaarstruktuuri ühe lõigu skemaatiline esitus.

Peptiidsidemed, peptiidid ja valgud

Kõik peptiidid ja valgud koosnevad aminohapetest, mis sisaldavad funktsionaalseid amino- ja karboksüülrühmi (**joonis 2.27 a**). Aminohapped on amfoteersed ühendid, sest aminorühm on aluselise ja karboksüülrühm happelise reaktsiooniga. Nimetatud põhjusel võivad kaks aminohapet moodustada nende rühmade vahel kergesti kovalentse peptiidsideme, kusjuures eraldub üks veemolekul (**joonis 2.27 b**). Ühinenud aminohapete paar võib kummaltki poolt omakorda liita täiendavaid aminohappeid ja nii moodustuvad pikemad peptiidahelad, mis on ka valkude struktuuri põhiosadeks (**joonis 2.27 c**).

Peptiidid jaotatakse vastavalt omavahel ahelaks ühinenud aminohappejääkide arvule di-, tri-, oligo- ja polüpeptiididdeks. Dipeptiidis on ühinenud kaks, tripeptiidis kolm (näit glutatioon on tripeptiid), oligopeptiidis kuni 100 aminohappejääki. Polüpeptiidiks nimetatakse ahelat siis, kui selles leiduvate aminohappejääkide arv on veelgi suurem.

Valgud on peptiididest märgatavalt kogukamad ühendid, kus peptiidsidemete arv võib ulatuda mõnest tuhandest kuni mõnekümne tuhandeni. Kui oligopeptiidide koostisse kuulub kuni 100 aminohappe jääki, siis valkudes on neid enamasti tuhandeid. Inimorganismis on teadaolevalt suurimaks südamelihastes leiduv valk, mille moodustavad ligi 30 tuhat aminohapet.

Enamus valgumolekulidest koosneb siiski vähem kui 2000 aminohappejäägist. Seejuures võivad need koosneda nii ühest kui ka mitmest polüpeptiidahelast (ehk subühikust), mis on enamasti seotud täiendavate vesiniksidemetega. Harvemini on valguahelad omavahel kovalentselt seotud. Kui valk sisaldab identseid polüpeptiidahelaid, siis on tegemist oligomeerse valguga.

Valkudega on seotud organismi elulised ainevahetusprotsessid ainete sünteesil ja lõhustamisel, kuni nende laguproduktide käsitlemise ja organismist väljutamiseni. Praktiliselt kõik füsioloogilised protsessid saavadki toimuda vaid tänu valkudele. Kuna valkude klassifitseerimiseks pole suudetud luua ühtset ja kõikehõlmavat süsteemi, siis toimub see paljuski funktsiooni, kuju, ehitusliku struktuuri, lahustuvuse jm sekundaarsete tunnuste alusel. Olenevalt funktsioonist, saab valke jaotada näiteks struktuurseteks, ensüüm-, transport-, kaitse-, depoo- jt valkudeks.

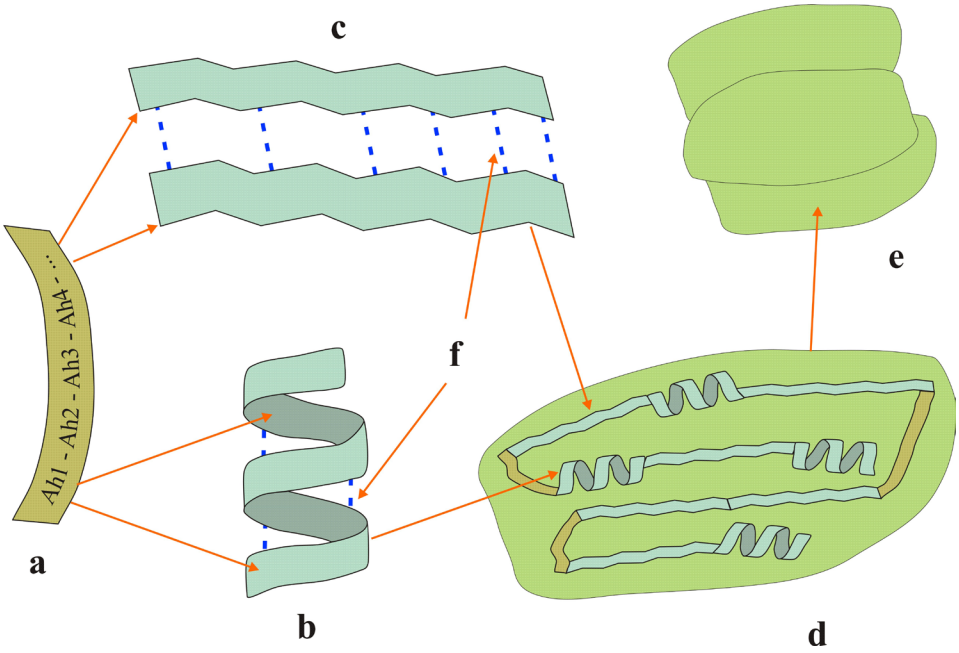
Strukturaalselt jagunevad valgud liht- ja liitvalkudeks. Lihtvalgud koosnevad vaid peptiidahelaist, liitvalkudes on lihtvalgulisele osaga seotud ka mõni mittepeptiidne komponent, mida nimetatakse prosteetiliseks rühmaks. Liitvalkudeks on glükoproteiinid (kus prosteetiline rühm on suhkur), fosfoproteiinid (liitunud on fosfaatrühmad), lipoproteiinid (valgu ja lipiidi ühendid), metalloproteiinid (liitunud on metalliaatomid) jt.

Kõikide valkude omadused põhinevad, lisaks aminohappelisele koostisele, suures osas ka ehitusliku struktuuri eripäradel. Lihtvalgud jaotatakse selle alusel nelja põhiklassi: primaarse, sekundaarse, tertsiaarse ja kvaternaarse struktuuriga valkudeks (**joonis 2.28**). Erinevate struktuuride kohta kasutatakse üldnimetust – konformatsioon.

Aminohapete liitumisel peptiidahelaks moodustub valgu primaarne struktuur, mis ühtlasi määrab paljuski valgu kõrgemat järku struktuurid (**joonis 2.28 a**). Primaarstruktuuri all tuleb seega mõista eelkõige aminohappelist koostist, aminohapete järjestust ning neist tulenevaid omadusi. Primaarstruktuur võib esineda ka hargnenud kujul.

Vesiniksidemed aitavad primaarstruktuurist moodustada ja stabiliseerida sekundaarset valgumolekulide struktuuri. Sekundaarse struktuuri põhivormideks on α-heeliks ja β-voldikstruktuur. Esimesel juhul on valgu peptiidahel keerdunud kruvitaoliseks spiraaliks, mille iga sammu kohta tuleb 3,6 aminohappe jääki (**joonis 2.28 b**).

Sekundarse struktuuri teise põhivormi (β-voldikstruktuuri) omandavad eelkõige mitme ahelaga fibrillaarsed valgud (vt allpool). Neis on omavahel külgmiste vesiniksidemetega ühendatud lintjad volditud kujuga polüpeptiidid (**joonis 2.28 c**). Siin on vesiniksidemed moodustunud naaberahelate aminorühma ja karboksüülrühma jääkide vahele. β-voldikstruktuur on



Joonis 2.28. Valkude struktuuri skemaatiline esitus: a – primaarsed aminohappeahelad, b, c – sekundaarne α-heeliks ja β-voldikstruktuur, d – tertsiaarne ja e - kvaternaarne struktuur, f – vesiniksidemed aminohapete vahel.

omane näiteks keratiinile, millest koosneb küünte, linnusulgede, kalasoomuste jms tugevust tagav valkaine.

Nii α-heeliksit kui β-voldikut esineb ka tertsiaarse struktuuriga globulaarsete valkude teatud piirkondades. Lisaks vesiniksidemetele stabiliseerivad nende valkude struktuuri veel polüpeptiidahelate vahelised ristsidemed. Neist enim on disulfiidsildu, mis moodustuvad kahe tsüsteiinijäägi vahele.

Disulfiidsildadele lisaks võib ette tulla veel muidki ristsidemete tüüpe, mille poolest on eriti tuntud kollageeni valgud. Tertsiaarses struktuuris on valgu peptiidahel ruumiliselt kokku keerdunud globulaarseks moodustiseks (**joonis 2.28 d**). Tertsiaarstruktuuriga valkudeks on näiteks fibrinogeen, aktomütsiin, pepsiin jne.

Kvaternaarses struktuuris paiknevad omavahel ühtses ruumilises kogumis mitu erinevat tertsiaarse struktuuriga valgukompleksi (**joonis 2.28 e**). Kvaternaaseks kompleksiks liitunud valgumolekulide kogumit nimetatakse epimolekuliks. Nende puhul on valdavalt tegemist globulaarsete valkudega, mille molekulmass on suurem kui 50 kD. Epimolekulide füsioloogilist rolli organismis on raske ülehinnata. Kvaternaarse struktuuriga valkudeks on näiteks hemoglobiin, müoglobiin, amülaasid jne.

Valkude konformatsioonidest on sekundaarsel, tertsiaarsel ja kvaternaarsel struktuuril tihe seos denaturatsiooniga. Denaturatsioon tähendab valgu bioloogilise aktiivsuse kadumist, mida põhjustab vastava kõrgemat järku struktuuri lagunemine või muundumine. Seejuures säilib kindlasti primaarne ja vahel ka sekundaarne struktuur. Sageli põhjustab denaturatsiooni teatud kriitilist temperatuuri ületav termiline töötlus. Kuid selle põhjusteks võivad olla veel lühilaineline kiirgus (näiteks ultraviolettvalgus), intensiivne mehhaaniline mõjutus (näiteks ultrahelitöötlusega), lahuse pH muutus jms. Kõiki neid kasutatakse toiduainete tehnoloogias valkude denatureerimise protsesside läbiviimisel, mis võimaldab sadestada valke lahustest ning soodustab nende hüdrolüüsi nii tehnoloogilistes protsessides kui toidu seedimisel.

Denaturatsiooni pöördprotsessiks on renaturatsioon. See pole küll kuigi levinud, kuid nn pehme denaturatsiooni järgselt võib õnnestuda. Renaturatsiooni tulemusena taastub valgu kõrgemat järku struktuur ja see omandab taas varasema bioloogilise aktiivsuse. Renaturatsioonile võivad alluda eelkõige valgud, mis on denatureeritud keskkonna pH viimisega valgu isoelektrilisse täppi. Renaturatsiooni esmaseks eelduseks on varasemat denaturatsiooni põhjustanud faktorite mõju kõrvaldamine.

Geomeetrilise kuju alusel jaotatakse valgud kahte suuremasse rühma: globulaarseteks ja fibrillaarseteks valkudeks.

Fibrillaarsed valgud on eelkõige loomset päritolu. Need sisaldavad niitjaid (α-heeliksiks keerdunud või β-voldikstruktuuriga) polüpeptiidahelaid, mis moodustavad pikisuunalisi kogumeid ning võivad omavahel olla seotud täiendavate sidemetega. Fibrillaarsed valgud pole vees eriti lahustuvad ning on raskesti denatureeritavad. Samal ajal on need aga mehhaaniliselt tugevad.

Mainitud omaduste tõttu nimetatakse fibrillaarseid valke ka skleroproteiinideks (kõvadeks valkudeks), mis täidavad põhilise toese rolli organismi katte- ja tugikudedes. Nende keskmine molekulmass on teiste valgurühmadega võrreldes väga kõrge (ulatudes näiteks keratiinidel kuni 2 MD). Osasid neist iseloomustab kokkutõmbumise võime (kontraktiilsus), millega kaasneb keemilise energia muundumine mehhaaniliseks.

Kollageenid on fibrillaarsete valkude kõige suurem rühm. Neile tugineb inimorganismi ja loomse toorme sidekoe, kõhrede, luude, naha jt kudede tugevus. Normaaltemperatuuril kollageenid ei lahustu vees, kuid keetmisel muutuvad pöördumatult lahustuvateks želatiinideks. Želatiinid on kergesti seeditavad ning see omadus võimaldab kollageene kasutada ka toidus valguallikana.

Elastiinid on teiseks fibrillaarsete valkude üldlevinud rühmaks. Nende kiud on suure elastsusega (mis kajastub ka nimes) ning neid esineb kõõlustes ja veresoonte, eriti arterite seinamaterjalis. Elastiinid vees ei lahustu

ning on väga vastupidavad ka hapete ja aluste lõhustavale toimele. Samuti pole võimalik elastiine želatineerida.

Keratiinid on kolmas väga levinud fibrillaarsete valkude rühm. Neist moodustub karvade, sõrgade, küünte ja küüniste põhitoes. Keratiinide molekulmass jääb keskmiselt 1 MD lähedusse ning need jagunevad eu- ja pseudokeratiinideks. Eukeratiinid (leidub karvades, sulgedes, sarvaines) pole vees lahustuvad ega allu ensümaatilisele proteolüüsile. Pseudokeratiinid (leidub näiteks nahas) on seevastu aga mõningal määral isegi seeditavad. Keratiinide struktuuris domineerivad üldjuhul α-heeliksiks keerdunud ja vesiniksidemetega fikseeritud polüpeptiidahelad. Vee toimel vesiniksidemed katkevad ning siis moodustub helikaalsest α-keratiinist voldikstruktuuriga β-keratiin. β-keratiini kuivatamisel taastekkivad vesiniksidemed ning taastub ka α-keratiin.

Müosiinid on lihaskoes esinevad fibrillaarsed valgud, millele on omane tugev kontraktiilsus (kokkutõmbumis- ja sirutusvõime). Selline ahela pikisuunalise dimensiooni muutumine tuleneb muutustest sekundaarses struktuuris. Analoogselt keratiiniga, võib ka müosiini α-heeliks vesiniksidemete vähenemisel muunduda β-vormiks. Lihaskoe müosiinid vajavad β-vormist tagasi α-vormi üleminekuks aga energiat. Seda saadakse ATP-makromolekulidest, mis võimaldab müosiinidel lõõgastumise järgselt uuesti kokku tõmbuda (kontrakteeruda). Hea seeditavuse tõttu on lihasvalgud (lihaskude) loomse toorme oluliseks valguliseks toitaineks. Nende seeditavus paraneb termilise töötluse (keetmise, praadimise) käigus toimuva denatureerumise tulemusena.

Fibroonid esindavad samuti fibrillaarseid valke. Verekoes on bioloogiliselt oluliseks fibrooniks fibrinogeen. See valk põhjustab vere hüübimist, mis käivitub ensüüm trombiini aktiveerumisel ning hapniku manulusel. Fibrinogeeni molekuli ehitus sarnaneb müosiinide ja keratiinide omale ning selle fuktsionaalsus põhineb samuti struktuurimuutusel, kus α-vormi läheb üle β-vormiks. Lihatehnoloogias tuleb fibrinogeeniga arvestada veretoodete valmistamisel.

Globulaarsed valgud on kera- või ellipsoidilaadsed moodustised ning esindavad enamasti liitvalke. Üldjuhul lahustuvad need hästi vees ja on kergesti denatureeritavad. Põhiosa bioaktiivsetest valkudest (ensüümidest, hormoonidest, mitmetest transportvalkudest, toksiinidest, antikehadest) on globulaarsed.

Albumiinid moodustavad globulaarsete valkude suurima rühma. See on ühtlasi vees kõige paremini lahustuv valk. Üldiselt on need hõlpsasti koaguleeritavad temperatuuri (45-50 °C) või mitmesuguste denatureerivate ühendite (näiteks ammooniumsulfaadi) toimel. Albumiinide isoelektriline punkt jääb suhteliselt kitsasse pH vahemikku (4,6-4,7).

Albumiinid moodustavad sageli kompleksühendeid sahhariidide ja lipiididega. Võrreldes paljude fibrillaarsete valkudega on nende molekulmass madal, jäädes vahemikku 35-45 kD. Molekulide suhteline väiksus on tingitud sellest, et albumiinid koosnevad enamikul juhtudest vaid ühest polüpeptiidahelast. Albumiine esineb enam loomses, vähem taimses toormes. Mõningatel neist on teatud tingimusel kalduvus muutuda globuliinideks.

Globuliinid on vees lahustumatud või lahustuvad vaid vähesel määral. Samas muutuvad need elektrolüütide toimel aga lahustuvateks. Sarnaselt albumiinidega, on globuliinid suhteliselt lihtsalt koaguleetitavad temperatuuri toimel ning on sadestatavad ammooniumsulfaadiga. Samuti moodustavad need komplekse sahhariidide ja lipiididega. Globuliinide molekulmass on albumiinide omast märgatavalt suurem, kuid varieerub suurtes piirides (90 kD kuni 1,5 MD).

Kui albumiinid on üldlevinud loomses toormes, siis globuliine esineb enam taimses toormes. Väga suur osa õlikultuuride valkudest (näiteks edestiin kanepiseemnetes) ja kaunviljade valkudest (näiteks legumiin hernestes) on globuliinid. Loomsetest globuliinidest on tuntuimad piima laktoglobuliin, vereseerumi (α-, β-, γ-, jne) globuliinid.

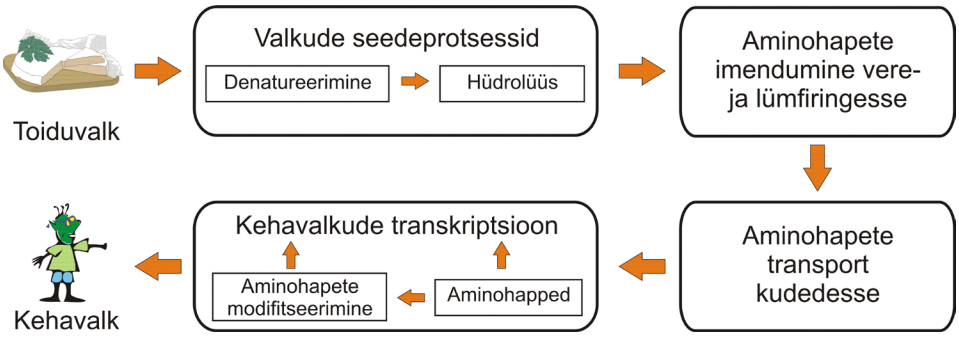
Prolamiinid on taimsed globulaarsed valgud, mida esineb eelkõige teraviljade seemnetes, kus moodustavad (gluteenina) aminohapete ja metal-

li-ioonide varu. Samasuguseks aminohapete reserviks on loomses toormes näiteks piima kaseiin ja munaalbumiin. Prolamiinid ei lahustu vees, kuid lahustuvad 70-80% alkoholis. Enim tuntud prolamiinideks on nisu gliadiin, odra hordeliin, maisi zeiin, kaera aveniin.

Gluteliinid on samuti taimsed valgud, mida leidub eriti rohkelt riisis ja rohelistes ubades. Need ei lahustu vees ega alkoholis, kuid lahustuvad nõrgalt happelistes ja leeliselistes lahustes. Gluteliinid on rikkad hüdrofoobsete aminohapete poolest. Tuntuimad gluteliinid on nisu gluteniin ja maisi glutaliin. Nendel on oluline roll pagaritoodete valmistamisel, sest kuuluvad jahu liimainete koostisse.

Valguloomeks vajalikud aminohapped saab organism seede käigus. Siis muudetakse esmalt toiduvalkude naturaalne struktuur happelise denatureerimisega primaarstruktuuriks. Maos erituva soolhappe ja pepsiini toimel hüdrolüüsitakse see peptiidideks. Edasi jätkub peptiidahelate tükeldamine juba peensooles trüpsiini ja kümotrüpsiini toimel, kus toimub siis ka moodustunud aminohapete ja di- ja tripeptiidide imendumine.

Kehavalkude loome toimub kudede ja organite rakkude ribosoomides, kus geneetilise koodi transkriptsiooniga moodustatakse aminohapetest vajalike kehavalkude primaarstruktuur ning raku teistes organellides vastava järeltöötluse abil valgu sekundaarne või muu kõrgemat järku struktuur (**joonis 2.29**).



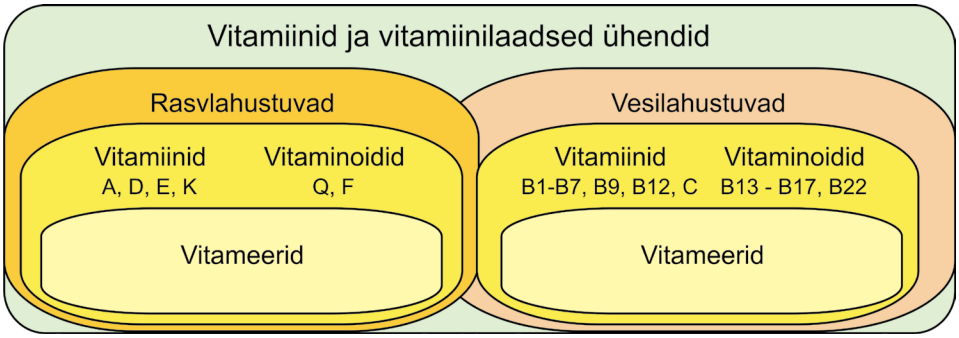
Joonis 2.29. Toiduvalgust kehavalgu moodustamise põhimõtteline skeem.

Inimeste valguvajadust hinnatakse keskmiselt 0,8 g kehakaalu kg kohta eeldusel, et valk sisaldab vajalikus vahekorras kõiki asendamatuid aminohappeid. See võib aga suures ulatuses kõikuda, vastavalt eale, füsioloogilisele seisundile, töö iseloomule, tervislikule seisundile ja muudele faktoritele.

2.5. Vitamiinid

Nime järgi on vitamiinid eluliselt olulised amiinid, kuid tegelikult on tegemist koostise poolest väga erinevat tüüpi orgaaniliste ühenditega. Kaasaegsete arusaamade kohaselt on vitamiinid mikrotoitainete rühm, mis on vajalik inimese kasvuks, arenguks, ainevahetuseks, viljakuse ja tervise tagamiseks, haiguste ennetamiseks ning raviks. Vitamiine iseloomustab suhteliselt madal molekulmass ja osalemine regulaator- või katalüütiliste ainetena organismi metaboolsetes protsessides, toimides sageli ensüümide regulaatoritena ehk ko-ensüümidena.

Vitamiinide keemilise koostise ja funktsioonide järgi on nende süsteemne liigitamine raskendatud. Sageli ei tähistata vitamiini mõistega konkreetseid aineid, vaid omavahel lähedaste ühendite gruppi, millel on sarnane füsioloogiline mõju. Grupisiseselt nimetatakse neid vitameerideks ja ilmingut ennast vitameeriaks (**joonis 2.30**).



Joonis 2.30. Vitamiinide liigitamise üldine skeem

Mitmeid vitamiine on organism võimeline ka ise sünteesima ainetest, mida nimetatakse vitamiinide prekursoriteks. Näiteks A-vitamiini taimses

toormes ei esine, kuid selle prekursoritena leidub taimedes karotenoide, millest organism on võimeline A-vitameere sünteesima.

Nii tekib β-karoteeni molekuli lõhustumisel kaks A-vitameeri: A_1 ja A_2, millistel on veidi erinev keemiline struktuurvalem, kuid sarnane regulatoorne toime. Mitmed vitamiinid omavad toidus ka mitmesuguseid täiendavaid rolle, mida toiduainete tehnoloogias edukalt ära kasutatakse. Nii näiteks on C- ja E-vitamiinid tuntud antioksüdandid, A-viatmiini prekursorid – karoteenid – aga laialt levinud naturaalsed toiduvärvid.

Praegu kehtiv vitamiinide nomenklatuur on koostatud Rahvusvahelise Toitumisteadlaste Liidu IUNS-i (International Union of Nutritional Sciences) poolt. Vitamiinid on jaotatud ladina tähestiku põhjal klassideks koos eristamisega rasv- ja veeslahustuvateks vitamiinideks, keemiliste nimetustega ning füsioloogilistele protsessidele või avitaminoosidele tuginevate toimete iseloomustusega (**tabel 2.5**).

Kuigi vitamiinide jaotamine rasv- ja vesilahustuvateks võeti (parema klassifitseerimise aluse puudumisel) kasutusele väga ammu, võib seda pidada siiski kaunis õnnestunuks, sest lahustuvuses kajastuvad üldjoontes ka paljud muud omapärad. Vesilahustuvad vitamiinid on enamuses ko-ensüümid.

Vitaminoidid on vitamiinilaadsed biomolekulid, mis omavad küll vitamiinidega mõnevõrra sarnast toimet, kuid nende puudumine otseselt avitaminoose ei põhjusta. Ka vitamiinilaadsed ained liigituvad vitamiinide nomenklatuuri ning neid üldjuhul nimetataksegi vitamiinideks. Sellisteks on B_{13}-, B_{15}-, B_{16}-, B_{17}-, B_{22}-, F-, P- ja Q-vitamiin.

Rasvlahustuvate vitamiinide üldiseks omaduseks on ülejäägi akumuleerimine organismi, mistõttu nende ületarbimisel võib hüpervitaminoos tekkida kergemini. Kuigi mõnede rasvlahustuvate vitamiinide sisaldus on kõrge ka taimses toormes, pole nende omastamine ilma rasva manuluseta võimalik. Rasvlahustuvaid vitamiine sisaldavad kõige enam loomne toidutoore: munad, piim, kala ja liha.

Tabel 2.5. Vitamiinide perekonnad ja nende iseloomustus

Perekond	Keemiline nimetus	Toime
rasvlahutuvad		
A-vitamiin	retinool	kasvuvitamiin, kseroftalmiavastane
D-vitamiin	kaltsiferool	rahhiidivastane
E-vitamiin	tokoferool	viljakusevitamiin, antioksüdant
K-vitamiin	naftokinoon	antihemorraagiline
veeslahustuvad		
B1-vitamiin	tiamiin	beriberivastane
B2-vitamiin	riboflaviin	antistomatiitne, antiglossiitne, antidermatiitne
B3	niatsiin	pellagravastane
B4	koliin	ateroskleroosivastane
B5	pantoteenhape	dermatiidivastane
B6	püridoksiin	dermatiidivastane
B7 (H)	biotiin	glükoosi ja rasvhapete süntees, aminohapete katalüüs
B9 (M)	foolhape	antianeemiline
B12	kobalamiin	antianeemiline
C	askorbiinhape	skorbuudivastane, antioksüdant

A-vitamiin ehk retinool kuulub oma keemiliselt ehituselt terpeenide-rivaatide rühma. Seda esineb kahe vitameerina (A_1 ja A_2). Neist kummastki on teada rohkesti isomeere. A-vitamiin osaleb retinoolhappena geenide transkriptsioonil, mõjutades sellega praktiliselt kogu organismi valguloomet. Olulise rolli tõttu ainevahetuses, nimetatakse A-vitamiini ka kasvuvitamiiniks. A-vitaminoosi korral nõrgeneb kromaatiline (värvus-) ja hämaras nägemine (tekib nn kanapimedus), hiljem ka kuivsilmsus, mis võib lõppeda nägemise kaotamisega, häirub immuunsüsteem, nõrgeneb mälu, pidurdub luude kasv ja loote areng raseduse korral.

D-vitamiin ehk kaltsiferool on rasvlahustuv viiest vitameerist (D_1-D_5) koosnev hormoonidena toimiv grupp. Neist D_2 (ergokaltsiferool) ja D_3 (ko-

lekaltsiferool) on inimorganismis suurema bioaktiivsusega ning sageli just neid üheskoos tuntakse D-vitamiinina. Kaltsiferool reguleerib hormonaalselt (kaltsitrioonina) kaltsiumi ja fosfori ainevahetuse kaudu lastel luude arengut ning seda tuntakse antirahhiitilise vitamiinina.

E-vitamiin ehk tokoferool lahustub rasvas ning sisaldab kokku kaheksat vitameeri, millest neli on tokoferoole (α-, β-, γ- ja δ-tokoferool) ning neli tokotrienoole (α-, β-, γ- ja δ-tokotrienool). Tokoferool pidurdab lipiidide oksüdatsiooni ning selle kaudu ka kolesterooli ladestumist veresoonte seintele, vähendades ühtlasi arteroskleroosi riski. E-vitamiini nelja vitameeri kasutatakse toiduainetööstuses tuntud antioksüdantsete lisaainetena (E306-E309). Eriti efektiivselt pidurdavad need polüküllastamata rasvhapete oksüdatsiooni, blokeerides radikaalidega toimuvaid ahelreaktsioon.

K-vitamiin ehk **naftokinoon** sisaldab kahte vitameeri füllokinooni (K_1) ja menakinooni (K_2). Neist K1 leidub taimesaadustes ja kalas, teist aga sünteesib soolte mikrofloora. K-vitamiinil on regulatoorne roll vere hüübimisprotsessides, mille lõpptulemuseks on fibrinogeenvalgust verejooksu sulgeva moodustise teke. Täiendavalt osaleb see veel glükoosi ja luukoe ainevahetuses. Ulatusliku esinemise tõttu eriti taimses toormes ning tänu soolestiku mikroobide sünteesivõimele, K-vitamiini defitsiiti inimestel üldjuhul ei esine.

Q-vitamiin ehk ubikinoon on tegelikult vitaminoid, mille hulka liigitatakse mitmeid sarnase toimega rasvlahustuvaid biomolekule ja koensüüme. Inimese jaoks on neist tuntuim ko-ensüüm Q_{10}, mida organism on tasakaalustatud toitumise korral võimeline ka ise sünteesima. Seda sisaldab nii loomne (kala, looma- ja linnuliha, kanamunad) kui taimne toidutoore (õlirikkad seemned, pähklid, spinat). Q-vitamiin toimib organismis antioksüdandina, mis blokeerib peroksüdaasi toimet ning ateroskleroosi põhjustavate ainete sünteesi kolesteroolist. Samuti reguleerib see rakkude ribosoomides hingamisahela ATFi loomet (milleta ainevahetusprotsessid jääksid vajaliku energiata) ning tsitraaditsükli ensüümide tööd.

F-vitamiin on samuti vitaminoid, mida moodustavaid polüküllastamata rasvhappeid käsitleti käesolevas peatükis eespool. F-vitamiiniks loetakse polüküllastamata rasvhappeid, ω-3-rasvhappeid ja ω-6-rasvhappeid (vt Rasv ja rasvained ehk lipiidid). Osa neist kuuluvad asendamatute rasvhapete hulka, mille manustamine toiduga on hädavajalik. F-vitamiini on rohkesti taimeõlides ja pähklites. F-vitamiini (eriti polüküllastamata rasvhapete) ületarbimine võib põhjustada probleeme, eelkõige seoses rakkudes ülemäärase oksüdatiivse stressi tekitamisega.

Veeslahustuvad vitamiinid osalevad organismi biofunktsioonides enamasti ko-ensüümidena ja sageli koostoimes teiste vitamiinide ja vitameeridega. Vesilahustuvate vitamiinide teatud eripäraks on tundlikkus temperatuuri, hapniku ja valguse suhtes. Vesilahustuvate vitamiinide hulka kuuluvad kõik B-kompleksi vitamiinid ja C-vitamiin.

B-kompleksi vitamiinid esinevad toidus enamasti koos, mistõttu nende puudus võib avalduda kogu rühmal korraga. B-kompleksi vitamiinidel on ko-ensüümidena oluline roll rakkude ainevahetuse võtmetähtsusega protsesside reguleerimisel. B-kompleksi vitamiine on rohkesti teraviljades ja juurviljades ning mikroobes toormes (eriti pärmseentes).

B_1-vitamiin ehk tiamiin on inimese ja loomade jaoks asendamatu mikrotoitaine, mida suudavad sünteesida vaid bakterid, hallitusseened ja taimed. See osaleb ko-ensüümina suhkrute, lipiidide ja aminohapete lõhustamise (katalüüsi) protsessides, kus tiamiini toimet tugevdavad B2, B9, C ja E-vitamiini ning mangaani manulus. Alkohoolsete jookide tehnoloogias tuleb tiamiini (tiamiini pürofosfaadi) vajadusega kindlasti arvestada kääritamisel, sest seda vajavad pärmirakud oma elutegevuseks. Toiduainete termotöötluse juures ei tohi aga unustada tiamiini termolabiilsust. Näiteks pastöriseerimisel väheneb selle sisaldus kuni 70%.

B_2-vitamiin ehk riboflaviin (varem G-vitamiin) reguleerib koos teiste B-kompleksi vitamiinidega kõikide makrotoitainete ainevahetust, toimides süsivesikute, rasvhapete ja aminohapete katabolismis redoksprotsesside

ko-ensüümina. Seda vajatakse juuste, küünte ja naha kasvuks ning nägemise normaalseks toimimiseks. Loomses toormes leidub riboflaviini küllaldasel määral piimas (laktoflaviin), maksas (hepatoflaviin), munakollases (ovaflaviin). Taimses toormes on seda (verdoflaviinina) rohelistes köögiviljades, ubades, hernestes, banaanis. Mikroobses toormes on riboflaviini rohkesti pärmis, mistõttu pärmseened on enamasti ka riboflaviini tööstuslikul valmistamisel toormeks. Intensiivse kollane värvus tõttu kasutatakse seda mh toiduvärvina (E101).

B_3-vitamiin (varem ka PP-vitamiin) ehk niatsiin on tegelikult üldnimetus vitamiinse aktiivsusega nikotiinhappe ja nikotiinamiidiga sarnase toimega biomolekulide kohta. See vitamiin on väga oluliseks rakkude ainevahetuse regulaatoriks ja vajalik mitmete füsioloogiliste protsesside normaalseks toimimiseks. Loomses toormes on selle sisaldus kõrge maksas, südames, neerudes, kana- ja veiselihas, kalas, munades. Taimses toormes leidub seda rohkesti näiteks tomatis, porgandis, lehtsalatis, pähklites, teraviljades, seentes ja pärmis.

B_4-vitamiin ehk koliin on biomolekulide üldnimetus, mille olulisimaks vormiks on fosfokoliin. Seda mikrotoitainet vajab organism kõikides olulisemates füsioloogilistes ja ainevahetuse protsessides, eriti fosfolipiidide (letsitiini), atsetüülkoliini, metioniini, müeliini sünteesil ja kolesterooli ainevahetuses. Selle toidus puuduva osa sünteesib organism ise või katab soolestiku mikrofloora arvelt, mistõttu defitsiiti üldjuhul ei teki.

B_5-vitamiin ehk pantoteenhape kuulub inimorganismi jaoks keskse koensüüm A koostisse ning osaleb selle kaudu süsivesinike, lipiidide, amino- ja nukleiinhapete ainevahetuses. B_5-vitamiini sisaldab loomamaks, liha, piim, kanamunad, kaunviljad, teraviljad, tomat, kõik rohelised toidutaimed ja paljud mikroobid (sh pärmseened). Ka mitmed soolestiku bakterid sünteesivad pantoteenhapet, mistõttu defitsiiti normaalsel toitumisel ei teki.

B_6-vitamiin ehk püridoksiin on geneeriline nimetus kolmele biokeemilise ühendile – püridoksiinile, püridoksamiinile ja püridoksaalile, mis

teadaolevalt moodustavad kokku kuus vitameeri. Nende vitamiinne toime põhineb muutumisel aminohapete, glükoosi ja lipiidide ainevahetuses osalevateks fosfaatseteks ko-ensüümideks ja ensüümideks. Seda vajatakse ka neurotransmitterite, heemi, nukleotiidide loomes, mao soolhappe tekkes, B_{12}-vitamiini imendumisel.

B_7-vitamiin (varem ka H-vitamiin, ko-ensüüm R) ehk biotiin lahustub võrreldes teistes B-kompleksi vitamiinidega, märgatavalt halvemini vees. Biotiinil on mitmeid analooge ja isomeere, mis toimivad füsioloogilistes protsessides asendamatute ko-ensüümidena. Need vitameerid osalevad glükoosi ja rasvhapete sünteesil, aminohapete lõhustamisel ning B_5-, B_9- ja B_{12}-vitamiini ainevahetuses. Toidutoormest esineb biotiini eriti rohkelt looma maksas, neerudes, munakollases, pärmis, rohelistes köögiviljades, maapähklites. Lisaks sünteesivad seda ka soolestiku mikroobid.

B_9-vitamiin (varem B_{10}-, B_{11}-, M-, BC- või R-vitamiin ning U- või R-faktor) ehk foolhape on geneeriline nimetus paljude foolhappe analoogide, folaatide ja nende sünteetiliste derivaatide kohta. Foolhapet vajatakse enamikus organismi füsioloogilistes protsessides, rakkude DNA sünteesiks, DNA mutatsioonide vältimiseks, kofaktorina teatud biokeemiliste reaktsioonide läbiviimiseks rakkude pooldumisel, kudede kasvu tagamisel, mao soolhappe, vere puna- ja valgeliblede loomes ning aneemia vältimisel.

B_{12}-vitamiin ehk kobalamiin on üldnimetus tervele vitameeride rühmale, mis kõik sisaldavad koobaltit ning omavad ravitoimet. B12-vitamiinil on võtmeroll aju- ja närvisüsteemi tegevuses ning vere punaliblede loomes. Samuti osaleb see kõikides keharakkudes rasv- ja aminohapete ainevahetuses ning DNA sünteesis. B12-vitamiini leidub loomses toormes (loomade maksas, veres ja lihas, munas, piimas. Täiendavalt saab seda ka vetikatest ja pärmist.

C-vitamiin ehk askorbiinhape (L-askorbaat) on monosahhariidi derivaat, esinedes paljude vitameeride seguna, millest üheksal on vitamiinne toime. Osa neist on ka rasvlahustavad. Kõik need on tugevad antioksü-

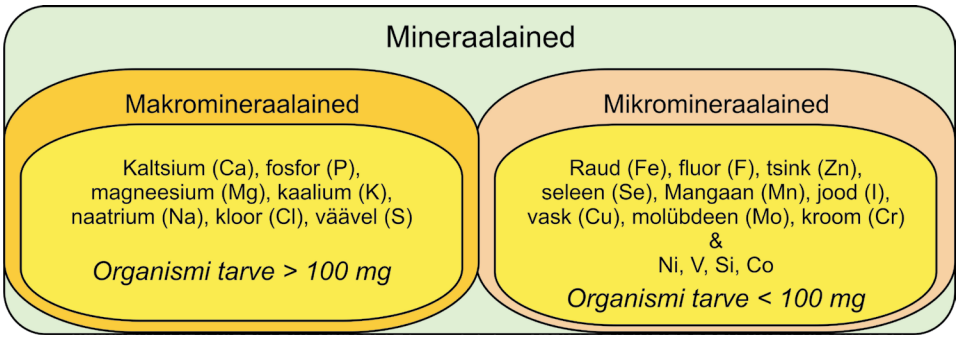
dandid, mis vähendavad DNA-, rasva- ja valgumolekulide oksüdatiivset stressi ning kaitsevad muid vitamiine (A-, B_1-, B_2-, B_5-, B_9- ja E-vitamiini) oksüdatsiooni ees, blokeerides vabu radikaale. Samas on C-vitamiin mitmete ensüümide ko-faktor, mis soodustavad kollageeni ja elastiini sünteesi sidekoe tekkel ning haavade paranemisel. See osaleb veel sapphapete, steroidide, adrenaliini ja norarenaliini sünteesil. C-vitamiin suurendab ka organismi vastupanu haigustele, kiirendades rakkudes immuunsüsteemi käivitumist ning seda vajatakse nahas, igemetes, hammastes toimuvate füsioloogiliste protsesside normaalseks kulgemiseks, raua ainevahetuse stimuleerimiseks jms.

C-vitamiini leidub rohkesti taimses toormes, eriti kibuvitsa- ja astelpaju marjades, mustas sõstras, punases sõstras, paprikas, sibulas, murakas, sidrunis, apelsinis, jõhvikas, pohlas. Sünteetiliselt toodetakse C-vitamiini bioloogiliselt ohutuks tunnistatud mikroobidega. Saadav askorbiinhape (E300) või selle naatriumi (E301), kaaliumi (E303) ja kaltsiumi (E302) soolad on toiduainetööstuses kasutusel antioksüdantse toidulisandina.

2.6. Mineraalained

Toidus pole mineraalained enamuses mitte mineraalsete, vaid orgaaniliste ühendite (valkude, biomolekulide jms) koostises, harvem keemiliste elementidena. Neid vajab organism struktuurimoodustavate ja funktsionaalsete ainete koostisosadena, elektrolüütidena jne). Mineraalained jaotatakse organismi vajaduse põhjal makro- ja mikroelementideks (makromineraalaineteks ja mikromineraalaineteks) (**joonis 2.31**). Peale selle eristatakse toidus veel nn ultramikroelemente (nikkel, koobalt, vanaadium, räni), mille biokeemiline toime pole veel kuigi selge ja mille sisaldus avaldub vaid jälgedena ning toksilisi raskemetalle (kaadmium, plii, elavhõbe, hõbe).

Organismi mineraalainete vajaduste hindamisel tuleb arvestada sellega, et mõne elemendi olemasolu surub alla teise elemendi omastamist. Näiteks kaltsiumi omastamist pärsib P, Zn ja Mg manulus. Omastamist soodustavad aga C-vitamiin, mitmed orgaanilised happed (sh sidrun- ja piimhape), samuti



Joonis 2.31. Toidu mineraalainete üldine liigitus.

lihtsuhkrud ja teatud aminohapped (histidiin, lüsiin, valiin). Hästi tuntud on näiteks D-vitamiini määrav roll kaltsiumi omastamisel.

Makromineraalained

Makroelementide hulka arvatakse kõik need, mille ööpäevane vajadus ületab 100 mg. Nende hulka kuuluvad kaltsium, fosfor, magneesium, kaalium, naatrium, kloor ja väävel, mille põhifunktsioonideks on: 1) luukoe tugevdamine (eelkõige kaltsiumi, fosfori ja magneesiumi ladestamisega), 2) elektrolüütidena toimimine rakkudes ja vedelates kudedes (eelkõige kaaliumi, naatriumi, kaltsiumi, fosfaadi ja kloori ioonidena), 3) osalemine valkude struktuuri kujundamisel (eelkõige valguahelate siseseid ja külgsidemeid moodustava väävli abil).

Kaltsium (Ca) osaleb 99% ulatuses tugevust andva luukoe ja hammaste moodustumisel. Neis esineb see osaliselt fosfaatses vormis $[3Ca_3(PO_4)2•Ca(OH)_2]$. Kaltsiumi leidub rikkalikult piimas ja piimatoodetes, salatis, brokkolis ja mitmesuguses muus taimses toidutoormes. Kaltsiumi ületarbimine võib soodustada luude liigset mineraliseerumist ja neerukivide teket.

Fosfor (P) on kaltsiumi kõrval teiseks oluliseks luukoe ja hammaste komponendiks. Fosfori puudust esineb toidus äärmiselt harva, selle poolest on rikkad enamus taimsetest (mh leib, riis, oad) ja loomsetest (näiteks liha, piim, kala, linnuliha) toitudest.

Magneesium (Mg) salvestub organismis umbes 60% ulatuses (sarnaselt kaltsiumi ja fosforiga mineraliseerunud kujul) luudesse. Magneesiumi leidub eelkõige taimses toidutoormes: pähklites, sojaubades, tomatites, hernestes jne.

Kaalium (K) on põhiliseks rakusiseseks katiooniks (ioonidena esineb organismis 90% kaaliumist). Koos kaltsiumi ja naatriumiga osaleb see lihaste kontraktsioonides, südame tegevuses, närvisignaalide edastamisel, rakkude osmootse rõhu regulatsioonis, vere ja lümfi ioonse tasakaalu tagamisel. Kaaliumi sisaldavad rohkesti kaunviljad, kartul, täisterad jms.

Na (naatrium) on sarnaselt kaaliumiga, vajalik rakkude elutegevuseks. Kui kaalium reguleerib rakusisest osmootset rõhku, siis naatrium teeb seda rakuvälistes vedelikes. Ühiselt osalevad nad lihaste kontraktsioonides ja närvisignaalide elektrokeemilisel edastamisel. Seda sisaldab enam taimne toidutoore ja piim, kuid põhiosa saab inimene toidule lisatava soolaga.

Kloor (Cl) on toidulisandina kasutatavate soolade (NaCl, KCl, $CaCl_2$ jne) aniooniks. Suures koguses kulub kloriidi-ioone maohappe (HCl) sünteesiks, mis osaleb seedes ja seedeks vajalike ensüümide (pepsiini) aktiveerimisel. Selle teiseks põhirolliks organismis on tasakaalustada veres happeliste ja aluselise ioonide tasakaalu ning reguleerida osmootset rõhku. Klooori manustab inimene kõige enam toidulisandina kasutatava keedusoolaga.

Väävel (S) on organismile eelkõige vajalik valkude ainevahetuses, kuna see kuulub kolme aminohappe koostisse. Väävlit omastatakse toiduvalkudest, mis sisaldavad metioniini, tsüsteiini ja tsüstiini. Vähesel määral imendub väävlit ka sulfiididena, mida lisatakse teatud toiduainetele (salatitele, puuviljadele, veinidele) säilivuse parandamiseks.

Mikromineraalained

Mikroelemente vajab inimorganism ööpäevas alla 100 mg. Nende põhifuntsioonid on seotud rakkudes toimuvate biokeemiliste protsessidega, täites ensüümide jt bioaktiivsete molekulide aktiivtsentrites teatud funkt-

sionaalseid rolle. Üheks neist on toimida redoksreaktsioonides elektronide kandjatena (näiteks Fe, Cu, S, Mn, Se, Mo). Teiseks funktsiooniks on (näiteks Mn, Zn) osalemine ensüümide aktiivtsentrites, mis seovad sellega substraadimolekule.

Raud (Fe) on kõige levinum toidu mikroelementidest. Selle põhifuktsioonideks on olla hapnikukandjaks veres ja lihaskoes ning elektronkandajaks tsütokroomides ja ensüümaatilistes katalüüsiprotsessides. Rohkesti on rauda loomses toidutoormes (veres, maksas, loomalihas, austrites), taimses toormes leidub seda enam kaunviljades.

Fluor (F) mõjutab organismis toimuvaid protsesse fluoriidi-ioonina ning akumuleerub peamiselt luudesse ja hammastesse (hambaemaili), tugevdades vastavalt nende struktuuri. Selle ületarbimine soodustab luude, liigeste ja kõõluste mineraliseerumist. Fluori põhiliseks allikaks on joogivesi.

Tsink (Zn) mõjutab paljusid ainevahetusprotsesse, kuna kuulub eluliselt oluliste metalle sisaldavate ensüümide koostisse ning reguleerib nende aktiivsust. Tsinki esineb rohkesti kala-, lamba- ja linnulihas, hernestes, maapähklites, teraviljades, seentes.

Seleen (Se) on oma keemistelt omadustelt sarnane väävliga, mistõttu võib asendada väävlit aminohapetes. Organismis toimib seleen eelkõige antioksüdandi ja teatud juhtudel ka pro-oksüdandina. Üldiselt katab inimese seleenitarbe taimses toidus (sh teraviljades) leiduv selenometioniin ja loomse toiduga saadav selenotsüsteiin.

Mangaan (Mn) on seede käigus suhteliselt halvasti omastatav (vaid 1-4%). Mangaan osaleb kofaktorina ensümaatilistes reaktsioonides. Selle puudusel häirub lipiidide ainevahetus, võib seiskuda organismi kasv. Mangaani sisaldavad eelkõige taimne toidutoore: teraviljad (mh riis), lehtsalat, herned, sojaoad, pähklid, vaarikad jms.

Jood (I) on organismile vajalik paljudes ainevahetuse protsessides ja nende hormonaalseks juhtimiseks. Joodi leidub rohkesti vetikates. Sel-

le puudust välditakse tänapäeval joodi sisaldava lauasoola kasutamisega. Ületarbimise korral on jood nõrgalt toksiline.

Vask (Cu) on mikroelement, mis toidust imendub umbes 40% ulatuses. Vask soodustab raua omastamist, osaledes hemoglobiini sünteesis ja erütrotsüütide loomes. Vase poolest on loomsest toidutoormest rikkad maks ja teised siseorganid, kalaliha, taimsest toormest kaunviljad, pähklid, teraviljad, šokolaad.

Molübdeen (Mo) osaleb oksüdatsiooniprotsesse katalüüsivate ensüümide koostises, mõjutades nukleiinhapete oksüdatsiooni, sulfiidide muundamist sulfaatideks, aldehüüdide muundamist ketoonideks jne. Molübdeeni defitsiiti inimorganismis tavaliselt ei esine. Seda sisaldab eelkõige taimne toidutoore (näiteks tomatid, mugulsibulad, porgandid).

Kroom (Cr) on väga halvasti (alla 1%) toidust seede käigus imenduv element. Kroomi sisaldavad brokkoli, greibimahl, liha ja teravili. Kroom mõjutab positiivselt glükoosi ja rasvade ainevahetust ja vähendab kolesteroolisisalduse reguleerimise kaudu südame-veresoonkonna haiguste riski.

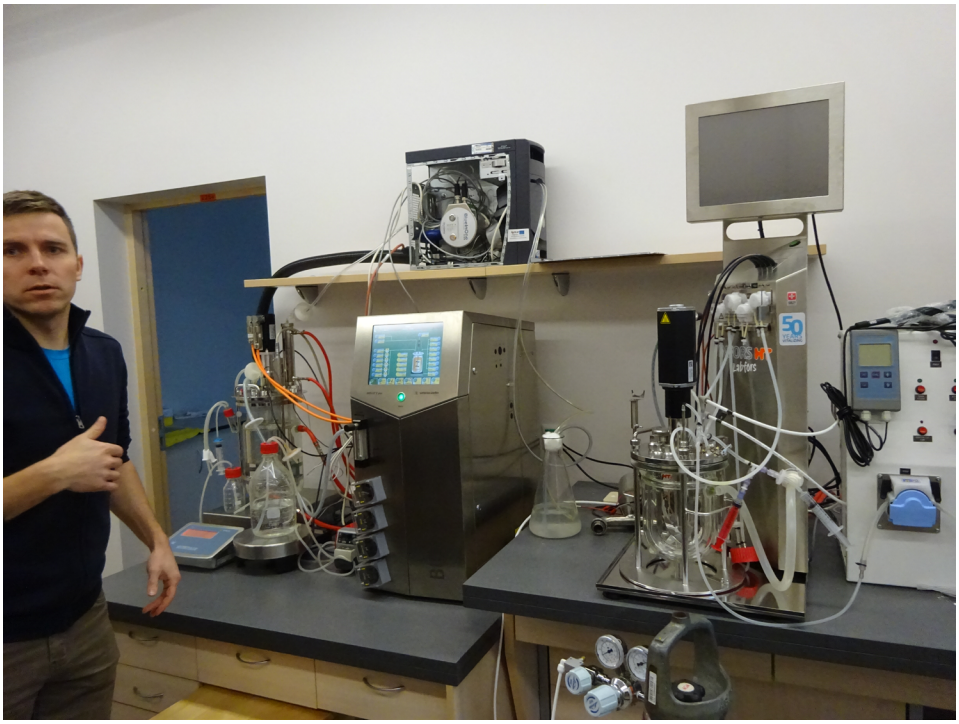
Ultramikromineraalained

Nikkel (Ni) imendub toidust suhteliselt vähesel määral (1-10%). Nikkel mõjub eelkõige organismile kahjulikult, takistades kaunis tugevalt raua imendumist toidust, vähendades hemoglobiini, hematokriti ja punaliblede sünteesivõimet.

Vanaadium (V) imendub toidust seede käigus suhteliselt vähesel määral (umbes 1%), selle ööpäevane toiduga saadav kogus jääb vahemikku 10-60 μg ning osaleb redoksreaktsioonides aktiivse ioonina ning mõjutab ka punaliblede teket ning luude, kõhrede ja hammaste arengut.

Räni (Si) leidub inimese lihastes, neerudes, maksas, lümfisõlmedes ja kopsukoes. Selle funktsioonid organismis pole täpsemalt teada. Toidust imendub räni väga vähesel määral.

Koobalt (Co) on vajalik B_{12}-vitamiini sünteesis seedetrakti mikrofloora poolt. Inimorganism koobaltit asendamatu toitainena ei vaja.



Kontrollküsimused

Iseloomusta süsivesikute üldist jaotust.
Missugused aineid liigitatakse suhkruteks?
Kirjelda heksooside põhilist nomenklatuuri.
Missuguseid rolle omavad suhkrud organismi ainevahetuses?
Missugune on enamlevinud energeetiline süsivesik toiduainetes?
Missugused süsivesikud on hästi seeduvad, millesd seeduvad halvasti ja missugused ei seedu üldse?
Iseloomusta kiudaineid ja nende rolli toidus.
Missugune on rasvainete jaotus
Kirjelda rasvhapete jaotamise süsteeme.
Milleks organism vajab rasva ja rasvhappeid?
Iseloomusta trans-rasvhappeid.
Missugused on rasvade satelliitained?
Missugused on rasvade lõhustusproduktid?
Missugune on aminohapete jaotuse üldised põhimõtted?
Kuidas tekkivad peptiidsidemed aminohapete vahel?
Kirjelda valkude primaarstruktuuri?
Missugused on valkude sekundaarsed struktuurid ja milliste valgurühmade puhul need esinevad?
Kuidas moodustub valkude tertsiaarne ja kvaternaarne struktuur?
Iseloomusta valkude denatureeumist ja renetureerumist.
Kuidas mõjutab valkude struktuur toidu seedimist.
Kirjelda kehavalkude moodustumist toiduvalgust.
Missugused on vitamiinide olulisimad rollid organismis?
Mille alusel jaotatakse vitamiine klassidesse?
Mida tähendab vitameeria?
Mille poolest on omavahel toime poolest sarnased B-rühma vitamiinid
Missugused on kõige olulisemad erinevused rasvaslahustuvatel ja veeslahustuvatel vitamiinidel?
Iseloomusta C-, D-, E-, A-vitamiinide avitaminoose.

Kuidas jagunevad mineraalained ja mille alusel?
Millised on toitumise seisukohast kõige olulisemad makroelemendid?
Milline on Ca, P, Na, Cl põhiline roll organismis?
Missugused on kõige olulisemad mikroelemendid?
Missugused on mikroelementide põhilised rollid organismi ainevahetuses
Missugused on ultramikromineraalained ja mis eristab neid mikromineraalainetest?

Kasutatud kirjandus

Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2004. Food Chemistry. 3rd revised ed. Berlin: Springer, 1070 p.

O'Brien, N. M., O'Connor, T. P. 2002. Lipids / Nutritional Significance. - Roginski, H. (Editor-in-Chief) Encyclopedia of Dairy Science. Academic Press, s. 1622-1626.

Poikalainen, V. 2004. Võitehnoloogia. Tartu: Halo Kirjastus

Poikalainen, V. 2004. Juustutehnoloogia. Tartu: Eesti Põllumajandusülikool.

Taylor, M. W., MacGibbon, A. K. H. 2002. Triacylglycerols. - Roginski, H. (Editor-in-Chief) Encyclopedia of Dairy Science. Academic Press, s. 1555-1563

Tohver, V. 1977. Üldine biokeemia. Tallinn: „Valgus", 924 lk.

Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., Jeffery, D. 2016. Understanding Wine Chemistry. ISBN: 978-1-118-62780-8. Chichester: John Wiley & Sons, 470 pages


Cherie
AVRYL

3. TOIDUTOORME JAOTUS, KOOSTIS JA STRUKTUUR

3.1. Taimne toore

Väino Poikalainen

Maailma elanikkonna pidev lisandumine sunnib toiduainete tootmiseks kasutama üha enam loomset ja taimset tooret. Taimse toorme osakaalu selles suurendab taimetoitluse lisanduv populaarsus. Seejuures pööratakse traditsioonilise taimse toorme (teraviljad, juur-, aed-, puuviljad, õlikultuurid jms) kõrval üha enam tähelepanu ka mitmesuguste loodusandidele, uutele söödavatele taimedele ja taimeosadele, veekultuuridele, insener-geneetiliselt loodud taimsele materjalile jms. Toormeressursi efektiivsem kasutamine taimse toidu tooteahelas eeldab vastavaid teadmisi taimede ehituse, nende elutegevuse, koostise jms kohta.

Antud peatükis püütakse neist teadmistest pakkuda eelkõige seda, mida toiduainete tehnoloogia seisukohast kõige enam vajatakse. Toidutaimede üldiseloomustuse, toitainete sisalduse, kasutusvaldkondade, taimse toidutoorme säilimise ja toiteväärtusega seotud aspektidele lisaks, käsitletakse mõningal määral ka taimede ehitust, lähtudes seejuures botaanilisest terminoloogiast. Seda mh selleks, et teadvustada väga suuri terminoloogilisi erisusi botaanikas, taimekasvatuses, toiduteaduses ja toiduainete tehnoloogias, kus kõigele lisaks peetakse taimseks toormeks mitte ainult taimi, vaid ka näiteks vetikaid, seeni jms.

Taimeriigis on kokku umbes 300 000 liiki, millest ligi 250 000 kuulub õistaimede hulka. Toidutoormena laiemalt kasutatavaid taimeliike on üle 200, neist olulisimaid ongi õistaimed, mida kasvatatakse aia- või põllukultuuridena. Mõningal määral tarvitatakse toiduks ka loodusande. Looduses kogutavate seemnete, marjade, seentega jms kaetakse siiski vaid tühine osa elanikkonna toitainete vajadusest. Kuid neil on märgatav potentsiaal toidulaua rikastamisel ja mitmesuguste bioaktiivsete toidulisandite valmistamisel.

3.1.1. Lühiülevaade taimede ehitusest ja elutegevusest

Bioloogias pole taime mõistes ikka veel kuigi täpselt kokku lepitud, kus-juures fotosünteesivaid prokarüoote (näiteks tsüanobakterid) ega vetikaid üldjuhul taimedeks ei loeta. Alljärgnevas käsitluses on taimedeks (*plantae*) päristuumsed ehk eukarüootsed organismid, kes keskkonnast orgaanilisi ühendeid ainevahetuseks ei assimileeri. Ümbritsevast keskkonnast vajab taim vaid vett, süsihappegaasi, hapnikku ja mineraalaineid. Taimede kasv ja orgaaniliste ainete loome neis saab alguse fotosünteesist. Taimede ehitusega tegelevad teadusharud on taimeanatoomia ja taimemorfoloogia, mis käsitlevad rakutasandit, kudesid ja organeid. Taimede ehituse ja koostise tundmine aitab paremini mõista taimse toorme kasutusvõimalusi ja valida sobivaid töötlemisprotsesse konkreetsete toiduainete valmistamiseks.

3.1.1.1. Taimerakk ja selle funktsioonid

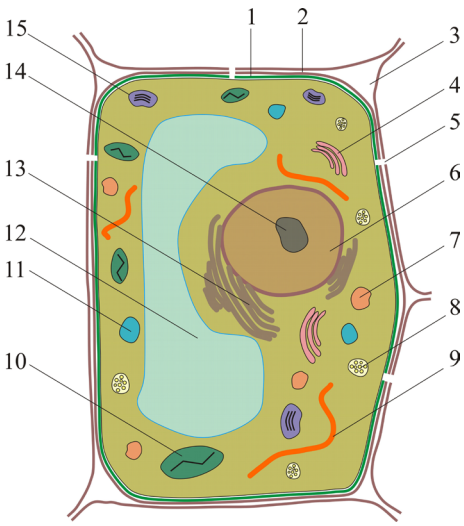
Taimerakk on funktsionaalne tervik, millest koosnevad kõik taimekoed ja organid. Taimerakud erinevad mõningal määral loomsetest rakkudest, kuigi leidub ka väga olulisi sarnasusi. Nende läbimõõt jääb vahemikku 0,01-0,1 millimeetrit, kuid teatud juhtudel (näit apelsini või sidruni viljalihas) võivad rakud olla ka märgatavalt suuremad. Taimeraku väliseks toeseks on tselluloosist, hemitselluloosist ning ligniinist umbes 1-2 µm paksune rakukest. Noored rakukestad koosnevad eelkõige tselluloosist. Rakkude vananemisel suureneb kestas ligniini osakaal ning see võib osaliselt puituda.

Rakukesta suudavad difusiooni teel läbida isegi suured molekulid. Nende edasipääsu raku sisemusse (ja sellest välja) tõkestab kesta all paiknev kiletaoline rakumembraan. Rakumembraani põhiosa moodustab fosfolipiidide molekulidest kaksikkiht, mille paksus on umbes 10 nm. Selles kihis leidub ka valgumolekule. Rakumembraani läbivad vabalt vee, hapniku ja süsihappegaasi molekulid. Suuremaid lipiidide, valkude ja sahhariidide molekule ning ioone aitavad läbi rakumembraani spetsiaalsed transpordi-

kanalid, mis vajavad toimimiseks täiendavat energiat. Rakumembraan osaleb ka teatud ainete sünteesimisel.

Rakumembraan ümbritseb raku tsütoplasmat ja selle organelle (**joonis 3.1**). Kõrvuti asetsevate taimerakkude tsütoplasma on omavahel ühenduses rakukestasid ja -membraane läbivate avauste ehk plasmodesmide kaudu. Tsütoplasmas paiknevaid organelle ja rakutuuma katavad samuti membraanid. Raku organellid on omavahel ühendatud tsütoplasmas leiduvate kanalite ja torukeste abil. Organellidest suurimateks on vakuoolid (loomsetes rakkudes need puuduvad), millest kõige suuremat nimetatakse tsentraalvakuooliks. Selle esmaseks ülesandeks on raku siserõhu ehk turgori hoidmine veesisalduse reguleerimise kaudu.

Tavaliselt ongi täiskasvanud rakus vaid tsentraalvakuool. Teatud juhtudel võib see moodustada isegi kuni 90 % raku mahust. Noortes rakkudes on mitu väikest vakuooli, mis raku vananemisel liituvad omavahel ja vastavalt suurenevad. Lisaks turgori tagamisele, toimivad vakuoolid veel rakumahla mahutitena, kuhu kogunevad mitmesugused jääk- ja varuained. Tegemist on eelkõige vees lahustunud ainetega: orgaaniliste hapete, suhkrute, alkaloidide, pigmentidega (näiteks antotsüaanide) jms. Need määravad oluliselt taimse toorme toitainete, aga ka mürkainete sisaldust. Kolmandaks vakuooli põhiülesandeks on rakule mittevajalike valkude, organellide, vigaste või töö lõpetanud rakuosade ensüümaatiline lagundamine.



Joonis 3.1. Taimeraku ehitus:
1 – rakumebraan, 2 – rakukest, 3 – rakuvaheruum, 4 – Golgi aparaat, 5 – plasmodesm, 6 – tuum, 7 – kromoplast, 8 – leukoplast tärklisega, 9 – ribosoom, 10 – kloroplast, 11 – lüsosoom (tsütosoom), 12 – vakuool, 13 – endoplasmaatiline retiikulum, 14 – tuumake, 15 – mitokonder

Muudeks olulisteks raku organellideks on ribosoomid, Golgi kompleksid, plastiidid ja mitokond-

rid. Viimased kaks sisaldavad mh ka pärilikkusainet (DNA). Plastiidid ja mitokondrid, on ümbritsetud kahekordse membraaniga ning on suutelised iseseisvalt pooldumise teel paljunema. Taimeraku plastiidid (kloroplastid, kromoplastid ja leukoplastid) on (sarnaselt vakuoolidega) taimedele ainuomased organellid, mis loomsetes rakkudes puuduvad. Kloroplastid sisaldavad klorofülli molekule, mille abil toimub fotosüntees ning mis muudavad vastavad taimeosad roheliseks. Kloroplastid võivad muunduda kromoplastideks, eriti sügisestes lehtedes, kui need kaotavad rohelise värvuse. Ka rohelise taime närtsimisel (närbumisel) muutuvad selle kloroplastid pikkamööda kromoplastideks.

Kromoplastid sisaldavad oranže, kollaseid ja punaseid pigmente, mis mh värvivad vastavalt ka vilju ning õisi. Õites leiduvate kromoplastide üheks ülesandeks on tolmlejaid kohale meelitada. Viljade värvus aga ahvatleb ligi loomi ja linde, keda taim kasutab seemnete levitamiseks. Kromoplastid võivad omakorda muunduda valget värvi leukoplastideks. Paljudes taimeosades leidub mh amüloplaste, kuhu ladestub varuainena tärklis. Amüloplaste on tavaliselt kõige enam taimede maa-alustes osades: juurikates, risoomides ja mugulates.

Mitokondrid on taimeraku organellid, milles toimub taime elutegevuseks vajaliku energia tootmine hingamise teel. Hingamise käigus muundatakse suhkur (glükoos) ja hapnik süsihappegaasiks ja veeks ning küllalt suur osa reaktsioonides tekkivast energiast salvestatakse ATP molekulidesse (vt ka Taimede ainevahetus).

Raku kogu elutegevust reguleerib topeltmembraaniga ümbritsetud rakutuum, mis sisaldab tuumavedelikku ehk karüoplasmat. See on tsütoplasmaga ühenduses tuumamembraanis olevate pooride kaudu. Tuumas paiknevad pärilikkuseaine DNA molekule sisaldavad kromosoomid. Kromosoomide geneetiline informatsioon määrab rakus valkude sünteesi. Sünteesitavatest valkudest moodustavad suurima osa ensüümid, mille abi toimuvad praktiliselt kõik organismi ainevahetuslikud reaktsioonid. DNA molekuli teatud ossa (ehk geeni) salvestatud geneetilise koodi mõjul käi-

vituvat valgusünteesi nimetatakse geeni avaldumiseks (ekspressiooniks). Ühes rakus ei avaldu kõik geenid korraga, enamasti aktiveerub geenide koguarvust umbes kümnendik. Kaunis sageli on geeni avaldumiseks vajalik täiendava valgu (nn aktivaatori) olemasolu. Teatud ained (repressorid) võivad blokeerida geeni avaldumise ja seda kaudu vastava valgu sünteesi taimeraku ribosoomides.

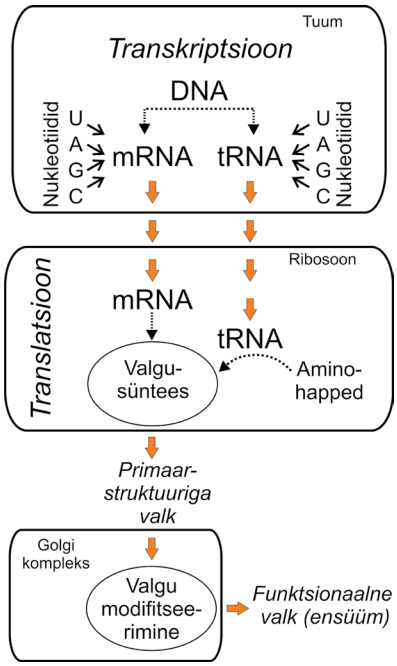
Geenide avaldumist võivad mõjutada ka keskkonna teatud füüsikalis-keemilised parameetrid, organismi vanus jms. Toiduvaldkonnas on geeni avaldumise blokeerimist või soodustamist hakatud üha enam rakendama toidutaimede valmimise kiirendamiseks või pidurdamiseks, säilitamise pikendamiseks ja töötlemise suunamiseks. Seega on molekulaargeneetika hakanud määrama ka toiduainete tehnoloogia arengut.

Raku geneetiline informatsioon on salvestunud kromosoomide desoksüribonukleiinhappe (DNA) molekulidesse nukleotiidide: adenosiinfosfaadi (A), guanosiinfosfaadi (G), tsütidiinfosfaadi (C) ja tümidiinfosfaadi (T) järjestusena. See informatsioon kantakse tuumas (õigemini selle tuumakeseks nimetatud piirkonnas) sünteesitavale mRNA (informatsiooni-RNA) ja tRNA (transpordi-RNA) molekulidele üle. Geneetilise informatsiooni ülekannet DNA molekuli geenilt RNA molekulile nimetatakse molekulaargeneetikas transkriptsiooniks (ümberkirjutamiseks) ning seda teostab ensüüm – RNA-polümeraas.

RNA sünteesitakse karüoplasmas (rakutuuma vedelikus) leiduvatest nukleotiididest: uridiinfosfaadist (U), adenosiinfosfaadist (A), guanosiinfosfaadist (G) ja tsütidiinfosfaadist (C), mille järjestuse määravad DNA nukleotiidid nn komplementaarsuse printsiibile vastavalt: A-U, T-A, C-G, G-C, kus sidekriipsu ees on DNA nukleotiidi tähis ja järel sellele vastava RNA nukleotiidi tähis. Tuumas sünteesitud mRNA liigub seejärel läbi tuumamebraani pooride tsütoplasma ribosoomidesse. Ribosoomides toimub sama informatsiooni järgne valgu primaarahela süntees ehk geeni translatsioon, kusjuures iga ahelasse liidetav aminohape on RNA molekulis üheselt kodeeritud kolme nukleotiidi kombineeritud järjestusega (nn koodoniga).

Valguloomes vajalikke aminohappeid transpordivad ribosoomi vastavad tRNA molekulid, mis samuti luuakse tuumas transkriptsiooni käigus (**joonis 3.2**).

Ribosoome sünteesitakse tuumakeses ning need koosnevad kahest poolmest, mille moodustavad rRNA (ribosoomi RNA) ja valgu molekulid. Sünteesitud ribosoomid liiguvad läbi rakumembraani pooride tsütoplasmasse, kus osa neist kinnitub tuumaga külgneva endoplasmaatilise võrgustiku pinnale (moodustades selle võrgustiku nn kareda osa). Osa ribosoomidest satub ka kloroplastidesse ja mitokondritesse, kus sünteesivad valke nende organellide spetsiifilisteks vajadusteks. Valgu sünteesil moodustavad tsütoplasma ribosoomid kogumeid, mida nimetatakse polüsoomideks. Üks rakk võib sisaldada kokku sadu tuhandeid ribosoome. Lipiide ja sahhariide sünteesivad ensüümid paiknevad endoplasmaatilise võrgustiku siledal pinnal. Võrgustik tervikuna osaleb ka mürgiste ainete kahjutustamise jm reaktsioonides.



Joonis 3.2. Geeni avaldumise skemaatiline esitus

Ribosoomides sünteesitud valkude muundamine ja kokkupakkimine toimub Golgi kompleksis, mida taimerakus võib olla mõnisada tükki. Samas modifitseeritakse ka suhkruid mh polüsahhariididideks. Taimeraku kesta ja membraani ehituselementide moodustamine toimub samuti selles organellis. Golgi kompleksist väljutatakse ka lüsosoome, mis kujutavad endast membraaniga kaetud põiekesi, kus toimub mitmesuguste ainete lagundamine (rakusisene seedimine). Lüsosoomid jaotatakse primaarseteks (sisaldavad ainult lõhustavaid ensüüme) ning sekundaarseteks (sisaldavad nii ensüüme kui nende poolt lõhustatavaid aineid).

3.1.1.2. Taimekoed

Koed on sarnase ehituse, talituse ja päritoluga rakkude kogumid. Koed jagunevad algkudedeks ja püsikudedeks. Algkudedest tekivad taime kasvu ja arengu käigus kõik püsikoed.

Algkoed ehk **meristeemkoed** on taimedele omased diferentseerumata rakkudest koosnevad kogumid, mille põhiülesandeks on lisandumine rakkude pooldumisega. Loomsete organismide rakkudest on samad omadused tüvirakkudel, mis muunduvad diferentseerunud rakkudeks juba embrüonaalses arengufaasis ning harvadel juhtudel ka teatud eritingimustel. Algkoe rakud paiknevad juure ja varre tippudes, varrelülide, lehtede ja õieraagude alustes, kambiumis (mis juhtsoontes paikneb vahemeristeemina näiteks puidu ja niineosa vahel, vt allpool) ning toodavad pidevalt juurde nii meristeem- kui muid kudesid ja struktuure. Meristeemkoe rakud paiknevad tihedalt üksteise kõrval, on õhukese kestaga ega sisalda vakuoole. Neil on kaks põhiomadust: 1) kiire paljunemine, 2) diferentseerumisvõime ehk võime muutuda teiste kudede rakkudeks. Meristeemkude jaguneb esmaseks ehk primaarseks ja teiseseks ehk sekundaarseks meristeemiks.

Esmane meristeemkude tekib embrüonaalse arengu faasis. Embrüo moodustub näiteks taime seemnealge viljastumisel tekkinud sügoodist, kusjuures selle rakud jaotuvad nii, et ühte otsa tekib esmajuure alge ja teise otsa esmavõrse alge (**joonis 3.3**). Embrüo idanemisel seemnest käivitub neist organite moodustumine (organogenees) lehtede, varte ning juurte loomiseks.



Joonis 3.3. Seemne idanemine ning algjuure ja idulehe kasv

Sekundaarset meristeemi leidub (näiteks tipmise meristeemina, vt allpool) koos juba eristunud kudedega. Seemne idanemise järgselt tekivad uued

juured olemasolevate juurte tipmisest meristeemist ning varred ja lehed võrsete tipmisest meristeemist. Tipmised meristeemid asuvad nn kasvukuhikutes ja pungades. Kasvu ja arengu toimumine nii diferentseerunud kui meristeemi rakkude jagunemisega on taimede spetsiifiliseks eripäraks. Rakujagunemisele lisaks võib taim kasvada rakupikenemise teel. Siis toimub rakkude suurenemine (enamasti pikkuses), mida võib samuti pidada küllaltki taimespetsiifiliseks nähtuseks.

Taimse toorme tootmisel rakendatakse meristeemi sageli taimede paljundamisel näiteks taimehaigustest vabanemiseks. Seda saab põhimõtteliselt kasutada ka söödavate taimekudede tööstuslikuks tootmiseks, asendamaks põllumajanduslikku taimset tooret, kuid vastavad arendused on enamasti alles uurimisjärgus.

Paiknemise järgi jaguneb sekundaarne algkude viide põhirühma:

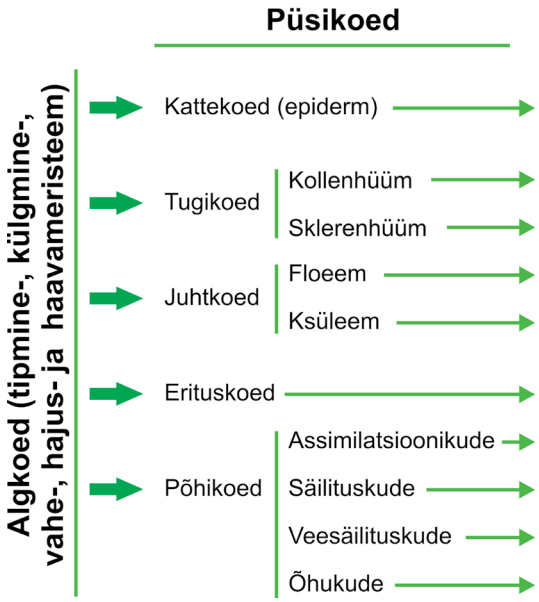
1) *Tipmine (apikaalne) meristeem*, mis asub juurte, varte ja harude tippudes ning määrab nende taimeosade otsmist ja kiiret kasvu.
2) *Vahemeristeem (interkalaarne meristeem)* paikneb taime varrelülide alumises osas ning lehtede ja õieraagude alustes, võimaldades pikkuskasvu varreosades. Kõrreliste taimede kasv ongi eriti kiire seetõttu, et lisaks tipmisele toimub neis kõrresõlmedes oleva vahemeristeemi toimel ka kõrre vahelülide kasv.
3) *Hajusmeristeemi* rakud asetsevad hajusalt ning sellele tugineb eelkõige taimelehtede kasv.
4) *Külgmine (lateraalne) meristeem* ehk *kambium*, mis paikneb pinnaga paralleelse kihina juhtsoontes (vt allpool) ja nn telgelundites ning määrab nende radiaalset kasvu (jämenemist).
5) *Haava-* ehk *kalluse meristeem*, mis tekib vigastatud kohale ja kasvatab kinni vigastusel tekkinud haava.

Püsikoed on taime kindla funktsiooni jaoks diferentseerunud koed. Tavaliselt jagatakse püsikoed katte-, tugi-, juht-, eritus- ja põhikudedeks. Põ-

hikoed omakorda jagunevad säilitus- ja assimilatsiooni- ehk toitekudedeks (**joonis 3.4**).

Kattekude koosneb rakkudest, mis katavad taimelehtede, varte, viljade jm taimeosade pindu. Kattekoe sünonüümina kasutatakse epidermi nimetust. Epiderm võib omakorda olla kaetud karvade, papillide jms, mis sisaldavad sageli erituskudet. Taimede juuri katvat kattekude nimetatakse ka epibleemiks. Kattekoe eesmärgiks on kaitsta sisekudesid kuivamise ja teiste kahjulike välismõjude eest. Kaitsva funktsiooni tõttu paiknevad selle rakud ühtse kihina tihedalt üksteise kõrval, ega sisalda kloroplaste. Selle kihi rakud on paksude ja tugevate kestadega. Need võivad peale tselluloosi sisaldada ka muid tugevdavaid elemente, mh näiteks räniühendeid. Niisugust mehhaaniliselt tugevdatud kattekoe osa nimetatakse korkkoeks. Korkkoe (korgi) paks kiht paikneb paljude puude koore pinnal.

Taimede epidermi väliskeskkonna poolne pind on kaetud mitterakulise kutiini, suberiini ja vahakihiga. Seda lipiidset kiletaolist pinda nimetatakse kutiikulaks, mis takistab vee aurumist taimedest ja haigustekitajate ning kahjulike ainete sissetungi taimedesse. Metoboolsetes protsessides osalevate gaaside (eriti hapniku ja süsihappegaasi) ning veeauru vahetust



Joonis 3.4. Kudede jaotuse skeem

keskkonnaga võimaldavad epidermis olevad spetsiaalsed õhulõhed, mille avanemist või sulgumist on taim võimeline siserõhu abil reguleerima. Kutiikula põhistruktuuri moodustavad kutiini makromolekulid. Polümeerne suberiin on mh maa-aluste organite pinnakihi koostisosaks ning toestab kor-

gikihi rakke, mis tekivad varre ja juurte välimise osa puitumisel. Suberiin takistab eelkõige haigustekitajate sissetungi ning seda moodustab taim lehtede murdekohale, haigustest või muul moel kahjustatud aladele. Tugevalt hüdrofoobsed vahad hoiavad taimepinda kuivana ning vaha kristalliseerumisel muudavad seda ka tugevamaks. Vahakihist koosneb kutiikula pealmine osa, mis kaitseb taimepinda märgumise eest. Sellele sattunud vesi uhub maha valgudes ära ka taime kahjustada võivad ained. Vahakiht takistab oluliselt kutiikula kaudu vee aurustumist taimest. Kutiikula paksus oleneb kasvukohast: kuivadel aladel kasvavatel taimeliikidel on kutiikula paksem kui niisketel aladel kasvavatel taimedel. Kutiikula võib kuivades oludes pakseneda isegi niiskete oludega kohastunud taimedel.

Põhikude (parenhüüm) moodustab valdava osa taime massist. Põhikude koosneb õhukeseseinalistest rakkudest, mille vahel on suhteliselt suured rakuvaheruumid. Neis rakkudes toimuvad mitmed olulised protsessid: fotosüntees, metaboliitide loome, varuainete ja vee säilitamine, gaasivahetus jne.

Funktsioonist lähtuvalt eristatakse nelja tüüpi põhikudet:

1) *Assimilatsioonikude* (*klorenhüüm* ehk *mesofüll*) paikneb lehes või noorte varte pindmises kihis. Nende rakkudes on rohkesti kloroplaste, kus toimub fotosüntees. Piklikud ja üksteise kõrval asuvad klorenhüümirakud moodustavad assimilatsioonikoe sammas- ehk palissaadkoe. Enamasti koosneb sammaskude tihedalt asetunud piklikest rakkudest, mille vahele jäävad kitsad rakuvaheruumid. Selle fotosünteesiks kohastunud rakkude paiknemine lehe välispinna all võimaldab valgust võimalikult efektiivselt kasutada. Parasvöötme taimedel areneb sammaskude reeglina ainult lehe ülemisel poolel. Lehe alumise pinna lähedal paikneb assimilatsioonikoe teine vorm – gaasivahetuseks kohastunud kobe- ehk tohlkude. Selle rakkude vahel on suured rakuvaheruumid, mis aitab õhulõhedest sisenenud õhul sügavale tungida, sammaskudet veega varustada ja selle ainevahetuses eraldunud vett aurustada.

2) *Säilituskude* esineb taimejuurtes, risoomis, varre keskosas, seemnetes, viljades, sibulates, mugulates jne. Toiduainete tehnoloogia seisukohast on just see kude kõige olulisema tähtsusega, sest säilituskoe rakkudesse kogunevad varuained (tärklise- ja valguterad, lahustunud suhkrud, õlitilgakesed). Viljades on varuaineid säilitavate rakkude kestad sageli tugevasti paksenenud.

3) *Veesäilituskude* esineb sukulendidel (turdtaimedel), mille rakukestad on õhukesed ja võimelised paisuma. Nende vakuoolid suudavad märjal ajal mahutada rohkesti vett. Kuival ajal aga tõmbuvad rakud kokku ja vakuoolid kortsuvad.

4) *Õhukude* ehk *aerenhüüm* sisaldab suuri õhuga täidetud tühimikke, mis on moodustunud tähtja kujuga rakkude vahele. Aerenhüümil on oluline roll soo- ja veetaimede elutegevuses, osaledes näiteks gaasivahetuses, tagades taimevarre vertikaalset asendit vees jms.

Tugikude ehk **mehhaaniline kude** annab taimeorganitele tugevuse, painduvuse ning hoiab murdumise eest. Selle rakud on pikad, paksud ja puitunud kestaga, sageli surnud ning paiknevad eelkõige kattekoe all. Tugikude esineb taimes sageli koos juhtkoega (vt allpool), moodustades sellega ühtseid juhtkimpe, kus tugikude on ainete transpordiks vajaliku juhtkoe toeseks (**joonis 3.5**). Tugikude jaotatakse kaheks suureks rühmaks: kollenhüümiks ja sklerenhüümiks.

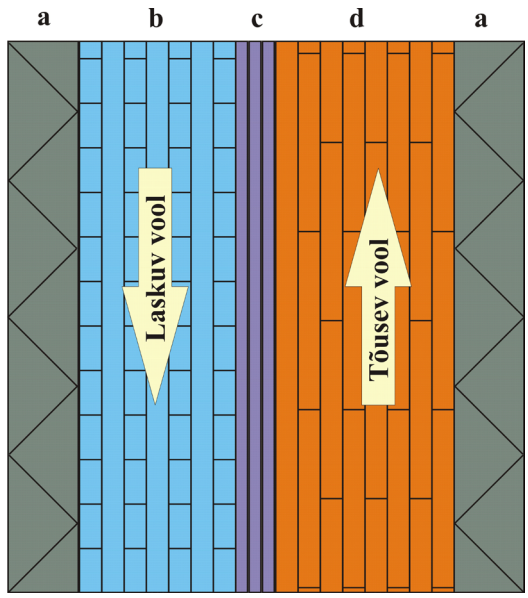
Kollenhüümi leidub kõige enam õistaimede noortes taimeosades: vartes, lehtedes, õites, vähem juurtes. Kollenhüümi elusad, ebaühtlase kestaga rakud paiknevad enamasti vahetult epidermi all. Taime vananemisel muutub kollenhüüm sklerenhüümiks.

Sklerenhüüm koosneb puitunud ja surnud ning sageli õhuga täitunud rakkudest. Need on pikad, ühtlaselt paksu seinaga ning nendest moodustuvad puidu- ja niinekiud, mis toestavad juhtkudedes ksüleemi ja floeemi. Puiduosa sklerenhüümirakkudest moodustunud kiude nimetatakse puitkiududeks. Sklerenhüümist koosnevad mh luuviljaliste seemneid ja pähklite

vilja ümbritsevad kestad. Nende rakud on ümara kujuga, väga paksu (sageli kogu rakku täitva) rakukestaga ning neid nimetatakse kivisrakkudeks.

Juhtkoed on iseloomulikud kõikidele soontaimedele, mille juhtkimpudes toimub vee ja selles lahustunud ainete (mineraal- ja orgaanilised ained) transport. Juhtkimpude juhtkoes esineb kahte erinevat tüüpi rakke: floeemi ehk niinerakud ning ksüleemi ehk puidurakud. Juhtkoe *niineosas* (*floeemis*) liiguvad nn laskuva vooluna vees lahustunud fotosünteesi saadused (näiteks lehtedes sünteesitud suhkrud) energiat vajavatesse organitesse ja säilituskudedesse. Samasugune liikumine võib toimuda ka säilituskudedest muudesse kudedesse. Floeemi rakud on piklikud ja moodustavad omavahel otsmiselt liitunult nn sõeltorusid või sõelelemente, mille nimetus tuleneb rakkude otsaseintes olevatest küllaltki suurtest plasmodesmi avadest. Nende kaudu toimub ainete edasiliikumine rakkude vahel.

Juhtkoe ksüleemi ehk *puidurakkudes* leiab aset nn tõusev vool, mille põhiülesandeks on vee ja selles lahustunud mineraalainete transport taimes. Lisaks vee transpordile säilitavad teatud taimed ksüleemis ka varuaineid. Kevadeti, vegetatsiooni varases staadiumis liigub ksüleemis mh vees lahustunud varusuhkur.



Joonis 3.5. Juhtkimbu pikilõike skemaatiline esitus: a – tugikoest kest, b – floeem, c – kambium, d – ksüleem

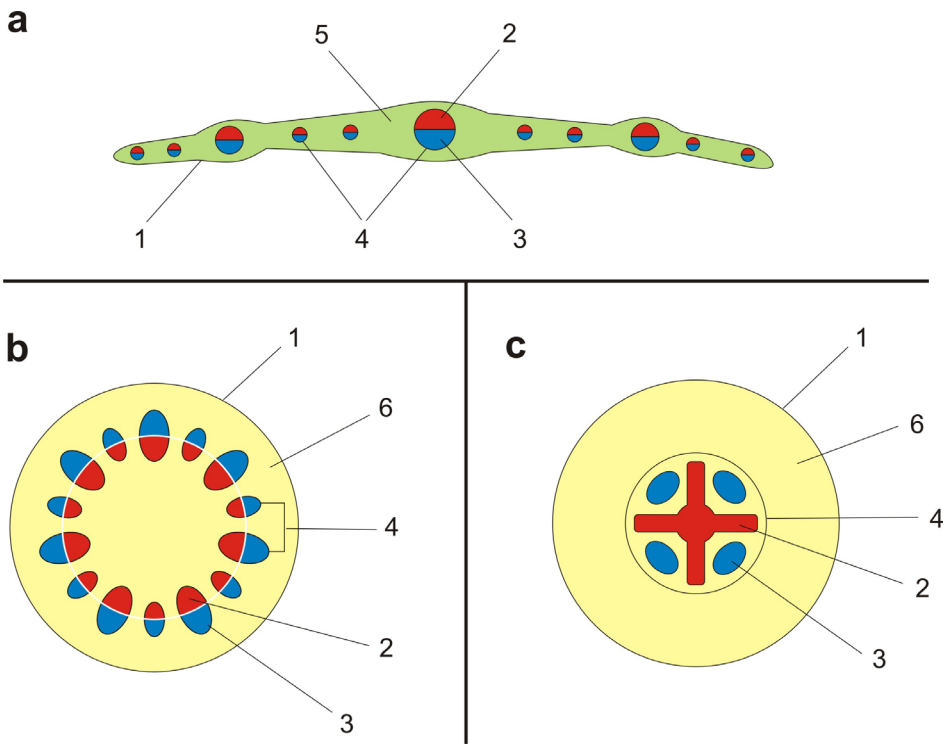
Ksüleem koosneb suure valendikuga pikkadest torujatest rakkudest, mis moodustavad käsnjaid struktuure. Neid nimetatakse kas trahheedeks või trahheiidideks. Trahheerakkudel puudub tsütoplasma ja otsaseinad, mistõttu need toimivad otsakuti asetuses suurepäraste vett juhtivate kapillaaridena.

Trahheiidirakkude vahel aga käib veevahetus läbi rakuseina pooride. Vett hakkavad trahheed ja trahheiidid intensiivselt juhtima pärast elutegevuse lõppemist rakkudes.

Floeem ja ksüleem paiknevad juhtkimpudes lähestikku või lausa kõrvuti. Kaheiduliste taimede juhtsoontes on need omavahel eraldatud nn kambiumirakkudest (meristeemist) kihiga, mis ühelt poolt toetab floeemi ja teiselt poolt ksüleemi kasvu. Kummaski juhtkoe osas leidub tugikoe rakke, mis moodustavad koos juhtkoe rakkudega tugeva kiulise struktuuri. Floeemist, ksüleemist ja kambiumist juhtkimpu ümbritseb puitunud seinaga tugikoe rakkudest kest (tupp).

Kaheiduliste taimede lehtedes asub tihe juhtkimpude võrgustik, mis suubub leherootsu juhtkimpu ning on ühtlasi lehte koos hoidvaks toeseks. Juhtkimpude floeemi (niine) osa paikneb seejuures lehe alumise külje suunaliselt, ksüleemi osa aga ülemise pinna suunas. Taime vartes asuvad juhtkimbud sageli ringikujuliselt ümber taimevarre südamiku, kusjuures ksüleem jääb sisse- ja floeem väljapoole. Puudel koosneb kogu aastaringidega puidumass ksüleemist, selle välimisel ringil paikneb õhuke kambiumirakkudest kiht, millele järgneb koorealune floeemi ehk niinekiht. Taime juurtes paikneb ksüleem ühtse kogumina tsentris, kuid floeem selle ümber on hajutatud mitmeks eraldi kanaliks (**joonis 3.6**).

Erituskude tagab vajalike vedelate või tahkete ainete eritumise taimedest. Erituskoed koosnevad rakkudest, mis asuvad nii taimeelundite sisemuses kui ka välispinnal, näiteks piimasoontes, näärmekarvades jne. Eritatavateks aineteks on piimmahl, nektar, parkained, eeterlikud õlid jms. Taimeelundite sisemuses sünteesitavad eritusained kogunevad sageli taimerakkude vakuoolidesse. Kõigil neil ainetel on taimede evolutsiooni käigus välja kujunenud kindel otstarve. Oma spetsiifiliste omaduste tõttu sisaldavad need eritised rohkesti sekundaarseid metaboliite. Erituskoe eritised pakuvad toiduainete tehnoloogia seisukohast huvi eelkõige toiduainete struktuuri, värvust, bioaktiivsust mõjutavate omaduste poolest.



Joonis 3.6. Juhtsoonte, ksüleemi ja floeemi paiknemine kaheidulise taime lehe (a), varre (b) ja juure (c) ristlõikes: 1 – epiderm, 2 – ksüleem, 3 – floeem, 4 – juhtsoon, 5 – assimilatsioonikude, 6 – põhikude

Piimmahl ehk *lateks* on teatud taimedest erituv piimjas emulsioon, mis kokkupuutel õhuga sageli koaguleerub. Selle koostisse kuulub valke, alkaloide, tanniine, terpenoide, suhkruid ja muid ühendeid. Mõnede taimede piimmahla kasutatakse ka tööstuslikult: kautšukipuu mahla kummitoodete valmistamiseks, unimaguna kupardest saadavat mahla ravimitööstuses opioidsete ühendite tootmiseks, mitmete taimede piimmahl on ka toidulisandite valmistamise toormeks.

Nektar soodustab õistaimede paljunemist, meelitades õitele putukaid, kes kannavad tolmuterasid õite vahel. Selleks, et tolmuterad saaksid paremini kleepuda putuka külge on nektarinäärmed evolutsiooni käigus paigutunud õiepõhja, mis soodustab õies emaka viljastamist. Toiduainete valmistamisel võidakse nektarit kasutada toodete maitsestamiseks. Kaudselt

põhineb aga kogu mesindus ja sellest tehtavad meesaadused õienektaril. Nektari kogus ja koostis on taimeliigiti väga erinev ning oleneb omakorda taimede kasvukohast, õite paiknemisest taimel jt teguritest, millistest olulisimad on kasvutingimused (õhuniiskus, -temperatuur, valgus, mullastiku koostisosad jms). Olenevalt taimeliigist ja ilmastikust sisaldab nektar 30-94% vett, 5-20% fruktoosi ja glükoosi, erinevaid orgaanilisi happeid, valkaineid, mineraalaineid jne.

Parkained (tanniinid) omavad erilist tähtsust näiteks jookide tehnoloogia kääritusprotsessides ja pikaajalist valmimist nõudvate kangete alkohoolsete jookide (konjak, viski, kalvados jms) tootmisel. Näiteks kvaliteetse siidri saamiseks valitakse mahlaks pressitavate õunte sekka umbes kolmandiku jagu kõrge tanniinisisaldusega õunu. Konjak, viski ja kalvados aga valmivad rohke tanniinisisaldusega tammepuust vaatides. Parkained on tugevad toiduainete maitse kujundajad ning nende liig võib toidu kibedaks muuta või selle hoopiski rikkuda.

Eeterlikud õlid tagavad vastavatele toiduainetele sobilikku lõhna ja maitset, aga ka mitmeid funktsionaalseid omadusi. Eeterlike õlide eraldamiseks taimedest rakendatakse mitmesuguseid ekstraheerimisprotsesse. Piimmahla, parkainete ja eeterlike õlide kasutamisel tuleks kindlasti arvestada toiduohutuse riskidega.

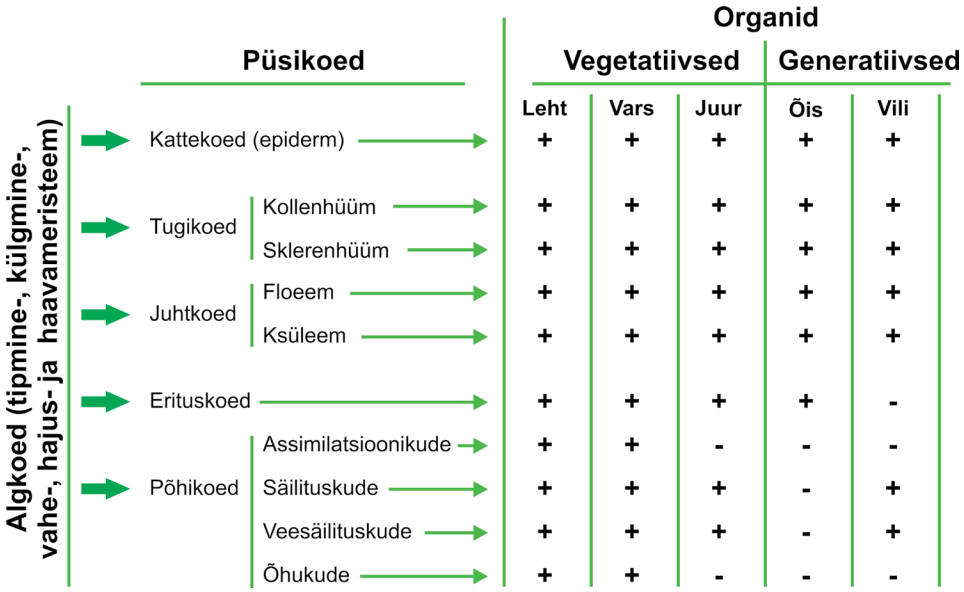
Vesi, mida taimed eriti rohkelt sisaldavad, pole kudede eritiseks, vaid seda saab taim eelkõige juurte kaudu maapinnast. Vesi tasakaalustab taimedes osmoosi, kannab toitaineid ja metaboliite taime organitesse, tagab ainevahetusreaktsioonide toimumiseks hädavajaliku keskkonna jpm. Suur osa taimses toormes sisalduvast veest kandub edasi ka sellest valmistatavatesse toiduainetesse. Töötlemise käigus eraldatav vesi on omakorda kasutatav toiduainete tehnoloogias mitmesugusteks toidulisteks otstarveteks.

Kevadine kase- ja vahtramahl on samuti taimedesse juurte kaudu kanduvaks veeks, kuigi sisaldab märgataval hulgal taimsest varust pärit suhkruid (di- ja monosahhariide). Kevadel vegetatsiooni algfaasis kogutavat ka-

se-ja vahtramahla kasutavad inimesed juba ammustest aegadest joogiks või mitmesuguste kääritatud joogitoodete valmistamiseks. Põhja-Ameerikas on nende mahlade kogumine ja töötlemine muutunud omaette majandusharuks. Kasemahla kogumise ja töötlemisega tegeldakse mõningal määral ka Eestis.

3.1.1.3. Taimeorganid

Kudedest koosnevad kasvu- ehk vegetatiivseid organeid ning generatiivseid ehk paljunemisorganeid. Taime vegetatiivseteks organiteks on juur, vars ja leht. Generatiivseteks organiteks on õied ja nendest tekkivad viljad (**joonis 3.7**).



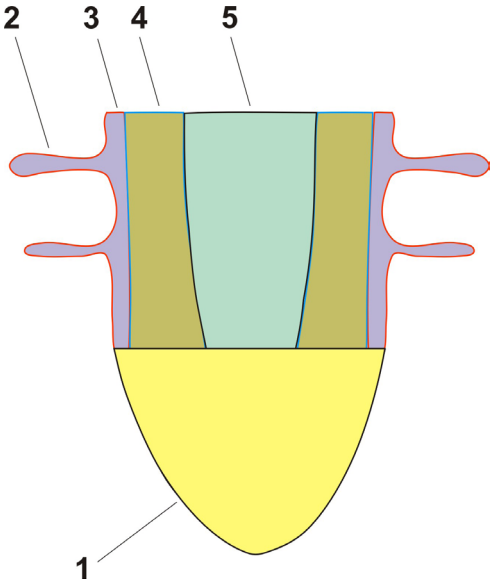
Joonis 3.7. Taimekoed ja -organid ning nende omavaheline seos, kus (+) tähistab vastava koe rohket esinemist organis

Juur

Juur (radix) on taime maasisene organ, millega taim kinnitub pinnasesse ja paljuneb vegetatiivselt. Juurel pole lehti, kuid sellele võivad kasvada pungad, millest tekivad maapealsed võsud. Põhiosas asub juur pinnases, kuid juuremuudendid võivad kasvada ka maapinnast kõrgemal. Osal taime-

dest on fotosünteesi- ja hingamisvõimelised õhujuured. Juure põhifunktsiooniks on siiski pinnasest vee ja mineraalsoolade imamine. Täiendavate funktsioonidena sünteesitakse juures veel taimehormoone (tsütokiniini) ja nukleoproteiide ning säilitatakse varuaineid (suhkrut, tärklist, inuliini jne). Toime järgi jaguneb juur viieks põhivöötmeteks. Nendeks on juurekübar koos rakkude jagunemise vöötmega, pikenemis- ehk kasvuvööde, imav- ehk diferentseerumisvööde (**joonis 3.8**), külgjuurte vööde (kuhu moodustuvad külgjuured) ja juurekael, millest toimub peajuure üleminek taimevarreks.

Juurekübar paikneb juure tipus koos kiirelt paljunevate meristeemrakkudest kasvukuhikuga. Sellest ülespoole jääb kasvu- ehk pikenemisvööde, kus toimub rakkude intensiivne diferentseerumine ja kasv. Kasvuvöötme rakkude eripäraks on suured rakumahlaga täidetud vakuoolid. Järgneb imavvööde, kus asuvad üherakulised juurekarvad, mille abil toimub vee- ja selles lahustunud mineraalsoolade imamine pinnasest. Juurekarvakeste imav toime tekitab juurerõhu, mis surub vett koos selles lahustunud soladega juhtsoontesse ning sealtkaudu teistesse taimeorganitesse. Juhtsooned paiknevad juure tsentriosa kesksilindris, millest väljapoole jäävad esikoor ja seda kattev epibleem.



Joonis 3.8. Juuretipu skemaatiline esitus: 1 – kasvukuhik, 2 – juurekarvad, 3 – imavvööde, 4 – kesksilinder, 5 – juhtsooned

Taimejuure algeks on idujuur, mis tekib diferentseerumata idukoest. Idujuurest areneb enamasti vertikaalselt maasse kasvav peajuur. Rohttaimede ja ka mõnede teiste taimeliikide peajuur sureb kaunis varases staadiumis ning selle rolli võtavad üle lisajuured. Lisajuurteks nimetatakse muu-

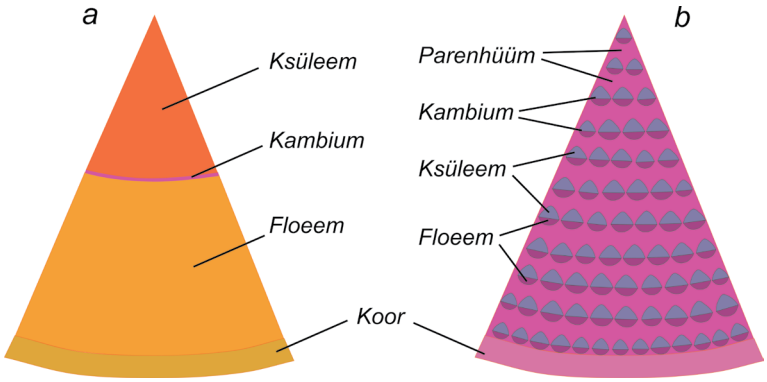
dest taimeosadest (eelkõige varrest) arenevaid juuri. Peajuurest erinevates suundades kasvavaid harusid nimetatakse külgjuurteks. Erinevat tüüpi juurte kogum moodustab taime juurestiku. Üheidulehelistele taimedele on omane narmasjuurestik, mida iseloomustab nõrgalt arenenud või varakult surev peajuur. Tugeva peajuurega sammasjuurestik on iseloomulik kaheidulehelistele taimedele. Parasiittaimede eripäraks on spetsiaalse imijuurestiku olemasolu.

Seentega sümbioosis elavatel taimedel esinevad mh seenjuured ehk mükoriisa. Selline juuremuundend moodustub taime külg-, lisa- või õhujuurte läbipõimumisel seeneniidistikuga, mis võimaldab seene ja taime organismide vahel mõlemale poolele kasulikku ainete vahetust. Taim saab seenelt vett, mineraalaineid ja antibiootikume ning annab seenele vastu oma ainevahetusprodukte, mida seen ise ei ole võimeline sünteesima.

Toidutoormena kasutatakse eelkõige *säilitusjuuri* (teatud tüüpi juuremuundendeid), mis jagunevad kahte põhirühma – juurikateks ja juuremugulateks. Juurikas on paksenenud peajuure osa, mille sisse kogub taim varuaineid. Toidutaimedest on varuainetega juurikad näiteks kaalikal, peedil, porgandil, naeril, redisel. Varuaineid salvestavad juuremugulad ehk muguljuured kasvavad näiteks sibullilledel.

Juurviljade juurikad on väga nõutud toidutoore, eelkõige nende kõrge tärklise, suhkru, vitamiinide, kiudainete ja toidule lisamiseks kõlblike värvainete sisalduse tõttu. Eri liiki taimede juurikate anatoomiline struktuur võib omavahel väga suurel määral erineda, olenedes suures osas juhtsoonte ning kambiumi, ksüleemi ja floeemi omavahelisest paiknemisest põhikoes ehk parenhüümis (**joonis 3.9**).

Lisaks juurikatele ja mugulatele kasvavad mõnedele taimedele juuremuundenditena ka kokkutõmbumise võimega lisajuured, mida nimetatakse tõmbjuurteks. Nende põhiülesandeks on talvituva taime juureosa sügavamale mulda tõmbamine. Tõmbjuured esinevad mitmeaastastel sibul-, mugul- ja risoomtaimedel.



Joonis 3.9. Kudede paiknemise skemaatiline esitus juurika ristlõike sektoris: a – porgand, mille puhul ksüleem jääb tsentraalsesse ossa, seda katab õhuke kambiumi kiht ning floeem asub koorealuses osas; b – peet, mille parenhüümis kontsentriliste ringidena paiknevad (ksüleemi ja floeemiga) juhtsooned tekitavad ristlõikepinnale viirulise mustri

Vars

Vars (*caulis*) on maapealne harunev taimeorgan, mis ühendab juurega lehti, õisi ja vilju. Ühendava funktsiooni tõttu toimub varre juhtkudedes küllalt intensiivne vool. Tõusva vooluga liigub vesi juurest koos mineraalainete ja mikroelementidega taime ülejäänud organitesse. Laskuva vooluga varustatakse aga juurt jt taimeorganeid eelkõige lehtedes sünteesitud orgaaniliste ühenditega. Sarnaselt lehtedega, võtavad ka rohtsed varred osa orgaaniliste ainete sünteesist (fotosünteesist). Botaaniliselt liigitatakse varte hulka mh veel risoomid, mis moodustavad varre ja võra maa-aluse jätku. Varte järgi jaotatakse taimi puittaimedeks (puud, põõsad) ja rohttaimedeks (mille varred hävivad pärast vegetatsiooniperioodi lõppu).

Üheiduleheliste taimede vars kasvab pikemaks ladva kasvukuhiku meristeemirakkude paljunemise ja diferentseerumisega. Seda nimetatakse apikaalseks kasvuks. Kõrrelistel esineb lisaks apikaalsele kasvule ka varrelülide vaheline kasv (interkalaarkasv). Kõrstaimede varre jämenemine toimub tänu rakkude paljunemisele juba diferentseerunud kudedes. Kaheiduleheliste taimede vars jämeneb niineosa ja puiduosa vahele moodustunud kambiumirakkude lisandumise ja nende vastava diferentseerumise teel. Väljapoole tekitab kambium niinerakke (sõeltorukesi, niinekiude), sisse-

poole aga ksüleemirakke (trahheesid, trahheiide). Mõnede taimede uuenemispungadega vartele kasvavad ka sibulad ja mugulad, kuhu koguneb taime vee- ja toitainevaru. Varsi kasutatakse toiduainete tehnoloogias märgatavalt vähem kui juuri. Kõige ulatuslikumalt rakendatakse neid suhkru tootmisel suhkruroost ning mitmesuguste salati- ja maitseainetena.

Vart koos lehtedega nimetatakse võsuks. Võsul paiknevad tipupung ja sõlmekohtades ka külgpungad. Esimesest kasvab võsu pikemaks ja külgpungadest moodustuvad külgharud. Pinnasesse jäävat varreosa nimetatakse risoomiks, mis kujutab endast võsu maa-alust muundendit. Toidutaimedest esinevad need pohlal, mustikal, mitmetel kõrrelistel, ingveril jne.

Risoomist kasvavate võsude abil paljuneb taim vegetatiivselt. Lisaks sellele toimivad risoomid ka varuainete säilituskohana (**joonis 3.10a**). Risoomile lisaks on võsu maa-alusteks muundenditeks veel sibul, mugul, sibulmugul ja stoolon. Neist esimesed kolm on samuti taimedel varuainete säilituskohaks nagu risoomgi.

Sibul on sibultaime (näit rohulaugu, aiasibula) jämenenud maa-alune lühivõsu (**joonis 3.10b**). Selle varuainete säilituskude paikneb varre alaosa (sibulakanna) tihedalt kinnitunud soomusekujulistes lehtedes, mida nimetatakse sibulasoomusteks. Sibulakanna tipus on pung, millest soodsates oludes kasvab maapealne võsu..

Mugul on maa-aluse võsundi (stooloni) tipmine jämenenud osa, mis säilitab varuaineid. Mugula väikestes lohkudes (nn silmades) paiknevad pungad, millest moodustavad algeid maapealsete võsude arenguks. Eesti looduslikel taimedel mugulaid pole, kultuurtaimedest on meie tuntuim mugultaim harilik kartul (**joonis 3.10c**). Kartulid (vähemal määral ka sibulad) on toiduainete tööstusele väga oluliseks toormeks. Kartulist valmistatakse rohkesti mitmesuguseid tärklise modifikatsioone, siirupit, suhkrut, kõrvalsaadusena ka söödavalgu kontsentraate jms.

Sibulmugul on soomustega kaetud, tugevasti paksenenud maa-aluse säilitusorganina toimiv lühivõsu. Erinevalt sibulast ei paikne selle säili-

tuskude mitte sibulasoomustes, vaid varreosas (sibulakannas). Stoolon on peen ja horisontaalne maa-alune võsund, mis täidab levimise ja vegetatiivse paljunemise ülesannet. Stoolonile võivad moodustuda adventiivpungad ja lisajuured ning selle tippu uued noored taimed. Seda esineb nii roht- kui puittaimedel.

Võsul võivad olla ka maapealsed muudendid nagu väänel, võsuastel, külgvõsu, varremugul, sigisibul ja kladood. Väänel esineb ronitaimedel ning kujutab endast lehtedest, leheosadest või okstest tekkinud vääduvat haru. Teravaotsaline võsuastel tekkib lühivõsu muundumise tagajärjel.



Joonis 3.10. Varuaineid säilitavad maa-alused varreosad: a – ingveri risoom, b – sibultaimede sibulad, c – kartulimugulad

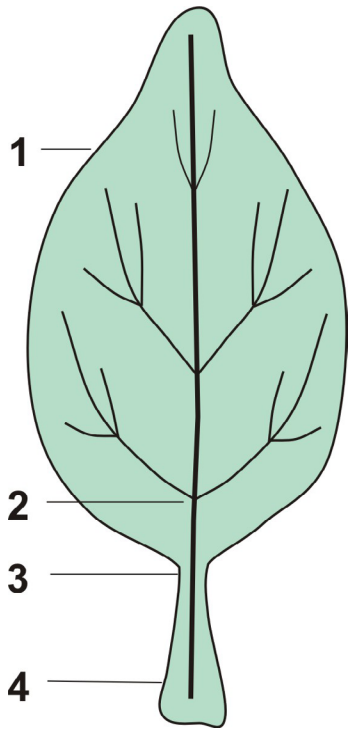
Külgvõsu on roomav juurdumisvõimeline vars, varremugul on muguljas varrepaksend, kus säilitatakse varuaineid ja sigisibul kujutab endast muguljat maapealset lühivõsu, mis võimaldab taimel (näiteks küüslaugul) paljuneda. Kladood ehk assimileeriv vars esineb lehtedeta taimedel ning selles toimub mh fotosüntees. Fotosünteesi võime on ka sibulataime pealsetel, mida rohkesti tarvitatakse toiduainete maitsestamisel, salatite, konservide jms koostises. Nende puhul pole siiski tegemist kladoodide, vaid torujaks muundunud lehtedega.

Leht

Leht (*folium*) on fotosünteesile spetsialiseerunud organ, mis kinnitub varrele või võsule. Botaaniliselt on lehtedeks mh veel idulehed, punga-

soomused, astlad, okkad jms. Lehtede kaudu toimub põhiosa taime ainevahetuses osalevate gaaside assimilatsioonist, dissimilatsioonist ning vee transpiratsioonist ehk auramisest. Taimelehed arenevad välja kasvukuhiku meristeemkoe välistest kasvudest, mida nimetatakse lehealgeteks. Tüüpiline taimeleht koosneb lehelabast, leheroodudest ja leherootsust, mille abil lehelaba kinnitub taime varrele või selle harule. Pearoost hargnevad külgrood, nendest omakorda veel väiksemad rood, moodustades kokku roodude võrgustiku. Leherood on nii lehelaba toeseks kui ühtse leherootsu suubuva juhtsoonte süsteemi osadeks, mille kaudu toimub toitainete ja vee vahetus muude taimeorganitega (**joonis 3.11**). Lehetupp ümbritseb leherootsu ühenduskohta varrega. Osal taimeliikidest leheroots puudub ja lehed kinnituvad varrele laba alumise osaga.

Lehte katab mõlemalt poolt kattekude ehk epiderm, mis omakorda on kaetud kutiikulaga. Epidermis paiknevad õhulõhed, mille kaudu toimub gaasi- ja veeauruvahetus väliskeskkonnaga. Olenevalt taimest, võivad õhulõhed olla kas lehe alumisel, ülemisel või mõlemal küljel. Kahe epidermi vahel asub põhikude (mesofüll), mis koosneb rohkesti kloroplaste sisaldavatest rakkudest. See jaguneb intensiivsele fotosünteesile kohastunud sammaskoeks ja gaasivahetust võimaldavaks kobekoeks.



Joonis 3.11. Lehe ehitus: 1 – lehelaba, 2 – leheroodude kogum, 3 – leheroots, 4 – lehetupp

Üheaastastel taimedel elavad lehed sama kaua kui vars. Mitmeaastaste heitlehiste taimede lehed lõpetavad elutegevuse pärast kasvuperioodi lõppu, mis jõuab parasvöötmes kätte sügisel. Nende varred aga jäävad eluvõimeli-

seks ka pärast talvise puhkeperioodi möödumist. Igihaljaste taimede lehed elavad 1-5 aastat, okaspuudel (näiteks harilikul kuusel) isegi 10-15 aastat. Lehtede varisemine on geneetiliselt determineeritud ning käivitub vastavate geeniekspressioonide tulemusena. Sellega kaitseb taime end vee ülemäärase aurustumise eest füüsilise (suvel) või füsioloogilise (talvel) kuivuse korral. Koos lehtedega vabaneb taim ka leherakkudesse kogunenud erituusainetest, sealhulgas mürgistest ühenditest.

Toiduainete tehnoloogias kasutatakse taimelehti kõige sagedamini mitmesuguste konservide, salatite ja joogitoodete valmistamiseks. Paljudel juhtudel võidakse neid mitmekülgselt töödelda. Näiteks musta teepuru valmistamisel läbivad teepõõsa lehed enne kuivatamist ja pakendamist küllaltki komplitseeritud fermenteerimisprotsessi. Rohelise tee lehti aga töödeldakse termiliselt, et inaktiveerida fermenteerivad ensüümid.

Õis

Õis (*flos*) on seemnetaimede organ, mille abil toimub suguline paljunemine läbi tolmlemise, viljastumise, seemnete tekke ja nende idanemise. Paljudel taimedel esinevad õied kogumikena, mida nimetatakse õisikuteks. Ka näiteks päevalille õis on botaaniliselt võttes õisik. Pärast viljastumist arenevad õitest viljad, kus valmivad paljunemiseks vajalikud seemned. Õis ise on tegelikult evolutsiooni käigus muundunud võsu. Õis kasvab õieraol, see lõpeb õiepõhjaga, mille kausikujuline sisepind moodustab ühtlasi nektaariumi. Õiepõhjale kinnituvad õie kõik ülejäänud osad: tupplehed, kroonlehed, tolmukad ja emakas või emakad (**joonis 3.12**).

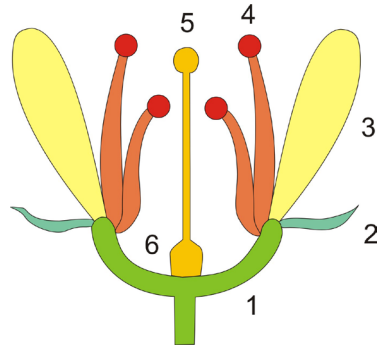
Tupplehed on sageli rohelised ning moodustavad koos õiepõhjaga õietupe. Õie kroonlehed on putuktolmlevatel õitel värvilised ning neist koosnev õiekroon meelitab oma värvikusega ligi putukaid. Õiekrooni sisse jäävad tolmukaniidist ja tolmukapeast koosnevad tolmukad, kus valmivad isasgameete sisaldavad õietolmu terad. Tolmukad paiknevad ringikujuliselt (ühe või kahe ringina) emaka ümber. Emakas on taime paljunemiselund,

mille kleepuvale emakasuudmele kinnitub emaka seemnealgmeid viljastav õietolm. Osades õites võib emakaid olla mitu ning need moodustavad siis emakkonna.

Paljud taimed tolmlevad tuule abil (tuultolmlemine), mis kannab viljastava õietolmu emakani. Osal neist toimub see loomade (loomtolmlemise), sageli just putukate (putuktolmlemine) kaasabil. Tolmeldajate ligimeelitamiseks on neil taimedel värvikirevad õied ja nektaariumid, mis eritavad magusat nektarit.

Osa putukaid (näiteks kärbsed) võivad kohale lennata ka mõne inimese jaoks ebameeldiva lõhna (näiteks raipelõhna) peale, mida õis eritab. Tuultolmlejatel, näiteks kõrrelistel teraviljadel, pole tolmeldajaid vaja ligi meelitada, mistõttu neil puudub nii kirev õis kui nektaarium. Pärast seemnealgme viljastumist õietolmuga, tekib sellest sügoot, mis areneb vilja küpsemisel seemneks. Seemne idanemisel tärkab sellest uus taim.

Taimeõisi kasutatakse toidutoormena märgatavalt vähem kui juurikaid ja vilju. Tuntuimad taimed, mille õisikuid toiduks tarvitatakse, on brokkoli ja lillkapsas. Mõnede taimede õisi kasutatakse toiduainete tehnoloogias jookide valmistamisel maitsestavate toidulisanditena ning vastavate essentside tootmise toormena.



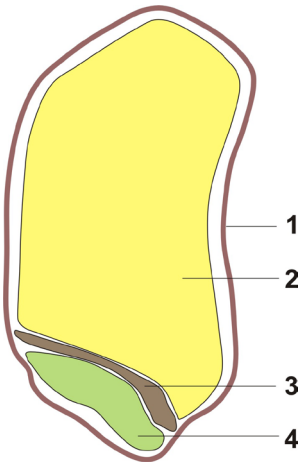
Joonis 3.12. Viljapuu õie ehitust selgitav skeem: 1 – õiepõhi, 2 – tupplehed, 3 – kroonlehed, 4 – tolmukad, 5 – emakas, 6 – nektaarium

Vili ja seeme

Viljad ning neis olevad seemned on taimeorganitest kõige kasutatavam toidutoore. Vili (*fructus*) areneb õiest ning üldjuhul koosneb viljakestast (sageli ka mitmest), viljalihast (koos vahe- ja sisekestaga) ning ühest või mitmest seemnest. Viimased võivad omakorda olla kaetud kaitsva kattekihiga.

Seemned (*semen*) on iseloomulikud vaid nn seemnetaimedele (paljasseemne- ja katteseemnetaimedele) ning nende abil taimed saavad suguliselt paljuneda. Seemne olulisimateks osadeks on embrüo ja varuaineid sisaldav endosperm. Seemne sattumisel soodsatesse oludesse, käivituvad selles geeniekspressioonid, mis viivad idanemiseni. Idanemise algfaasis on embrüos ja sellest arenevas idus rohkesti ensüüme, mis lõhustavad varuaineid ja sünteesivad taime arenguks vajalikke ühendeid. Endospermi ja embrüo vahel on rakukihist kilbike, mille kaudu liiguvad endospermi varuained embrüosse (**joonis 3.13**). Idanemisel kasvab seemne embrüost vastassuundades välja esmalt juure- ja seejärel lehealge (vt joonis 3). Nende kasv toimub esmalt seemne endospermi varuainete (eelkõige tärklise ja valkainete) toel, mis moodustavad 70-90% tera massist. Pärast juurdumist ja idulehtede tärkamist toetub kasv ja edasine areng juba fotosünteesile, mullast saadavale veele ning mineraalainetele.

Kuna endosperm on väga toitaineterikas, siis söövad seemneid paljud loomad, kaasa arvatud inimene. Suuremal osal taimedest ongi toitainete kontsentratsioon kõige kõrgem just seemnetes, mistõttu näiteks teraviljad



Joonis 3.13. Nisuseemne ehitus: 1 – kest, 2 – endosperm, 3 – kilbike, 4 – embrüo

moodustavad suurima osa inimkonna poolt tarvitatavast taimsest toormest. Seemnete kõrval tarbitakse toiduks vilju ka tervikuna, koos nende viljaliha, ümbritseva kattekihi jms. Siinjuures tuleb arvestada sellega, et põllumajanduslikul tootmisel ning toiduainete tehnoloogias liigitatakse vilju korraga mitme erineva põhimõtte järgi. Näiteks taimeliigi järgi eristatakse puuvilju (**joonis 3.14**), juurvilju (mis tegelikult polegi viljad), kuju on andnud nime teraviljadele, kasvukoht aedviljadele, kasutusvaldkond köögiviljadele jne.

Botaanikas on viljade liigitamine märgatavalt süsteemsem. Kõige üldisemalt võttes on vili õiest arenenud taimeorgan. Kui taime õies on vaid üks

emakas, areneb sellest lihtvili, kui emakaid on mitu, siis koguvili. Õisikust aga kasvab välja vilikond.

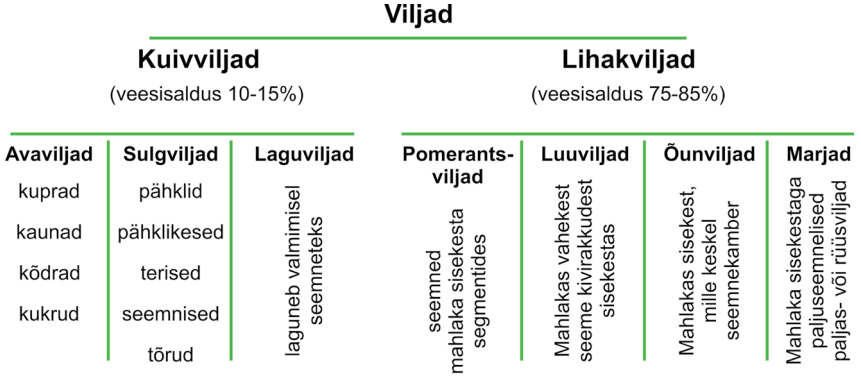


Joonis 3.14. Puu- ja juurviljavalik poes

Tekke järgi eristatakse veel *paljasvilja*, mis on tekkinud ükskõik õie sigimikust ja *rüüsvilja*, mille tekkes on lisaks sigimikule osalenud ka õiepõhi või mõni muu õieosa.

Veesisalduse järgi jaotatakse viljad kuivviljadeks (valmimisel veesisaldus väheneb) ja lihakviljadeks (valmimisel veesisaldus suureneb) (**joonis 3.15**). Kuivvili kuivab valmimise käigus sedavõrd, et küpsenult sisaldab vett vaid 10-15%. Toidutoormena kasutatakse kuivviljadest teravilju, kaunvilju, erinevaid pähkleid, päevalilleseemneid jne. Lihakvilja veesisaldus võib valminult ulatuda kuni 75-85%-ni. Lihakviljadest tarvitatakse toidulisel otstarbel luu-, õun- ja pomerantsvilju, marju, mitmeid aedvilju jne.

Viljade valmimisel eristatakse kolme küpsusastet: 1) koristusküpsus (vili on saavutanud lõpliku suuruse ja kuju), 2) tarbimisküpsus (viljale on tekkinud põhivärvus ja parim maitse), 3) bioloogiline küpsus (viljaseemned on valminud ja pruunistunud). Bioloogilise küpsusega arvestamine on



Joonis 3.15. Viljatüüpide üldine jaotus

enam oluline toidutoormeks kasutatavate kuivviljade puhul, mis jagunevad avaviljadeks, sulgviljadeks ja laguviljadeks. Avaviljad (kuprad, kaunad, kõdrad, kukrud), sulgviljad (pähklid, tõrud) ja laguviljad (näiteks aedkoriandri viljad) on kõik kuivviljad. Valminud avavili avaneb ning pillutab seemned laiali, sulgviljal aga jääb viljakest seemne ümber ning vili ise kukub emataime lähedusse. Sulgviljad on näiteks pähkel, pähklike, seemnis, teris ja tõru. Laguviljade eripäraks on see, et ühtsena kasvanud seemnekogum laguneb valmimisel piki- ja ristisuunaliselt üksikseemneteks.

Pähkel on sulgvili, mille viljasein on kivistunud või puitunud ega ole seemnega liitunud. Pähkel areneb välja õie mitmest sigimikust. Tüüpilisteks pähkliteks on sarapuu viljad, mis sisaldavad rohkesti rasva- ja valgurikkaid toitaineid ning on suurepärase säilivusega (**joonis 3.16**). Paljud loomad ja linnud koguvad endile pähklitest talvevarusid. Toiduainete tehnoloogias hinnatakse pähkleid eriti kõrgelt nende rohke linoolhappe, linoleenhappe ja E-vitamiini sisalduse poolest. Neis leidub märgatavas koguses veel mineraalaineid ja mikroelemente: magneesiumi, fosforit, kaaliumi, vaske ja seleeni. Sageli nimetatakse pähkliteks muidki vilju või nende seemneid (näiteks mandel, pistaatsiapähkel, kreeka pähkel, maapähkel), mis aga botaanilise liigituse kohaselt pole pähklid.

Seemnis on üheseemneline sulgvili, mis väliselt meenutab seemet. Selle viljakest on nahkjas ega ole seemnega kokku kasvanud. Seemnised on näiteks päevalilleseemned (**joonis 3.17**). Seemniseid, mis on varustatud



Joonis 3.16. Sarapuupähklid (vasakul) ja seemned ehk tuumad (paremal)

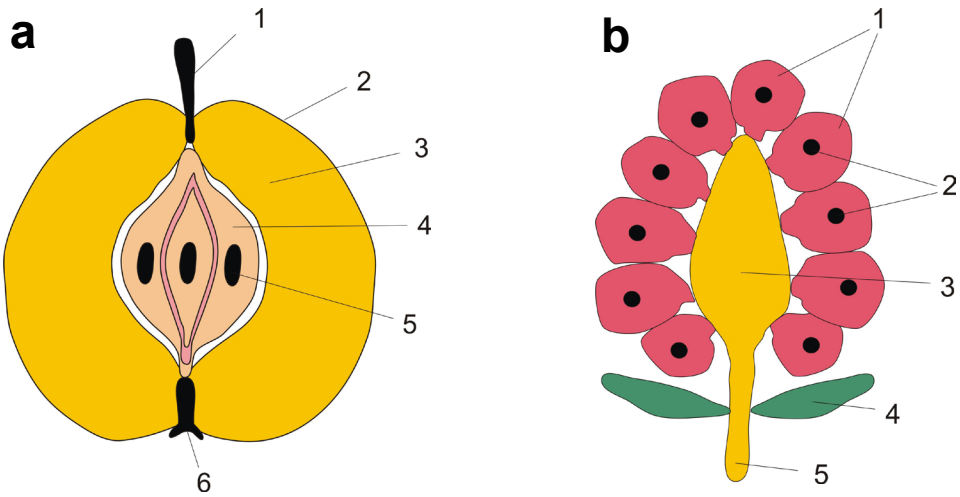
tiibjate või kilejate ääristega (näiteks kase või saare viljad) nimetatakse tiibviljadeks. *Teris* on kuiv sulgvili, mille nahkjas viljakest on seemnekestega kokku kasvanud. Teriseks on näiteks teraviljade vili, mida toidu tooteahelas tuntakse üldjuhul terana (riisitera, rukkitera, tatratera jne).

Lihakviljad jagunevad pomerants-, luu- ja õunviljadeks, marjadeks, osalt ka aedviljadeks (**joonis 3.18**)



Joonis 3.17. Päevalilleseeme (vasakul) ja seemnis (paremal)

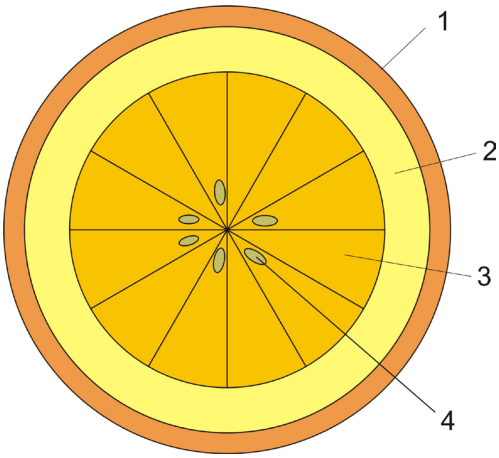
Pomerants- ehk *tsitrusvilja* väliskest sisaldab rohkelt eeterlikke õlisid. Nende koorealune, säsikas vahekest aga on väga rikas pektiinainete poolest ning seda kasutatakse



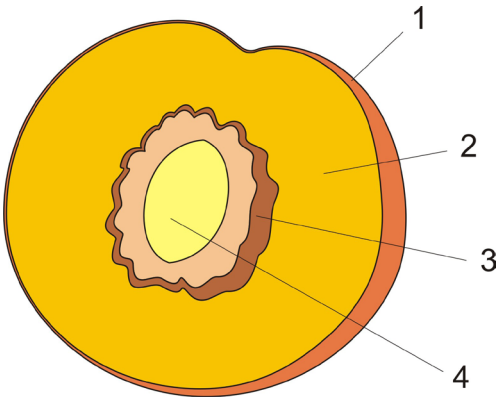
Joonis 3.18. Näiteid lihakviljade ehitusest: a – õun, 1 – viljavars, 2 – koor, 3 – vahekest (viljaliha), 4 – sisekest, 5 - seeme, 6 – karikas, b – vaarikas, 1 – osaviljade viljaliha, 2 – seemed, 3 – õiepõhi, 4 – tuppleht, 5 – viljavars

pektiini toormena. Vahekesta sees paikneb vilja mahlane, segmentidest koosnev sisekest, kus asuvad seemned (**joonis 3.19**). Pomeratsvilju kasutatakse mitmesuguste joogitoodete, maitseainete, kallerdiste, pektiini jms tootmiseks. Väga sageli tarvitatakse neid ka otseselt toiduks. Pomerantsviljade populaarseimad esindajad on apelsin, sidrun, greip, mandariin jt.

Luuvili koosneb kolmest kihist: õhukesest väliskestast (eksokarp), võrdlemisi paksust mahlakast vahekestast (mesokarp) ja luustunud rakkudest (kivirakkudest) koosnevast sisekestast (endokarp), mis kaitseb selle sees olevat suhteliselt suurt seemet (**joonis 3.20**)



Joonis 3.19. Apelsini ehitus: 1 – koor (väliskest), 2 – pektiinirikas vahekest, 3 – viljaliha segment, 4 – seeme



Joonis 3.20. Luuvilja ehitus: 1 – koor, 2 – vahekest, 3 – sisekest (viljaluu), 4 – seeme

Tüüpilised luuviljad on kirss, ploom, aprikoos, toomingas jt. Luuviljade mahlane vahekest on kõrge toiteväärtusega ning seetõttu oluline toore mitmesuguste mahlatoodete, keediste jms valmistamisel. Evolutsiooni käigus on luuvilja vahekest kujunenud mahlaseks, et ahvatleda loomi ja linde nendest viljadest toituma ning selle abil seemneid levitama. Botaaniliselt on luuviljaks ka kooskospähkel, mille vahekest on muundunud kiuliseks. See võimaldab viljal riknemata triivida merevees ning sellega kookospalmi looduslikule levikule kaasa aidata.

Õunvili on rüüsvili, mille seemned on koondunud vilja südamikus paiknevatesse seemnekambritesse. Õunvilja katab suhteliselt tugev koor, mis sisaldab rohkesti pektiinaineid. Õunvilju kannavad näiteks pihlakas, õunapuu, pirnipuu, ebaküdoonia jpt (**joonis 3.21**). Kõiki nende taimede vilju kasutatakse mahlade, hoidiste jt toiduainete toormena.

Mari on rohkete seemnetega lihakvili (**joonis 3.22**), mis oma tekke järgi võib olla nii paljasvili (näiteks viinamari, kartulimari) kui rüüsvili (näiteks mustikas, karusmari). Seemnete arv marjas oleneb sellest, kui mitmepesaline on nende õite sigimik (näiteks kartulil kahe-, pohlal viiepesaline). Botaanilise ehituse poolest on ka pomerantsvili (apelsin, sidrun jt) tegelikult



Joonis 3.21. Hariliku pihlaka marjad on tegelikult botaanilise liigituse kohaselt õunviljad

mari. Samuti on marjadeks veel näiteks banaanid, tomatid, kurgid, kõrvitsad ja paljud teised aedviljad, mida nende suuruse tõttu on raske marjade hulka liigitada.

Taimekasvatuses ja tavaelus nimetatakse marjadeks aga paljusid väikevilju, mis botaanilise liigituse järgi seda pole. Vaarikas on tegelikult koguvili, maasikas liitne rüüsvili, kirsid ja toomingas on luuviljad, pihlakas õunvili jne.



Joonis 3.22. Erinevaid marjatüüpe: a – mustikad, b – maasikad, c – punased sõstrad

Aiandusalases terminoloogias liigitatakse marjakultuurideks aga kõik väikeste ja mahlaste viljadega taimed, sõltumata nende botaanilisest viljatüübist. Seejuures lähtutakse sellest, et marjakultuure eristavaks tunnuseks on mullas paiknev risoom, millest hargnevad lisajuured ja neist kasvavad liigiomased võsud. Marjakultuuride pungade paiknemine maa-alusel risoomil muudab need (võrreldes puuviljakultuuridega) talvekindlamaks. Eesti tüüpilisteks marjakultuurideks on vaarikas, maasikas, jõhvikas, mustikas, sõstrad, karusmari, astelpaju, aroonia (**joonis 3.23**).

3.1.1.4. Taime areng ja kasv

Taimede arengu all mõistetakse füsioloogiliste protsesside jada, mis toimuvad taime eluperioodi jooksul kasvu käivitumisest kuni elutegevuse

lõpuni. Taime- ja loomaareng erinevad teineteisest oluliselt. Looma kõik kehaosad ja organid arenevad embrüonaalselt välja juba enne sündi, kasvades edaspidi aina suuremaks. Taim areneb sügoodist algul samuti emb-



Joonis 3.23. Eestis kasvatatavaid marjakultuure: a – punane sõstar, b – astelpaju, c – must aroonia

rüogeneesi teel, kusjuures esmaste rakkude kogumi ühest otsast areneb esmajuur, teisest esimene võrse või (seemnetaimede puhul) idulehed. Kuid edasine organite: uute juurte, lehtede, harude jms pidev moodustumine toimub juba sekundaarsest meristeemkoest, mis paikneb taimeosa tippudes ja täiskasvanud kudede vahel. Meristeemkoest saavad vegetatiivsel paljunemisel alguse ka uued taimed.

Taimeareng koosneb erinevatest arengufaasidest. Näiteks seemnetaimedel on nendeks idanemine, idulehtede väljumine mullast, varre loomine, õitsemine, viljumine jms. Areng jätkub ka koristusjärgselt ning lõpeb taime närbumise ja hukkumisega. Enamik taimede koristusjärgse töötlemisega seotud operatsioonidest on suunatud just närbumise pidurdamisele.

Närbumine toimub geneetiliselt (geeniekpressioonidega) määratud protsesside reana ning see on taimepopulatsiooni püsimiseks enamasti hädavajalik. Närbumise esmaseks astmeks võib lugeda näiteks ka viljade valmimist taime küljes või koristusjärgset järelvalmimist hoidlas. Areng leiab aset igas arengufaasis, igas taimekoes, organis ja taimes tervikuna.

Taimekasv on taime või selle osade pöördumatu suurenemine taimearengu käigus. Kasv tugineb meristeemirakkude lisandumisele ehk primaarkasvule ning meristeemkoest diferentseerunud rakkude jagunemisest tulenevale sekundaarkasvule. Toidutaimede viljelemisel püütakse soodustada nende organite või kudede kasvu, mida eelkõige kasutatakse toidu-

toormena. Kasvust ja seda soodustavatest tingimustest oleneb toidutaimede saagikus ja seega ka toiduainetööstuse varustatus taimse toormega.

Toidutaimede puhul huvitab meid eriliselt taime söödavate osade areng ja kasv (selle üheks olulisemaks osaks on valmimise protsess), mille tulemusena saavutatakse küpsus. Seejuures tuleb eristada toidutaimede füsioloogilist ja tarbimisküpsust.

Taime mõne organi või koe füsioloogiline küpsus tähendab selle taimeosa võimet iseseisvalt funktsioneerida. Näiteks lehe täismõõtmeliseks saamist koos fotosünteesivõime tekkega, vilja suutlikkust valmida, sõltumata sellest, kas see paikneb veel taime küljes või on sellelt juba eemaldatud. Tarbimisküpsuse mõistega tähistatakse taime, selle osade või organite sobivust toiduna tarvitamiseks või toiduainete valmistamiseks.

Üldjuhul on tarbimisküpsuse saabumine kaunis tihedalt seotud taimeosade või organite üldise arenguga. Salatilehti, sibulavarsi, peterselli jm varsi ning lehti saab tarvitada juba taime varases arengustaadiumis. Ka lillkapsa, brokkoli, artišoki tarvitamisel toiduks pole vaja oodata arengus viljade moodustumist ega nende füsioloogilise küpsuse saabumist, sest toiduks kasutatakse nende taimede õisikuid või õiepungasid. Füsioloogilise valmimise eelsel ajal on tarbimisküpsed näiteks kurgid, rohelised herned, aedoad. Tomatid ja kõrvitsalised muutuvad tarbimisküpseks koos füsioloogilise küpsuse saabumisega. Sama kehtib enamiku teraviljade ja paljude puuviljade kohta.

Puuvilju võidakse koristada füsioloogilise küpsuse varases staadiumis, lastes neil tarbimisküpsuse saavutamiseks hoiustamisel täiendavalt valmida. Toorme töötlemisel toiduaineteks võibki osa toormest olla füsioloogilise või tarbimisküpsuse eelses staadiumis, juhul kui vajalikud muutused toimuvad töötlemise käigus. Nii näiteks muutuvad muidu tarbimiskõlbmatud rohelised tomatid marineerimise järgselt söödavateks.

3.1.1.5. Taimede ainevahetus

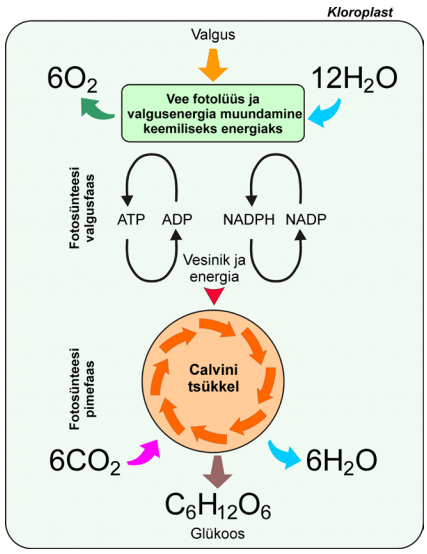
Taime arengu ja kasvu eeltingimuseks on ainevahetuse toimimine. Ainevahetus määrab otseselt taimse toorme koostise ja toitainete sisalduse. Selle kõige olulisemateks protsessideks on hingamine ja fotosüntees, mis kokkuvõttes kindlustab taimerakke vajaliku energiavaruga primaarsete ja sekundaarsete metaboliitide sünteesiks. Taimede ainevahetust on vaja toiduainete tehnoloogias teada ka seoses taimede koristusjärgse säilitamisega.

Fotosüntees

Fotosüntees on taime ainevahetuse põhiliseks assimilatsiooni protsessiks. See toimub raku kloroplastides, kus klorofülli ja päevavalguse koostoimel luuakse õhu süsihappegaasist ja veest esmased süsivesikud. Neist saab taim edaspidi hingamise abil toota eelkõige energiat, mida kasutab muudes elutegevuseks vajalikes ainevahetusprotsessides primaarsete ja sekundaarsete metaboliitide tootmiseks, ainete transpordiks taime organite vahel, ainevahetusjääkide eemaldamiseks, kahjulike mõjudega võitlemiseks jms.

Fotosüntees toimub kaheetapilise reaktsioonide ahelana (**joonis 3.24**). Esimeses etapis toimub kloroplastide sopistunud sisemebraanidel (tülakoididel) valgusenergia muundumine keemiliseks energiaks. Valguskvantide energia salvestub klorofülli molekulidesse ning suunatakse vastavatesse reaktsioonitsentritesse vee molekulide lõhustamiseks, mille käigus vabaneb hapnik. Lõhustumisel tekkinud jääkvesinik seotakse vesinikukandja (NADP) molekulidega ning energia kasutatakse ära ATP sünteesiks. Seda etappi nimetatakse fotosünteesi valgusfaasiks.

Seotud vesinik kantakse NADPH molekulidega teise etappi, mis töötab biokeemilise Calvini tsüklina. Selles toodetakse viiesüsinikulise suhkrumolekuli (ribuloosi) ringlemisel kuue süsinikuaatomiga viinamarjasuhkut (glükoosi). Süsihappegaasi sidumise reaktsiooni katalüüsib seejuures ensüüm, mida tähistatakse lühendiga – RUBISCO. Vajalikud süsiniku- ja



Joonis 3.24. Fotosünteesi mehhanismide skemaatiline esitus

hapnikuaatomid saadakse õhu süsihappegaasi molekulidest ning vesinikuaatomid vee fotolüüsist NADPH molekulide vahendusel. Calvini tsükli reaktsioonideks valgust pole vaja, mistõttu seda nimetatakse ka fotosünteesi pimefaasiks.

Kahe fotosünteesi etapi kokkuvõttes tekib kuuest süsihappegaasi ja 12 vee molekulist üks molekul glükoosi, kuus molekuli hapnikku ja kuus molekuli vett. Fotosüntees saab taimses (rohelises) toormes toimuda siis, kui selles leidub kloroplaste, mis on eksponeeritud valguskiirgusele. Seega on fotosüntees võimalik ka koristusjärgselt, isegi toidukaupluse lettidel olevas lehtsalatis, sibulapealsetes, müüdava redise pealsetes, peterselli- ning tillilehtedes jne. Summaarselt on fotosüntees kirjeldatav järgmise võrrandina:

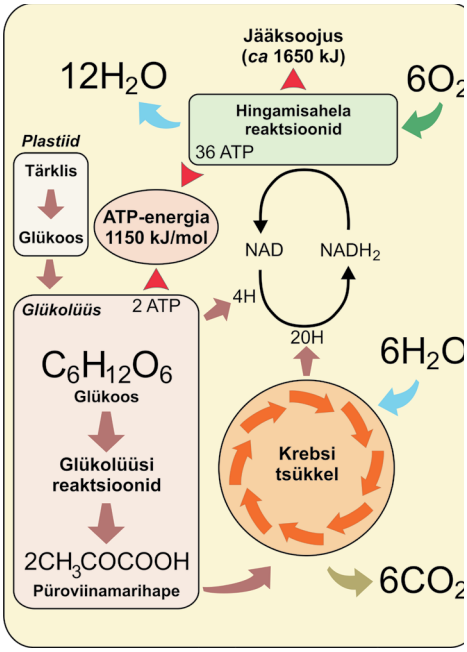
$$6CO_2 + 12H_2O + \text{valgusenergia} = C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \quad (1)$$

Hingamine

Hingamine on ainevahetuse dissimilatsiooni protsess, mis koristusjärgselt jätkub praktiliselt kõikides taimse toorme liikides, sõltumata valguse olemasolust või selle puuduisest. Kuna hingamise käigus toorme toitainete varud kahanevad, siis on hingamise pidurdamine üheks oluliseks toormekadude vähendamise meetmeks. Samuti tuleb hingamisega arvestada toiduainete käitlemisel, kui need sisaldavad taimse toorme elus osiseid, näiteks salatit võileibades, kiirtoitudes, suupistetes jms. Hingamine toimub dissimilatsioonireaktsioonide jadana taimeraku tsütoplasmavõrgustiku mitokondrites. See koosneb kolmest järjestikusest etapist: glükolüüsist, tsitaadi- ehk Krebsi tsüklist ja hingamisahela reaktsioonidest (**joonis 3.25**).

Glükolüüsi käigus (mille hulka võib tinglikult arvata ka polüsahhariidide – näiteks tärklise – eelneva lõhustamise glükoosiks) muundub glükoosi molekul kaheks püroviinamarihappe molekuliks ja neljaks vesiniku aatomiks, mis seostuvad vesinikukandjana toimivate NAD (nikotiin-amiid-adeniin-dinukleotiidi) molekulidega. See aine vahendab vesinikku hilisematesse hingamiasahela reaktsioonidesse.

Ühe molekuli glükolüüsil eralduv energia talletub kahte ATP (adenosiintrifosfaadi) molekuli fosfaatrühma lisandumisega kahele ADP (adenosiindifosfaadi) molekulile. Glükolüüsil moodustunud püroviinamarihappe molekulidest eraldatakse Krebsi (tsitaadi-) tsüklis toimuvates ensümaatilistes reaktsioonides (milles osalevad ka kuus veemolekuli) kokku kuus süsihapegaasi molekuli ning 20 vesinikuaatomit, mis kanduvad vesinikukandja



Joonis 3.25. Taime hingamise mehhanismide skemaatiline esitus

NAD abil hingamisahela reaktsioonidesse. Hingamisahela ensümaatilistes reaktsioonides ühineb vesinik (kokku 24 aatomit) kuue hapniku molekuliga, mille tulemusena tekib 12 molekuli vett. Märkimisväärne osa hingamisahela reaktsioonides eralduvast energiast aga talletatakse 36 ATP molekuli.

Kokku salvestub ühe mooli glükoosi hingamise reaktsioonides ca 40% ehk 1150 kJ eralduvast energiast 38 mooli ATP molekulidesse, umbes paar protsenti kulub glükolüüsiks ning (ca 57%) muundub soojuseks, mis tõstab temperatuuri ja hajub pikkamisi ümbritsevasse keskkonda. Kokkuvõtlikult kirjeldatakse aeroobset hingamist heksoosi (näiteks viinamarjasuhkru) oksüdatsioonina, mille tulemusena tekib ühest moolist glükoosist

ja kuuest moolist hapnikust kuus mooli süsihappegaasi, kuus mooli vett ja 2872 kJ energiat. Seda kajastab järgmine üldistav võrrand:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O + \text{energia} \quad (2)$$

Adenosiintrifosfaadi (ATP) molekulidesse talletunud energia on aga allikaks kõikide edasiste assimilatsiooni- ja teiste energiat nõudvate protsesside läbiviimisel taimes.

Hapniku puudusel võib hingamine olla anaeroobne. Viimast nimetatakse ka käärimiseks, kus energiat eraldub aeroobsest hingamisest märgatavalt vähem: ühe glükoosimolekuli käärimisel salvestub seda vaid kahte ATP molekuli. Toiduainete tehnoloogias on tuntuimad piimhappeline ja alkoholikäärimine, mille käigus tekib püroviinamarihappest piimhape ($C_2H_4OHCOOH$) või etüülalkohol (CH_3CH_2OH) ehk etanool. Iga etanooli molekuli tekkega kaasneb ka ühe CO_2 molekuli eraldumine. Piimhappelist käärimist kasutavad energiaallikana näiteks piimhappebakterid ja alkoholikäärimist pärmseened.

Hingamisele ja fotosünteesile põhineb taime kogu ülejäänud ainevahetus, mille käigus luuakse (lisaks fotosünteesil tekkivale glükoosile) primaarseid (rasv, valk, polüsahhariidid) ja sekundaarseid metaboliite.

3.1.2. Taimse toorme põhilised koostisosad ja toitaine sisaldus

Vesi on üldjuhul taimses toormes väga suure osakaaluga. Seda leidub kõikides taimekudedes ja organites, kuid sõltuvalt nende funktsioonist, võib veesisaldus kõikuda suurtes piirides. Kõige väiksem on veesisaldus tavaliselt seemnetes, kõige suurem juhtkoes, lehtedes, mahlakates viljades. Viimaste veesisaldus võib ulatuda 85-95% nende massist. Seemnetes, teraviljas, pähklites jm kõrge toitainete kontsentratsiooniga toormes jääb aga veesisaldus sageli alla 20%. Mida madalam on näiteks teravilja veesisal-

dus, seda kõrgemaks hinnatakse selle kvaliteeti. Mahlakas toormes võib aga veekadu kvaliteeti oluliselt halvendada. Põhiosa veest esineb taimses toidutoormes vaba veena, kuid küllaltki suur osa (3-3,5%) sellest on seotud kujul. Vabas vees on lahustunud mitmed toiduainete tootmise jaoks olulised ühendid, näiteks suhkrud.

3.1.2.1. Taime primaarsed metaboliidid

Taimede primaarsed metaboliidid tekivad fotosünteesi ning muude arengu ja kasvuga seotud protsesside käigus. Need ained määravad ka taimse toorme põhiliste toitainete (süsivesikud, rasvad, valgud, teatud orgaanilised happed) sisalduse.

Süsivesikud moodustavad tavaliselt suurima osa taimse toorme kuivainest – üldjuhul kuni 75%. Toidutoormes, toiduainetes ja toidus esinevad süsivesikud on eelkõige taimset päritolu. Neid käsitletakse põhjalikumalt käesoleva õpiku toitainete peatükis. Põhilisteks taimedes leiduvateks monosahhariidideks on viie süsinikuaatomiga pentoosid – riboos ja desoksüriboos ning kuue süsinikuaatomiga heksoosid – glükoos ja fruktoos. Oligosahhariididest on eriti levinud kahest monosahhariidist koosnevad disahhariidid, millest tuntuimad on sahharoos, maltoos, mannoos jne. Polüsahhariididdeks on monosahhariidide liitumisel tekkinud biopolümeersed ühendid, nagu tärklis, inuliin, tselluloos, hemitselluloos, pektiin. Viimased kolm on ka rakukestade kõige olulisemateks koostisosadeks.

Suhkrute sisaldus on kõige suurem mahlakates puuviljades ja marjades. Seal leidub peamiselt fruktoosi, glükoosi, maltoosi ja sahharoosi. Suhkrusisaldus on viljaliigiti vägagi erinev: ulatudes banaanides 20%-ni, viinamarjades 10-20%, õuntes jääb see umbes 7-8% piiresse, avokaados leidub suhkrut aga vaid tühisel määral. Mõnedes viljades esineb ka ksüloosi, mannoosi, arabinoosi, galaktoosi. Need võivad viljakudedes olla komplekssemal kujul, nagu sorbitooli, mannitooli, ksülitooli jt suhkru ning alkoholi ühenditena. Samuti leidub taimses toormes tsüklilisi suhkruid e tsüklitoole.

Tärklis on enimtuntud taimne polüsahhariid, millena on paljudes toidutaimedes talletunud energiavaru (glükoosivaru) ning selle kasutamine on oluline ka toiduainete tehnoloogia seisukohast. Taimedes esineb tärklist kahe põhivormina: lineaarsete ahelatega amüloosi ja hargnevate ahelatega amülopektiinina. Nende omavaheline suhe taimedes jääb enamasti vahemikku 20-30% amülopektiini ning 70-80% amüloosi.Amüloos lahustub vees, amülopektiin vees ei lahustu. Üheks teraviljades esinevaks tärklise modifikatsiooniks on veel nn vahatärklis. Seda hinnatakse toiduainetöös-tuses vähese kleepuvuse ja hea läike poolest. Naturaalse tärklise koostis ja seda moodustavate polümeersete molekulide struktuur sõltub väga suures osas taimeliigist ning sünteesiaegsest arenguperioodist.

Energeetilise varuainena ladestub tärklis teradena, mida on lihtne rakukestade purustamisel tekkinud massist eraldada sedimentatsiooniga. Töös-tuslikult toodetakse tärklist enamasti teraviljadest, varuaineid salvestavatest juurtest ja mugulatest. Peamiseks toormeks on seejuures kartul, bataat, mais, nisu. Naturaalsest tärklisest toodetakse omakorda mitmeid tärklise modifikatsioone (nn modifitseeritud tärklist), magusaineid, siirupit, ka monosahhariide ning nendest omakorda mitmeid kääritatud jooke. Tärklist kasutatakse väga sageli veel lisandina (paksendajana) erinevate toiduainete (vorstid, jogurtid jms) struktuuri tugevdamiseks ja neis leiduva vee sidumiseks.

Tärklise kõrval on teiseks oluliseks polüsahhariidsete varuainete rühmaks taimedes inuliinid. Need on samuti moodustunud heksaanidest, koosnedes eelkõige fruktoosijääkidest polümerisatsiooniastmega 2-60. Teadaolevalt on olemas ligi 40 tuhat taimeliiki, kus inuliini ladestub energiavaruna juurtesse ja risoomi. Neist tuntuimad toidutaimed on maapirn, sigur, sibul. Inuliini varuainena ladestavad taimed ei sünteesi samaks otstarbeks tärklist. Kuna inuliin lahustub vees, siis kasutavad taimed inuliini mh jäätumise tõrjeks ning vahendina ärakuivamise vastu.

Ka pentoosid (viie süsinikuaatomiga monosahhariidid) moodustavad taimses toormes polüsahhariide, mida nimetatakse pentosaanideks. Nen-

de polümeersed ja hargnenud ahelad sisaldavad arabinoksülaani karkassi ja sageli ka valkainet. Rikkalikult on pentoosaane teraviljaseemnetes, eriti kaeras, odras ja rukkis. Pentosaanid lahustuvad halvasti vees, kuid rukki pentosaanidest on umbes veerandi jagu ka veeslahustuvaid. Pentosaanid on tugevad geelimoodustajad ning seovad rohkesti vett. Nisutaignas osalevad pentosaanid liimaine (gluteeni) moodustumisel, mis on eriti oluline pagaritoodete tehnoloogias. Teiseks mittetärkliseliseks polüsahhariidide rühmaks teraviljades, millega toiduainete valmistamisel tuleb arvestada, on ß-glükoonid. Neid kleepuvust suurendavaid ühendeid leidub rohkesti kaera- ja odrajahus.

Söögitaimede rakukestade materjal moodustab suurima osa toidutoorme kiudainest, mis mõjub hästi seedimisele ja on tervistava toimega. Kiudaine koosneb valdavalt tselluloosist, hemitselluloosist, ligniinist ja pektiinist. Neist kõige enam on taimerakkude kestades tselluloosi. Taimse toorme kiudainesisaldus varieerub liigiti suurtes piirides. Kuigi tselluloos ja hemitselluloos ei seedu inimese seedetraktis, võivad need ensümaatiliselt suhkruteks lõhustuda jämesoole mikrofloora toimel. Hemitselluloosidega sarnased on näiteks ka sellised toiduainete stabilisaatoritena ja želeerimiseks kasutatavad lisandid nagu karraginaan, kummiaraabik. Samal otstarbel kasutatakse mitmesuguseid kameete, mille toormeks on sageli teatud vetikad või puude piimjad eritised.

Pektiinil on taimse toorme struktuuriomaduste kujunemise ja selle töötlemise seisukohast samuti oluline tähtsus. See kujutab endast galakturoonhappe metüülestritest moodustunud ahel- ja võrkstruktuuriga polümeerset kompleksi. Metüülrühmasid sisaldab enam rakuseinte pektiin, vähem aga seintevaheliste lamellide koostises olev pektiin. Pektiini molekuli struktuuris on teatud roll ka niitjatel moodustistel, mis koosnevad kovalentselt seotud suhkrute (ramnoosi, arabinoosi, ksüloosi) jääkidest ning seovad pektiinimolekule suuremateks kompleksideks.

Pektiiniahelates sisalduvad karboksüülrühmad on võimelised liitma kaltsiumioone ning nende abil moodustama ioonseid sidemeid erinevate

polümeersete ahelate vahel. See omakorda tugevdab pektiini võrkstruktuuri ja suurendab geelimoodustamise võimet. Seetõttu kasutatakse mõnede pehmenemisele kalduvate taimse toorme liikide puhul kaltsiumisoolade lisamist mehhaanilise tugevuse taastamiseks.

Pektiini leidub eriti rikkalikult tsitruseliste (pomerantsviljade) koores ja koorealuses vahekihis, mille kuivainest võib see moodustada koguni poole. Tsitruseliste viljade koorealune valge vatjas (albeedo) kiht on ka pektiini (kui toote) olulisim toore. Suhteliselt palju valmistatakse tööstuslikku pektiini veel õuntest. Tööstuslikult toodetava pektiini põhiliseks kasutusalaks toiduvaldkonnas on toiduainete želeerimine, vedelate toiduainete struktuuri tugevdamine (paksendamine) ja toiduainetes oleva vee sidumine.

Pektiinil koos hemitselluloosiga on väga suur mõju taimse toorme struktuurile, kusjuures sageli need kaks ainerühma võimendavad teineteise toimet. Taimede ja taimeosade närbumise ilminguid koos turgori kadumisega taimsetest kudedest ja taimsete kudede pehmenemist puuviljade, tomati jms valmimisel seostatakse eelkõige pektiini (ka hemitselluloosi) lõhustumisega. Teadaolevalt on nendes protsessides määrav roll ensüümidel, mida nimetatakse pektinaasideks. Pehmenemist põhjustab eriti rakuseinte vahelise lamelli pektiini lõhustamine. Peale selle kaasneb enamiku puuviljade valmimisega ka neis leiduva pektiini ensümaatiline solubiliseerumine ehk muundamine vees täielikult lahustuvaks.

Toiduainetööstuses kasutatakse nii ensümaatilist solubiliseerimist pektiini struktuuri nõrgestamiseks (näiteks mahlade selitamisel) kui ka selle struktuuri tugevdamist, näiteks lõigutud aedviljatükkidele püsivama kuju tagamiseks kaltsiumisoolade lisamist.

Rasvainete ehk **lipiidide** poolest on suhteliselt rikkad taimede seemned. Kõige enam leidub rasva pähklites (45-65%). Toiduõli ja margariini tootmise toormeks võivad olla ka muud rasvarikkad taimeorganid. Juur- ja puuviljades on lipiidide sisaldus suhteliselt madal, jäädes alla 1% toormassis. Erandiks on oliivid, mille rasvasisaldus jääb vahemikku 15-40%.

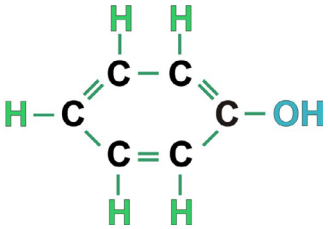
Seemnete, pähklite, teraviljade jm õlirikkamate taimede reservlipiidid sisaldavad eelkõige mittepolaarseid triatsüülglütseroole, mis seemnetes on ladestunud endospermi kattekihti ja embrüosse väga väikeste (<0,01 mm) rasvatilgakestena. Rasvhapetest sisaldavad need enamasti küllastamata linool-, linoleen-, oleiinhapet ja küllastatud palmitiinhapet. Taimsed rasvad ongi eelkõige tuntud küllastamata rasvhapete suure sisalduse poolest. Erandina paistab silma palmi- ja kooskoseõli, kus ülekaalus on küllastatud lauriin- ja müristiinhape.

Taimerasvad ei erine oma keemilise struktuuri poolest kuigivõrd loomsetest rasvadest. Taimsed lipiidid sisaldavad ka mitmeid polaarseid ühendeid, eelkõige fosfolipiide. Nende rohkus tuleneb fosfolipiidide kõrgest sisaldusest rakumembraanides, kus need ained moodustavad põhilise koostisosa. Fosfolipiide sisaldab küllaldaselt ka seemnete endosperm.

Steroolide rühma molekule iseloomustab ühe või mitme tsüklilise (fenoolse) tuuma (**joonis 3.26**) olemasolu, millele lisanduvad erinevad külgahelad. Taime kutiikulas leiduvad steroolid takistavad koos muude lipiididega taimeosade veetustamist ja soodustavad pinnakihi püsimist värskena. Samuti takistab lipiidne kutiikula taime nakatumist haigustekitajate jm mikroobidega, mis võivad viia toorme riknemisele. Väga oluline roll on kutiikulal ka mehhaaniliste vigastuste vältimisel.

Postklimakteerse hingamise faasis aga hakkab viljade lipiidide üldine sisaldus suhteliselt kiiresti vähenema. Selle põhjuseks on intensiivne lipolüüs ja peroksüdeerumine.

Valku ja **mittevalgulisi lämmastikühendeid** leidub kõigis taimedes ja nende organites. Keemiliselt ehituselt on valguahelad põhimõtteliselt sarnased loomsete valkude omaga, koosnedes peptiidsidemete abil ahelateks liitunud aminohapetest. Kuid neis ahelais võib esineda ka muid sidemeid. Valke ja valkude põhiomadusi on käsitletud toitainete peatükis.



Joonis 3.26. Fenoolrühma keemiline struktuurvalem

Toitumise seisukohast on taimsed valgud toorme väärtuslikuks komponendiks, kuigi kvaliteedilt jäävad enamasti loomsetele valkudele alla. Reeglina ei sisalda taimsed valgud kõiki inimesele vajalikke asendamatuid aminohappeid, mis raskendab taimetoitlastel oma toiduratsiooni koostada. Kuid leidub ka sellist taimset tooret, kus kõik asendamatud aminohapped on olemas (näiteks sarapuu- ja kreeka pähkel).

Taimed ladestavad kasvuperioodi jooksul valkainete varu eelkõige seemnetesse, mistõttu need on sageli ka kõige valgurikkamad taimeosad. Valku leidub eriti rohkesti hernestes, ubades, maapähklites, sojaubades, rapsi- ja päevalilleseemnetes. Taimede seemnetes ja mugulates leiduvate reservvalkude põhiliseks eripäraks (võrreldes loomsete valkudega) on valguahelates mittepeptiidsete amiidsidemete olemasolu. See on üks põhjustest, miks taimevalkude klassifitseerimine on küllaltki keerukas ning senini veel puudulik. Eelkõige jaotatakse neid vees lahustuvuse järgi. Vees lahustuvate valkude osakaal võib tänu ensümaatilistele protsessidele taime närbumise käigus oluliselt muutuda.

Mittevalgulise lämmastiku sisaldus taimsete kudede lämmastikühendite seas jääb vahemikku 20-75%. Teatud puhkudel (näiteks kartulimugulates) moodustavad sellest suure osa aminohapped, millest umbes 60 ei esine valkude koostisosana. Osa vabadest aminohapetest võivad taimset tooret rikastada mitmesuguste positiivsete maitse-, lõhna- või muude nüanssidega. Osa neist aga alandavad selle kvaliteeti, muutes toorme kibedaks või koguni mürgiseks. Värvust, maitset ja lõhna mõjutavad aminohapetest siiski märgatavalt enam mitmesugused steroidsed lämmastikku sisaldavad alkaloidid.

Taimse toorme töötlemisel erinevateks toiduaineteks langetatakse otsused eelkõige põhikoostisosade sisaldusele tuginedes (**tabel 3.1**). Nii näiteks pole mõtet hakata valmistama toiduõli kartulist, mis on tärkliserikkaks toormeks, või kõrge valgusisaldusega põldubadest. Küll aga on mõeldav kartulist toota tärklise kõrvalsaadusena ka valku.

Orgaanilised happed on juur- ja puuviljade jaoks primaarsed ainevahetusproduktid, mis tekivad mitmesugustes metaboolsetes tsüklites. Antimikroobse toime tõttu võib neid aga osalt pidada ka sekundaarseteks ainevahetuse produktideks. Orgaaniliste hapete rohkus annab paljudele värsketele juur- ja puuviljadele hapuka maitse (**joonis 3.27**) . Mõnede viljade orgaaniliste hapete sisaldus võib olla vägagi kõrge, näiteks sidrunil 2-3% toormassist. Orgaaniliste hapete sisaldus mõjutab tugevalt ka taimse toorme aktiivhappesust ehk pH-d, mis taimeliigiti varieerib vahemikus 2-7.

Kõige rohkem leidub taimedes sidrun- ja õunhapet. Õunhapet on enam õuntes, pirnides, viinamarjades ja luuviljades (ploomides, kirssides, aprikoosides). Sidrunhape domineerib maasikates, vaarikates, mustikates ja eriti pomerantsviljades (apelsinides, sidrunites, greipides). Küllaltki levinud on ka äädikhape, mida sisaldavad omajagu viinamarjad.

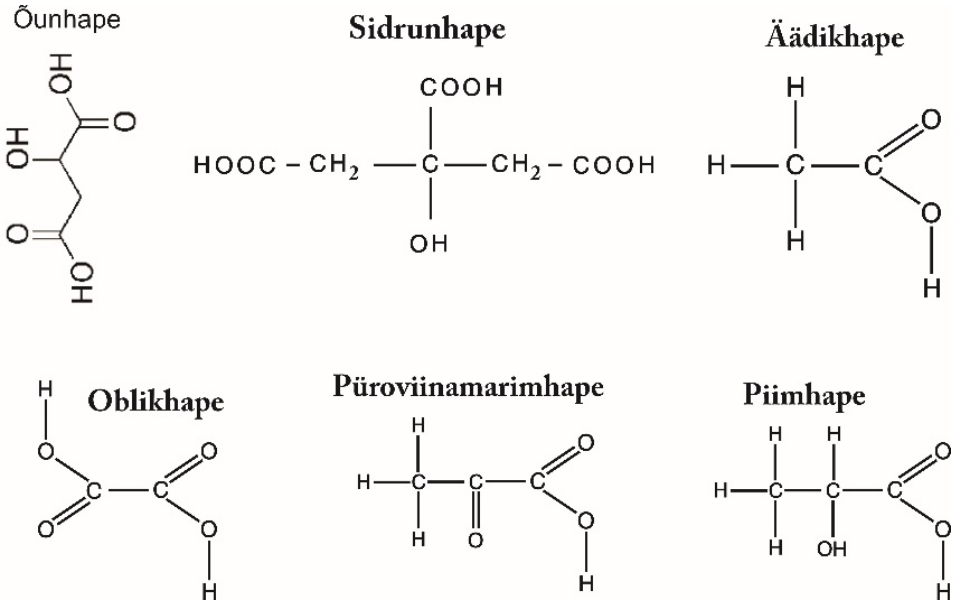
Lisaks alifaatsetele (lineaarse ahelaga) hapetele leidub taimses toormes ka isotsüklilisi ja fenoolseid happeid. Osa isotsüklilistest hapetest (näiteks klorogeenhape) osaleb taimse toorme tumenemise reaktsioonides. Mar-

Tabel 3.1. Mõnede taimse toorme liikide süsivesikute, rasva ja valgu keskmised sisaldused

Toorme liik	süsivesikud, %	rasvad, %	valgud, %
kartul (naturaalne)	20	0,1	1,7
nisu (valminud terad)	71	2	11
riis (valminud terad)	75	2,2	7,5
mais (valminud terad)	18,7	1,4	3,3
põlduba (valminud)	19	0,6	8
aeduba (kuivatatud)	35	2	21
sojauba (valminud)	30	20	37
hernes (roheline)	14,5	0,4	5,4
raps (kuivad seemned)	20	40	30
maapähkel (kuiv)	16	49	25

sarapuupähkel (valminud)	11	62	12
kapsas (värske)	6	0,1	1,3
kaalikas (värske)	9	0,2	1,2
porgand (värske)	10	0,2	0,9
peet (värske)	9,6	0,2	1,6
sibul (värske)	9,3	0,1	1,1
tomat (valminud)	4,0	0,2	0,9
kurk (värske)	3,6	0,1	0,7
aedmaasikas (värske)	8	0,3	0,7
jõhvikas (valminud)	12	0,1	0,4
seened (värsked)	4,3	0,1	2,5

jades leiduv bensoehape aga on tuntud oma antimükoosse (hallitusseente vastase) toime poolest. Seda hapet on eriti rohkelt jõhvikates.



Joonis 3.27. Taimses toormes leiduvate olulisimate orgaaniliste hapete struktuurvalemid: a – õunhape, b – sidrunhape, c – äädikhape, d – oblikhape, e – püroviinamarihape, f – piimhape

Kuigi fenoolsete hapete sisaldus on taimedes suhteliselt madal, omavad need siiski piisavat tähtsust maitse, aroomi ja värvuse kujundajatena, oksüdatsiooni pidurdajatena ning mikroobivastase toime tagajatena. Osa fenoolseid happeid toimivad üheaegselt nii orgaaniliste hapete varuna kui haigustekitajate tõrjeainetena. Seetõttu võib fenoolseid orgaanilisi happeid arvata ka taime sekundaarsete metaboliitide hulka.

3.1.2.2. Taime sekundaarsed metaboliidid

Toiduohutuse ja toiduainete kvaliteedi seisukohast on oluline roll ka taime sekundaarsetel metaboliitidel. Need on mitmesugused orgaanilised ühendid, mida taimed ei tooda arengu ega kasvu tarbeks, vaid kaitseks (herbivooride ja patogeenide vastu) või peibutuseks (lõhn, maitse, värvus) tolmeldajatele ja seemneid levitavatele loomadele. Sekundaarsed metaboliidid erinevad primaarsetest selle poolest, et neid ei esine kõigil taimedel ühtemoodi ning on ühendite kaupa liigispetsiifilised. Vahel on metaboliitide eristamine primaarseteks ja sekundaarseteks kunstlik, sest näiteks mitmed aminohapped võivad osaleda nii herbivooride tõrjes kui kuuluda elutegevuseks vajalike ensüümide koostisse. Sekundaarsed metaboliidid jagunevad kolmeks põhirühmaks: terpeenideks, fenoolseteks ja lämmastikühenditeks.

Terpeenid on üldiselt vees lahustumatud, kuid kergesti lenduvad ained. Paljud taimed sisaldavad lenduvate terpeenidena tuntud eeterlike õlide segusid, mis annavad taimeorganitele iseloomuliku lõhna. Piparmünt, salvei, basiilik, sidrun ja mitmed teised on näideteks taimedest, kelle eeterlikel õlidel on putukaid ja herbivoore peletav toime. Toiduainete tehnoloogias kasutatakse neid aga maitsetaimedena. Eeterlikke õlisid eritavad eelkõige epiteeli näärmekarvad. Leidub ka mittelenduvaid terpeene, näiteks pomerantsviljade limonoidid, mida iseloomustab kibe maitse.

Fenoolseid ühendeid toodavad taimed sekundaarsetest metaboliitidest kõige enam. See ainete rühm on oma nime saanud nende koostisse kuulu-

va iseloomuliku fenoolrühma järgi. Tuntuimad neist on ligniinid, flavonoidid ja tanniinid, mis kuuluvad eelkõige lehtede ja juurte koostisse. Nende metaboliitide põhieesmärgiks on tõrjuda haigustekitajaid, herbivoore, paremate kasvutingimuste pärast konkureerivaid taimi ning mõjutada õisi tolmeldavaid ja seemneid levitavaid loomi.

Ligniinil on väga oluline roll taime rakukesta tugevuse ja kudede kapillaarsuse tagamisel, kuid sellel on ka kaitsefunktsioon, sest taimekudede kõrge ligniinisisaldus muudab need herbivooridele raskesti söödavaks ja seeditavaks. Samuti reageerib taim haigustele või haavade tekkele kalluse puitumise ehk lignifikatsiooniga, mis pärsib patogeensete mikroobide arengut.

Flavonoidid on taimsed fenoolühendid, mis meelitavad lõhnade ja värvidega putukaid õisi tolmeldama ning loomi ja linde viljade söömisega taimeseemneid levitama. Osa neist ühenditest (flavoonid ja flavonoolid) moodustavad päikese ultraviolettkiirtes mesilastele nähtavaid mustreid, mis juhatavad neid õie nektaariumi.

Tanniinid on toksilised paljudele herbivooridele ning peletavad neid taimedest eemale. Tanniinid suurendavad, nagu ligniinidki, taimse materjali tugevust. Toorete viljade tanniinisisaldus on enamasti kõrge, mis muudab vilja kõvaks ning takistab selle söömist enne seemnete bioloogilist küpsemist. Puuviljade valmimisel tanniinide sisaldus väheneb, ning viljad muutuvad siis pehmemaks ja sööjaile palju ahvatlevamaks.

Ka toiduainete valmistamise tehnoloogilistes protsessides on tanniinidel oluline roll. Nii näiteks moodustavad humala tanniinid õllevirde valkudega reageerimisel sademe, mis tekitab hägusust. Tee tootmisel saab polüfenoolsete ühendite oksüdeerimise soodustamise või pidurdamisega valmistada kas musta või rohelist teed.

Tee keetmisel reageerivad tanniinid kofeiiniga, tekitades kõigile tuntud sademe, mis ladestub keedu- ja jooginõude sisepindadele. Tanniinid annavad kareda maitsenüansi paljudele veinidele ning osalevad kangete

alkohoolsete jookide (viski, kalvados, konjak) puidust vaatides valmimise protsessides.

Toore puuvilja küpsemise käigus fenoolsete ühendite sisaldus üldiselt suureneb. Samuti suureneb see juurviljades ja rohelistes salatitaimedes tükeldamisest tingitud stressi tagajärjel. Toiduainete tootmisel on oluline veel teada seda, et fenoolsed orgaanilised happed põhjustavad mitmesuguste puuviljade, kartuli jm taimse toorme riknemist tumenemise läbi. Tumenemine on tõsiseks probleemiks eriti taimse toorme säilitamisel ja puuviljade järelvalmimisel. Fenoolsete ühendite põhjustatud taimse toorme tumenemist saab pidurdada eelkõige temperatuuri alandamise ja õhu hapnikusisalduse vähendamisega hoiuruumides. Kaitseks tumenemise vastu kasutatakse ka teatud keemiliste ühendite lisamist. Viimasel ajal on fenoolsete ühendite vastu tekkinud suur huvi seoses nende antioksüdantsuse ja antimikroobse toime uurimisega, eelkõige tervisliku toitumise aspektist.

Lämmastikühenditest on paljudele loomadele (eriti imetajatele) mürgised ja isegi eluohtlikud mitmed alkaloidid. Need võivad seejuures mõjuda nii närvisüsteemile, ainete transpordile läbi rakumembraani, valkude sünteesile kui ensüümide aktiivsusele. Taime kaitsev funktsioon on ka teatud taimedes sünteesitavatel aminohapetel, mis jäävad ainevahetuses valkudeks sidumata. Sattudes herbivoorsete loomade organismi, võivad need selles blokeerida aminohapete loomet, omastamist või tekitada kahjulikke mittefunktsionaalseid valke.

Värvained

Taimede põhilisteks värvaineteks (pigmentideks) on klorofüll, karotinoidid ja flavonoidid. Rakkude kloroplastides leiduv klorofüll värvib vastavad taimeosad roheliseks, mis on paljudel juhtudel ka taimse toorme värskuse tunnuseks. Säilitamisel lõhustub klorofüll teatud aja jooksul ensüümaatiliselt (klorofüllaasi abil) valguse, temperatuuri, õhu niiskuse- ja etüleenisisalduse kaastoimel ning toore kaotab oma esialgse värske värvuse.

Karotinoidid on väga stabiilse kollaka, oranži või punakas-oranži tooniga. Karotinoide kasutatakse toiduainete tehnoloogias sageli ka toiduvärvidena. Tuntuim karotinoid on ß-karoteen, millel on lisaks ka oluline toiteväärtus A-provitamiinina. Flavonoididest on põhilisteks taimseteks pigmentideks antotsüaniinid. Need on veeslahustuvad ühendid, mille värvus muutub sõltuvalt keskkonna pH väärtusest, kas punaseks, siniseks või violetseks.

Vitamiinid

Tervisliku toitumise seisukohast on taimed oluliseks vitamiinide allikaks. Erinevad taimerühmad ja nende osad sisaldavad vitamiine sageli väga erinevas koguses (**tabel 3.2**).

C-vitamiini on üldjuhul rohkesti puuviljades, salatis, maasikas, kapsas. E-vitamiini leidub enam pähklites ja õlikultuurides. Teraviljad on B-grupi vitamiinide heaks allikaks. A-vitamiini sisaldavad mitmed juurviljad.

Tabel 3.2. Näiteid erinevate taimse toorme liikide vitamiinisisaldusest

Taimse toorme liik	**Vitamiinide sisaldus mg/100g ehk mg% (taimemassist)**								
	A	**B_1**	**B_2**	**B_3**	**B_5**	**B_6**	**C**	**E**	**K**
kartul	-	0,01	0,02	1,31	0,51	0,009	7,4	0,01	0,002
nisu	0,003	0,46	0,02	5,1	1,2	0,27	-	1,4	-
soja	-	0,87	0,87	1,62	0,79	0,38	6	0,85	0,05
hernes (roheline)	-	0,27	0,13	2,09	-	0,17	40	0,13	0,025
sarapuupähkel	0,005	0,60	0,11	1,80	-	0,60	3	26,6	-
tomat	0,04	0,04	0,02	0,59	0,09	0,08	13,7	0,66	0,08
peet	0,002	0,03	0,04	0,33	0,145	0,07	4,9	0,04	0,002
kapsas	-	0,06	0,04	0,23	0,21	0,12	37	-	0,08
säilitussibul	-	0,05	0,03	0,12	0,12	0,12	7,4	0,02	0,0004
jõhvikas	0,003	0,012	0,02	0,10	0,30	0,057	13,3	1,2	0,005

Taimsed hormoonid ja ensüümid

Hormoonide sisaldus taimedes on kaduvväike, kuid samas on need taimekasvu ja -arengu seisukohast äärmisel olulised ühendid, sest toimivad paljusid ainevahetuse ja regulatsiooni protsesse käivitavate signaalidena. Taimsed hormoonid kuuluvad viide põhiklassi: auksiinid, tsütokiniinid, giberelliinid, abstsisiinid ning etüleen koos etüleenisarnaste ühenditega. Neist kolm esimest reguleerivad taimearengu ja kasvuga seotud füsioloogilisi protsesse. Abstsiishape (ABA) ja etüleen on enam seotud küpsemise ja närbumise protsessidega. Gaasiline etüleen pakub toidutaimede kasutamisega seoses enim huvi, sest see mõjub kõigile taimeosadele ja organitele. Koristusjärgsel käitlemisel rakendatakse etüleeni näiteks banaanide valmimise kiirendamiseks, selle kõrvaldamist või blokeerimist säilituskeskkonnas kasutatakse aga toidutoorme säilimisaja pikendamiseks. Etüleeni toimet käsitletakse veidi põhjalikumalt allpool (vt Etüleeni toime).

Ensüümid on taimerakkudes toimuvate reaktsioonide biokatalüsaatoriteks. Üldjuhul on need valgulised ühendid, mida sünteesitakse geneetilise koodi järgi vastavate geeniekspressioonide käivitamise, kiirendamise, pidurdamise või blokeerimisega. Paljudes taimerakkudes moodustavad ensüümid põhiosa valgust. Taimse toorme säilitamise ja töötlemise seisukohast on kõige oluliseks rühmaks hüdrolaasid, ehk vee manulusel orgaanilisi ühendeid lõhustavad ensüümid. Tüüpiliseks näiteks on tärklist maltoosimolekulideks lõhustav amülaas. Rasva lõhustavad lipaasid, valgulisi peptiidahelaid peptidaasid jne. Paljudes taime elutegevusega seotud reaktsioonides omab erilist tähtsust peroksidaas, mille toimel lõhustatakse vesinikperoksiid veeks ja atomaarseks hapnikuks.

Mineraalained

Mineraalained jaotatakse kahte suurde rühma: makro- ja mikroelementideks. Esimesi neist leidub 100 g taimemassi kohta milligrammides (mg), teist aga mikrogrammides (μg). Mõlemaid esineb taimses toormes toitu-

mise seisukohast piisavas kogustes. Mineraalained on veele lisaks teine toitainete rühm, mida taim saab pinnasest. Taim ise kasutab mineraalaineid mitmesuguste orgaaniliste ühendite, eriti valkude, fosfolipiidide, adenosiintrifosfaadi (ATP) jms loomes. Mineraalainete sisaldus sõltub suuresti konkreetsest taimeliigist. Kõige rikkam on taimne toore kaaliumi, fosfori, magneesiumi ja kaltsiumi poolest. Vähemal määral leidub selles Na, Fe, Cl ja Zn. Näide mineraalainete sisalduse kohta mõningates taimse toorme liikides on toodud **tabelis 3.3.**

Tabel 3.3. Mineraalainete sisaldused mõnedes kaun-, aed- ja teraviljades

Taimse toorme liik	**Sisaldus mg/100 g – mg% (taimemassis)**					
	K	**P**	**Mg**	**Ca**	**Na**	**Fe**
kartul	328	40	20	8,0	5,0	0,3
nisu	380	340	95	35	8,0	3,2
soja	1797	704	280	277	2,0	15,7
hernes (roheline)	244	108	33	25	5,0	1,5
sarapuupähkel	680	290	163	114	-	4,7
tomat	237	24	11	10	5,0	0,27
peet	325	40	23	16	78	0,8
kapsas	170	26	12	40	18	0,47
säilitussibul	146	29	10	23	4,0	0,2
jõhvikas	85	13	6,0	8,0	2,0	0,25

3.1.2.3. Taimede koristusjärgne hingamine

Kõik taimeosad, mida kasutatakse toiduainete toormena, jätkavad koristusjärgselt oma elutegevust suuremal või vähemal määral olenevalt sellest, milliste organitega on tegemist. Taimse toorme koristusjärgse elutegevuse intensiivsust on võimalik hinnata eelkõige hingamise kaudu. Hingamise intensiivsuse kohta saab informatsiooni säilituskeskkonna CO_2 sisalduse, O_2 ja CO_2 omavahelise suhtarvu (respiratoorse koefitsiendi), keskkonna temperatuuri või massikao registreerimisega. Mida intensiivsem on hingamine, seda kiiremini vähenevad toormes toitainete varud, seda enam tõuseb toor-

me temperatuur, seda suurem on säilituskeskkonna süsihappegaasi sisaldus ning seda madalamaks kujuneb hapnikusisaldus. Hingamise intensiivsust (R) määratakse väga sageli ühe kilogrammi toorme poolt tunnis keskkonda eritatava CO_2 kogusega milligrammides [mg (CO_2) / kg•h]. Kui näiteks hermeetilises ruumis tõuseb kahe tonni kartulite hoidmisel süsihappegaasi sisaldus 10 tunni jooksul 2 kg võrra, siis R = 2000/2000*10 = 0,1 mg(CO_2) kg^{-1}•h^{-1}. Vahel kasutatakse ka muid ühikuid (näit mmol/kg•h).

Hingamise intensiivsus koristusjärgsel säilitamisel on kõrgem roheliste taimelehtede ja varte puhul, madal aga seemnetel, juurikatel, mugulatel jt mullas kasvanud taimeosadel. Samuti sõltub see keskkonnatingimustest, nagu temperatuur, relatiivne niiskusesisaldus, gaaside kontsentratsioon. Neist on eriti oluline temperatuur. Madalamatel temperatuuridel on hingamine üldjuhul väiksema intensiivsusega. Temperatuuri mõju hindamiseks kasutatakse sageli temperatuurikoefitsienti Q_{10}, mis kirjeldab, kui mitu korda suureneb või väheneb hingamise intensiivsus 10-kraadise temperatuurimuutuse kohta. Olenevalt vahemikust, kus seda muutust kirjeldatakse, võib temperatuurikoefitsiendi väärtus kordades erineda. Vahemikus 0-10 kraadini on suhteline muutus enamasti kõige ulatuslikum (olenevat toorme liigist, 2-4).

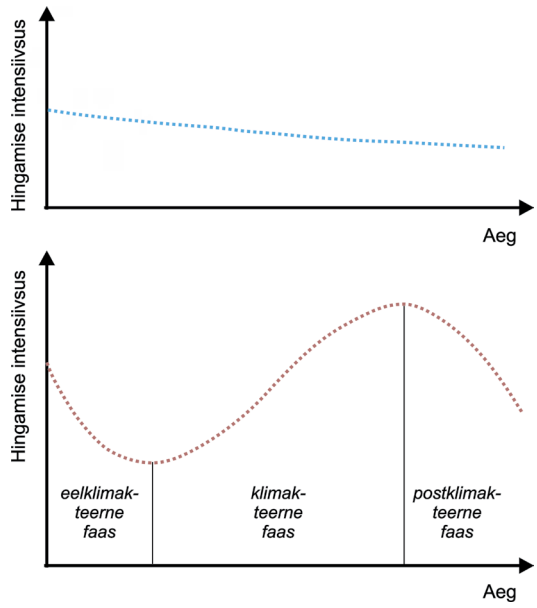
Taimse toorme hingamise intensiivsuse pidurdamisel temperatuuri alandamisega, tuleb arvestada taimede temperatuuritaluvuse piire, kusjuures eri toormeliikidel võivad need erineda. Osa neist taluvad temperatuuri alandamist isegi nulli lähedale. Soojalembelistel taimedel võib aga temperatuuri langetamine juba alla 10 °C põhjustada riknemist või selle märgatavat kiirenemist. Tüüpiliseks näiteks on siinjuures banaan, mida ei maksa säilitada külmikus. Samas tuleb arvestada sellega, et kõrgematel temperatuuridel (kui vaid vähesed taimefüsioloogiast põhjustatud erandid välja arvata) hingamine alati intensiivistub, kuni saavutatakse termiline ülempiir, mille korral taim või selle osa hukkub.

3.1.2.3.1. Klimakteerne hingamine

Pikemajalisel säilitamisel (konstantsel temperatuuril) hingamise intensiivsus ajas üldjuhul aeglustub ning eluprotsesside soikumisel läheneb nullile. Osa taimede puhul on aga hingamise intensiivsuse dünaamika sellest täiesti erinev. Esmasele hingamisaktiivsuse pidurdumisele järgneb neil koristusjärgse hingamise märgatav kiirenemine. Selline hingamisaktiivsuse tõus on iseloomulik klimakteersele hingamisele, mis koosneb kolmest erinevast faasist (**joonis 3.28**).

Esimest nimetatakse eelklimakteerseks faasiks, mille jooksul intensiivsuse püsib kas ühtlasena või väheneb kuni teatud piirini. Järgneb hingamisintensiivsuse kasvufaas, mille lõpul saavutab hingamisintensiivsus oma maksimumi. Pärast seda saabub hingamise postklimakteerne faas, mille kestel intensiivsus hakkab ajas taas oluliselt vähenema.

Klimakteerne hingamine on omane mitmetele puu- ja aedviljadele, näiteks õunad, tomatid (**joonis 3.29**). Tavahingamine (mitteklimateerne hingamine) on omane peaaegu kõikidele juurviljadele, teraviljadele, kuid samas ka mitmetele aed- ja puuviljadele (näiteks kirssidele, viinamarjadele jne).

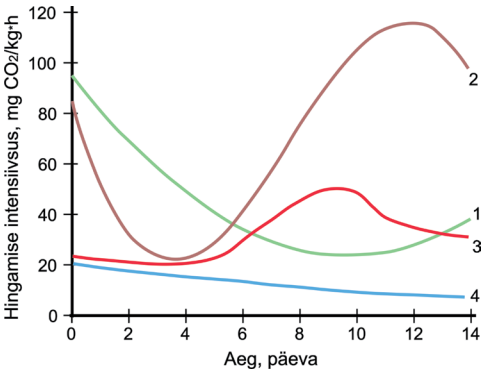


Joonis 3.28. Hingamisaktiivsuse dünaamika illustratiivne esitus mitteklimakteersel (a) ja klimakteersel hingamisel (b)

Etüleeni toime

Klimakteerne hingamine ja selle vallandumine on tihedalt seotud gaasilise taimse hormooni – etüleeniga ($H_2C=CH_2$). Taime enda poolt produtseeritavat etüleeni nimetatakse endogeenseks (sisemist päritolu) etüleeniks. Taime mõjutavat etüleeni,

mis on kas loodusliku või tehisliku tekkega või toodavad seda teised taimed, nimetatakse eksogeenseks (ehk välist päritolu) etüleeniks. Erinevalt muudest hormoonidest, tekib taime arengu käigus endogeenset etüleeni eranditult kõigis taimeosades ning sellele reageerivad samuti kõik taimeosad.



Joonis 3.29. Hingamisaktiivsuse dünaamika näiteid: 1 – spargel, 2 – avokaado, 3 – tomat, 4 – viinamari)

Samas on taimede ja nende organite koristusjärgne etüleenitootlus erinev. Näiteks 20 °C juures) on see väga madal (0,01-0,1 µl/kg•h) kartulilmugulatel, juurviljade juurikatel, tsitruselistel viljadel, viinamarjal, granaatõuntel, kirssidel. Madalaks (0,1-1,0 µl/kg•h) loetakse kurgi, vaarika, mustika etüleenitootlust. Keskmine (1,0-10,0 µl/kg•h) on see banaanidel, tomatitel, mangoviljadel, kõrge (10,0-100,0 µl/kg h) õuntel, aprikoosidel, pirnidel, ploomidel, virsikutel ning väga kõrge (> 100 µl/kg•h) mõnedel troopilistel viljadel. Taimed produtseerivad etüleeni Yang'i biokeemilise tsükli abil, kus ringleb metioniin. Sünteesi kiirendavaks faktoriks võib olla stress, näiteks mehhaanilised vigastused, mis käivitavad vastavad geeniekpressioonid. Üldteada on fakt, et vigastuste korral suureneb vastavas taimeosas etüleeni produktsioon. Etüleeni sünteesi intensiivsust vähendavad mitmed inhibiitorid, näiteks salitsüülhape, koobalt jt. Eksogeense etüleeni olulisteks allikateks, võivad olla teised taimed, teatud mikroorganismide elutegevus, mullas (pinnases) toimuvad protsessid, väga sageli ka sisepõlemismootorite heitgaasid, suitsetamine, kummist materjali põlemine, ultraviolettkiirgus, jne. Nii endo- kui eksogeense etüleeni hormonaalne toime taimede ainevahetusele on sarnane, kuid toime käivitumine sõltub taimeliigist, arengufaasist ja füsioloogilisest seisundist, sh teatud geeniekspressioonide käivitamise või pidurdumise faasidest. Selles vallas pole veel kõik üheselt läbi uuritud.

Mitteklimakteerse hingamisega taimse toorme etüleeniproduktsioon on suhteliselt madal. Samas võib eksogeense etüleeni olemasolul, nende hingamine muutuda vägagi intensiivseks. Rohkesti toodavad etüleeni klimakteerse hingamise faasis olevad taimed. Seetõttu tuleks üldjuhul vältida mitteklimakteerse hingamisega taimede säilitamist koos taimedega, kelle koristusjärgne hingamine on klimakteerne. Küll aga siis, kui soovitakse mitte pidurdada, vaid kiirendada tarbimisküpsuse saabumist mitteklimakteerse hingamisega taimedel.

Teatud viljaliikide järelvalmimise kiirendamiseks võidakse säilitusruumi teatud koguses etüleeni teadlikult juhtida. Etüleeniga töötlemise abil on näiteks võimalik kiirendada tomatite valmimist, mõjutada rohelisi apelsine kiiremini omandama küpsele viljale iseloomulikku oranži värvitooni. Loodud on ka transgeenseid taimi, millel etüleenitootlus puudub, kuid suur etüleenitundlikkus võimaldab, hoidlasse etüleeni suunamisega, sundida neid valmima turustamiseks kõige sobivamal ajal. Etüleen käivitab lisaks viljade valmimise kiirendamisele ka muid füsioloogilise vananemise protsesse, mida saab toiduainete kvaliteedi huvides kasutada. Nii näiteks kiireneb etüleeni toimel lillkapsa lehtede eraldumine varre küljest, väheneb taimse toorme tundlikkus madalate temperatuuride suhtes jms.

Koristusjärgse säilivuse pikendamiseks tuleb etüleen säilitusruumi õhust eemaldada (näiteks ventileerimise intensiivistamisega). Selleks saab mh kasutada ka teatud organisatoorseid võtteid, nagu küpsenud viljade süsteemne kõrvaldamine hoidlast, sisepõlemismootoritega tõstukite kasutamisest loobumine, ultraviolettkiirguse vältimine hügieeni parandamiseks vms. Väga levinud on ka etüleeni adsorbeerivate ühendite rakendamine. Tüüpiliseks etüleeni siduvaks vahendiks on kaaliumpermanganaadi graanulid koos aktiivsöega ning osoon. Osoon lõhustub hapnikuks ja atomaarseks hapnikuks, mis etüleeniga reageerides moodustab süsihappegaasi ja vee. Tööstuslikult toodetakse ka spetsiaalseid etüleeni oksüdeerimise seadmeid, kus see protsess toimub plaatinast või titaanoksiidist katalüsaatorite ning vastavate temperatuurirežiimide rakendamisega.

3.1.3. Toormerühmade koristusjärgse säilitamise erisusi

Taimset päritolu toiduainete kvaliteeti ja väljatulekut töötlemise käigus määrab oluliselt toorme kvaliteet. See aga oleneb otseselt toorme värskusest ning ladustatud toorme korral säilitamise tingimustest, mille optimumid on toormerühmade kaupa kaunis erinevad.

Teraviljad, kaunviljad ja õlikultuurid

Tera- ja kaunviljadest ning õlikultuuridest kasutatakse toidutoormena seemneid, mille veesisaldus jääb enamasti alla 14%. Nii madal veesisaldus soodustab nende pikaaegset säilimist. Samuti puudub seemnetel märkimisväärne hingamisaktiivsus. Seetõttu jäävad ka säilituskaod suhteliselt madalaks või on peaaegu olematud. Säilimisaeg lüheneb vigastatud rakustruktuuri korral. Selle kahjustumisel pääsevad toitainetele kergemini ligi mikroorganismid, oksüdatsiooni põhjustav hapnik jms. Jahvatamine, ekstraheerimine või muul moel töötlemine lõhub rakud ning seetõttu on näiteks jahu säilivus märgatavalt lühem kui teraviljal. Terade ettenähtust kõrgemal veesisaldusel võib hingamine muutuda intensiivsemaks, mille tulemusena väheneb toitainete sisaldus ning säilivus. Samuti soodustab suurem veesisaldus hallituste arengut ja seemnete idanemist.

Juur- ja mugulviljad

Juur- ja mugulviljade puhul asuvad toitainete varud peamiselt juurikates või mugulates. Kuna varusid talletavatel juurtel on lisafunktsiooniks taime paljunemine uue vegetatsiooni algul, siis on need organid hästi vastupidavad riknemisele ning taluvad edukalt keskkonnanäitajate kõikumisi. Sellisteks taimedeks on porgand, peet, kartul, sibul, redis jms. Eestis on neist kõige levinum kartul, milles toitainete varuks on mugulates olev tärklis. Kartuli säilitamine on suhteliselt lihtne madala hingamisaktiivsuse ja klimakteerse hingamise ning etüleenitootluse puudumise tõttu. Kartuli ja ka peedi hingamisaktiivsus (respiratoorne aktiivsus) jääb säilitamisel

tagasihoidlikuks: näiteks 0 °C juures on see <8 mg CO_2/kg•h. Redisel ja porgandil on see samal temperatuuril mõnevõrra suurem: 8-12 mg CO_2/kg•h. Kõrgematel temperatuuridel on hingamine muidugi intensiivsem. Seda suurendavad ka muude taimeorganite (näiteks varte või lehtede) olemasolu ja küpsusaste (varases küpsusastmes koristatud kartuli hingamine on umbes kaks korda intensiivsem kui hilisel kartulil). Peamiselt põhjustavad säilitamisel juurviljade riknemist mehhaanilised vigastused, idude ja lehealgete teke, niiskusekadu, külmakahjustused ja mikrobioloogilised protsessid (mädanemine).

Aedviljad

Aedviljad jaotatakse kahte suuremasse rühma: füsioloogiliselt valminud viljade ja mittevalminud viljadega kultuurideks. Need omakorda jagunevad viljalihaga ja viljalihata aedviljadeks. Füsioloogiliselt mittevalminud (kuid viljalihaga) aedviljadeks on näiteks kurk, kõrvits ja kabatšokk. Tuntuim valminud (ja viljalihaga) aedvili on tomat. Viljaliha puudub rohelisel hernel, aedoal, magusal maisil jne. Aedviljade respiratoorne aktiivsus võib liigiti erineda väga suurtes piirides, näiteks >100 mg CO_2/kg•h (rohelisel hernel) ja <10 mg CO_2/kg•h (kõrvitsal).

Enamusel aedviljadest klimakteerne hingamisaktiivsus puudub. Nende etüleenitootlus on madal, jäädes näiteks 10 °C temperatuuri juures alla 0,1 µl/kg•h. Erandiks on seejuures tomat, kelle etüleeniproduktsioon ületab 20 µl/kg•h ja hingamine saavutab umbes kümnendaks koristusjärgseks päevaks maksimaalse aktiivsuse, mis ületab esialgset üle kahe korra. See tagab tomatile mh head võimalused järelvalmimiseks.

Toiduainete valmistamiseks kasutatakse ka mitmete aedviljade lehti (kapsas, salat, petersell, till jms), varsi (rabarber, spargel), õisikuid (brokkoli, lillkapsas), mis säilivad suhteliselt halvasti. Selle peamiseks põhjuseks on rohelistes taimeosades intensiivse ainevahetuse jätkumine pärast koristamist. Kuigi neil on klimakteerne aktiivsus madal, ületab hingamise

intensiivsus näiteks juurviljade oma 2-5 korda. Riknemine avaldub neil kolletumises (klorofülli kadumises), närbumises jms. Sellise taimse toorme säilitamist aitab oluliselt pikendada eelnev kuivatamine või külmutamine. Siis tuleb aga enamikul juhtudest arvestada kvaliteedi teatud vähenemisega.

Marjad, puu- ja luuviljad

Enamik marju ei ole klimakteersed ja nende järelvalmimine on vähene siis, kui etüleeni produktsioon jääb alla 1 µl C_2H_4/kg•h. Viinamarjal ja jõhvikal on madal ka üldine hingamisaktiivsus (5-10 mg CO_2/kg•h). Marjadest märgatavalt intensiivsemalt hingavad maasikas ja vaarikas (20-40 mg CO_2/kg•h). Enamus marjadest on väga tundlikud veesisalduse muutusele, sest juba paariprotsendiline vähenemine rikub nende kaubandusliku välimuse. Seetõttu pikemajaliselt säilitatakse marju sageli külmutatud kujul.

Õunte hingamisaktiivsus on suhteliselt kõrge (5-10 mg CO_2/kg•h) ja pirnidel sellest veelgi enam (10-20 mg CO_2/kg•h). Nende etüleeniprodukt-sioon 20 °C temperatuuri juures on 10-100 µl C_2H_4/kg•h, mis soodustab järelvalmimist, ja ka ülevalmimist. Pidurdades laoruumis klimakteerset hingamist etüleenisisalduse vähendamise ja temperatuuri alandamisega, saab märgatavalt pikendada nende puuviljade säilitusaega. Nüüdseks on juba aretatud näiteks ka selliseid pirnisorte, mille klimakteerne hingamine üldse puudub.

Luuviljad (ploomi, kirsi, virsiku jne) on samuti klimakteersed, kusjuures nende etüleeni produktsioon 20 °C juures ulatub 10-100 µl C_2H_4/kg•h. Luuviljade respiratoorne aktiivsus jääb 5 °C temperatuuri juures vahemikku 10-20 mg CO_2/kg•h.

3.1.4. NÄITEID TOIDUTAIMEDEST

Tulenevalt piiratud mahust, on käesolevas peatükis kirjeldatud vaid üksikuid näiteid igast viljeldavast toidutaimede grupist. Muuhulgas sisaldab

taime kirjeldus lühiülevaadet toorme kasutusvaldkondadest toiduvalmistamisel ja toiduainete tööstuslikul tootmisel. Mõningatel juhtudel on viidatud ka kasutamisele rahvameditsiinis ning võimalikele terviseohtudele väära tarbimise korral. Taimse toorme puhul võivad need ohud olla küllaltki suured. Esmapõhjus tuleneb evolutsiooni käigus tekkinud mürkainete sünteesivõimest, mille paljud taimed on omandanud olelusvõitluses hakkama saamiseks. Teiselt poolt on inimestel tekkimas üha süvenev veendumus taimsete bioaktiivsete ühendite kasulikkusest ja tervislikkusest, arvestamata seda, et taimede poolt produtseeritavad bioaktiivsed ained on sageli suunatud konkureerivate taimede, herbivooride, kahjurite ja haigustekitajate tõrjumiseks ning seega mürgise või peletava toimega.

Toiduainete tehnoloogias on väga oluline teada toorme toitainete sisaldust. Eestis on toitainete sisalduse põhjalikke uuringuid tehtud suhteliselt vähe, mistõttu see lünk on allolevas tekstis täidetud enamasti USA Põllumajandusministeeriumi toitainete andmebaasist (USDA Food Composition Database) saadud teabega. Kuigi see ei tarvitse täpselt kajastada Eesti, Euroopa või ka mujalt sisse ostetava toorme koostist, annab see siiski piisava täpsusega informatsiooni, võimaldamaks planeerida vastavast toormest toiduainete valmistamist.

3.1.4.1. Teraviljad

Teraviljad on inimkonna enimkasutav toidutoore, mille põhjusteks on eelkõige kasvatamise lihtsus, kõrge saagikus ja sobilik süsivesikute ja valgu suhe. Eestis kasvatatavad kõrrelised teraviljad on nisu, rukis, oder, kaer. Teise teraviljade rühma moodustavad meil mitte- või väheviljeldavad mais, riis, hirss, sorgo. Mittekõrreline teravili on tatar.

Teraviljadest valmistatavad põhilised esmased toiduained on jahu, tangud, helbed. Jahu ja teisi esmaseid toiduained omakorda kasutatakse laia valiku muude toiduainete valmistamiseks. Jahust tehakse eelkõige mitmesugused pagaritooted. Samuti on väga levinud teraviljadest tärklise-, pii-

rituse- ja õlletootmine. Tärklis omakorda on lähteaineks modifitseeritud tärklisetoodete, siirupite ja suhkru tootmisel.

Teraviljaliikide kasvatamine on regiooniti kaunis erinev. Aasias on kõige levinum riis, Ladina-Ameerikas mais. Maailma ulatuses toodetakse teraviljadest kõige enam nisu (ligi kolmandik), riisi (umbes viiendik) ja maisi (umbes kuuendik). Järgnevad oder, sorgo, hirss, kaer ja rukis. Saaki ühe pinnaühiku kohta annavad kõige enam mais ja riis. Küllaltki suur on ka nisu saagikus, mis on pideval tõusnud seoses sordiaretuse ja parema agrotehnika kasutuselevõtuga ka jahedama kliimaga piirkondades (sh Eestis).

Kõrrelised teraviljad kuuluvad mitmesse eri perekonda ja nende liitõisikutest arenevad viljumisel teradega viljapead. Viljapead moodustuvad varre tippu, kui mitte arvestada maisiga, mille teradega tõlvikud paiknevad lehekaenaldes. Viljatera on botaaniliselt üheseemneline seemnekestaga sulgvili (teris), mis kaeral ja odral on sõkaldega kokku kasvanud. Nisu ja rukis on aga paljateralised – tera pole sõkalde küljes kinni.

Enamikku toiduteraviljadest kasvatatakse maailmas suviviljadena, eriti mõõduka ja soojema kliimaga aladel. Need külvatakse ja saak koristatakse ühel ja samal aastal. Jahedama kliimaga maades kasvatakse ka talivilja, mida külvatakse sügisel. Pärast võrsumist taim talvitub ja jätkab järgmisel kevadel kasvu kuni koristamiseni suvel või sügisel. Edukal talvitumisel annab talivili suviviljast suuremat saaki. Eestis kasvatatakse teravilja kokku umbes 300 tuhandel hektaril, mis moodustab ligikaudu 50% haritavast maast. Keskmine teraviljasaagikus on Eestis olnud ligikaudu 2,6 t/ha, kuid headel aastatel on ulatunud ka 4 t/ha. Üheks laialt levinud teraviljaks on oder.

Oder

Oder (Hordeum) kuulub kõrreliste sugukonna odra perekonda. Kokku on odra perekonnas umbes 40 erinevat liiki. Odra tuntuimateks liikideks on harilik ehk paljurealine oder (*Hordeum vulgare*) ja kaherealine oder (*Hor-*

deum distichon). Neist enam on levinud harilik oder (**joonis 3.30**). Praegu kasvatatakse Eestis üle 30 odrasordi, mille keskmine saagikus on 2,5 t/ha. Odratera idaneb juba 1-2 °C juures ja selle idud taluvad kuni 7-8 °C öökülma. Eesti odrasortide kasvu optimaalseks temperatuuriks loetakse 18-22 °C.

Oder on isetolmlev kultuur, mistõttu õitel pole tolmlemiseks vaja avaneda. Õied avanevad siis, kui õhk on soe ja muld piisavalt niiske. Odra õitsemine kestab 3-4 päeva. Oder on teraviljadest kõige paremini kohastunud ilmastikuolude suurte muutustega. Idanema hakkab odratera 1-3 °C juures, kuid öökülmasid võib teiste teraviljadega võrreldes taluda vähem. Odra küpsemise optimaalne temperatuur on 23-24 °C.

Odraterad sisaldavad keskmiselt 12,7% vett, 77,7% süsivesikuid (sh 15,6% kiudaineid, 0,8% suhkruid), 9,9% valku, 1,2% rasva, mineraalaineid: naatriumi (9 mg%), kaaliumi (280 mg%), fosforit (221 mg%), magneesiumi (79 mg%), kaltsiumi (29 mg%), mangaani (1,3 mg%), rauda (2,5 mg%), tsinki (2.1 mg%). Odras leidub 0,013 mg% beeta-karoteeni (A-provitamiini), 0,19 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,11 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 4,60 mg% niatsiini ehk nikotiinhapet (B_3-vitamiini), 0,28 mg% pantoteenhapet (B_5-vitamiini), 0,26 mg% B_6-vitamiini, 0,023 mg% foolhapet (B_9-vitamiini) ja 0,002 mg% K-vitamiini.

Oder on toidutoore, millest valmistatakse erinevaid jahutooteid (jahu, tangu, kruupe) ja õllelinnaseid. Väga palju kasutatakse otra ka loomasöötades. Kõrgelt hinnatakse õlleotra, mille kvaliteedile esitatakse mitmeid erinõudeid. Umbes kümnendik maailma odratoodangust kasutataksegi õlle valmistamiseks. Õlleodra üheks erinõudeks on terade madalam proteiinisisaldus, mis ei tohiks ületada 11,5%. Suurema sisalduse korral on linnastumise kaod suured ja õllevalmistamist hakkab segama liigne vaht. Terade niiskusesisaldus peab jääma vahemikku 11-13,5%. Sellest niiskemad terad on enamasti mikrobioloogiliselt ebakvaliteetsed, kuivamate terade puhul on aga linnastamine raskendatud. Õlleodra oluliseks kvaliteedinäitajaks on

ka idanevus, mis peaks ulatuma vähemalt 95%-ni. Kõrge idanevusega terades on piisavas koguses ensüüme, mis muudavad endospermi toitained idule omastatavaks.



Joonis 3.30. Odrataime osad (Otto Wilhelm Thomé „Flora von Deutschland, Österreich und der Schweitz“ 1885, Gera)

3.1.4.2. Kaunviljad

Kaunviljad on liblikõielised taimed, kes on võimelised mügarbakterite abil omastama õhulämmastikku ning seetõttu ei vaja kasvuks lämmastikväetisi. Erinevalt teraviljadest kasvatavad kaunviljad endile sammasjuure. Selle erinevatel osadel tekivad umbes kahe nädala jooksul spetsiaalsed juuremügarad, kus soodsates oludes arenevad taime viljakust suurendavad mügarbakterid. Mügarbakterite puudumisel mullas, soovitatakse kaunviljaseemneid enne külvi nende mikroobidega nakatada. Nende seemned sisaldavad valku enam kui teraviljad. Kaunvilju kasvatataksegi eelkõige valgurikka taimse toorme saamiseks. Samas ei sobi kaunviljade jahu kuigi hästi pagaritoodete valmistamiseks, sest selles puudub kleepvalk. Kaunviljajahu lisamisega saab aga suurendada pagaritoodete jahusegu valgusisaldust.

Eestis on kaunviljadest enim levinud hernes, põld- ja aeduba ning varasemalt on kasvatatud ka läätse. Kaunviljade viljelemist raskendab nende tundlikkus mitmesuguste kasvukeskkonna tegurite suhtes ja paljude liikide puhul ka lamanduv vars. Enamik kaunviljadest on üheaastased taimed, mille seemned on teraviljaseemnetest kauem idanemisvõimelised. Idanemisjärgus on kaunviljaseemned suhteliselt suure veevajadusega. Veevajadus suureneb ka taimede õitsemise ajal.

Hernes

Paraskliimavöötmes on kõige levinumaks herne liigiks harilik hernes (*Pisum sativum*). See üheaastane rohttaim kuulub liblikõieliste sugukonna herne perekonda. Veel üsna hiljuti olid herned inimeste toidulaual oluliseks valguallikaks. Eestis on aretatud ka kohalikke hariliku herne sorte. Hernes on taimena kasvutingimuste suhtes vähenõudlik ja küllaltki külmakindel (**joonis 3.31**). Selle seemned alustavad idanemist 1-2 °C juures ning tõusmed taluvad kuni -6 °C külma. Kasvu optimaalne temperatuur jääb vahemikku 16-20 °C. Herne saagikus on umbes 1,5-2,5 t/ha. Võrreldes teiste kaunviljadega on hernes mulla suhtes kaunis leplik. Kuna hernes lamandub, siis viljeldakse seda koos spetsiaalsete tugitaimedega (näiteks rapsi, valge sinepi jt). Aedviljana kasvatamisel toestatakse hernetaimi vastavate keppide, võrkude või raamistike abil.

Hernes valmib ebaühtlaselt, millega tuleb arvestada koristusel. Herneid toodetakse nn roheliste või kuivade hernestena. Rohelised herned tuleb koheselt tarbida või kiirelt töödelda. Roheliste hernekaunade säilitamise optimaalne temperatuur on (0…-1 °C) ja õhu suhteline niiskusesisaldus 95-98%. Nendel tingimustel võivad kaunad säilida 1-2 nädalat, pakendatuna isegi kuni 4 nädalat. Kuivad herned sobivad kestvamaks säilitamiseks, kuid arvestada tuleb sellega, et pärast koristamist ja viljapeksu on herneseemnete niiskusesisaldus väga ebaühtlane ning siis tuleb need võimalikult kiirelt kuivatada. Pikaajaliseks säilitamiseks peab hernest kuivatama vähemalt 13% veesisalduseni.

Rohelised herned sisaldavad keskmiselt 80-82% vett, 14,5% süsivesikuid (sh 5,8 suhkrut, 5,1% kiudaineid), 5,4% valku, 0,4% rasva, mineraalaineid: kaltsiumi (25 mg%), rauda (1,5 mg%), magneesiumi (33 mg%), mangaani (0,41 mg%), fosforit (108 mg%), kaaliumi (244 mg%), naatriumi (5,0 mg%), tsinki (1,2 mg%). Vitamiinidest leidub hernes 0,45 mg% beeta-karoteeni (provitamiin A), 0,27 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,13 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 2,09 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 0,17 mg% B_6-vitamiini, 0,07 mg% foolhapet (B_9-vitamiini), 40 mg% C-vita-

miini, 0,13 mg% E-vitamiini, 0,025 mg% K-vitamiini. Kuivades hernestes leidub 25-60% tärklist ja 22-35% proteiini.

Toiduks tarvitatakse ühtviisi nii rohelisi kui kuivi herneteri. Rohelisena kõlbab aedhernes toiduks kas suupistena või lisandina salatites. Osa hernesortidest on aretatud suhkrurikasteks. Värsked suhkruherne kaunad on koos teradega toorelt söödavad. Toiduainetööstuses kasutatakse enam kuivatatud hernest, millest valmistatakse suppe ja konserve. Valgurikast hernejahu lisatakse mitmesuste teraviljatoodete koostisse. Eesti rahvusroas – kamajahus – on hernes üheks põhikomponendiks. Rohelisest hernest toodetakse eelkõige konserve.



Joonis 3.31. Hernepõld

3.1.4.3. Mugulviljad

Mugulvilja nimetus pole botaaniliselt täpne. Mugulad pole viljad, vaid võsu maa-alustele muudenditele moodustunud toitainete varu. Mugulate idusilmade abil on taim siiski võimeline ka paljunema, mis tõesti viitab teatud mõttes viljadega sarnasele funktsioonile. Eestis viljeldakse mugulviljadest ainult kartulit. Teistest mugulviljadest on maailmas laiemalt tuntud veel maapirn, bataat ehk magus kartul ja maniokk. Mugulviljade tüüpiliseks näiteks on kartul.

Kartul

Eesti kõige levinumaks mugulviljaks on harilik kartul (*Solanum tuberosum*), mis kuulub maavitsaliste sugukonna maavitsa perekonda. Looduslikult on kartul mitmeaastane isetolmlev taim, kuid kultuurtaimena kasvatatakse seda vaid mugulate (**joonis 3.32**) valmimiseni, ehk ühe vegetat-

siooniperioodi jooksul. Kartuli paljundamine toimub siis vegetatiivselt, üle talve säilitatud mugulate istutamisega. Kartuli idud alustavad kasvu 3 °C temperatuuri juures, idanemine on kiireim temperatuuril 13 °C. Varajaste kartulite kasvuaeg kestab 2-3 kuud, hilised sordid võivad kasvada kuni 4,5 kuud. Optimaalne pealsete kasvutemperatuur jääb vahemikku 19-21 °C ja mugulad kasvavad kõige kiiremini temperatuuril 15-18 °C. Kartul on küllaltki niiskuselembene, kuid samas ka liigniiskuse suhtes tundlik taim. Koristamisel peab mugul olema tehniliselt küps, mis avaldub kartulikoore kinnijäämises (pinnakiht on korgistunud). Üldiselt langeb koristus pealsete närbumisega samasse aega. Kartuli saagikus jääb enamasti vahemikku 32-40 t/ha, olenedes kasvatatavast sordist ja kasutatavast agrotehnoloogiast.

Koristusjärgselt tuleb kartul ladustada, et kaitsta mugulaid üleliigse niiskuse, ebasobiva temperatuuri, valguse jm kahjulike mõjude eest. Kartuli säilitamise võimalikest kadudest ühe osa moodustavad nn loomulikud kaod. Need koosnevad veekaost ja kartuli koristusjärgse hingamisega seotud kaost, millega kaasneb toitainete (eelkõige tärklisesisalduse) vähenemine mugulates. lõhustub siis esmalt glükoosiks, mis hingamisel muutub süsihappegaasiks ja veeks. Vee aurumise ja hingamise intensiivsus sõltub säilitustingimustest (eriti õhu niiskusesisaldusest ja temperatuurist) ning mugulate füsioloogilisest seisundist. Jaheda ja niiskema õhuga hoidlas on need kaod märgatavalt väiksemad kui kartulite hoidmisel kuivas ja soojas õhus. Kartuleid soovitatakse säilitada 2-4 °C temperatuuril ja 85-90% õhu relatiivse niiskusesisalduse juures. Madal temperatuur soodustab mh ka mugulate sundpuhkefaasi käivitumist kevadel, kui füsioloogiline süvapuhkefaas on juba lõppenud. Kui kartulimugulad on füsioloogilises puhkeseisundis, on ka kaod väiksemad. Säilituskadude teine osa tuleneb haiguslikest seisunditest (näiteks lehemädanik), hapnikupuudusest, külmakahjustustest jms. Üldiselt jäävad kartuli talvised säilituskaod 10% piirimaile.

Kartulimugulad sisaldavad keskmiselt 77,5% vett, 20% süsivesikuid (sh tärklist 18%, kiudaineid 1,8%), 1,7% valku, 0,1% lipiide, 0,7% mine-

raalaineid: kaltsiumi (8 mg%), rauda (0,3 mg%), magneesiumi (20 mg%), fosforit (40 mg%), kaaliumi (328 mg%), naatriumi (5,0 mg%), tsinki (0,3 mg%), vaske (0,2 mg%), mangaani (0,14 mg%), seleeni (0,003 mg%). Vitamiinidest leidub kartulis 0,01 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,02 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 1,31 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 13,2 mg% B_4-vitamiini, 0,51 mg% pantoteenhapet (B_5-vitamiini), 0,27 mg% B_6-vitamiini, 0,009 mg% foolhapet (B_9-vitamiini), 7,4 mg% C-vitamiini, 0,01 mg% E-vitamiini, 0,002 mg% K-vitamiini. Kõik kartulitaime rohelised



Joonis 3.32. Kartulimugulad

osad sisaldavad mürgist solaniini. Ka valguse kätte jäetud mugulate solaniinikogused võivad sedavõrd suureneda, et nad ei kõlba enam süüa.

Suure tärklisesisalduse tõttu on kartulit ka inimtoidu teiseks leivaks nimetatud. Otseselt toiduvalmistamisel kasutatav keedu- ja praekartul peab olema eelkõige meeldiva välimuse, värvuse, heade keedu või praadimisomadustega ja maitsev. Selle valgu- ja tärklisesisalduse suhe peaks jääma vahemikku 1:14. Kui ühe osa valgu kohta on tärklist enam kui 16 osa, muutub kartul keetmisel üleliia muredaks.

Tööstuskartulilt eeldatakse suurt tärklisesisaldust (>15%) ja kõrget saagikust. Nõuded valgusisaldusele olenevad valmistatavast tootest. Tärklise ja piirituse tootmisel põhjustab kõrge valgusisaldus liigse vahu teket, mis vähendab nii piirituse kui tärklise väljatulekut. Tärklise tootmisel eelistatakse suurt tärklisetera, sest see on lihtsamalt ja kiiremini eraldatav. Piirituse kääritamisel tera suurus tähtsust ei oma. Väga ulatuslik on kartuli kasutamine ka muu toormena. Sellest valmitatakse mitmesuguse maitse ja kujuga kartulikrõpse, paljusid modifitseeritud tärklise liike, siirupit, glükoosi, kartulivalku, jms. Siirupi tootmisel eelistatakse kiirelt suhkrustuva

tärklisega kartulisorte. Kartulitööstuse jäägiks olevad praak ja pulp on kasutatavad loomasöödana.

3.1.4.4. Juurviljad

Juurvilja nimetus justkui viitab sellele, et vastava taime vili tekib juures. Tegelikult tuleneb nimetus sellest, et taime söödavaks osaks on juur. Eestis kasvatatavad olulisimad juurviljad on peet, kaalikas, naeris, porgand, redis, rõigas, sibul ja küüslauk. Vahel loetakse juurviljade hulka kuuluvaks ka maapirni, mida on antud peatükis on kirjeldatud mugulviljana (vt eespool). Juurviljade juurtesse kogunevad vegetatsiooni käigus varuained, mis aitavad taimel talvituda ja alustada kasvu uue vegetatsiooniperioodi alguses. Enamik juurvilju on kahe- või mitmeaastased taimed, kes ei õitse esimesel aastal pärast seemnest võrsumist. Juurviljade varuained on ka inimesele toitaineteks. Nendeks on eelkõige kergesti seeduvad süsivesikud, kuid märgataval hulgal leidub juurviljades ka valku. Juurviljade koristusjärgsel säilitamisel on oluline hoida temperatuuri madalana (1-3 °C) ning õhu relatiivset niiskusesisaldust 85-90% juures. Neil tingimustel on kuivamisest, koristusjärgsest hingamisest ja riknemisest tingitud kaod kõige väiksemad. Eesti üheks tüüpiliseks juurviljaks on söögipeet.

Söögipeet

Botaaniliselt kuuluvad kõik viljeldavad peedid tavalise peedi (*Beta vulgaris*) liiki. See on kaheaastane risttolmleja taim, kellel on mahlakas söödav juurikas (**joonis 3.33**). Peedi teisenditest viljeldakse suhkru-, söögi-, sööda- ja lehtpeeti. Söögipeet on teistest juurviljadest märgatavalt soojalembesem. Teisel aastal kasvatab peeditaim kuni 1,5 m kõrge varre ja selle tippu õied. Peeti paljundataksegi õite tolmlemise järgselt moodustuvate seemnetega. Seemnete optimaalne idanemistemperatuur on 20-25°C, kuid idanemine algab juba 5-6°C juures. Selle tõusmed tärkavad 8-17 päeva jooksul. Peedi kasvu seisukohast optimaalne temperatuur jääb vahemikku 15-25 °C. Kõrgel temperatuuril kasvades moodustub vähem söögipeedile

omast punast pigmenti betaniini ja juurikad jäävad heledamaks. Punast pigmenti on ka peedi vartes ja lehtedes ning seda tekib intensiivsemalt sügiseste jahedate ilmadega.

Peedi (eriti suhkrupeedi) juurikad on kõrge suhkrusisalduse tõttu ka külmadele ilmadele kaunis vastupidavad. Kasvuks vajab ta rohkesti valgust ja niiskust. Vähese veevaruga liivased mullad peedi kasvatamise jaoks ei sobi. Suhkrupeedi esimese aasta vegetatsioon kestab umbes 5 kuud. Söögipeedil on selle pikkuseks 4-5 kuud. Peedi juurikate põhiline kasv toimub vegetatsiooni 1,5-2 viimse kuu jooksul. Söögipeedi saagikus on 25-60 t/ha, sõltuvalt sordist ja kasvutingimustest. Koheseks müügiks hakatakse söögipeeti koristama juba suve keskel. Pikaajaliseks säilituseks koristatakse seda enne öökülmade saabumist. Peedi optimaalne säilitustemperatuur on 3-4 °C, õhuniiskus 95-98%. Jahedas ruumis või külmkapis säilivad värsked peedid kuni 1,5 kuud. Sügavkülmutada toorest peeti ei soovitata, sest üles sulatamisel muutub peedi välimus ebameeldivaks ja struktuur pehmeks. Keedetuna on seda võimalik säilitada ka külmutatud kujul. Spetsiaalsetes hoidlates ja maakeldrites säilib ka värske peet üle talve.



Joonis 3.33. Punapeedi juurikas (all pikuti poolitatuna)

Värske söögipeet sisaldab keskmiselt 87% vett, 9,6% süsivesikuid (sh suhkruid 6,8%, kiudaineid 2,8%), 1,6% valku, 0,2% lipiide, mineraalaineid: kaltsiumi (16 mg%), rauda (0,8 mg%), magneesiumi (23 mg%), fosforit (40 mg%), kaaliumi (325 mg%), naatriumi (78 mg%), tsinki (0,35 mg%), mangaani (0,30mg%). Vitamiinidest leidub peedis 0,002 mg% A-vitamiini, 0,03 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,04 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 0,33 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 0,145 mg% pantoteenhapet (B_5-vitamiini), 0,07 mg% B_6-vitamiini, 0,109 mg% foolhapet (B_9-vitamiini), 4,9 mg% C-vitamiini, 0,04 mg% E-vitamiini, 0,002 mg% K-vitamiini).

Söögipeeti tarvitatakse otseselt toiduvalmistamiseks salatite, suppide koostises, garniirina jms. Värskelt süüakse peeti riivitult ja viilutatult või juuakse selle toormahla. Toidutoormena kasutatakse nii söögi- kui suhkrupeeti. Konservitööstustele müüdaval söögipeedil on eriti oluline värvus ja selle ühtlane jaotus kogu lõikepinna ulatuse. Peedile punast värvust andvatest ainetest kasutatakse betaniini (E162) toiduainetööstuses mitmete toiduainete (tomatipastad, soustid, keedised, jäätised jms) värvust intensiivistava lisandina. See on mh kasutusel ka punaste tintide koostisosana.

Suhkrupeet on suhkruroo kõrval suhkrutootmise teiseks küllaltki levinud toormeks. Umbes 40% maailma suhkrust valmistatakse suhkrupeedist. Suhkrupeedi olulisimaks kvaliteedinäitajaks on suhkrusisaldus, mis kaasaegsetel sortidel ületab 20% kuivaines. Ka suhkruroo vartest pressitud mahlas on suhkrusisaldus ligikaudu samas suurusjärgus, jäädes vaid mõne protsendi võrra madalamaks. Kuigi suhkrupeedi kasvatusega ja sellest suhkru valmistamisega tehti Eestis algust juba 19. sajandi lõpus, meil praegu suhkrutööstus puudub.

3.1.4.5. Aedviljad

Aedvilja nimetus on tegelikult mitmetähenduslik, kuid antud kontekstis kasutatakse seda nende kultuurina kasvatatavate söögitaimede kohta, mis pole tera-, kaun-, juur-, ega puuviljad. Samuti pole nende hulka arvatud maitse- ega õlitaimi. Aedvilja termin pärineb kokandusest, kus sellele on tegelikult antud märgatavalt laiem tähendus. Tuntuimad Eestis kasvatatavad aedviljad on kapsas, tomat, kurk, kõrvits, lehtsalat, rabarber, sibul, küüslauk, petersell, kõrvits jpt.

Valge peakapsas

Mitmekümnest kapsaliigist viljeldakse kõige enam valget peakapsast (*Brassica oleracea* var. *capitata f. alba*), mis kuulub ristõieliste sugukonna kapsarohu perekonda. Botaaniliselt on peakapsas kaheaastane rohttaim.

Valge peakapsas (**joonis 3.34**) on Eestis väga soositud toidutaim. Esimesel kasvuaastal moodustavad kapsa lehed tiheda roseti ehk pea, kuhu talletuvad varuained. Teisel aastal kasvavad kapsapeast välja õisikuvarred isegi siis, kui see on juurest lahti lõigatud. Erkkollased kapsaõied paiknevad õiskutena varte tipuosades ning on korraga nii putuk- kui isetolmlevad. Õite eduka tolmlemise järgselt arenevad neist kõderviljad, mis sisaldab tumedaid (pruune ja musti) umbes 1,5 mm läbimõõduga seemneid. Seemnete idanevus säilub 4-5 aasta jooksul ning mullas hakkavad need idanema 2-3 °C temperatuuril. Üldjuhul istutatakse valge peakapsas põllule ettekasvatatud istikutena, vaid harva kasutatakse otsekülvi.

Kapsataim talub edukalt ka lühiajalist öökülama. Kapsa optimaalne kasvutemperatuur on 15-20 °C, kõgemal temperatuuril kasv aeglustub. Kapsapead (mis botaaniliselt on varre otsa tekkinud pungad) koristatakse esimese kasvuaasta suvel või sügisel olenevalt sordist ja valmiduse astmest. Varajase peakapsa vegetatsioon kestab 3-4 kuud, keskvalmival on see 4-5 kuud ja hilisel 5-6 kuud. Üks taim kasvatab üldjuhul ühe 10-20 cm läbimõõduga pea, mis kaalub 1-3 kg. Peakapsas on sügisel hästi külmakindel: taludes kuni -8 °C temperatuuri. Tänu sellele kasvab kapsas ulatuslikus kliimavööndis subtroopikast kuni parasvöötme põhjapiirini. Ka mullastiku suhtes pole kapsas nõudlik, korraliku saagi tagamiseks vajab aga piisavalt valgust, kastmist ja muldamist. Koristamisel jäetakse peade kaitseks mehhaaniliste vigastuste vastu alles 3-4 rohelist lehte. Kapsa optimaalne säilitustemperatuur on 0 °C ja õhu suhteline niiskusesisaldus 95-98%.

Kapsas sisaldab keskmiselt 92% vett, 6% süsivesikuid (sh 1,7% glükoosi, 1,5% fruktoosi, 2,5% kiudaineid), 1,3% valku, 0,1% lipiide, mineraalaineid: kaltsiumi (40 mg%), rauda (0,47 mg%), magneesiumi (12 mg%), mangaani (0,16 mg%), fosforit (26 mg%), kaaliumi (170 mg%), naatriumi (18 mg%), tsinki (0,18 mg%), fluori (0,0001 mg%).

Vitamiinidest leidub kapsas 0,06 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,04 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 0,23 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 0,21 mg% pantoteenhapet (B_5-vitamiini), 0,12 mg% B_6-vitamiini, 0,043 mg%

Joonis 3.34. Valge peakapsas



foolhapet (B_9-vitamiini), 37 mg% C-vitamiini, 0,08 mg% K-vitamiini. Toitumise seisukohast on hästi tasakaalus kapsa valgu aminohappeline koostis. Ka kapsajuure sisekiht on toiduna kasutatav ning toitainerikas. Kapsast tarvitatakse toiduks nii toorelt kui töödeldud kujul. Sellest valmistatakse salatit, hautiseid, suppe ja muud toitu. Levinud töötlusviisiks on kapsa hapendamine, mis muudab selle kergemini seeditavaks. Kapsa töötlemiseks kasutatakse veel aurutamist, hautamist jms. Toiduainetööstusele on kapsas hinnatud toormeks mitmesuguste konservide ja konservsuppide valmistamisel. Rahvameditsiinis peetakse kapsast toiduaineks, mis suurendab söögiisu, aitab maohaavandite ravis ning vähendab vähiriski.

3.1.4.6. Õlikultuurid

Õlikultuure kasvatatakse taimsete toiduõlide või tehniliste õlide saamiseks. Eelkõige pressitakse õli seemnetest, viljadest ja idudest. Eestis kasvavateks toiduõli taimedeks on raps, rüps, päevalill, lina, sarapuupähkel jt. Lõunamaades on olulisteks õlikultuurideks päevalill, maapähkel, sojauba, oliiv, kooskospähkel, kreeka pähkel ja õlipalm. Eestis kasutatakse õlikultuuridest kõige enam rapsi.

Raps

Raps ehk õlikaalikas (*Brassica napus*) on üheaastane rüpsi ja kapsa looduslik ristand ning kuulub ristõieliste sugukonna kapsarohu perekonda. Rapsi kasvatatakse kõikidel mandritel nii paraskliimavöötmes, kui ka märgatavalt soojema kliimaga maades (**joonis 3.35**). Jahedamas kliimas viljeldakse seda nii suvi- kui talirapsina. Eestis kasvatatakse suvirapsi enam, sest selle saagikus ületab talirapsi oma ning suvirapsi vegetatsiooniperiood

(vaid 3,5-4,5 kuud) on talirapsi omast lühem. Raps vajab kasvuks head toitainete- ja huumuserikast pinnast. Rapsiseemned idanevad juba temperatuuril 1-3 °C. Suviraps külvatakse umbes 5-10 ºC-ni soojenenud mulda. Talirapsi külv sooritatakse suve lõpus (augusti keskel). Rapsi optimaalne kasvutemperatuur jääb vahemikku 14-17 °C.

Umbes 20-25 päeva pärast võrsumist ilmuvad rapsitaime varte otsa rohked erkkollased õised. Õitsev raps on väga hea meetaim ning oma 25-30 päevase õitsemise ajal pakub rapsipõld mesilastele ja teistele putukatele rohkesti nektarit. Lisaks putuktolmlemisele on raps võimeline ka isetolmlemiseks. Õite edukal tolmlemisel kasvab neist 3-11 cm pikkune kaun, milles on 12-20 mustjat kuni 3 mm läbimõõduga ümarat seemet. Seemne valmimisel kaunad avanevad ning seetõttu ei tohi koristamisega liiga hiljaks jääda. Rapsikoristust alustatakse siis, kui taimed on muutunud pruunikashalliks ja seemnete niiskusesisaldus jääb 15-20% piiresse. Koristusjärgselt rapsiseemneid kuivatatakse alla 45 ºC temperatuuril, kuni nende veesisaldus väheneb 9%-ni. Rapsiseemnete keskmine saagikus on Eestis 1,5 t/ha. Eestis viljeldakse rapsi kaunis suurel määral, et varustada toiduõli tootvat tööstust kohaliku toormega.

Rapsi seemneis on 36–50% õli, mille koostises on vaid 7% küllastatud rasvhappeid. Küllastamata rasvhapetest sisaldab rapsiõli 61% oleiinhapet, 21% linoolhapet, 11% linoleenhapet. Rapsiõli saadakse seemnetest külmpressimise, kuumpressimise või ekstraheerimise meetodil, sageli nende kombineerimisega. Varasemalt rapsist toiduõli ei valmistatud, sest seemed olid kibedamaitselised, mida põhjustas suur glükosinolaatide ja eruukhappe sisaldus. Sordiaretusega on need puudused kõrvaldatud ja kaasaegsed rapsisortidest toiduõli valmistamine pole enam probleemiks. Rapsisortide sobilikkust selleks arvestatakse vastavas skaalas, kus eruukhapet vähesisaldav raps loetakse 0-sordiks. Kui selles on ka vähe glükosinolaate, siis on tegemist 00-sordiga ning 000-sordis on vähe nii eruukhapet, glükosinolaate kui toorkiudu.

Toiduvaldkonnas hinnatakse rapsiõli eelkõige küllastamata rasvhapete (eriti linool- ja linoleenhappe) suure sisalduse poolest. Rapsiõli talub hästi kuni 160 ºC kuumust ning sobib seetõttu praadimisõliks. Kuumutamisel hakkab õli siiski kergesti suitsema, mida põhjustab alfa-linoleenhappe lõhustumine. Rapsiõli kasutatakse praadimisel, salatite jm toitude lisandina. Enamasti on müüdav rapsiõli rafineeritud, et vähendada selle oküdeerumise ohtu hapniku käes. Toiduainetööstuses on rapsiõli omakorda toormeks margariini, toidurasvmäärete jms valmistamisel. Inimtoidu kõrval kasutatakse rapsiõli ka biodiisli ja mitmesuguste muude tehniliste toodete (eriti lakkide, värvide, määrdeainete jms) valmistamiseks. Rapsiõli töötlemisjäägina saadav rapsikook ja ekstraheerimisel järele jääv šrott on väga hinnatud loomasöödad.



Joonis 3.35. Õitsev rapsipõld

3.1.4.7. Maitsetaimed – eeterlike õlide kultuurid

Eeterlikud õlid on väga olulised toiduainete lõhna ja maitse kujundajad, mistõttu vastavad taimed kuuluvad enamasti ka üldtuntud maitsetaimede hulka. Lõhnakujunduses omavad kõige suuremat rolli kergesti lenduvad ühendid, mis on ka eeterlike õlide tähtsaimateks koostisosadeks. Väga rohkesti kasutatakse Eesti toiduainete tehnoloogias imporditavaid maitseaineid (pipar, kaneel, ingver jt). Osalt kasutatakse maitseainetena ka üldtuntud mugulvilju (sibul, küüslauk), puuvilju (apelsin, sidrun), pähkleid jne. Eeterlikke õlisid rikkalikult sisaldavate taimede esindajateks Eestis on koriander, köömen, piparmünt, till.

Koriander

Koriander kasvab looduslikult Lähis-Idas ja Lõuna-Euroopas. Koriandri seemed idanevad temperatuuride vahemikus 5-25 °C. Võrsumise järgselt kasvab selle aroomika taime vars 0,2-0,6 m kõrgeks, moodustades haruде ülaosas väikeste valgete õitega sarikalised õisikud (**joonis 3.36**). Pärast tolmlemist tekivad õitest 3-5 mm läbimõõduga ümarad laguviljad, mille seemned saavad koristusküpseiks 4,5-6,0 kuud pärast külvi. Koriander tuleb koristada suve lõpul enne viljade valmimist, sest muidu varisevad valminud seemned maha. Selle saagikus ulatub kuni 2 t/ha.

Aedkoriandri (*Coriandrum sativum*) seemneid kasutatakse kulinaarias laialdaselt vürtsina, mis soodustab mh liha säilimist. Seetõttu maitsestatakse koriandriseemnete ja neist valmistatud jahuga eriti loomseid toiduaineid ja toite. Suureviljaliste (3-5 mm) koriandrisortide valminud seemned sisaldavad 0,1-0,4% eeterlikke õlisid ning neist valmistatakse eelkõige toidu maitsesegusid. Väikseseviljaliste (1-3 mm) sortide seemned sisaldavad 0,4-1,8% eeterlikke õlisid ja neist pressitakse enamasti koriandriõli. Koriandrit kasvatatakse vähesel määral ka Eesti aedades. Koriandriseemnetele lisaks kasutatakse toitude maitsestamiseks ka koriandri lehti.

Koriandri värsked lehed sisaldavad 92% vett, 3,7% süsivesikuid (sh 2,8% kiudaineid ja 0,9% suhkruid), 0,52% lipiide, 2,1% valku, mineraalaineid: kaltsiumi (67 mg%), rauda (1,77 mg%), magneesiumi (26 mg%), mangaani (0,43 mg%), fosforit (48 mg%), kaaliumi (521 mg%), naatriumi (46 mg%), tsinki (0,5 mg%). Vitamiinidest leidub koriandrilehtedes 0,337 mg% A-vitamiini, 3,93 mg% beeta-karoteeni, 0,07 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,16 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 1,11 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 0,57 mg% pantoteenhapet (B_5-vitamiini), 0,15 mg% B_6-vitamiini, 0,06 mg% foolhapet (B_9-vitamiini), 27 mg% C-vitamiini, 2,5 mg% E-vitamiini, 0,31 mg% K-vitamiini.

Kuivad koriandriseemned sisaldavad 9% vett, 55% süsivesikuid (sh 42% kiudaineid), 17,8% lipiide, 12,4% valku, 0,2-1,8% eeterlikke õli-

sid (millest 60-80% moodustab linalool), mineraalaineid: kaltsiumi (709 mg%), rauda (16,3 mg%), magneesiumi (330 mg%), fosforit (409 mg%), kaaliumi (1267 mg%), naatriumi (35 mg%), tsinki (4,7 mg%). Vitamiinidest leidub koriandriseemnetes 0,239 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,290 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 2,13 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 21 mg% C-vitamiini.

Koriandri värskeid lehti kasutatakse kastmete, salatite, suppide ja lihatoitude maitsestamiseks samal moel nagu ka tilli ja aedpeterselli. Seejuures tuleb arvestada, et koriandrilehtede maitse ja lõhn on märgatavalt intensiivsem. Lehtedest enam leiavad Eestis kasutust koriandri muskuse ja sidrunilõhnalised seemed, nendest tehtud pulber või maitsesegud. Koriandri seemneid lisatakse ka tööstuslikult toodetavatele marinaadidele, vorstidele, juustudele, liha- ja kalakonservidele ning pagari- ja kondiitritoodetele.

Lisaks kala-, liha- ja munatoitudele, sobib koriander hästi riisi, kartuli, marinaadide, leiva, küpsiste ja kookide maitsestamiseks. Seemnete kuivröstimisel nende spetsiifiline aroom ja maitse tugevnevad. Koriandri-



Joonis 3.36. Koriandritaime osad (*Franz Eugen Köhler, „Köhler's Medizinal-Pflanzen" 1897*)

seemnetest pressitud toiduõli sisaldab 29% oleiinhapet, 52% isooleiinhapet, 14% linoolhapet, 3,4% palmitiinhapet, 1,5% steariinhapet, 0,6% müristeenhapet. Seemnetest veeaurudega destilleeritavat taimespetsiifilise aroomiga eeterlike õlide ekstrakti kasutatakse likööride, seepide ja parfüümide valmistamisel. Kontsentreeritud kujul on sellel väga terav lõhn ja kibe maitse, kuid tugeval lahjendamisel muutuvad nii lõhn kui maitse mahedaks ja meeldivaks. Koriandri eeterlikud õlid mõjuvad inimesele söögiisu suurendava, seedimist parandava ja krampide vastase vahendina. Rahvameditsiinis kasutataksegi nende hädade leevendamiseks kas kuivatatud koriandrivilju või eeterlike õlide ekstrakti.

Aedtill

Aedtill ehk till (*Anethum graveolens*) on kümnekonna alamliigiga üheaastane tugevalõhnaline maitsetaim, mis kuulub sarikaliste sugukonna tilli perekonda. Tilli kasvatatakse Euroopas, Aasias ja Põhja-Aafrikas juba iidsetest aegadest peale, kusjuures ravimtaimena kasutati seda Muinas-Egiptuses, Kreekas ja Roomas. Till pärinebki Aasia lääneosast ja Vahemere aladelt, kust levis mujale Euroopasse eriti Antiik-Rooma ja keskaja kloostrite vahendusel. Tilli kasvatatakse kas lehttilli või seemnetillina. Koduaedades viljeldakse sama taime mõlemaks otstarbeks. Aedtill vajab sooja ja valgusküllast kasvukohta, kus kasvab 40-150 cm kõrguseks. Selle vars jaguneb ülaosas sulgjateks 10-20 cm pikkusteks lehisteks, mille lehtede laius jääb vahemikku 1-2 mm. Aedtill õitseb juunis-juulis valgete või kollakate õitega, mis paiknevad 2-9 cm läbimõõduga sarikate otsas. Õiesarikad moodustavad omakorda ca 15 cm läbimõõduga liitsarikaid. Pärast tolmlemist valmivad õitest 4-5 mm pikad ja 1-2 mm paksud seemned, mis võivad olla kergelt kaardus ja säilitavad idanemisvõime 3-10 aasta jooksul. Toitude maitsestamiseks saab lehti koguda kogu kasvuperioodi jooksul (mai lõpust oktoobrini), seemneid aga vahetult enne nende lõplikku valmimist (augustis-septembris). Selleks lõigatakse sarikad taime küljest lahti ning paigutatakse tagurpidi nädalaks paberkottidesse kuiva kohta valmima. Pärast seemnete eraldumist sarikatest, saab neid säilitada õhukindlas pakendis või anumas. Tilli taimemassi saagikus jääb vahemikku 15-30 t/ha, seemnete saagikus on 0,8-1,2 t/ha. Tillilehed säilivad pakendatult 0…-1 °C temperatuuril ning õhu 95% relatiivse niiskusesisalduse juures 2-3 nädalat. Kuivatamisel tillilehtede säilivus küll pikeneb, kuid nende värske aroom ja maitse kipuvad kaduma. Kasutades aga sublimatsioonkuivatust, jääb aroomikus ja hea maitse alles, samas pikeneb mõnevõrra ka säilivusaeg. Väga hästi säilib till soolatud kujul.

Kuivatatud tillitaim sisaldab keskmiselt 5,5% vett, 57,0% süsivesikuid (sh 12% kiudaineid), 20,0% valku, 4,0% rasva, 0,1-0,35% eeterlikke õlisid, mineraalaineid: kaaliumi (3,3%), kaltsiumi (1,7%), naatriumi (0,2%).

Maitsetaimena kasutamise seisukohast on eriti oluline roll tilli eeterlikel õlidel, mis 60% ulatuses koosnevad karvoonist. Kõige enam on seda ainet seemnetes, ületades 2-4 korselt sisaldust lehtedes. Värsketes tilliseemnetes on keskmiselt 7% süsivesikuid (sh 2,1% kiudaineid), 3,5% valku, 1,1% rasva, mineraalaineid ja mikroelemente: kaltsiumi (208 mg%), rauda (6,6 mg%), magneesiumi (55 mg%), mangaani (1,3 mg%), fosforit (66 mg%), kaaliumi (738 mg%), naatriumi (61 mg%), tsinki (0,90 mg%) vaske (0,14 mg%). Vitamiinidest leidub aedtillis 7,72 mg% retinooli (A-vitamiini), 0,10 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,30 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 1,60 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 0,40 mg% pantoteenhapet (B_5-vitamiini), 0,20 mg% B_6-vitamiini, 0,15 mg% foolhapet (B_9-vitamiini), 85 mg% C-vitamiini.

Värsket till kasutatakse aedvilja-, liha-, kala- jm toitude maitsestamiseks. Selle noori võrseid ja lehti lisatakse hakituna mitmesugustesse kastmetesse, piimatoodetesse (näiteks juustud, sulatatud juustud, kohupiimakreemid), munaroogadele ja salatitesse. Samaks otstarbeks kõlbavad ka eelnevalt kuivatatud võrsed ja lehed. Kurkide konserveerimisel eelistatakse lisandina kasutada tilli varsi koos seemnetega. Tilliseemned sobivad hästi konservide ja marinaadide koostisse. Tilliõli valmistatakse taimelehtedest, vartest ja seemnetest, kusjuures seemnetest saadavat rasvast õli kasutatakse palju kuivsuppide tootmisel. Tillist valmistatud eeterlik õli on kollakasvalge õrna ja meeldiva köömnelõhnga rohkesti flavanoide sisaldav vedelik. Selles on tuvastatud umbes 40 erinevat lenduvat komponenti. Nii eeterlik kui rasvane tilliõli on olulised kosmeetika-, parfümeeria- ja farmaatsiatööstuse toormed. Farmaatsiatööstuses toodetakse tilliekstraktidest ja õlidest mitmesuguseid ravimeid hüpertooniatõve, krampide, bronhiaalsete hädade neurooside jms vastu. Nende kasutamisel tuleb mõningal määral arvestada sellega, et eeterliku õli põhikomponent karvoon võib osal inimestest tekitada allergiat. Samuti soovitatakse tilli ja tilliekstraktide tarvitamisel olla ettevaatlik madala vererõhuga inimestel.

3.1.4.8. Suhkrukultuurid

Olulisimateks ja traditsioonilisteks suhkrukultuurideks on suhkrupeet (vt Peet), mis kasvab ka Eestis, ning suhkruroog. Ensümaatika arenguga seoses on haktud suhkrut, eriti glükoosi tootma ka tärkliserikastest põllukultuuridest (kartulist, maisist, nisust).

Suhkruroog

Suhkruroog (*Saccharum*) on peamiselt troopikas kasvav kõrreliste sugukonna taim, mida on teada umbes 10 erinevat liiki. Neist tuntuim on mitmeaastane harilik suhkruroog (*Saccharum officinarum*), mis kuulub kõrreliste sugukonna suhkruroo perekonda ega esine looduslikes kooslustes. Suhkruroog on taimeriigi kõige efektiivsem fotosünteesija – selle lehtedesse talletatakse 7-8% pealelangevast päikseenergiast (tavaliselt fotosünteesib taim 0,1-1% lehtedele langevast energiast). Osa suhkruroo sorte on võimelised sümbioosis varre rakkude vahel elavate mikroobidega siduma ka õhulämmastikku (sarnaselt liblikõieliste taimedega), ega vaja kasvuks seetõttu lämmastikväetisi. Kõige paremini kasvab suhkruroog niiskes kliimas toitaineterikkal pinnasel 25-28 °C temperatuuri juures .

Suhkruroo ca 6 cm läbimõõduga ja 20-40 sõlmekohaga lüliline vars (mis botaaniliselt on kõrs) ulatub 2-6 m kõrgusele ning selle säsi sisaldab 14-20% sahharoosi. Varre tippu kasvab 0,3-0,6 m kõrgune õisik, mille 10-25 cm õiekobarad moodustuvad 3-4 mm tähikutest. Tolmlemise järgselt arenevad õitest piklikud viljaterad (**joonis 3.37**). Varrele ja värsketele võrsetele kinnituvad 5-7 cm laiused ja 1-2 m pikkused lehed suhkrut oluliselt ei sisalda ning need jäetakse koristamisel istandusse maha. Varred koristatakse istandusest vahetult enne taime õitsemist.

Koristusaja täpsem valik tehakse varte suhkrusisalduse ja valmidusastme järgi. Koristamisel lõigatakse suhruroo varred maapinna lähedalt maha ning tükeldatakse. Maasse jäänud varretüngast kasvavad peagi uued võrsed ning aastas on võimalik koguda mitu saaki. Sukruroo varte aastane saagi-

kus on keskmiselt 200 t/ha. Kuigi suhkruroo taim võib elada 20 aastaseks, viljeldakse seda ühel kohal kuni kolm aastat. Pärast seda istutatakse taimed ladvaosa varresõlme tükkide abil ümber puhanud pinnasesse. Olenevalt kasvutingimustest, võib uus taim anda saaki juba 9-24 kuu möödumisel.

Koristatud suhkruroo varred sisaldavad keskmiselt 67-73% vett (koos selles lahustunud soolade ja valkainega), 8-12% tselluloosi, 18-21% suhkrut. Nende eeltöötlemisel pressitakse välja suhkrurikas mahl, milles on keskmiselt 18,4% suhkrut, 0,1% tärklist, 0,03% valku, 0,29% mineraalaineid. Saadud mahlale lisatakse kustutatud lupja ja kuumutatakse seda 70 °C ning tekkinud valgusade eemaldatakse siis filtreerimisega. Järgneb filtreeritud mahla aurutamine, mille tulemusena jääb järele kristalne pruunikat värvi toorsuhkur.

Koristatud suhkruroo varte eeltöötlus sooritatakse võimalikult kiiresti, et vältida suhkrukadu koristusjärgse ainevahetuse (klimakteerse hingamise) kiirenemise tulemusel. Saadud suhkur turustatakse kas toor- või rafineeritud tootena.

Rafineerimisel eemaldatakse suhkru pruunikad lisandid, mille tulemusena saadakse helevalge värvusega kristallsuhkur. Suhkrutootmise vaheprodukti – suhkrurikast melassi – kasutatakse küllalt palju muudes toiduainetööstuse harudes (pagaritööstuses, piimatööstuses, karastusjookide tööstuses jm). Suhkruroopõhine tuntuim alkohoolne jook on tootmisjäägidest valmistatav rumm. Viimastel aastakümnetel on suhkruroost hakatud kääritamisega tootma ka etanooli, mida kasutatakse mootorikütusena (enamasti teatud vahekorras bensiiniga). Koristus- ja pressimisjäägid kõlbavad loomasöödaks, paberi, kiuplaatide, kemikaalide, jms tootmiseks, osalt ka kütteks.

3.1.4.9. Puuviljad

Eestis kasvatatavad olulisimad viljapuud on aed-õunapuu, pirnipuu, ploomipuu, kirsipuu, kreegipuu ja vähesel määral ka viinapuu. Mujal kas-

vatatavad, kuid Eestiski tarbitavad viljapuude viljad on apelsin, mandariin, sidrun, aprikoos, virsik, granaatõun jt. Toiduvaldkonnas loetakse puuviljadeks ka mõnede rohttaimede vilju, näiteks banaane ja ananasse. Puuviljade keskmine saagikus maailmas ületab üldjuhul 10 t/ha. Õuntel on see



Joonis 3.37. Suhkruroo maapealsed taimeosad (*Franz Eugen Köhler, „Köhler's Medizinal-Pflanzen" 1897*)

16 t/ha, apelsinidel 18 t/ha, viinamarjadel 10 t/ha, mangol ja guajaavidel 8,2 t/ha, mandariinidel 12 t/ha, pirnidel 15 t/ha, virsikutel ja nektariinidel 14 t/ha, sidrunitel ja laimidel 15 t/ha, papaiadel 29 t/ha, ploomidel 4,2 t/ha, greipidel 25 t/ha, aprikoosidel 8,0 t/ha, maguskirssidel 5,6 t/ha, kiividel 14 t/ha, hapukirssidel 5,2 t/ha, viigimarjadel 2,9 t/ha. Eesti kõige olulisemaks puuviljaks on õunapuu.

Õunapuu

Erinevatest õunapuuliikidest on enim tuntud aed-õunapuud (*Malus domestica*) (**joonis 3.38**). Lisaks mägi-õunapuule on paraskliimavöötmes looduslikelt kasvavaid õunapuuliike üle 30. Eestis esineb neist looduslikuna mets-õunapuu. Maailmas on praeguseks õunapuusorte teada üle 30 tuhande, millest vaid suhteliselt vähesed annavad põhilise õunasaagi. Õunasorte liigitatakse suvi-, sügis- ja taliõunteks. Eri õunasordid on kuju, suuruse, värvuse, maitse, koostise, tekstuuri, valmimise ja säilivuse poolest väga erinevad. Aed-õunapuu on 4-12 m kõrge ja tiheda võraga. Pärast viljumist vajab see vähemalt paarikuulist madala temperatuuriga (0-7 °C) puhkeaega, millele eelneb lehtede langetamine. Ometigi kasvatatakse õunu ka lõunamaades, kus puud sunnitakse puhkeseisundisse lehtede noppimisega või juurte osalise läbiraiumisega.

Eestis on aed-õunapuu kõige olulisem viljapuu, mille saagikus oleneb ilmastikust, puude hoooldusest, külmakahjustustest puhkeperioodil ning viljakandvuse tsüklilisusest. Viimane võib põhjustada järjestikustel aastatel samas aias kümnekordseid saagikuse muutusi. Neid saab vähendada vastavate kasvatustehniliste meetmetega, näiteks puude lõikamise, õite eemaldamisega rohkel õitsemisel jms. Suur õunapuu võib aastas anda 100-200 kg õunu.

Õunapuu varase viljakuse ja ühtlase saagikuse tagamiseks kasutatakse vastavate kultuursortide pookimist selleks aretatud vegetatiivalustele. Nüüdseks on Eestiski hakatud turustama istikuid, mis hakkavad õunu kandma juba 6-8 aastat pärast istutamist.

Aed-õunapuu kasvatatakse umbes 1,8-4,0 m kõrgeks ning selle võra pügatakse saagikuse suurendamiseks ja saagikoristuse hõlbustamiseks re-



Joonis 3.38. Õitsev õunapuu

gulaarselt. Õunapuu õitseb 4-6 kaupa kobarasse koondunud valgete, punakate või roosade õitega kevadel üheaegselt lehepungade puhkemisega. Õied tolmlevad putukate, eelkõige mesilaste kaasabil. Edukalt tolmlenud õiest areneb rüüsvili (õun), millel on viiepesaline seemnetega õunasüda. Sõltuvalt sordist ja kasvutingimustest, valmivad õunad suve teisel poolel või sügisel.

Valminud õunte värvus oleneb sordist ja valmimise tingimustest. Suvised õunad korjatakse puudelt enne seemnete pruunistumist, kuid tarbimisküpsuse staadiumis. Pikemalt säilitatava taliõuna seemnetel lastakse enne koristamist pruunistuda. Tarbimisküpsuse saavutavad need enamasti alles ladustamisel. Sobilikke sorte saab säilitada üle talve, ilma toiteväärtuse

märgatava vähenemiseta. Mõistlik on selleks kasutada kõrgendatud süsihappegaasi sisalduse ja filtreeritud õhuga hoidlaid, et pidurdada etüleeni toimel käivituvat klimateerset hingamist ja valmimist. Valmimise takistamiseks võidakse rakendada ka etüleeni adsorbente. Hilissügisel korjatud ja jahedas säilitatud taliõunad võivad pidada vastu järgmise saagini ka lihtsamates oludes, eriti kui temperatuur püsib madalana ning tagatakse vajalik õhu niiskusesisaldus. Eestis toodetakse igal aastal 10-20 tuhat tonni õunu, mida kahjuks suhteliselt vähe tööstuslikult väärindatakse. Vastava toiduainetööstuse haru ebapiisav areng on pidurdanud oluliselt ka õunakasvatust, milleks Eesti olud on küllaltki sobivad.

Valminud õunad sisaldavad keskmiselt 85,6% vett, 13,8% süsivesikuid (sh 2,1% glükoosi, 5,9% fruktoosi, 2,1% sahharoosi, 0,05% tärklist, 2,4% kiudaineid), 0,26% valku, 0,17% lipiide, 0,19%, mineraalaineid: kaltsiumi (6,0 mg%), rauda (0,12 mg%), magneesiumi (5,0 mg%), mangaani (0,04 mg%), fosforit (11 mg%), kaaliumi (107 mg%), naatriumi (1,0 mg%), tsinki (0,04 mg%), vaske (0,03 mg%). Vitamiinidest leidub õuntes 0,003 mg% A-vitamiini, 0,017 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,026 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 0,091 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 3,4 mg% B_4-vitamiini, 0,061 mg% pantoteenhapet (B_5-vitamiini), 0,041 mg% B_6-vitamiini, 0,003 mg% foolhapet (B_9-vitamiini), 4,6 mg% C-vitamiini, 0,18 mg% E-vitamiini, 0,002 mg% K-vitamiini. Orgaanilistest hapetest on õuntes kõige enam õunhapet, mille sisaldus võib erinevatel sortidel jääda vahemikku 0,15-1,1%. Õunte pektiinisisaldus on 0,25-0,75% ja tanniinisisaldus umbes 0,5%.

Õunu tarvitatakse nii värskelt kui mitmel viisil töödelduna. Varasordilisi õunu kasutatakse enamasti koheselt söömiseks, salatitesse lisamiseks, garniirina toitude juurde jne. Sama kasutust leiavad ka sügis- ja talveõunad, kuid seda juba aastaringselt. Värskeks tarbimiseks aretatud õunu nimetatakse laua- ehk dessertõunteks. Väga suurt hulka õunu kasutatakse puuviljakonservide, mooside, püreede ja kompottide toormena. Kehvematest õuntest ja spetsiaalselt selleks otstarbeks aretatud sortidest toodetakse

õunamahla ja selle baasil mahlakontsentraati, siidrit, õunaveini, õunaviina (kalvados) ning õunaäädikat. Õunakoortes on rohkesti pektiini, mida töös-tulikult eraldatakse toiduainetele lisatavate stabilisaatorite ja paksendajate valmistamiseks. Õunaseemnetest aga on võimalik toota seemneõli, mida saab samuti toiduainetele või roogadele lisada.

Õunavalk sisaldab allergeeni, mis mõnel inimesel võib põhjutada nn õuna-kase allergiat (sarnaneb kase õietolmu allergiaga). Sama allergeen tekitab allergiat ka teiste puu- ja juurviljade suhtes. Õunte pikaajalisel säilitamisel selle allergeeni kontsentratsioon võib suureneda, kuid termilisel töötlemisel see inaktiveerub ega põhjusta enam probleeme.

Vahemeremaades on levinud teine allergia vorm: nn õuna-virsiku allergia. Selle kulg on tõsisem, eriti värskelt korjatud üleküpsenud õunte söömisel. Sordiaretajad püüavad praegu luua hüpoallergeenseid õunasorte, mis neid probleeme enam ei tekitaks. Õunaseemned sisaldavad vähesel määral amügdaliini (tsüaanglükosiidi), mis tavaliselt kahjulikku mõju ei avalda, kuid suures koguses (näiteks 100 g) õunaseemnete tarvitamisel võib põhjustada mürgitust. Terviseohuks võivad olla ka õunakoortes sisalduvad fütokemikaalid, mis soodustavad haigestumist.

3.1.4.10. Marjad

Eesti enimkasvatatavad marjad on punane, valge ja must sõstar, karusmari, must aroonia ja ebaküdoonia. Kaks viimast pole botaaniliselt marjad vaid samasugused rüüsviljad nagu õun ja pirn. Sõstrate (*Ribes*) perekonna liigid kuuluvad sõstraliste sugukonda, neid kokku on umbes 150, mis kasvavad põhjapoolses paraskliimavöötmes ning Lõuna-Ameerikas. Eesti looduses leidub neist magedat sõstart (taignamarja), musta sõstart, karvast sõstart ja harva ka punast sõstart. Marjakultuuridena kasvatatakse musta, punast ja valget sõstart ning karusmarja, mida kõiki on hakatud viljelema suhteliselt hiljuti (umbes 500 aastat tagasi).

Kõige enam toodetakse sõstramarju Euroopas (Poolas, Saksamaal, Venemaal, Suurbritannias, Prantsusmaal, Taanis), kusjuures musta sõstart mitmeid kordi enam kui teisi sõstraliike. Musta sõstart peetakse neist ka kõige väärtuslikumaks, eelkõige kõrge C-vitamiini sisalduse poolest. Punane sõstar on väga hea mahlamari ja valget hinnatakse meeldiva maitse pärast. Musta sõstra põõsas kannab marju kuni 12 aastat, punasel ja valgel sõstral on kandeiga ligikaudu kaks korda pikem. Must sõstart viljeldakse marjadest Eestis kõige enam.

Must sõstar

Must sõstar (*Ribes nigrum*) kuulub sõstraliste sugukonna sõstrate perekonda. Seda kasvab loodusli kuna huumuserikastel ja niisketel muldadel, sageli veekogude kallaste läheduses Kesk- ja Põhja Euroopas ning Aasia paraskliimavöötmes kuni põhjapoolse metsapiirini välja (**joonis 3.39**). Must sõstar on varju- ja külmakindel taim, kuid ei talu põuda.

Musta sõstra aretuses on kasutatud umbes kümmet maailmas teadaolevast ligi 150 sõstraliigist. Rohkearvulistest musta sõstra sortidest kasvatatakse Eestis umbes paarikümmet, mis oma toitainete sisalduse, saagikuse ja kasvutingimuste poolest omavahel mõnevõrra erinevad. Musta sõstra põõsas võib kasvada kuni 2 m kõrguseks. Selle primaarsed oksad arenevad juurmistest pungadest, kusjuures iga oksa tipmisest pungast täieneb pikisuunaline juurdekasv ja külgmistest pungadest arenevad külgharud. Uute võrsete teke mõjutab oluliselt saaki, sest enamus õitest areneb noortel okstel ja võrsetel. Vilja kannavad need kuni 3 aastat. Viljad tekivad rohekaskollastest 5-10 õiega rippuvatest õiekobaratest. Ühest õiepungast võib moodustuda kuni kolm kobarat. Kuna õitsemine toimub varakult (Eestis maikuus), mil mesilasi lendab jaheda ilmaga veel vähe, siis on musta sõstra peamisteks tolmeldajateks kimalased. Soojemates maades on must sõstar ka oluliseks meetaimeks.

Viljastunud õitest tekivad ümarad, musta värvi ning spetsiifilise maitse ja aroomiga marjad, mis valmivad juulis. Must sõstar on kergesti paljundatav istikute või pistokste abil. Musta sõstra istikust kasvama pandud põõsas alustab viljumist kolmandal või neljandal kasvuaastal ja sellest alates annab iga-aastaselt rikkalikku saaki. Musta sõstra istandustes on keskmine saagikus 3 t/ha.

Musta sõstra marjad sisaldavad keskmiselt 82% vett, 15% süsivesikuid, 1,4% valku, 0,4% lipiide, 0,9% mineraalaineid: kaaliumi (322 mg%), fosforit (59 mg%), kaltsiumi (55 mg%), magneesiumi (24 mg%), naatriumi (2 mg%), rauda (1,5 mg%), tsinki (0,3 mg%), mangaani (0,25 mg%), vaske



Joonis 3.39. Musta sõstra põõsa viljadega oksaharu

(0,1 mg%). Rikkalikult on marjades vitamiine: 0,01 mg% retinooli (A-vitamiini), 0,05 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,05 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 0,30 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 0,40 mg% pantoteenhapet (B_5-vitamiini), 0,07 mg% B_6-vitamiini, 181 mg% C-vitamiini, 0,10 mg% E-vitamiini. Lisaks sisaldavad musta sõstra marjad veel, orgaanilisi happeid, antioksüdante ja fütontsiide: lenduvaid fenoolseid aineid, mis on mikroobidevastase toimega ning annavad põõsa võrsetele, lehtedele ja marjadele väga iseloomuliku aroomi. Marjade kestades leiduvat värvainet antotsüaniini peetakse vähivastase toimega ühendiks.

Musta sõstra marju tarbitakse kaunis rohkesti toorelt, eriti C-vitamiini suurepärase allikana. Neist valmistatakse nii kodusel teel kui tööstuslikult mahla, smuutisid, moose, tarretisi, siirupit. Levinud on musta sõstra mahla või seda sisaldavate mahlasegude kääritamine marjaveiniks. Lisaks marjadele leiavad kasutamist ka musta sõstra põõsa lehed, mida kasutatakse köögivljade konserveerimisel ja hapendamisel maitsestamiseks ning värviessentside valmistamiseks. Organismi tugevdava, kootava, higi- ja

uriinieritust soodustava toime tõttu tarvitatakse musta sõstra marju küllalt laialdaselt ka rahvameditsiinis.

3.1.4.11. Pähklid

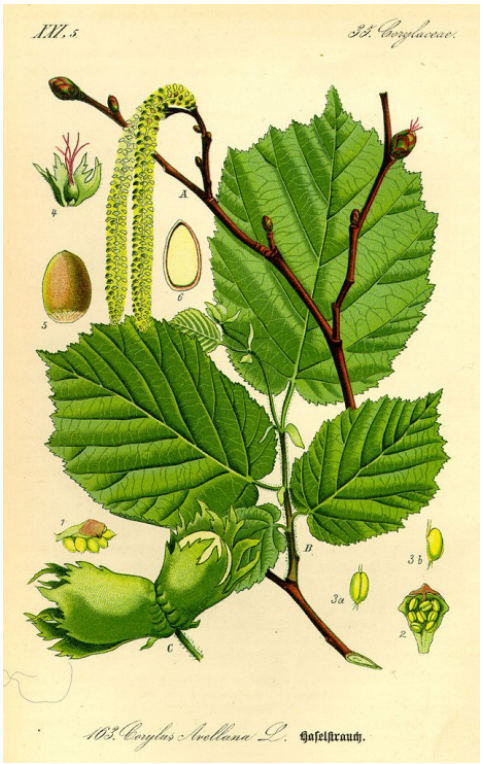
Pähklite all mõistetakse vilju, mille seemneks olevat tuuma ümbritseb kõva luine väliskest. Botaaniliselt on pähkel üheseemneline sulgvili, mistõttu kõik allpool pähklitena käsitletav seda sageli pole. Tõeliseks pähkliks on näiteks sarapuupähkel. Pähklid on populaarsed seetõttu, et need on üldjuhul valmis koheseks tarvitamiseks ning nende toiteväärtus on väga kõrge. Põhilised toiduks kasutatavad pähklid on mandel, kreeka pähkel, sarapuupähkel, pistaatsia pähkel, kastan, kookospähkel. Tänu kõrgele rasvasisaldusele on pähklid ka oluliseks toormeks toiduõlide ja margariinitööstusele. Erandiks on kastan, mille põhitoitainete rühmaks on süsivesikud. Pähklite rasv koosneb enamasti mono- ja polüküllastumata rasvhapetes, välja arvatud kookospähkel, mis sisaldab peamiselt küllastatud rasvhappeid. Pähklite väärtust suurendab ka see, et need ei sisalda kolesterooli, on suhteliselt rikkad kiudainete, mineraalainete ja E- ning B-rühma vitamiinide (tiamiini, riboflaviini, pantoteenhappe ja foolhappe) poolest. Samal ajal tuleks just kõrge toiteväärtuse pärast vältida nende ületarbimist. Eesti tuntuim pähklipuu on harilik sarapuu.

Harilik sarapuu

Harilik sarapuu (*Corylus avellana*) on tegelikult liigitatav põõsaks, mis kuulub kaseliste sugukonna sarapuu perekonda. Sarapuu (ka sarap, sarakas) nime kasutatakse Põhja-Eestis, Lõuna- ja Lääne-Eestis nimetatakse seda pähklipuuks, pähklipõõsaks ja pähkmepuuks. Sarapuumetsi ehk sarapikke leidub kogu Eesti aladel, kust meeleldi käiakse sügiseti pähkleid korjamas. Istandustena kasvatatakse meil sarapuud vähe, küll aga on need levinud lõunapoolsetes maades. Eestis kasvab eelkõige harilikku sarapuud (**joonis 3.40**), kuid leidub ka sama perekonna teistest liikedest (näiteks kõrgetüvelisest sarapuust) sorte.

Sarapuu eelistab valgusküllast kasvukohta ning huumuse- ja lubjarikast mulda, kuid saab hakkama ka tagasihoidlikumates oludes, kasvades mh alusmetsas. Sarapuupõõsa moodustavad erineva vanusega tüved, mis vananedes vajuvad väljapoole kaldu. Metsas kasvab sarapuu keskmiselt 2-6 m kõrguseks, aias kasvades võib aga kõrgus ulatuda peaaegu 10 meetrini. Tüvede iga on tavaliselt paarkümmend aastat, misjärel need kuivavad ning langevad maha, tehes ruumi noorte tüvede kiirele kasvule.

Sarapuu hakkab viljuma 5-6-aastaselt, saagikuse maksimum saabub 10-15 aastaselt. Põhiliselt levib sarapuu p ähklite, juure- ja kännuvõsude abil. Paljundamiseks saab kasutada pistoksi ning pookimist.



Joonis 3.40. Sarapuu lehed, õied ja viljad (*Otto Wilhelm Thomé „Flora von Deutschland, Österreich und der Schweitz“ 1885, Gera*)

Sarapuu õitseb varakevadel enne lehepungade puhkemist, muidu takistaks lehestik tuultolmlemist. Tagasihoidliku välimusega väikestele emasõisikutele kandub tolm paarikaupa rippuvaist 5-12 cm pikkustest urbadest, mis tekivad okstele juba eelmisel suvel. Emasõisikud moodustuvad kevadel vahetult enne õitsemist. Viljastunud õitest arenevad kas üksikud või mitmekaupa kobaras kasvavad pähklid (rahvasuus ka metspähklid).

Hariliku sarapuu pähkli suurus on keskmiselt 1-2,5 cm ja mass 0,9-1,2 g, millest koor moodustab veidi üle poole. Täissuuruse saavutab see augusti alguseks ja valmib septembri keskel. Valmival pähklil muutub algselt valge koor helepruuniks. Looduslikult kasvava põõsa saagikus on 1-3 kg,

istanduste kultuursorid aga annavad saaki üle 10 kg põõsa kohta (2-4 t/ha). Eestis kogutakse enamasti looduslikult kasvavaid pähkleid. Suurem osa kaubanduses ja tööstusliku toormena kasutatavatest pähklitest pärineb istandustest, mitte looduslikust korjest.

Korjata soovitatakse pähkleid vaid täiesti küpsenult, sest toorena säilivad need halvasti ega omanda tüüpilist pähklimaitset. Korjamisjärgselt tuleb saak korralikult õhu käes ära kuivatada, muidu võivad pikaajalisel säilitamisel hakata neil arenema nn hallikud (hallitusseened), mille toksiinid ei lagune ka kuumutamisel. Sellised pähklid pole söömiskõlblikud ja neid ei tohi ka loomadele sööta. Samuti ei tohiks tarvitada säilitamisel rääsunud pähklituumasid.

Sarapuupähklid sisaldavad keskmiselt 5,3% vett, 61% lipiide, 11% süsivesikuid (neist 8,6% kiudaineid, 1% suhkruid), 62% rasva (milles on 4,5% küllastatud rasvhappeid, 46% monoküllastatud ravhappeid ja 8% polüküllastamata rasvhappeid), 12% valku, 2,3% mineraalaineid: kaaliumi (680 mg%), fosforit (290 mg%), magneesiumi (163 mg%), kaltsiumi (114 mg%), mangaani (6,2 mg%), rauda (4,7 mg%), tsinki (2,5 mg%), vaske (1,7 mg%), seleeni.

Vitamiinidest on sarapuupähklites 0,005 mg% retinooli (A-vitamiini), 0,60 mg% tiamiini (B_1-vitamiini), 0,11 mg% riboflaviini (B_2-vitamiini), 1,8 mg% niatsiini (B_3-vitamiini), 0,6 mg% püridoksiini (B_6-vitamiini), 0,11 mg% foolhapet (B_9-vitamiini), 3 mg% C-vitamiini, 26,6 mg% tokoferooli (E-vitamiini).

Sarapuupähkli valk on oma asendamatute aminohapete sisalduse poolest eriti sobiv taimetoitlastele. Samas on oluline arvestada sellega, et mõned inimesed on pähklivalgu suhtes allergilised. Sarapuupähkleid tarvitatakse naturaalselt järelroa või suupistena. Toiduainetööstuses on sarapuupähkel hinnaliseks toormeks. Kondiitritööstuses kasutatakse neid lisandina mitmesuguste kookide, tortide ning maiustuste (kompvekkide, pralinee, halvaa, pähklivõi) tootmisel. Piimatööstuses lisatakse peenestatud pähkleid

jogurtitele, jäätistele, kohupiimatoodetele jms. Rohke rasvasisalduse tõttu saab sarapuupähklitest valmistada pähkliõli, mis omakorda on toormeks parfümeeria-, puhastusvahendite- ja värvitööstuse jaoks.



Kontrollküsimused

Mis on taimerakkudes põhilised organid ja millised on nende funktsioonid?
Mille poolest erineb taimerakk loomsest rakust?
Missugune on taimsete kudede jaotus ja millised on nende funktsioonid?
Mille poolest erineb meristeemkude teistest kudedest?
Kuidas liiguvad toitained taimekudedes?
Millised koed on toidutoormena kõige olulisemad?
Missugused on taimede põhilised organid?
Esita näiteid taimeorganite kasutamise kohta taimse toormena.
Missuguseid taimeorganeid kasutatakse taimse toormena kõige enam?
Mõtle selle üle missugused taimeorganid sobivad taimse toormena säilitamiseks? Põhjenda seda.
Millised on taimede ainevahetuse kaks põhilist protessi ja kuidas need toimivad?
Mille poolest erinevad ja on sarnased taimede hingamine ja fotosüntees?
Kuidas toimub taimedes valkainete süntees?
Iseloomusta taimede arengut ja kasvufaase.
Kuidas on kasvufaasid seotud kõlblikkusega taimseks toormeks?
Millised on taimede primaarsed metaboliidid ja milline roll on neil toidutoormes?
Millised on taimede sekundaarsed metaboliidid ja milline roll on neil toidutoormes?
Missugune on taimse toorme säilimist mõjutavad tegurid ladustamisel?
Mõtle hingamise rollile taimse toorme säilitamise aspektist?
Mida kujutab endast klimakteerne hingamine?
Kirjelda hormoonide rolli taimse toorme säilitamisel ja järelvalmimisel?
Kirjelda põhilisi toidutaimede rühmi ja too näiteid neisse kuuluvatest taimedest?
Millist taimset tooret tuleks kasutada valgu, rasva või süsivesikute poolest rikaste toiduainete valmistamiseks?

Mõtle sellele, millise taimse toormega saaks rikastada toitu erinevate mineraalainetega.
Missugune taimne toore on heaks A- ja C-vitamiini allikaks?
Kas leidub ka sellist taimset tooret, mis sisaldab piisaval määral rasvaslahustuvaid vitamiine?
Püüa kirjeldada ja võrrelda üldises plaanis taimse ning loomse toorme eeliseid ja puudusi erinevate toitainete sisalduse järgi.



3.2. Loomne toore

3.2.1. Piim

Vilma Tatar

Piim on keerulise koostisega valge või kergelt kollakas bioloogiline vedelik, mis sisaldab praktiliselt kõiki elusrakkude ehitamiseks ja funktsioneerimiseks vajalikke keemilisi aineid (süsivesikuid, valkusid, lipiide, mineraalsooli, vitamiine, jne). Piima keemiline koostis ning koostiskomponentide stabiilsus ja struktuur aga ka omadused varieeruvad suuresti. Selle varieeruvuse põhjused võivad olla:

- geneetilised erinevused liikide, tõugude ja indiviidide vahel;
- füsioloogilised eripärad, mis on tingitud laktatsioonide arvust, laktatsiooni järgust ja looma east;
- keskkonnast, eeskätt söötmis- ja pidamistingimustest, aga ka kliimaatilistest tingimustest põhjustatud.

3.2.1.1. Piima keemiline koostis

Kõige rohkem on piimas vett ja vesi esineb piimas vaba veena ning seotud veena. Vabas vees on lahustunud muud piima koostisosad. Vaba vee sisaldus (keskmiselt 96% kogu vee sisaldusest) soodustab valkude pundumist, mis sõltuvalt temperatuurist ja keskkonna happesusest mõjutab oluliselt kalgendi omadusi fermenteeritud piimatoodete valmistamisel. Vaba vee osakaalu vähenemisel teatud piirini seiskub mikroobide elutegevus ja pidurduvad paljud fermentatiivsed protsessid. Seotud vesi moodustab kogu veest keskmiselt 3-3,5%. Seotud vesi on seotud kõige rohkem valkude ja laktoosiga. Peale lehmapiima tarvitatakse toiduks ka teiste loomade piima, nende keskmine keemiline koostis on lehmapiimast erinev (vt. Piimanduse käsiraamat).

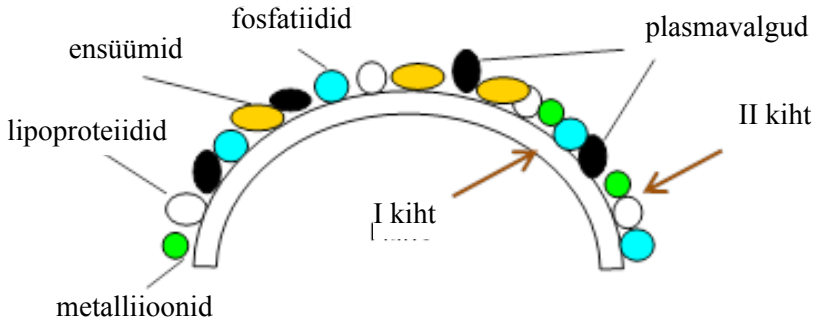
Piimarasv

Piima toodang ja rasvasisaldus suureneb lehma vanusega kuni kuuenda eluaastani ja seejärel vähehaaval väheneb. Piimarasv esineb piimas rasvagloobulitena, mille läbimõõt on 0,1…20 µm, keskmiselt 3…4 µm. 1 ml piimas sisaldub 3000…4000 miljonit rasvagloobulit. Rasv annab piimale meeldiva maitse ja kollaka värvuse ning suurendab rasvas lahustuvate (A, D ja E) vitamiinide sisaldust. Piimatoodete valmistamisel annab piimarasv tootele elastse konsistentsi, takistab kaseiini liigset tihenemist ja suurendab väljatulekut. Rasv mõjutab oluliselt kalgendi omadusi ummistades selle võrgustiku avasid, mis raskendab vadaku sünereesi. Seetõttu saadakse kõrgema rasvasusega piimast õrnem ja suurema veesisaldusega kalgend. Piimarasv koosneb triatsüülglütseroolidest 98%, vabadest rasvhapetest 0,02%, fosfatiididest 1,0% ja vitamiinidest, sh karotiinist 50 mg/kg.

Piimarasval on looduslikest rasvadest kõige mitmekesisem koostis. Rasvhapete hulgas on nii küllastatud, monoküllastamata, kui polüküllastamata rasvhappeid. Üksikute rasvhapete sisaldus piimas sõltub söödaratsioonist, aastaajast, loomatõust jt. teguritest. Piimarasva rasvhappelise koostise muutus avaldab mõju rasva maitsele, lõhnale, konsistentsile ja säilivusele. Peale neutraalse rasva sisaldab piim veel rasvataolisi aineid – fosfatiide ja steroole. Fosfatiididekс on letsitiin ja kefaliin. Steroolideks kolesterool ja ergosterool. L isaks sisaldab piim veel ka piimarasva laguprodukte (di- ja monoatsüülglütseroole, vabasid rasvhappeid) glükolipiide (vt. Piimanduse käsiraamat).

Rasvagloobulite kokkuvoolamist takistab neid ümbritsev lipoproteiidne kile, e. membraan, mis stabiliseerib rasvaemulsiooni. Rasvagloobuli membraan sisaldab suures osas valke ja fosfolipiide, tserebrosiide, nukleiinhappeid, kolesterooli ning ensüüme, mikroelemente ja seotud vett. Rasvagloobuli membraan koosneb kahest erineva koostisega kihist (**joonis 3.41**). Esimene, sisemine kiht kujutab endast rasvagloobuli kile valgu ja fosfatiidide kompleksühendit. See kiht ümbritseb tihedalt raskestisulavaid triatsüülglütseroole ja on umbes 6-10 nm paksune. Sisemisele membraani

kihile on adsorbeerunud piimanäärmest piima sattunud kerakujulistest lipoproteiidsetest osakestest koosnev teine kiht. Osakeste suurus varieerub 30 kuni 300 nm. Membraani teise kihi moodustavad osakesed on nõrgalt seotud sisemise kihiga ja kergesti eralduvad piima mehhaanilisel ja termilisel töötlemisel. Samal ajal võib rasvagloobuli membraani sisemine kiht adsorbeerida piimast plasma valke (kaseiin ja vadakuvalgud).



Joonis 3.41. Rasvagloobuli membraan. I kiht- valgu ja fosfatiidide (letsitiin, kefaliin) kompleks; II kiht– lipoproteiidide jt. osakesed.

Rasvagloobulid omavad negatiivset laengut (membraani valkude isoelektriline punkt on pH 4,1-4,5 juures) ja on tugevalt hüdratiseeritud. Membraani välimine kiht sisaldab tserebrosiide, mille abil suured rasvakuulikesed võivad omavahel kleepuda ja tõusta pinnale piima seismisel.

Piimarasva omadused

Piimarasva füüsikalis-keemilised omadused määravad selle koostisesse kuuluvate rasvhapete omadused. Nende iseloomustamiseks kasutatakse nö konstante. Olulisemateks keemilisteks konstantideks on seebistamisarv, joodiarv, Reichert-Meissli arv ja Polenske arv. Füüsikalisteks konstantideks on piimarasva sulamistemperatuur, hangumistemperatuur ning refraktsiooniarv (vt. Piimanduse käsiraamat).

Tabel 3.4. Kaseiinide ja vadakuvalkude keskmine sisaldus lehmapiimas (Горбатова К.К.)

Piimavalk	**Sisaldus %-des üldisest valgust**	**Isoelektriline punkt, pH**
Kaseiin	78…85	
alfa – αs1;	33…45	4,44…4,76
alfa – αs2	8	-
beeta – β	26…41	4,83…5,07
kappa – κ	11	5,45…5,77
Vadakuvalgud	15…22	
α – laktalbumiin	3…7	4,2…4,5
β – laktoglobuliin	7…15	5,13
immuunoglobuliinid	1,5…3	5,6…6,8
seerumi albumiin	1,5	4,7…4,9
laktoferriin ja teised minoorsed valgud	2…4	3,3…3,7

Piimavalk

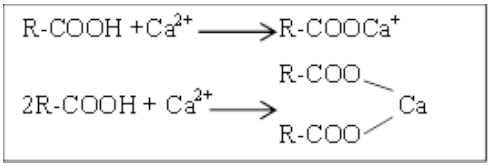
Lämmastikühendid piimas esinevad kahe fraktsioonina; valgud, mis moodustavad 95% ja mittevalgulised ühendid, mille osakaal on 5% lämmastikühenditest. Piimavalgud jagunevad kaseiinideks, mis moodustavad piimavalgu sisaldusest keskmiselt 80% ja vadakuvalkudeks, mille osakaal on 20% (**tabel 3.4.**).

Valgud on kõige olulisemaks koostisosaks lehmapiimas, omades kõrget bioloogilist aktiivsust. Piimavalgud koosnevad aminohapetest, mis jagunevad asendatavateks ja asendamatuteks. Asendatavatest aminohapetest on piimavalkude koostises märgatavas koguses alaniini, seriini, tsüstiini, asparagiinhapet, glutamiinhapet, türosiini, proliini ja glütsiini. Asendmatutest aminohapetest on esindatud leutsiin, treoniin, isoleutsiin, lüsiin, valiin, fenüülalaniin, trüptofaan ja metioniin (vt. Piimanduse käsiraamat).

Kaseiin

Valkudest omab piimatoodete tehnoloogias kõige suuremat tähtsust kaseiin, kuna sellest sõltub piima kalgenemisprotsess ja toodete väljatulek.

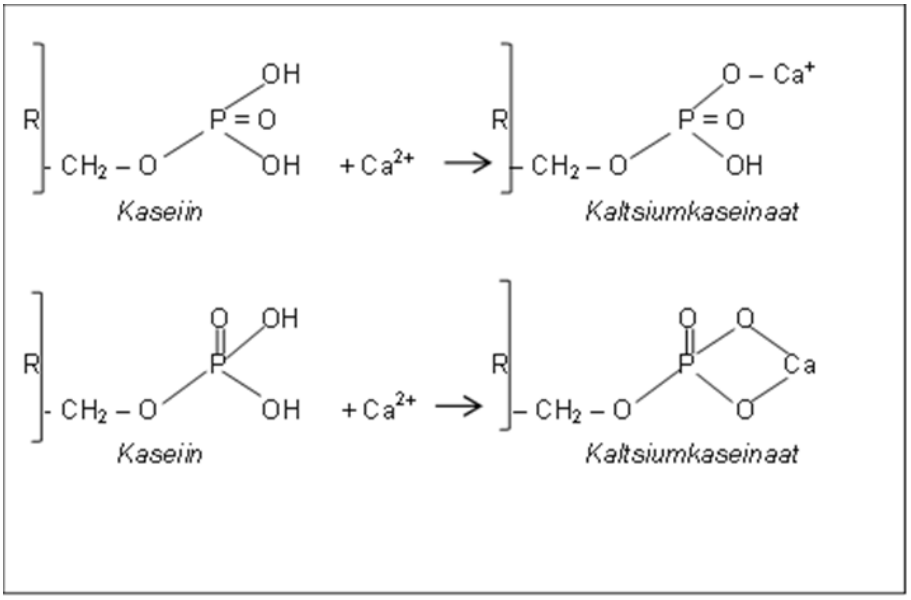
Kaseiini mitselli olulisteks valgulisteks komponentideks on αs1-, αs2-, β- ja κ-kaseiin. Nende mineraalse osa moodustavad kaltsium, fosfor ja tsitraadid. Väikestes kogustes sisaldavad mitsellid ka magneesiumi, kaaliumi ja naatriumi (vt. Piimanduse käsiraamat). Piimas on kaseiin ühinenud kaltsiumiga ning moodustab koos fosforhappega nn. kaltsiumkaseinaatfosfaat kompleksi, mida nimetatakse mitselliks. Kaltsiumi ioonid on ühinenud kaseiini karboksüülrühmadega (**joonis 3.42**). Kaltsiumisisalduse vähenemisel piimas kaseiinimitsellid lagunevad lihtsamateks kaseiiniosakesteks.



Joonis 3.42. Kaltsiumioonide ühinemine kaltsiumkaseinaatfosfaadi kompleksi.

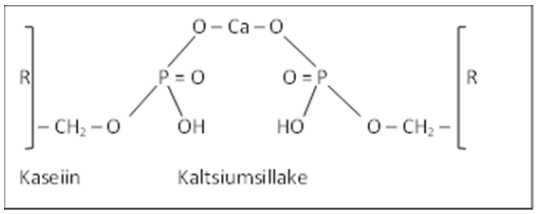
Esimeses etapis nad ühinevad kaseiini fosforhappe jäägiga. Seejuures Ca2+ võib ühineda kas ühe või kahe fosforhappe OH grupiga (**joonis 3.43**).

Esimesel juhul omab kaltsium ühte vaba sidet ja võib moodustada kaltsiumsillakesi kaseiini kahe molekuli vastastikku asetsevate seriinfosfaatgruppide vahel **(joonis 3.44**). Selline kaltsium – struktuurimoodustav kaltsium – etendab olulist rolli kaseiinimitsellide moodustumisel.



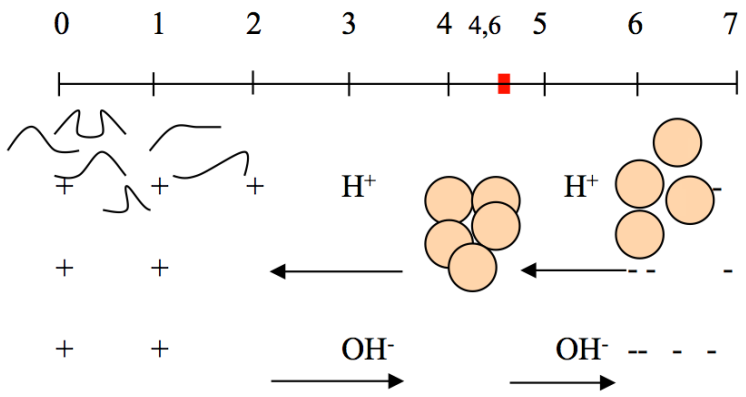
Joonis 3.43. Kaltsiumiooni ühinemine ühe või kahe OH grupiga.

Struktuurimoodustava kaltsiumi kogusest sõltub mitsellide arv ja termostabiilsus (kaseiini struktuur on püsiv ainult piisava hulga kaltsiumi olemasolul).



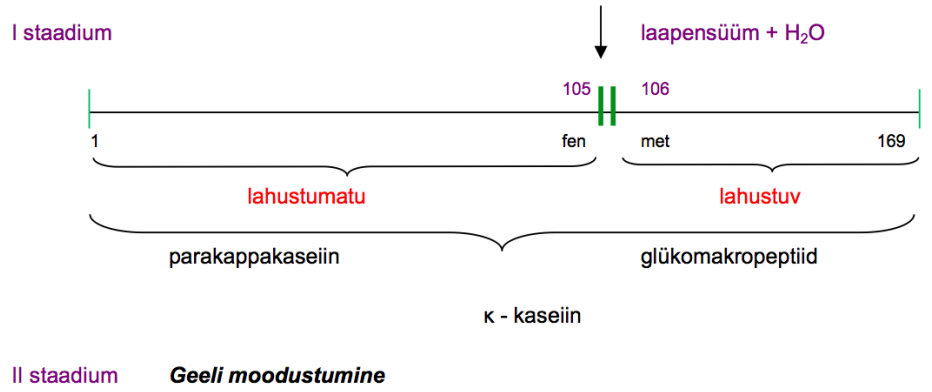
Joonis 3.44. Moodustunud kaltsiumsillake kaseiinimitsellide vahel.

Kaltsiumisillakesed soodustavad kaseiini kolloidosakeste agregeerumist laabi ja kaltsiumi toimel. Happe ja laapensüümi toimel kaseiin koaguleerub ja moodustab kalgendi. Seda kaseiini omadust kasutatakse hapupiimade, kohupiima, hapukoore ja juustude valmistamisel. Peale kaseiini eemaldamist jäävad vadakusse lahustuvad vadakuvalgud. Happe toimel kaseiini sadenemine sõltub keskkonna pH-st. Piimas on kaseiini osakestel negatiivne laeng, mis tekitab nende vahel tõukejõu ja ei lase mitsellidel liituda. Kui pH väärtus väheneb tänu happes sisalduvale H+ ioonile, hakkavad mitsellid suurenema, kaseiiniga kompleksühendis olev kolloidne kaltsiumfosfaat dissotsieerub, mitsellide elektriline laeng väheneb ja nad destabiliseeruvad. Isoelektrilises punktis (IEP), kui keskkonna pH on 4,5…4,6, kaotavad mitsellid laengu (negatiivsed ja positiivsed laengud võrdsustuvad) ning kaseiin langeb sademesse (**joonis 3.45**).



Joonis 3.45. Kaseiini koaguleerumine happe toimel.

Juustutootmisel tekitatakse kalgend enamasti ensümaatiliselt. See toimub kahes etapis. Esimeses etapis toimub κ- kaseiini polüpeptiidahela fermentatiivne lõhustumine aminohapete fenüülalaniin ja metioniin kohalt (**joonis 3.46**). κ-kaseiin hüdrolüüsub lahustumatuks parakappakaseiiniks, mis jääb sademesse ning lahustuvaks glükomakropeptiidiks, mis jääb vadakusse. Teises etapis toimub kalgendi (geeli) struktuuri moodustumine.



Joonis 3.46. Kaseiini sadenemine laapensüümi toimel.

Laapensüümi tegevuse tulemusena kaseiini mitsellid kaotavad oma stabiilsuse ja agregeeruvad ning moodustavad võrgustiku.

Vadakuvalgud

Termini „vadakuvalgud“ all mõeldakse piima lämmastikühendeid, mis jäävad vadakusse peale kaseiini sadenemist. Erinevalt kaseiinidest vadakuvalgud ei assotsieeru üksteisega ja ei sadene välja isoelektrilises punktis. Nende molekulmass ulatub 14,1- 66,3 kD ja üle selle. Nende polüpeptiidahelad ei sisalda fosfaatestreid, ning eristuvad suurtes kogustes väävlit sisaldavate aminohapete poolest. Vadakuvalgud ei hüdrolüüsu plasmiini ja laapensüümi toimel, võrreldes kaseiiniga on vähemtundlikud kaltsiumile, kuid tundlikud kuumutamisele.

Piimanäärmes sünteesitakse α-laktalbumiin ja β-laktoglobuliin ning need valgud esinevad ainult piimas. Kõrget bioloogilist väärtust omavad asendamatute väävlit sisaldavate aminohapete olemasolu tõttu α–laktalbu-

miin, β–laktoglobuliin ja immuunoglobuliin. Sellepärast kasutatakse neid laialdaselt toitumuslikel eesmärkidel.

β-laktoglobuliin esineb toorpiimas dimeerina, sisaldades kahte polüpeptiidahelat. Piima soojendamisel kuni 30º C β-laktoglobuliin laguneb monomeerideks, mis edasisel kuumutamisel agregeeruvad tänu S-S sidemete moodustumisele. Täielikult denatureerub β-laktoglobuliin temperatuuril 85-100º C. Piima pastöriseerimisel denatureerunud β-laktoglobuliin koos $Ca_3(PO_4)_2$ sadeneb piimakivina ja moodustab kompleksi κ-kaseiiniga, muutes kaseiini mitsellide omadusi (vt. V. Poikalainen. Juustutehnoloogia 2004).

α-laktalbumiin esineb piimas osakestena, suurusega 15-50 nm. Tema oma tugeva hüdratiseerituse tõttu ei koaguleeru laapensüümi toimel, ega isoelektrilise punkti saavutamisel. α-laktalbumiin on kõige termostabiilsem vadakuvalk. Kõrge termostabiilsuse tagab tema molekulis rohkete S-S sidemete olemasolu.

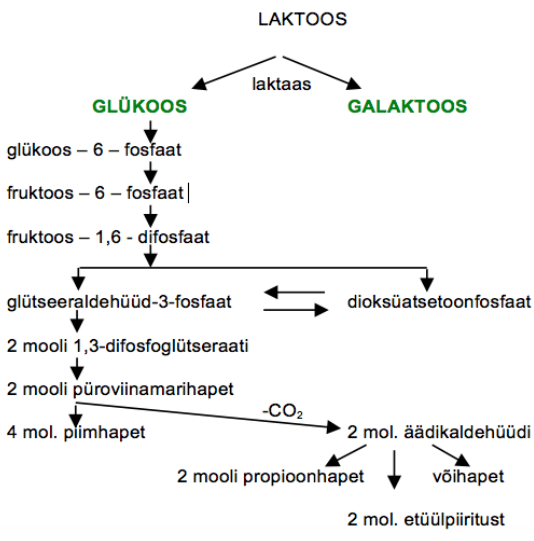
Seerumi albumiin on lihtvalk, mis pärineb verest ja lahustub hästi vees. Valgu polüpeptiidahel koosneb 582-st aminohappe jäägist, sisaldades 17 molekulisisest disulfiidset sidet ja ainult ühte vaba sulfhüdrüül (-SH) gruppi. Happe ja laapensüümi toimel seerumi albumiin ei koaguleeru. Aga kuumutamisel kuni 70℃ langeb sademesse.

Immunoglobuliin on samuti lihtvalk ja esineb piimas lahustunud olekus. Viiest inimese organismis tuntud immunoglobuliinide (antikehade) klassist on piimas leitud neli: IgG, IgA, IgM ja IgE. Kõik immunoglobuliinid, peale IgA, sisalduvad looma veres, kust nad piima sünteesil tulevad otse piima. IgA sünteesitakse piimanäärmes. Immunoglobuliinid on glükoproteiidid, st nende raske (heavy) polüpeptiidahel on seotud oligosahhariididega. Süsivesikute sisaldus ulatub 2-3%-ni IgG puhul ja 10-12%-ni IgA ja IgM puhul. IgG omab kahte alaklassi - IgG1ja IgG2. Piimas leidub peamiselt IgG1. Immunoglobuliinid koaguleeruvad piima kuumutamisel nõrgalt happelises keskkonnas 72℃ juures.

Minoorsete valkude hulka kuuluvad **laktoferriin**, **tseruloplasmiin**, **β2-mikroglobuliin** ja **proteoos-peptoonid**. Neid sisaldab piim väga väikestes kogustes, kuid neil on tähtis bioloogiline funktsioon. Laktoferriin on punane glükoproteiin, mis sünteesitakse piimanäärmes, seob rauda ja on bakteritsiidse toimega. Proteoos-peptoone iseloomustatakse kui termostabiilseid, pH 4,6 juures lahustuvaid, 12% trikklooräädikappes sadenevaid vadakuvalke. Nende valkude hulka kuulub ka **rasvagloobuli membraani valk**, mis kujutab endast letsitiin-valgulist kompleksi (lipoproteiidid).

Laktoos

Laktoos on disahhariid ($C_{12}H_{22}O_{11}$), mis koosneb kahest monosahhariidist: glükoosist ja galaktoosist. Võrreldes teiste suhkrutega ei ole laktoos nii magus. Kui võtta aluseks sahharoosi magusus 100 ühikut, siis fruktoosi magusus oleks 125 ühikut ja laktoosil ainult 38 ühikut. Laktoos on piimhappebakterite ja mitmete teiste mikroorganismide põhiliseks toitaineks. Ensüümi laktaas toimel hüdrolüüsitakse laktoos glükoosiks ja galaktoosiks ning piimhappebakterid kääritavad glükoosi piimhappeks (**joonis 3.47**).



Joonis 3.47. Laktoosi käärimise lihtsustatud skeem.

Piimhape mõjutab kalgendi pH ning võib omakorda olla toitaineks teistele mikroorganismidele. Kui piimas esinevad ka pärmid, siis käärimise tulemusel tekib alkohol ja süsihappegaas.

Peale laktoosi esineb piimas ka muid suhkruid, näiteks aminosuhkrud, mis on seotud valkudega ja mis on stimulaatoriteks mikroorganismide arengul (vt. Piimanduse käsiraamat).

Mineraalained

Mineraalainete all mõistetakse metalli ioone, aga ka orgaaniliste ja anorgaaniliste hapete soolasid piimas. Suur osa neist esineb fosforhappe ja sidrunhappe sooladena (vt. Piimanduse käsiraamat). Mineraalid piimas esinevad vabade ioonidena või on seotud kolloidlahusena. Vabade ioonidena esinevad kaltsiumi, naatriumi, kaaliumi jt. ioonid.

Mineraalainete üleküllus piimas toob kaasa valkude kolloidsüsteemi tasakaalu rikkumise ja valgud langevad sademesse. Seda piima omadust kasutatakse ära kohupiima ja juustude valmistamisel näiteks $CaCl_2$ lisamisega. Olenevalt mineraali kontsentratsioonist piimas jagatakse need makro- ja mikroelementideks. Nende üldine sisaldus sõltub eelkõige loomade söötmisest ja füsioloogilisest seisundist. Keskmine sisaldus on toodud **tabelis 3.5**.

Paljud mikroelemendid tagavad mikroorganismide normaalse arengu. Piimhappebakterid vajavad oma elutegevuseks eelkõige rauda, mangaani, koobaltit. Samas vask ja raud võivad mõjuda negatiivselt mõnede piimatoodete, näiteks juustude säilivusele, sest soodustavad rasvade oksüdatsiooni.

Tabel 3.5. Makro- ja mikroelementide sisaldus lehmapiimas (Poikalainen 2004)

Makroelemendid	**Sisaldus mg/l**	**Mikroelemendid**	**Sisaldus µg/l**
Kaalium (K)	1460	Tsink (Zn)	4000
Kaltsium (Ca)	1200	Raud (Fe)	670
Kloor (Cl)	1100	Alumiinium (Al)	500
Fosfor (P)	950	Floor (F)	200
Naatrium (Na)	500	Tina (Sn)	170
Väävel (S)	290	Vask (Cu)	120
Magneesium (Mg)	140	Mangaan (Mn)	60

Ensüümid

Ensüümid on valgulised ühendid, mis etendavad olulist rolli erinevates biokeemilistes protsessides. Mõõdukas temperatuur, 25…50 ℃ soodustab ensümaatilisi reaktsioone. Sellest kõrgematel temperatuuridel, 50…80 ℃ enamik ensüüme inaktiveerub. Lehmapiimas leidub nii natiivseid, kui mikroobseid ensüüme (vt. Piimanduse käsiraamat).

Piimas, mis on saadud tervetelt lehmadelt ja hügieeniliselt lüpstud, sisaldub keskmiselt 100 erineva päritoluga ensüümi, millest on isoleeritud ja identifitseeritud üle 20 natiivse ensüümi. Ühed neist (laktoperoksidaas, aluseline fosfataas, ksantiinoksidaas, lüsotsüüm jt.) sünteesitakse vahetult piimanäärme sekretsioonirakkudes, teised (katalaas, plasmiin, lipoproteiinlipaas, ribonukleaas, jt,) satuvad piima otse verest.

Suur osa natiivsetest ensüümidest moodustavad elementaarse osa sekretsiooninäärmetest, mis osalevad raku metabolismis ja piima koostisosade sünteesis, aga seejärel satuvad piima rakkude kahjustumisel sekretsiooniprotsessi käigus. Mitmed ensüümid satuvad piima mikroorganismide elutegevuse tulemusel, sh laktaas. Laktaasil on oluline roll fermenteeritud piimatoodete ja juustude valmistamisel. Mitmeid ensüüme kasutatakse piima kvaliteedikontrollis. Olulisemad selles osas on peroksidaas, katalaas, aluseline fosfataas ja lipaas (vt. V. Poikalainen, Piima tootmine).

Piima muud koostisained

Piimas leidub nii rasvlahustuvaid (A,D,E,K) kui veeslahustuvaid (C, B_1, B_2, B_3, B_6, B_{12}, H, PP) **vitamiine** (vt. Piimanduse käsiraamat). Paljud vitamiinid (provitamiinid) satuvad looma organismi söödaga, piima sisse aga looma vere kaudu. Enamik vees lahustuvaid vitamiine sünteesitakse looma organismis vatsamikroobide poolt. Rasvlahustuvate vitamiinide sisaldus piimatoodetes sõltub nende rasvasisaldusest. Piima veeslahustuvatest vitamiinidest laguneb suurem osa piima säilitamisel ja töötlemisel ning kohupiima ja juustu valmistamisel jääb vadakusse. Juustu kandub veesla-

hustuvaid vitamiine umbes 15…20%. Mikroobide elutegevuse tagajärjel võib vitamiinisisaldus fermenteeritud toodetes mõningal määral kasvada (näiteks C, B_1, B_2 vitamiinide sisaldus).

Gaasidest esineb piimas enamasti süsihappegaasi (CO_2), hapnikku (O_2), lämmastikku (N_2) ja ammoniaaki (NH_3). Värskelt lüpstud piima säilitamisel avatud nõudes eraldub osa gaase ja nende sisaldus piimas muutub. Süsihappegaasi kogus väheneb, hapniku ja lämmastiku kogus suureneb. Piima kuumutamisel gaaside kogus väheneb. Paljudes tööstustes kasutatakse süsihappegaasi lisamist juustupiimale, et tõsta mõningal määral juustupiima happesust ja sellega kiirendada kalgenemisprotsessi juustupiimas.

Hormoonidest leidub piimas prolaktiini, türoksiini, adrenaliini, insuliini, progesterooni ja vähesel määral teisi hormoone. Keemiliselt koostiselt kujutavad nad endast peptiide ja valke.

Värvained piimas. Piima kollakas värvus on põhjustatud oranžikast karoteenist, mis annab piimarasvale värvuse. Värvuse tugevus sõltub söödast, loomatõust jt. Piima kuumtöötlemine osaliselt lagundab karoteeni (10…13%), samuti väheneb karoteenisisaldus piima säilitamisel valguse käes. Vadakule annab rohekas-kollase värvuse pigment laktoflaviin. Ksantofüll on kollane taime pigment, mis esineb koos karoteeni ja klorofülliga.

3.2.1.2. Piima omadused

Piima keemilised ja füüsikalised omadused

Piima happesus ja puhvermahtuvus. Normaalse, värske piima happesus on 16…18 °Th. Põhilised piima happesust põhjustavad komponendid piimas on: valgud 4…5 ºTh, happelised soolad 10…11 ºTh ja gaasid 1…2 ºTh. Piima happesusest sõltub piimavalkude kolloidsüsteemi püsivus, nii kasuliku, kui kahjuliku mikrofloora areng, vastupidavus termilisele töötlemisele, ensüümide aktiivsus jne (vt. Piimanduse käsiraamat).

Tiitritav e. *üldine* happesus väljendatakse Thörneri kraadides (°Th). Thörneri kraadide all mõistetakse 0,1 mol/dm^3 NaOH kogust milliliitrites, mis kulub 100 milliliitri kahekordselt veega lahjendatud piima neutraliseerimiseks. Erinevate imetajate piima happesus on erinev, see sõltub imetaja liigist, söötmistingimustest, tõust jne. Eriti tugevalt muutub piima happesus laktatsiooniperioodi jooksul ja loomade haigestumisel. Esimestel päevadel peale poegimist on piima happesus väga kõrge (valkude ja soolade sisalduse tõttu), kuni 53,3 °Th, alles 30 päeva möödumisel normaliseerub 19,5 °Th. Laktatsiooniperioodi lõpus aga langeb tiitritav happesus 13…15 °Th –ni. Piima säilitamisel tema happesus tõuseb mikroorganismide elutegevuse tõttu. Need mikroorganismid kääritavad piimasuhkru piimhappeks. Happesuse tõus vähendab piima temperatuurikindlust.

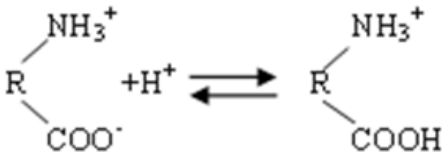
Aktiivhappesus väljendab vesinikioonide kontsentratsiooni lahuses. Seda mõõdetakse pH-meetri abil. Keskmine toorpiima pH on piirides 6,5…6,7. Aktiivne happesus ei lange kokku tiitritava happesusega. Piima säilitamisel tiitritav happesus muutub tunduvalt kiiremini kui aktiivne.

Tiitritav happesus, °T	16	17	18	21	22	23	24	25	26
Aktiivne happesus, pH	6,73	6,69	6,64	6,46	6,41	6,36	6,31	6,26	6,21

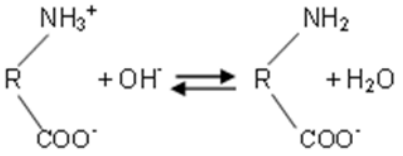
Vähese hulga aluse või happe lisamine piimale ei muuda selle aktiivset happesust, kuigi tiitritav happesus samal ajal muutub. See on seletatav piima puhvermahtuvusega, mis on tingitud valkudest ja sooladest piimas. Puhvermahtuvus on seletatav valgu molekulis esinevate aluseliste aminorühmade (NH_2) ja happeliste karboksüülrühmade (COOH) olemasoluga. Happe lisandumisel piima, ühinevad H^+ ioonid karboksüülgrupiga (**joonis 3.48**).

Aluseliste ühendite lisamisel puhverlahusele seotakse OH- rühmaga ammooniumrühma üks H+ ioon ja moodustub vesi (**joonis 3.49**). Happe või aluse lisamisel piimale piima pH muutub sel juhul, kui on ületatud lahuse puhvermahtuvus.

Piima tihedus. Tihedus on piima massi suhe 20 °C juures sama mahu vee massisse 4 °C juures (vt. Piimanduse käsiraamat). Tihedust määratakse areomeetri abil (**joonis 3.50**). Mõõdetakse tihedust g/cm^3; g/l; kg/m^3. Piima tihedus sõltub tema temperatuurist ja koostisosade sisaldusest.



Joonis 3.48. Vesinikiooni ühinemine karboksüülrühmaga.



Joonis 3.49. Hüdroksiidiooni puhverdamine lahuses.

Piima koostisosad omavad keskmiselt järgmisi tihedusi:

- piimarasv 922 kg/m^3;
- valgud 1391 kg/m^3;
- laktoos 1545 kg/m^3;
- Soolad 2857 kg/m^3.

Nii nagu piima koostis ühel või teisel juhul muutub, muutub ka piima tihedus 1026…1033 kg/m^3. Keskmine piima tihedus on 1029 kg/m^3. Piima tihedus kohe peale lüpsi on 0,8…1,5 kg/m^{3}madalam. See on seletatav piima struktuuri stabiliseerumisega (süsihappegaasi eraldumine, rasva ülemineк jne.). Sellepärast tuleks piima tihedust kontrollida vähemalt 2 tundi peale lüpsi. Piima tihedus laktatsiooniperioodi jooksul muutub looma mitmesuguste haiguste korral. Esimestel päevadel peale poegimist on piima (ternespiima) valgusisaldus väga kõrge ja sellest ka tihedus on tal 1400 kg/m^3. See tõstab ka piima tiheduse 1038…1050 kg/m3. Piima tiheduse järgi hinnatakse tema naturaalsust. Piimale vee lisamisel tihedus järjest langeb. 10 % vee lisamisel tihedus langeb 3,0 kg/m^3. Piima tihedust kasutatakse ka piima liitrite ümberarvutamiseks kilogrammideks.



Joonis 3.50. Piima tiheduse mõõtmise vahendid:
a- areomeeter; b- mensuur.

m =Vρ, kus

m – piima mass, kg; V – piima ruumala, m3; ρ – piima tihedus, kg/m^3.

Viskoossus on venivus, mis iseloomustab vedelike konsistentsi (vt. Piimanduse käsiraamat). Piima keskmine viskoossus 20 °C juures on 1,8 x10^{-3} Pa x s. Praktikas kasutatakse ühikuna veel puaasi (P) (1 Pa x s = 10 P). Ternespiima viskoossus ulatub 25 x 10^{-3} Pa x s. Piima viskoossus sõltub valgusisaldusest piimas, rasvasisaldusest ja selle agregaatolekust, samuti soolade sisaldusest. Mida rohkem on piimas rasva ja mida väiksemad on rasvakuulikesed, seda suurem on piima viskoossus. Piima ja koore viskoossust mõjutab rasva dispergeerumise aste. Homogeniseeritud toodete viskoossus on alati suurem kui mittehomogeniseeritud piimal ja koorel. Kuumutamisel piima viskoossus väheneb, happesuse tõusuga suureneb.

Piima pindpinevus avaldub piima õhuga kokkupuute piirjoonel ja tekib vedeliku sisemise jõu tagajärjel. Sisemise jõu teke on seletatav sellega, et ülemise kihi molekulid erinevalt molekulidest vedeliku sees ei tõmbu ühtemoodi vedeliku ja õhuga. Seepärast ülemine vedeliku kiht on justkui pinge all ja moodustab nn tugeva kile. Piima pindpinevus sõltub mitmetest teguritest nagu temperatuur, keemiline koostis, tehnoloogilise töötlemise režiim, piima hoidmise aeg, hapniku sisaldus, valkude ja rasva olek jne. Keskmine pindpinevus piimal on 20°C juures on 49 x 10^{-3} N/m (veel 72,7x 10^{-3} N/m). Selline madal pindpinevus võrreldes veega on seletatav sellega, et piimas on piima pindpinevust vähendavaid aineid. Neid aineid nimetatakse **pindaktiivseteks aineteks** – piimaplasma valgud, rasvagloobuli membraan, valgud, fosfatiidid, rasvhapped jt.

Piima elektrijuhtivus sõltub ioonide ja kolloidosakeste arvust lahuses, nende elektrilisest laengust ja ümberpaigutamise kiirusest. Piim on halb elektrijuht. Piima normaalne elektrijuhtivus jääb alla 8,5 mS (millisiimens). Elektrijuhtivus on tingitud H^+, Na^+, K^+, Ca^+, Cl^- jne. ioonidest. Piima elektrijuhtivus sõltub laktatsiooniperioodist, looma tõust jne. Mastiidihaigete lehmade piim omab kõrgendatud elektrijuhtivust. Tänapäeval kasutatakse elektrijuhtivust mastiidihaigete lehmade piima kindlakstegemisel. Elektrijuhtivus alaneb vee lisamisel ja suureneb piima happesuse tõusuga.

Piima osmootne rõhk ja **külmumistemperatuur** sõltub laktoosi, valkude ja soolade kontsentratsioonist (kogusest) ja võib muutuda laktatsiooniperioodi jooksul ning looma haigestumisel. Tervete lehmade keskmine osmootne rõhk on 0,66 MPa, külmumistemperatuur on -0,515…-0.590 °C. Piima lahjendamisel veega väheneb laktoosi ja soolade sisaldus, tõuseb külmumistemperatuur. Piima külmumistäpi määramise eesmärk on kontrollida piima naturaalsust. Piima külmumistäpp määratakse krüoskoopilisel teel.

Piima bakteritsiidsed omadused

Paratamatult satuvad lüpsmisel piima mikroorganismid. Ainult teatud aja jooksul nende arv siiski ei suurene, vaid pigem väheneb. Seda perioodi nim. **bakteritsiidseks faasiks**. Bakterisiidse faasi pikkus sõltub:

- esialgsest bakterite sisaldusest piimas;
- piima mahajahtumise kiirusest;
- säilitamise temperatuurist (4…6° C).

Bakteritsiidseid omadusi piimal põhjustavad antibakteriaalsed ained. Enamlevinumaks antibakteriaalseks aineks on antikehad (lüsotsüümid, antitoksiinid, laktoferriin). Antibakteriaalsed omadused on veel immunoglobuliinidel ja leukotsüütidel. 1ml normaalset piima sisaldab mõnisada tuhat leukotsüüti. Eriti suur antibakteriaalne aktiivsus on ternespiimal. Pastöriseerimisel antibakteriaalsed ained hävivad. Fermenteeritud piimatoodete ja

juustu valmistamisel toorpiimast tuleb arvestada bakteritsiidse faasi olemasoluga piimas. Kuna madalale temperatuurile kiiresti mahajahutatud toorpiimas võib bakteritsiidne faas kesta kuni 72 tundi (jahutamata toorpiimas umbes 2 tundi), siis sellel perioodil on ka juuretisega sisseviidud bakterite areng pidurdunud ning see omakorda takistab kalgendi teket. Seega on soovitav toorpiima enne juustuvalmistamist reserveerida või valmitada. Piimatoodete valmistamisel pastöriseeritud piimast seda „probleemi“ ei esine.

Piima sensoorsed omadused

Piima sensoorsete omaduste all mõeldakse välimust, konsistentsi, värvust, maitset ja lõhna. Värskeltlüpstud piim peab olema ühtlase konsistentsiga, ilma sademe ja helvesteta, kollaka värvusega, ilma kõrvalmaitsete ja –lõhnadeta. Piima valge värvus on põhjustatud valkude ja rasvagloobuli membraani kolloidosakeste poolt, kreemja varjundi annab rasvas lahustunud karoteen. Piimale omast maitset kujundavad laktoos, kloriidid, rasvhapped, rasv ja valgud. Nõrk söödamaitse toorpiimas võib olla tingitud lenduvatest väävli- ja karbonüülühenditest, rasvhapetest jt ühenditest. Dimetüülsulfiidi ja teiste väävliühendite sisaldus toorpiimas sõltub sööda koostisest, atsetooni sisaldusest söödaratsioonis ning looma tervislikust seisundist, vabade rasvhapete sisaldus rasva hüdrolüüsi sügavusest. Kloriidide ja mõnede teiste lenduvate ainete koguse suurenemine piimas kahtlemata mõjutavad piima normaalset lõhna ja maitset. Sel juhul on tegemist piima vigadega. Paljudel juhtudel on need vead seotud looma organismis toimuvate füsioloogiliste protsessidega, näiteks laktatsiooni alguses ja lõpus lüpstud piim, looma haigestumine jne. Piima maitset ja lõhna mõjutavad ka söödast vere kaudu piimanäärmesse kanduvad spetsiifilised maitsed ja lõhnad. Näiteks tugevad kõrvalmaitsed (kibe, soolane, läppunud) ilmnevad ternespiimal, kinnijäävate lehmade piimal, mastiidihaigete lehmade piimal jne. Söödast tingitud vead võivad olla silo, kapsa, peedi vm. maitse ja lõhn. Sel juhul tuleb järgida õiget söödaratsiooni ja sööda kvaliteeti.

Teised piima maitse- ja lõhnavead võivad olla põhjustatud piima ebaõigest käitlemisest peale lüpsi. Kui ei peeta kinni hügieeninõuetest piima säilitamisel, transportimisel, eeltöötlemisel võivad piimale tekkida kibe, hapukas, võihappe kõrvalmaitse. See on põhiliselt tingitud piimarasva lipolüüsist ja oksüdeerumisest. Paljud vead võivad piima adsorbeeruda halvasti pestud inventarilt, halvasti ventileeritud ruumist või määrdeainete, pesu- või desoainete sattumisel piima.

3.2.1.3. Piima kvaliteet

Piima kvaliteet sõltub eelkõige lüpsikarja söötmis-ja pidamistingimustest, sanitaarsest seisukorrast laudas ja piimatootjate töökultuurist. Ka söödad peavad olema korralikud ja täisväärtuslikud, proteiini vähesuse korral väheneb lehmade piimatoodang. Vajalik on jõusööda andmine loomadele (mineraalid, vitamiinid). Põhilised maitse- ja lõhnavead on tingitud siiski mittekvaliteetsete söötade andmisest, nt hallitanud kuivsilos leidub mürgiseid ühendeid.

Halvasti pestud lüpsik või lüpsiaparaat on suur piima mikroobidega saastaja. Seepärast tuleb hoolega pesta ja desinfitseerida kogu lüpsiinventar. Piima kvaliteeti iseloomustavateks näitajateks on:

- piima happesus;
- piima tihedus;
- jahutamise temperatuur;
- bakteriaalne saastatus: bakterite üldarv, kolirühma bakterid, anaeroobsete bakterite (klostriidiumide) spoorid, patogeensed bakterid, psührofiilsed bakterid. Need näitavad farmide sanitaarset seisukorda ja piimatootjate töökultuuri. Puhtast udarast värskelt lüpstud piim sisaldab kuni mõnituhat bakterit 1 ml-s;
- piima kvaliteeti alandavad ka antibiootikumide ja desoainete jäägid. Antibiootikume kasutatakse udarapõletike raviks. Nii satuvad

nad piima, kus pidurdusainetena põhjustavad piima mittehapnemist. Väga väiksed antibiootikumide kogused võivad ära rikkuda hapupiima või juustu valmistamise;

- somaatiliste rakkude e. sekretsiooninäärme rakkude ja leukotsüütide arv. Täiesti tervete lehmade piimas on kuni 300 000 rakku/ml. Kui neid on üle 500 000, on tegemist põletikuga või lüpsimasin on valesti reguleeritud;
- piima puhtus – piima puhtust mehaanilistest osakestest
- piima külmumistemperatuur. Et veenduda toorpiima naturaalsuses, peab külmumistemperatuur jääma alla miinus 0,516 °C.

Kategoorilised nõuded toorpiima kvaliteedile kindlustavad:

- madala saprofüütsete (piima koostiskomponente - valku, rasva ja laktoosi lagundavad mikroorganismid) mikroorganismide arvu;
- patogeensete, sealhulgas mastiiti tekitavate mikroorganismide puudumise või väga väikese arvu;
- mastiidi profülaktikast ja ravist põhjustatud jääkainete puudumise.

Euroopa Liidu liikmesriikidele sätestab toorpiima kvaliteedi üldnõuded Euroopa Parlamendi ja Euroopa Liidu Nõukogu määrus (EÜ) nr 853/2004 (**tabel 3.6.**). Esitatud nõudeid võibki lugeda nn kategoorilisteks nõueteks.

Piimatöötlejate eesmärgid toorpiima kvaliteedi kontrollil on järgmised:

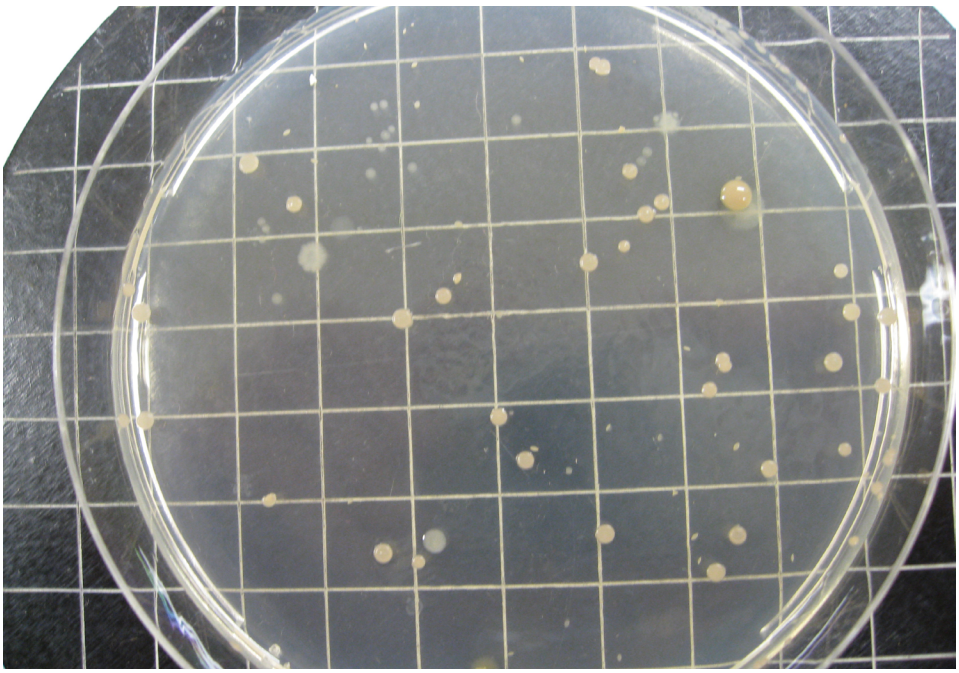
- kontrollida, kas piima tootmine on olnud vastavuses hea hügieenitavaga;
- riknenud või muude defektidega (organoleptiline või visuaalne) piima praakimine;
- piima klassifitseerimine piima eest tasumisel (siin on võimalus juhtida kvaliteedi parandamist);
- piima valimine spetsiifiliste toodete valmistamiseks.

Piimatöötlejate eesmärgid toorpiima kvaliteedi kontrollil on järgmised:

- kontrollida, kas piima tootmine on olnud vastavuses hea hügieenitavaga;
- riknenud või muude defektidega (organoleptiline või visuaalne) piima praakimine;
- piima klassifitseerimine piima eest tasumisel (siin on võimalus juhtida kvaliteedi parandamist);
- piima valimine spetsiifiliste toodete valmistamiseks.

Tabel 3.6. Nõuded varutava lehmapiima kvaliteedile

Bakterite arv temperatuuril 30°C (ml-s)	≤ 100 000 (*)
Somaatiliste rakkude arv (ml-s)	≤ 400 000 (**)
(*)- libisev geomeetriline keskmine üle kahe kuu, vähemalt kaks proovis kuus; (**)- libisev geomeetriline keskmine üle kolme kuu, vähemalt üks proov kuus.	
Antibiootiliste jääkainete sisaldus peab olema väiksem kui määruse (EMÜ) nr 2377/90 (4) I ja III lisades toodud mis tahes aine lubatud tase	



Kontrollküsimused

Nimetada piima valgud ja iseloomustada nende bioloogilisi omadusi.
Iseloomustada piima lipiidide rasvhappelist koostist. Kuidas koostis mõjutab erinevate piimatoodete valmistamist?
Kirjeldada laktoosi rolli fermenteeritud piimatoodete valmistamisel.
Milline on kvaliteetne ja ettevõtte sisukohast sobilik piim piimatoodete valmistamiseks?





3.2.2. Muna

Vilma Tatar

Muna on iseloomulik paljudele loomaliikidele, nagu linnud, roomajad, kahepaiksed ja kalad. Inimtoiduks on kasutatud mune juba tuhandeid aastaid. Lindude ja roomajate muna kujutab endast emassugurakku, kus rebu on ümbritsetud munavalge, kiud- ja lubikestadega. Muna on täpselt tasakaalustatud keerukas bioloogiline süsteem, mille struktuur ja bioloogiline koostis tagavad loote täieliku arengu kogu embrüonaalperioodi kestel. Kõigi organismi arenemiseks vajalike toitainete sisalduse tõttu võib muna pidada täisväärtuslikuks toiduaineks. Muna on üks väheseid loomseid toiduaineid, mille me saame looduslikus pakendis – munakoores. Toiduks enimkasutatavad munad on linnumunad, sh kana, part, vutt, jaanalind, kalkun, hani jt. Tervetelt lindudelt saadud munade sisu on steriilne. Muna morfoloogilisi ja füüsikalisi omadusi mõjutavad:

- lindude vanus;
- sööt;
- pidamistingimused;
- lindude geneetilised tegurid.

Munade suurus ja kaal sõltub linnuliigist ja tõust (**tabel 3.7**). Tõu piires mõjutab muna kaalu kana kehamass. Raskemad kanad munevad raskemaid mune. Pruunid munakanad on tavaliselt raskemad kui valged ja ka nende munade kaal on suurem. Muna kaal suureneb kana vanusega. Noor, munema hakkav kana muneb keskmiselt 45-50 g kaaluvaid pesamune, mis on pingpongipalli suurused. Munemisperioodi lõpus on munad isegi 65 g ja raskemad. Keskmine muna kaal munakanatõugudel on 60-62 g.

Muna suurusele avaldab mõju ka kana suguküpsuse saabumise iga. Mida noorem on lind munemisperioodi algul, seda väiksem on esimene muna ja sellised varavalmivad linnud jätkavad suhteliselt väikeste munade munemist kogu esimese munemisperioodi jooksul. Kui kanad munevad

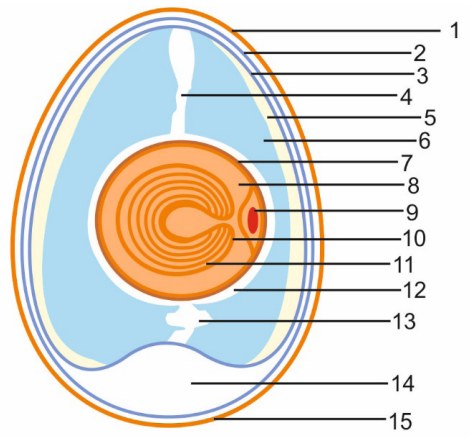
rohkem kui ühe munemisperioodi, siis muna kaal on järgnevatel munemisperioodidel suurem kui esimesel.

Tabel 3.7. Erinevate linnuliikide keskmine muna kaal

Linnuliik	**Muna kaal, g**
Kana	45 -75
Kalkun	70 - 90
Munapart	60 - 65
Lihapart	80 -90
Hani	120 - 200
Pärlkana	45
Vutt	12
Jaanalind	1000 - 1600

Muna kaalu saab mõjutada ka kanade söötmisega. Muna kaalu mõjutavad sööda proteiinisisaldus, aminohapped nagu metioniin ja tsüsteiin, sööda energiasisaldus, rasvasisaldus ja elutähtsad rasvhapped nagu linoolhape. Mida suurema koguse nimetatud toitaineid kana söödast saab, seda suuremad on munad. Eri liiki põllumajanduslindude munade mõõtmed, kaal, värvus ja muud omadused on erinevad. Seejuures muna üldine morfoloogiline ehitus sama (**joonis 3.51**).

Muna koosneb keskmiselt 10% munakoorest, 30% munakollasest ja 60% munavalgest. Munakoor on valge või värviline. Koore värvus on tingitud munakoore pigmenteerumisest. Kanamuna värvust mõjutab põhiliselt kana tõug. Kalkuni-, pärlkana-, põldvutimunad on ebaühtlaselt pigmenteerunud ja sellepärast täpilised. Muna viibib munajuhas tavaliselt 24 tundi. Kogu periood muna moodustumisest kuni väljutamiseni kestab 12 kuni 15 päeva.



Joonis 3.51. Muna ehitus kanamuna näitel: 1- munakoor e lubikoor, 2- väline raku membraan, 3- sisene raku membraan, 4- rebuväät, 5- väline vedel munavalge kiht, 6- väline tihe munavalge kiht, 7- rebu vitelliinmembraan, 8- rebu, 9- looteketas, 10- kollane rebu, 11- hele rebu, 12- seesmine munavalge kiht, 13- rebuväät, 14- õhuruum, 15- kutiikula.

3.2.2.1. Muna keemiline koostis

Muna on väga oluline kõrgekvaliteedilise valgu, mineraalide ja vitamiinide allikaks. Muna keemiline koostis sõltub linnu liigist, söödast ja teistest teguritest. Muna söödava osa keskmine keemiline koostis on näidatud **tabelis 3.8**.Ühe kanamuna söömisel kaetakse 3,3% päevasest energiatarbest. Lisaks 8,0% valgutarbest, 9,4% asendamatute aminohapete, 8,0% fosfori, 3,8% kaltsiumi ja 5,0% raua tarbest. Toitained, v.a. lipiidid, jagunevad munavalge ja munarebu vahel (**tabel 3.9**). Tabelis on toodud kogused L-klassi muna söödava osa kohta (50 g).

Munakoor

Muna lubikoor on pealt kaetud õhukese kutiikulaga, mis koosneb põhiliselt mutsiinist. Lubikoor kaitseb muna väliskeskkonna mõjude eest ja on arenevale lootele mineraalainete allikas. Munakoor moodustab muna kaalust 9…12 %. Muna lubikoor on moodustunud kahele membraanile – välisele raku membraanile, mille paksus on umbes 48 mikromeetrit ja si-

Tabel 3.8. Muna keemiline koostis

Nimetus	Vesi, %	Proteiinid, %	Lipiidid, %	Süsivesikud, %	Mineraalid, %
Kogu muna	75,33	12,49	10,02	1,22	0,94
Munavalge	88,00	10,52	0	1,03	0,64
Munakollane	48,80	16,76	30,87	1,78	1,77

*Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology

Tabel 3.9. L-klassi muna söödava osa koostisosade jagunemine

Näitaja	Kogu muna	Munavalge	Munarebu
Muna söödava osa kaal, g	50,00	17,00	33,00
Vesi, g	37,28	8,29	29,06
Energiasisaldus, kcal	79,00	63,00	16,00
Proteiinid, g	6,07	2,79	3,35
Lipiidid, g	5,58	5,60	jäljed
Süsivesikud, g	0,60	0,04	0,41
Mineraalid, g	0,47	0,29	0,18

Näitaja	Kogu muna	Munavalge	Munarebu
Mineraalid			
Kaltsium, mg	28	26	4
Raud, mg	1,04	0,95	0,01
Magneesium, mg	6	3	3
Fosfor, mg	90	86	4
Kaalium, mg	65	15	45
Naatrium, mg	69	8	50
Tsink, mg	0,72	0,58	0,01
Vitamiinid			
Tiamiin, mg	0,044	0,043	0,002
Riboflaviin, mg	0,150	0,074	0,094
Niatsiin, mg	0,031	0,012	0,029
Pantoteenhape, mg	0,864	0,753	0,080
Vitamiin B, mg	0,060	0,053	0,001
Foolhape, µg	32	26	5
Vitamiin B, µg	0,773	0,647	0,021
Vitamiin A, R.E.	78	94	0
Aminohapped			
Trüptofaan, g	0,097	0,041	0,051
Treoniin, g	0,298	0,151	0,149
Isoleutsiin, g	0,38	0,16	0,204
Leutsiin, g	0,533	0,237	0,291
Metioniin, g	0,196	0,171	0,13
Tsüsteiin, g	0,145	0,05	0,083
Fenüülalaniin, g	0,343	0,121	0,21
Türosiin, g	0,253	0,12	0,134
Valiin, g	0,437	0,17	0,251
Arginiin, g	0,388	0,193	0,195
Histidiin, g	0,147	0,067	0,076
Alaniin, g	0,354	0,14	0,215
Asparagiinhape, g	0,602	0,233	0,296
Glutamiinhape, g	0,773	0,341	0,467
Glütsiin, g	0,202	0,084	0,125
Proliin, g	0,241	0,116	0,126
Seriin, g	0,461	0,231	0,247

semisele raku membraanile, mille paksus on ligikaudu 22 µm. Mõlemad membraanid on tihedalt kokku kasvanud, välja arvatud muna tömbis otsas, kus nende vahele moodustub säilitamisel muna õhuruum.

Munakoores on 7000…17000 poori. Tihedamini on neid muna tömbis otsas. Läbi kutiikula, lubikoore pooride ja kiudkestade aurub muna säilitamisel niiskus, ning toimub gaasivahetus inkubeerimise ajal. Munakoore paksus ja tugevus on muna tähtsamaid omadusi. Eri linnuliikide munakoore paksus on 0,2…1,6 mm. Kanamunadel 0,25…0,40 mm. Kanamunakoor sisaldab keskmiselt 95,1% anorgaanilisi aineid, 3,3 % toorproteiini ja 1,6 % vett. Anorgaanilistest ainetest sisaldab munakoor kaltsiumkarbonaati 94 %, magneesiumkarbonaati 1 % ja kaltsiumfosfaati 1%.

Munavalge

Munavalge e. albumiin koosneb 88-90 % veest ja 10-12 % valkainest. Munavalge koosneb neljast kihist: välimisest vedelast kihist, 23%; välisest tihedast, 57%; sisemisest vedelast, 17%; ja sisemisest tihedast munavalgekihist, 3%. Need näitajad olenevad muna kaalust, värskusest, linnu tõust ja individuaalsetest omadustest. Valgufraktsioonidest on kanamunavalges kõige rohkem ovalbumiini 54%, ovotransferriini (ovokonalbumiin) 12%, ovomükoidi 11%, ovomütsiini 3,5%, lüsosüümi (globuliin 1) 3,4%. Tiheda munavalge kiht on moodustunud ovomütsiini ja lüsosüümi kompleksist. Veel esineb munavalges glükoproteiine (süsivesikud), ovoglobuliine ning B rühma vitamiine. Munavalges leidub suurel hulgal mineraalaineid, 0,6 % (eriti boori).

Munarebu

Munarebu ümbritseb vitelliinmembraani kile. See koosneb teatud kiudproteiinidest, mis asetsevad kahe kihina. Sisemine kiht on moodustunud munasarjas ja välimine munajuhas. Vitelliinmembraani eesmärk on hoida ära rebu ja munavalge segunemine, kuid sel moel, et vesi pääseks pidevalt mu-

navalgest munakollasesse. Rebu on rebuväätidega kinnitunud muna tsentrisse ja koosneb idukettast, rebutaelast e. latebrast ning heledast ja tumedast rebust. Rebusse on koondunud suurem osa muna toitaineid, sisaldades:

- vett 42,6….51,3 %;
- lipiide 30…36 %;
- proteiine 16…18 %;
- süsivesikuid 1,6…1,8 %;
- mineraalaineid 1,1…1,6 %.

Valkudest sisaldab munarebu ovovitelliini ja ovolivetiini. Muna rasva osa on kõik koondunud munarebusse (**tabel 3.10**). Muna rasva rasvhappelist koostist mõjutab tugevalt lindude sööt.

Fosfolipiididest letsitiini koostises on kõige rohkem palmitiin- (37%), oleiin- (31,4 %) ja linoolhapet (12 %). Letsitiini sisaldab munarebu ca 8,8 % – seega niisama palju, kui aju ja närvikude. Kanamuna sisaldab rebus keskmiselt 213 mg kolesterooli, pardimuna rebus on seda rohkem. Rebu vitamiinisisaldus on teiste loomsete toiduainetega võrreldes üks suuremaid. Juba ühe muna tarbimisel päevas katab see tunduva osa inimese päevasest vitamiinivajadusest. Kõige rohkem B_4 vitamiini (160 mg/50 g munas), D, B_{12}. Esindatud on veel teisedki B rühma vitamiinid ja A, E, H vitamiinid.

Põhilise kollase värvuse munarebule annavad karotenoidid. Lindude munarebus olev pigment sisaldab tavaliselt ksantofülle - 70 % luteiini, 20 % zeaksantiini ja 10 % krüptoksantiini. Karotiini leidub munas suhteliselt vähe – 2…10 % karotenoidide kogumahust. Mineraalainetest leidub munarebus fluori, joodi, vaske, tsinki, mangaani ja alumiiniumi.

3.2.2.2. Muna tehnoloogilised omadused

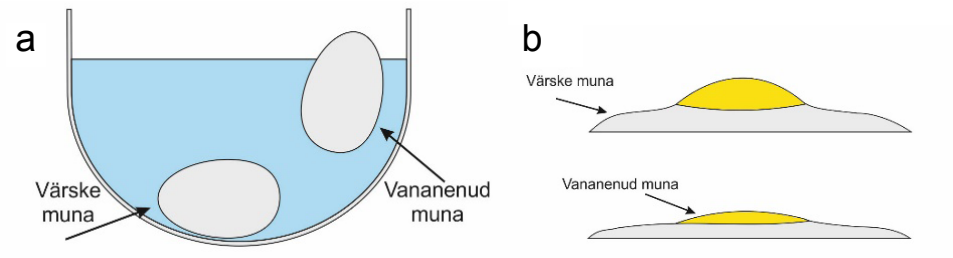
Munad ja munatooted, tänu nende toiduainete tekstuuri parandavatele omadustele, emulgeerivale toimele ja vahustumisvõimele, on multifunktsionaalsed lisandid, mis leiavad kasutust toiduainete tehnoloogias nii vede-

Tabel 3.10. L- klassi muna (50 g söödava osa) munarebu lipiidide rasvhappeline koostis

Rasvhapped	C:D	Kogus, g
Küllastunud rasvhapped		1,67
müristiinhape	C 14:0	0,02
palmitiinhape	C 16:0	1,24
steariinhape	C 18:0	0,43
Monoküllastumata rasvhapped		2,24
palmitoleenhape	C 16:1	0,19
oleiinhape	C 18:1	2,05
Polüküllastumata rasvhapped		0,73
linoolhape	C 18:2	0,62
α-linoleenhape	C 18:3	0,02
arahidoonhape	C 20:4	0,05

lal kui tahkel kujul. Kõikidel muna vedelatel osadel on võime temperatuuri mõjul kalgenduda. See oluline omadus on üheks peamiseks teguriks munade igapäevase tarbimise puhul ja annab võimaluse mune keeta, kasutada näiteks omlettide, täidisega pirukate, keedukreemide või kookide valmistamiseks.

Paljude toitude ja taignate valmistamisel kasutatakse värskeid, naturaalseid mune. Lihtne on teha vahet värskel ja vananenud munal. Testimaks terve muna värskust, võib panna muna kaussi ja katta külma veega. Värske muna jääb nõu põhja, sest selle õhusisaldus on väike, samas seismajäänud muna tõuseb pinnale, sest õhu hulk munas on suurenenud (j**oonis 3.52a**). Muna vabastamisel koorest on värske muna tunnuseks tihe munavalge, mis tekitab nö kupli tasasele plaadile. Munarebu jääb munavalge kõrgemale osale ja on kaetud õhukese munavalge kihiga. Vananenud muna puhul



Joonis 3.52. Värske ja vananenud muna tunnused.

voolab munavalge õhukese kihina mööda plaati laiali. Munarebu jääb lamedalt munavalge keskele ja seda katab väga õhuke ning vesine munavalge kile (**joonis 3.52b**).

Munavalkude koaguleerumine

Koaguleerumine on protsess, mis leiab aset, kui denaturatsiooni läbinud valgumolekulid moodustavad tahke massi. Vedel muna muutub protsessi tulemusena olekult tahkeks või pooltahkeks. Keerdunud ahelate omavahel ühendumine toob kaasa vee kadumise valkude struktuurist. Koaguleerumise tagajärjel toimub valgu sadestumine, mis on tavaliselt ka soovitud tulemus. Munavalkude denatureerumist mõjutavad mitmed tegurid, nagu temperatuur, mehhaaniline mõjutus, pH, samuti suhkru ja soola kasutamine. Munas sisalduvad valgud läbivad denaturatsiooni ja koaguleeruvad erinevatel temperatuuridel. Kogumuna kalgenemistemperatuur on 68 °C, munavalgel 60-65 °C ja munarebul 65 – 70 °C.

Suhkru lisamisel on munale kaitsev mõju, sest see kontrollib denaturatsiooni ulatust ning sellele järgnevat molekulidevaheliste sidemete moodustumist. Seda võib näha besee valmistamisel – besee vaht on väiksem, kui suhkur lisatakse varakult, enne denaturatsiooni. Kohevama vahu saamiseks tuleb suhkur lisada hiljem, pärast munavalge denaturatsiooni. Suhkruga kondiitrikreem vajab kalgendumiseks kõrgemat temperatuuri kui sarnane suhkruta muna-piima segu, lõpptulemusena saadud geelis siiski erinevusi ei ole.

Soola (NaCl) lisamine soodustab munavalkude denaturatsiooni, koaguleerumise ja geelistumise toimumist. Sool võib kuuluda mingi toiduaine koostisse, näiteks sisalduda piimas või olla toote koostisele juurde lisatud. Piimas sisalduvad soolad soodustavad kondiitrikreemi geelistumist, samas kui vee lisamisel munadele on vastupidine toime.

Keskkonna aktiivhappesuse ehk pH alanemine ja happelisemaks muutumine soodustab munavalge kalgendumist. Vanem, aluselisem muna, kal-

gendub vähem, kui värske, neutraalse pH tasemega muna. Koaguleerumine oleneb munavalgu liigist ning selle isoelektrilisest punktist (IP).

Muna vahustumine

Vaht on dispersne süsteem, kus keskkonnaks on vedelik ja faasiks on gaas. Denatureerunud valk stabiliseerib gaasimulle, moodustades nende ümber õhukese kelme. Munade vahustamisel vispliga või mõne muu mehhaanilise vahendiga, on neil võime siduda õhku ning moodustada küllaltki stabiilne vaht. Munavalge vahustumise omadused on erinevad võrreldes kogumunamassi või munarebuga. Suurem vahustuvus on munavalgel võrreldes munarebuga. Muna vahustuvust mõjutab oluliselt munade kvaliteet. Munad, milles tiheda munavalge osa on suurem, vahustuvad küll pikemat aega, aga tekkinud vaht on tunduvalt stabiilsem. Kuivatatud munavalge vahustuvusomadused on madalamad. Vahustusomaduste parandamiseks kuivatatud munavalges võib lisada trietüültsitraati (E 1505).

Väikesed kogused munarebu, mis muna katki tegemisel ja eraldamisel tahtmatult munavalgega kokku puutuvad, võivad samuti omada ebasoodsat mõju munavalge vahustumise omadustele. Seetõttu määravad töötlejad munavalges maksimaalse munarebu sisalduse, mis on tavaliselt vähem kui 0,03% munarebu vedelal kujul munavalge kohta. Munavalge vahustumist takistab suurel määral ka rasv, mistõttu peavad vahustamiseks kasutatavad nõud ja vahendid olema puhtad.

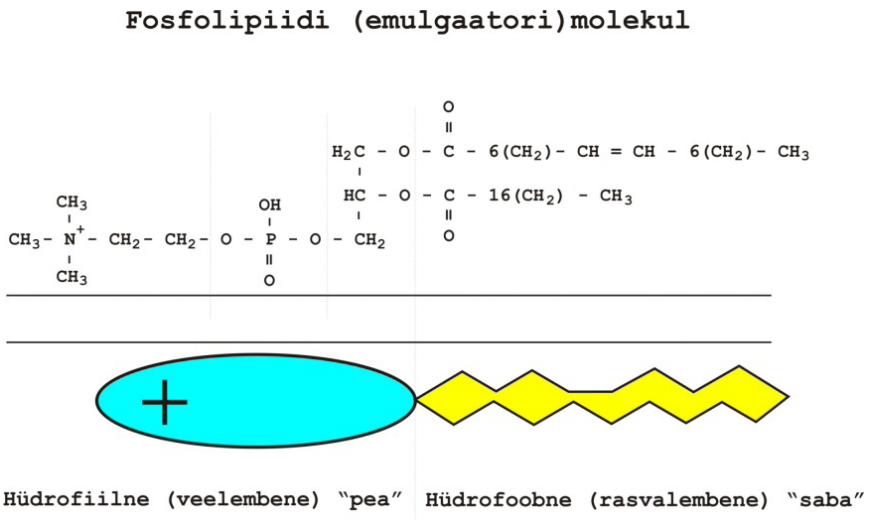
Muna emulgeerumine

Munakollane, kogumunamass ja munavalge on kõik heade emulgeerivata omadustega. Munakollane on hinnanguliselt neli korda tõhusam emulgaator kui munavalge ning kogumunamass on tõhususelt nende vahepealne. Munakollasel on suurepärased emulgeerivad omadused selles sisalduvate letsitiinproteiinide tõttu. Letsitiinis on glütserooliga ühinenud fosforhape ja sellega omakorda aminohape, koliin (**joonis 3.53**).

Fosfolipiidide molekuli struktuurist tuleneb tema emulgeeriv omadus. Elektriliselt laetud valguühend on veelembene ehk hüdrofiilne (kr *hydros* = vesi, *philia* = armastus), rasvhappeline pool aga rasvalembene ehk lipofiilne (*lipos* = rasv).

Muna maitse

Tänu oma tuntavale looduslikule maitsele, annavad munad maitset edasi ka toodetele, millesse neid on lisatud. Muna rammus maitse pärineb peamiselt munakollasest, kuna viimasesse on koondunud rasvad. Kuivatatud munatoodete puhul võib munade maitse muutuda ebasoodsate kuivatamistingimuste ning ka säilitamise tulemusel. Loodusliku glükoosi olemasolu on üks peamisi tegureid, mis mõjub kuivatatud munatoodete säilitamisele ebasoodsalt.



Joonis 3.53. Letsitiini ehitus ja sellest tulenevad emulgeerivad omadused (Väino Poikalainen, 2012)

3.2.2.3. Muna kvaliteet

Tootmise ja tarbimise seisukohalt tuleb kõige olulisemaks pidada muna suuruse- ja kvaliteedinõudeid. Kvaliteediomaduste järgi jagatakse munad A, B ja C klassi. A-klassi munad ei tohi olla enne ega pärast sorteerimist pestud ega muul viisil puhastatud. A-klassi munad peavad olema järgmiste omadustega:

a) koor ja kutiikula: normaalse kujuga, puhas ja kahjustusteta;

b) õhuvahe: kõrgus mitte üle 6 mm, muutumatu; ekstraklassis turustatavate munade puhul peab õhuvahe siiski olema mitte üle 4 mm;

c) rebu: läbivalgustamisel nähtav ainult varjuna, ilma selgete piirjoonteta, muna pööramisel liigub veidi ning pöördub tagasi muna keskmesse;

d) valge: selge, läbipaistev;

e) looteketas: areng ei ole tuvastatav;

f) võõrlisandid: lubamatud;

g) võõrlõhnad: lubamatud.

Tabel 3.11. A-klassi munade massikategooriad

Massikategooria	**Muna mass, g**
Väike – S	< 53
Keskmine – M	Keskmine – M
Suur – L	Suur – L
Väga suur – XL	Väga suur – XL

Suuruse nõuete järgi jagatakse A- klassi munad massikategooriasse (**tabel 3.11**): väikesed (S), keskmised (M), suured (L) ja väga suured (XL). B- ja C- klassi mune massikategooriatesse ei jagata.

A-klassi munad loetakse ekstra värsketeks 9 päeva vältel pärast munemist. B-klassi munad on munad, mis ei vasta esimeses lõikes sätestatud kvaliteediomadustele. A-klassi munad, mis enam ei vasta kõnealustele kvaliteediomadustele, liigitatakse ümber B-klassi munadeks. Viimasesse, C klassi, kuuluvad A- ja B-klassi nõuetele mittevastavad munad ja need ei kuulu realiseerimisele kaubandusvõrgus.

Tootja tööruumides ja kuni tarbijale müügini tuleb mune hoida puhtalt, kuivalt, lõhnavabalt, löökide eest efektiivselt kaitstult ja otsese päikese eest varjus. Mune tuleb hoida ja vedada kuni lõpptarbijale turustamiseni temperatuuril, mis sobib kõige paremini nende hügieeniomaduste optimaalseks säilimiseks ja mis soovitatavalt on ühtlane, juhul kui pädev asutus ei keh-

testa riiklikke temperatuurinõudeid munahoidlatele ja veokitele, millega veetakse mune ühest hoidlast teise. Munad tuleb tarbijale tarnida hiljemalt 21 päeva jooksul alates munemisest.



Kontrollküsimused

Millistes toiduainetes on otstarbekas kasutada muna ja millisel eesmärgil?
Mis on põhjuseks, kui muna või munatoode ei vahustu või vaht ei ole stabiilne?
Kuidas mõjutavad muna omadused biskviittaigna valmistamist?





3.2.3. LIHA

Riina Soidla

3.2.3.1. Liha mõiste ja jaotus

Lihatööstuses mõistetakse liha all kõiki kudesid, mis kuuluvad loomorganismi koostisse: lihaskude, sidekude, rasvkude, luukude, närvikude ning veri ja lümfisooned koos jääkvere ja lümfiga. Kudede grupeerimisel on aluseks võetud nende tehnoloogiline otstarve/kasutamine, mitte keemiline koostis või morfoloogiline ehitus. Näiteks morfoloogiliselt on sidekoe alaliigiks rasvkude. Lihatehnoloogias vaadeldakse neid kahte koeliiki eraldi grupina, sest nende töötlemisviisid ja valmistooted on erinevad. Sidekoe töötlemise lõppsaaduseks võib olla žela-tiin, vorstitööstuses kasutatav valkstabilisaator; rasvkoe töötlemisel – sulatatud rasv.

Üheks laialt levinud mõisteks on punane liha, see on üldjuhul punase värvusega liha: sea-, veise-, lamba-, talle-, vasikaliha, olgugi et mõned sea ja vasika lihased on heledad ja ei vasta täielikult punase liha mõistele värvuse poolest. Ka punaste lihaste koostises on nii punaseid kui ka valgeid lihaskiude. Punaseks lihaks ei peeta üldjuhul linnuliha (kuigi kalkunite kintsulihas ja veelindude liha on punane).

Päritolu järgi jaotatakse liha nelja gruppi.

1. Kodustatud loomade liha: veise-, vasika-, sea-, lamba-, talle-, kaameli-, pühvli-, põhjapõdra-, kitse-, hobuseliha jne.
2. Linnuliha: kana-, broilerkana-, kanapoja-, pardi-, muskuspardi-, hane-, kalkuni-, pärlkana-, faasani-, vutiliha jne.
3. Merest saadav liha: enamasti kalaliha, aga ka austrid, kaheksajalad, koorikloomad (näiteks krevetid) jne.
4. Ulukiliha: põdra-, metskitse-, metssea-, karu-, jäneseliha jne.

Eluslooma tapmise järel saame **lihakeha**, mida töödeldakse: nülitakse nahk (veiste, lammaste, vajadusel ka sigade lihakehadelt) või eemaldatak-

se nahalt harjased (sigade lihakehadelt), eraldatakse sisikond, enamasti ka pea, jäsemed.

Töödeldud looma lihakeha on **rümp**. Olenevalt loomaliigist ja suurusest võib rümp olla tükeldatud poolrümbaks või veerandrümbaks. Tavaliselt väljastatakse lihatööstusest rümpadena küüliku-, talle-, lamba-, põrsa-, kesiku-, vasikaliha; poolrümpadena täiskasvanud sigade ja mullikate liha; veerandrümpadena täiskasvanud veiste liha.

Lihasaaduste tootmisel eraldatakse rümbast (pool-, veerandrümbast või jaotustükkidest) kondid ning saadakse **konditustatud liha**, s.o pehme liha, ja kondid. **Siiritud** ehk **soonetustatud liha** on pehme liha, millest on eemaldatud sooned, kõõlused ja rasvkude. Siiritud liha suunatakse tavaliselt sorteerimisele, millest ta lõigatakse sortidesse kvaliteedi järgi. Veiseliha sorteeritakse sidekoe¬sisalduse, sealiha rasvkoesisalduse alusel. Saadakse sorteeritud liha.

Plokkliha on pehme liha, mis on külmutatud neljakandilises vormis.

Mehaaniliselt konditustatud liha mass (lihamass) on ühtlane värske liha mass, mis on saadud luudele kinnitunud lihas- ja teiste pehmete kudede mehaanilisel eemaldamisel vastava seadme abil. Sageli kasutatakse mehaaniliselt konditustatud liha massi tähistamiseks lühendit MDM, mis tuleneb inglise keelest: mechanically deboned meat. Lihatoodete märgistamisel tuleb MDM-i sisaldus eraldi näidata.

Vorstitööstuses kasutatakse erineva astmega peenestatud liha: lihatükke massiga paarisajast grammist paari kiloni; lihahundis jäme- või peenpeenestatud liha.

3.2.3.2. Liha morfoloogia

Lihaskude. Normaalse toitumusega loomade rümbas on lihaskude valdavaks koeks, moodustades 35–65% rümba massist. Lihaskude esineb looma organismis kolmel kujul: sile-, südame- ja vöötlihaskoena. Punane vöötlihaskude moodustab lihaseid, mis on seondunud otseselt või kaud-

selt luudega, kõõluste, kõhrede või nahaga. Vöötlihaskoe struktuurseteks elementideks on pikad niitjad rakud, lihaskiud, mis moodustavad 75–92% kogu lihase mahust, ülejäänu on sidekude, veresooned, närvikiud ja rakuväline mahl.

Lihaskius eristatakse teda väljast katvat elastset läbipaistvat kilet – sarkolemmi, mille all paikneb hulgaliselt tuumi; kiu sisemuses paiknevad üksteisega paralleelselt müofibrillid. Müofibrillid on ümbritsetud sarkoplasmaga ja paigutunud kogu lihaskiu pikkusse. Müofibrillide sees omakorda paiknevad paralleelselt lihaskiu suunaga müofilamendid: jämedad müosiinifilamendid ja peened aktiinifilamendid. Et müofilamentide asetus kattub osaliselt, siis on see üheks põhjuseks, miks me näeme vöötlihaskiudu vöödilisena.

Lihaskiudude tsütoplasmat nimetatakse sarkoplasmaks, selles on suspendeerunud rasvatilga-kesed, glükogeeni graanulid, valgud, mittevalgulised lämmastikuühendid, anorgaanilised ained jne.

Lihaskiudude koostisse kuuluvad veel sarkoplasmaatiline retiikulum ja T-torukesed, mitokondrid ehk kondriosoomid, Golgi kompleks.

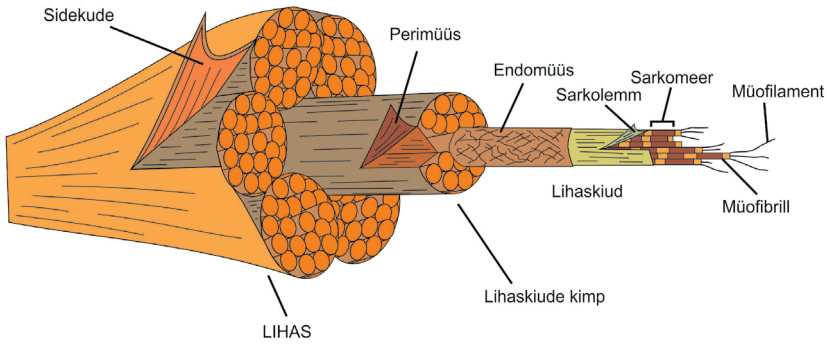
Skeletilihase ehitus. Lihaskiud on ümbritsetud endomüüsiga. 20–40 lihaskiudu moodustavad esmased lihaskiudude kimbud, mis on ümbritsetud perimüüsiga. Esmased ehk primaarsed lihaskiudude kimbud moodustavad sekundaarsed lihaskiudude kimbud, mis on ümbritsetud samuti perimüüsiga. Sekundaarsed lihaskiudude kimbud on kaetud epimüüsiga ja moodustavad lihase (**joonis 3.54**). Endo-, peri- ja epimüüs on sidekoelise ehitusega. Peri- ja epimüüsis sisalduvad ka närvikiud ja veresooned. Lihastesisene rasvkude ladestub perimüüsis, põhjustades lihase marmorsuse.

Sidekude seob ja hoiab eri kudesid koos. Sidekude jaguneb üle kogu keha, ta on skeleti ehk luustiku komponent, moodustab organite, lümfi- ja veresoonte seinu, ümbritseb kõõluseid, närvikiude, lihaseid.

Sidekude koosneb põhiliselt kollageen-, elastiin- ja retikuliinkiududest. Kollageenkiud on valdavalt lindikujulised, elastiinkiud aga niidikujulised.

Kollageen- ja elastiinkiud moodustavad käsnataolise struktuuri, mille vahel asub koevedelik. Rakulisi elemente on sidekoes vähe.

Rasvkude on sidekoe alaliik. Rasvkude koosneb enamasti rakkudest ja vähesel määral rakuvälistest kiududest. Rasvkude moodustub, kui sidekoe rakkude sisse koguneb rasv. Iga sidekoe liik võib muutuda rasvkoeks, kuid ennekõike juhtub see kõhukelmega. Nuumamise ajal looma rasvarakkude arv ei suurene, suurenevad rakkude mõõtmed. Nälgivatel loomadel vähenevad rakkude mõõtmed, viimasena toimub see südant ümbritseva rasvkoega.



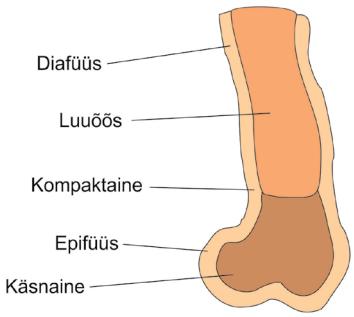
Joonis 3.54. Lihase ehitus.

Nuumloomadel ladestub rasv teatud kehapiirkondadesse. Vastavalt rasva ladestumiskohale tuletatakse ka varu- ehk depoorasva nimetused:

- nahaalune rasvkude, milles leidub lihaskiude ja pindmises kihis ka üksikuid karvajuuri; sigade nahaalust rasvkudet nimetatakse pekiks, see jaguneb sidekoelise kihiga kaheks, millest ülemine kiht on sidekoerikkuse tõttu tihedam;
- neerude piirkonnas paiknev kõhukelmealune rasvkude, mis on üks suuremaid rasva ladestumise kohti; veistel nimetatakse seda depoorasva neerurasvaks, sigade kõhukelmealust rasvkude ploomirasvaks;
- rinnakelmealune rasvkude;
- vaagnapiirkonna rasvkude.

Luukude. Luukoes eristatakse kollageenseid fibrille sisaldavat põhiainet ja selles asetsevaid luurakke ehk osteotsüüte. Luudesse koguneb põhiline kogus organismis leiduvast kaltsiumist, fosforist, magneesiumist ja naatriumist.

Pikad- ehk toruluud koosnevad õõnsast diafüüsist ja epifüüsist ehk luuotstest (**joonis 3.55**). Luuotsad pole õõnsad. Luu on kaetud erilise sidekoelise kihiga, nn periostiga ehk luuümbrisega. Epifüüsi välimine pool koosneb kompaktainest, seesmine osa käsnainest, mis sisaldab punast luuüdi. Toruluu õõs sisaldab kollast luuüdi. Diafüüs koosneb peaaegu täielikult kompaktainest.



Joonis 3.55. Toruluu ristlõige.

3.2.3.3. Liha keemiline koostis

Lihaskude. Lähtudes toiteväärtusest ja tehnoloogilistest omadustest on lihaskude liha kõige olulisem kude. Lihaskoe keskmine keemiline koostis on järgmine:

- vesi – 64 kuni 80% (keskmiselt 75%);
- valk – 16 kuni 22% (keskmiselt 18%);
- rasv – 2 kuni 25% (keskmiselt 15%);
- mittevalgulised lämmastikuühendid – umbes 1,5%;
- mineraalained – umbes 1%;
- süsivesikud – umbes 1%.

Valgud määravad lihaskoe põhilise toiteväärtuse ja lihaskoe omadused (veesidumisvõime, õrnuse jne).

Müofibrillivalgud moodustavad umbes 52% kogu liha valgust. Müosiin on müofibrillivalkudest olulisim. Müosiin on kõrgeväärtuslik hästi see-

duv valk, mis puhtal kujul on vees lahustuv, denatureerumistemperatuur on 45–50 °C, isoelektriline täpp on pH 5,4 juures. Aktiin on täisväärtuslik vees lahustuv valk, mille denatureerumistemperatuur on 50 °C. Aktomüosiin on kompleksvalk, mis tekib aktiini ja müosiini ühinemisel, näiteks surmakangestuse ajal. Aktomüosiin on raskesti omastatav, tema denatureerumistemperatuur on 42–48 °C. **Tropomüosiin** on fibrillaarne valk, mis omadustelt on lähedane müosiinile, kuid ta ei sisalda trüpto¬faani. Iso¬elektriline täpp on pH 4,6 juures.

Müofibrillides leidub veel troponiini, titiini, C-proteiini, nebuliini, M-proteiini, aktiniini, desmiini, filamiini ja mõningaid teisi valke.

Sarkoplasma valgud moodustavad umbes 32% kogu liha valgust. X-globuliin lahustub keskmise kontsentratsiooniga soolalahustes. Isoelektrili¬ne täpp on pH 6,5 juures 50 °C puhul ja pH 7,0 juures 80 °C puhul. Müogeen on ensüümivalk, mis lahustub keskmise kontsentratsiooniga soolalahustes. Müogeen kujutab endast kompleksi A-, B- ja C-müogeenist, mis erinevad üksteisest kristallilise vormi poolest. Müogeen on kõrgeväärtuslik valk, lahustub vees, tema isoelektriline täpp on pH 6,0–6,5 juures ja denatureerumistemperatuur 55–60 °C. Müoalbumiin lahustub vees, isoelektriline täpp on pH 3,0–3,5 juures ning denatureerumistemperatuur 45–47 °C juures.

Müoglobiin on oluline lihaskoe valk, sest ta annab lihaskoele värvuse. Ta koosneb valgulisest osast globiinist ja mittevalgulisest osast heemist. Müoglobiini valguline osa erineb hemoglobiini valgulisest osast, müoglobiini heem on aga identne hemoglobiini heemiga. Müoglobiinis ei ole tsüsteiini. Ta lahustub hästi vees ja tema denatureerumistemperatuur on 60 °C. Müoglobiini denatureerimisel eraldub prosteetiline rühm heem.

Sarkolemmi valgud. Umbes 16% kogu liha valgust moodustavad kollageen, elastiin ja retikuliin, mis on stroomavalgud ehk tugikoevalgud.

Lihaskude sisaldab alati teatud hulga lipiide ehk lihastesisest rasva, ka lahjade loomade puhul. Lihas leiduva rasva all mõistetakse tavaliselt kõiki

lipiidide liike: triglütseriide, fosfolipiide, steroole, steroolestreid, tserebrosiide. Lihas leiduvate rasvade põhikoostisosaks on triglütseriidid, mis sisaldavad rasvhapete radikaale.

Enamik lihaskoe orgaanilistest ainetest ekstraheerub lihast veega töötlemisel; neid aineid nimetatakse tavaliselt ekstraktiivaineteks. Sellesse gruppi kuuluvad paljud toote lõhna, maitset ja bioloogilist aktiivsust põhjustavad ained. Toorel lihal on nõrk lõhn ja maitse, mis tugevneb ja muutub kuumtöötlemise käigus. Eri loomaliikide liha spetsiifiline maitse ja lõhn sõltuvad rasvafraktsiooni koostisest, sest täiesti rasvavaba liha lõhn ja maitse on peaaegu sama, olenemata loomaliigist.

Lihas sisalduvate mittelämmastikuliste orgaaniliste komponentide hulka kuuluvad glükogeen ja tema fosforolüüsi produktid ning amülolüüsi produktid. Glükogeenisisaldusest tapmise ajal tuleneb ka tema laguproduktide, eeskätt piimhappe sisaldus, mis määrab liha pH.

Lihaskoes sisaldub peaaegu kõiki vees lahustuvaid vitamiine: tiamiini (B_1-vitamiin), riboflaviini (B_2-vitamiin), püridoksiini (B_6-vitamiin), kobalamiinide (B_{12}-vitamiini), niatsiini (PP-vitamiin), pantoteenhapet, biotiini (H-vitamiin), paraaminobensoehapet, foolhapet, askorbiinhapet (C-vitamiin), koliini ja väikeses koguses rasvas lahustuvaid vitamiine.

Lihaskoes leidub mineraalainetest kaaliumi, naatriumi, kaltsiumi, magneesiumi, tsinki, rauda. Vähesel määral sisaldavad lihased vaske, mangaani, niklit, koobaltit jt. Lihaskiu koostisse kuulub ka väävelvesinik. Liha riknemisel toimub väävelvesinikusisalduse järsk suurenemine.

Sidekude sisaldab 57–73% vett, 9–13% valku, 1–3% rasva. Sidekoe keemiline koostis oleneb elastiin- ja kollageenkiudude vahekorrast. Kollageenirikastes sidekoe liikides on vett suuremal määral kui sellises sidekoes, kus on valdavalt elastiin.

Kollageen pundub vees, aga ei lahustu vees ega lihtsoolade lahustes. Kollageeni pundumisvõime oleneb keskkonna pH-st ja soolade manulusest. Happelises ja aluselises keskkonnas pundub kollageen rohkem kui

puhtas vees ning sellega kaasneb kollageeni struktuuri peaahelate purunemine. Kollageeniahelate tükeldumist nimetatakse peptisatsiooniks. Kollageenirikaste kudede leotamist happelises keskkonnas ja sellele järgnevat kuumtöötlemist kasutatatakse liimi ja želatiini tootmisel.

Kollageenis sisalduvaks iseloomulikuks aminohappeks on hüdroksüproliin, mida kollageenis on 12,8%. Hüdroksüproliinisisalduse järgi määratakse tavaliselt koe, liha või toote kollageenisisaldust.

Elastiinil ei ole praktiliselt mingit toiteväärtust, sest ta on väga püsiv kuumutamise ja hapete suhtes ning ei seedu.

Rasvkude sisaldab 85–95% rasva, 3–10% vett, 0,3–2% valku. Rasvkoe toiteväärtus sõltub temas leiduvate lipiidide hulgast ning nende omadustest, valgulisel osal pole olulist väärtust.

Rasvade bioloogilise väärtuse määravad järgmised asjaolud.

1. Rasvad on energiaallikaks, nende energeetiline väärtus on üle kahe korra suurem kui valkudel või süsivesikutel.
2. Rasvad on organismile hädavajalikud rasvlahustuvate vitamiinide lahustitena. Loomsed rasvad on ise mõne rasvas lahustuva vitamiini, näiteks A-, D-, E- ja K-vitamiini kandjateks.
3. Rasvade bioloogiline väärtus oleneb ka sellest, kui palju on neis kahe ja rohkema kaksiksidemega ning 18 ja enama süsinikuaatomiga küllastumata rasvhappeid (**tabel 3.12**), mida organism ise vajalikus koguses ei sünteesi (näiteks linool-, linoleen- ja arahidoonhape).

Rasvade sulamistemperatuurid kõigu¬vad suurtes piirides: searasva sulamistäpp on 28–40 °C, veiserasval 40–50 °C, lambarasval 44–55 °C.

Luukude. Luud sisaldavad umbes 12% valku (sellest 93% kollageeni), 15% rasva, 23% mineraalaineid ja 50% vett. Luu anorgaanilisest ainest moodustavad kaltsiumfosfaat 85% ja kaltsiumkarbonaat 11%. Organismi kaltsiumivarudest paikneb luudes umbes 97%. Töödeldes luid hapetega

Tabel 3.12. Küllastumata rasvhapete sisaldus erinevates rasvkoe liikides, %

Rasvkoe liik	Küllastumata rasvhape		
	Oleiinhape	**Linoleenhape**	**Arahidoonhape**
Lambarasv	36—43	3—4	0,3
Veiserasv	43—44	2—5	0,09—0,20
Searasv	41—51	3—11	2,0
Kanarasv	37—43	18—23	0,3

võib neist eraldada mineraalained, järele jääb luu orgaaniline osa – osseiin, mis koosneb peamiselt kollageenist. Kollageeni töötlemisel želatiiniks on vaja luu üldvalgust eraldada albumiinid, globuliinid, mutsiinid ja mukoidid ning alles seejärel on võimalik saada kvaliteetset želatiini.

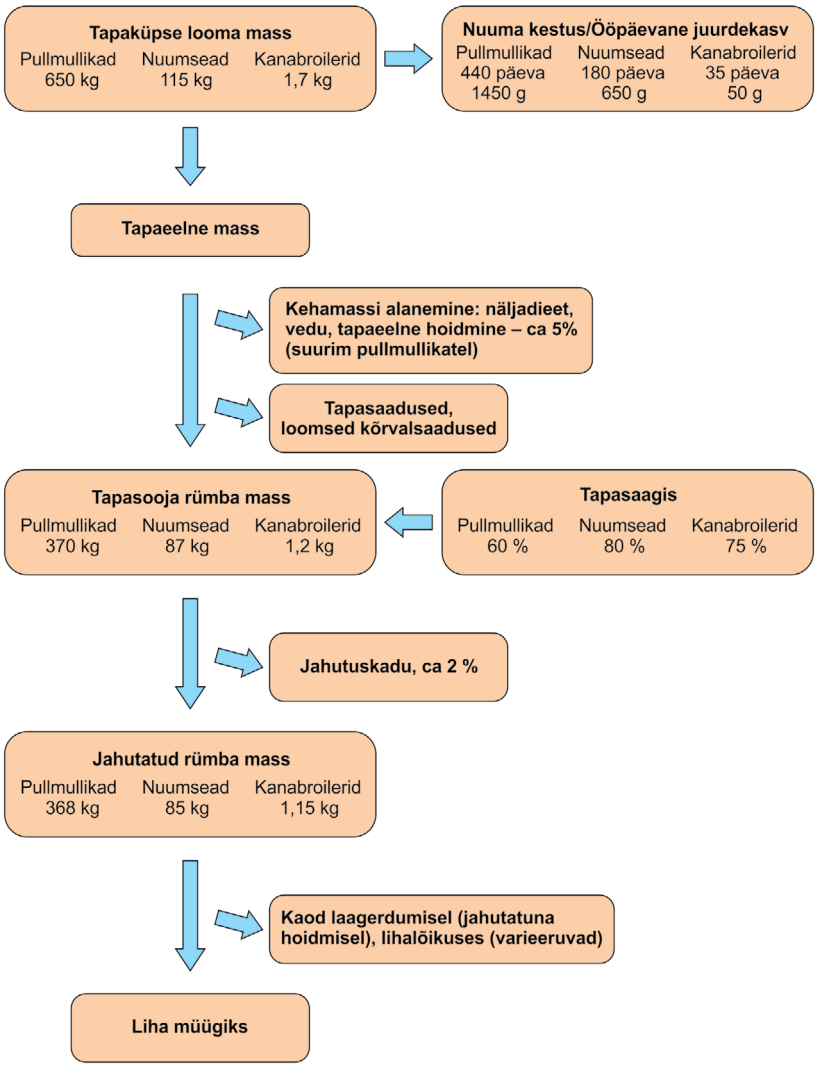
3.2.3.4. Liha kvaliteet

Mis on liha kvaliteet? Kas see on peamiste koostisosade (rasv-, side-, lihaskude) omavaheline suhe lihas või liha sensoorsed omadused (välimus, lõhn, õrnus, mahlasus, tekstuur ja maitse)? Toote kvaliteet ei kujune mitte selle hindamisel, vaid tootmisprotsessi erinevate etappide käigus (vt **joonis 3.56**).

Liha kvaliteet on kõigi omaduste ja näitajate summa, mis on olulised tema toiteväärtuse, vastuvõetavuse, inimese tervise ja liha töötlemise seisukohalt. Üldiselt võib liha kvaliteeti mõjutavad tegurid kogu tootmisahelas jaotada neljaks suureks rühmaks, **vt joonis 3.57**.

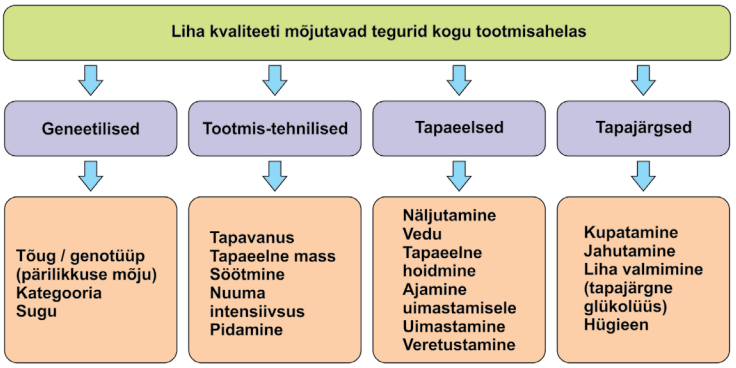
Lihatööstusele on väärtuslikumad suurema lihasaagisega tõud, so tõud, kelle lihaskoerikkad kehaosad (seljaosa, tagasingid) on hästi arenenud. Siin mängib olulist rolli geneetika.

Veiste puhul eelistab lihatööstus heas toitumuses lihatõugu loomi, nende tapasaagis ja rümba lihaskoesisaldus on suuremad, liha kvaliteet parem. Eestis on neist tõugudest esindatud – hereford, aberdiin-angus, limusiin, simmental, šarolee, šoti mägiveis, akviteeni kele, belgia sinine, piemont, gallovei, dexter, šorthorn ning aubrak.



Joonis 3.56. Tapalooma väärindamise skeem

Veiseliha on tavaliselt tumepunane (piimavasikaliha heleroosa, peaaegu valge). Värvuse intensiivsus oleneb kudedes sisalduvast müoglobiini hulgast (müoglobiinisisaldus on 0,25–0,37% lihaskoe massist). Veiselihale on iseloomulik selgesti nähtav marmorsus, s.o nähtavad rasvkoekihid lihaskoe ristlõikes. Veiseliha maitse ja kvaliteet oleneb looma vanusest ja tema kasvutingimustest ning võib olla väga erinev. Lisaks sõltuvad veiseliha omadused suurel määral sugupoolest, vanusest ja rasvumisastmest.



Joonis 3.57. Liha kvaliteeti mõjutavad tegurid.

Väiksema lihaste moodustamise võimega loomadel (härjad, lehmikud) on peenem ja nõrgem lihaskiud kui tugevama lihastikuga loomadel (pullid). Sarnaste keskkonnatingimuste korral annab peenem lihaskiud õrnema liha. Keedetud veiselihal on tugev meeldiv lõhn, mis avaldub paremini kui maitse. Veise rasvkude on tahke konsistentsiga, helekollane ja suhteliselt kõrge sulamistemperatuuriga.

Sigu on palju erinevaid tõuge. Eestis kasvatatakse neist Eesti suur valge ehk jorkšir, Eesti maatõug (landrass), Djurok, Pjeträän, Hampshire.

Sigadel on osa lihaseid tumedamad, osa heledamad. See on eriti nähtav singis, kus seesmised lihased on välistest tumedamad. Heledamates lihastes on 0,08–0,13% ja tumedamates 0,16 – 0,23% müoglobiini. Sealiha on pehmema konsistentsiga kui veiseliha ja temas leiduv sidekude on paremini seeduv kui veiseliha sidekude. Toores sealiha on peaaegu lõhnata (välja arvatud kuldiliha alates suguküpsusest), keedetult on tal aga nõrk, meeldiv lõhn. Rasvkude on valge, mõnikord roosaka varjundiga.

Enamik lambatõuge maailmas, on aretatud villa tootmise eesmärgil. Kahesuunaliste rühma (liha-villa lambad) kuuluvad eesti tumeda- ja eesti valgepealised lambad. Viimastel aastatel on alustatud ka erinevate lihalambatõugude nagu tekseli, suffolki, dorseti ja dala lammaste kasvatamisega Eestis.

Lambaliha kvaliteet sõltub lamba vanusest. Lambalihal ei ole marmorsust. Ta on isepärase lõhnaga, mis mõnikord meenutab ammoniaagilõhna (eriti vanadel jääradel). Liha keetmisel, eriti aga küpsetamisel lõhn väheneb või kaob. Talleliha (alla 12 kuu vanuste) spetsiifilist lõhna ei oma. Talleliha on heledama roosa või punase värvusega, vanemate lammaste liha oluliselt tumedam, isegi tumepunase tooniga. Looma vanusest sõltub ka rasvkoe värvus. Tallede rasvkude on valge, vanade loomade rasvkude on intensiivselt kollaka värvusvarjundiga, tugeva spetsiifilise lõhnaga. Lambalihas on märgatavalt rohkem rauda, kaltsiumi ja fosforit kui veise- ja sealihas.

Olulisteks kriteeriumiteks lihatööstuse jaoks on tapalooma elusmass, tapasaagis, luude osakaal rümbas (**tabel 3.13**). Tapasaagis oleneb looma liigist, tõust, soost, vanusest, toitumusest, tapmise ja algtöötlemise tehnoloogiast (rümba definitsioonist, mis määrab millised osad kuuluvad rümba juurde).

Tapaeelne näljutamine. Veiste ja lammaste söötmine on soovitatav lõpetada 18 ja sigade söötmine 10 tundi enne tapmist. Liigselt täitunud seedekulglaga loomade nülgimine on raskendatud, suureneb sisselõigete tõenäosus kõhuõõne elunditesse, on oht lihakeha ja elundite saastamiseks.

Tapaloomade vedu. Transport tähendab tapaloomadele erakordset, stressi tekitavat koormust. Seetõttu alaneb liha kvaliteet ja lüheneb tema säilivus. Transpordi kahjulik mõju on eriti suur kui loomi pekstakse, liigselt ärritatakse ja kurnatakse. Erutatud, stressis loomade puhul tekib tugev verevool lihastesse, millede veresooned on täitunud verega, mis põhjustab halvema veretustamise. Eriti väikestes veresoontes (kapillaarides) sisaldub tavalisest enam verd. Veretustamisel jääb see osaliselt lihakehasse ning tilgub välja pidevalt töötlemise käigus.

Pärast vedu soovitatakse sigu sooja veega piserdada, mille tõttu väikesed veresooned tõmbuvad kokku ja veri voolab keha sisemusse suurematesse veresoontesse. Need tühjenevad veretustamisel täielikumalt kui kapillaarid. Suur kogus jääkülma vett võib esile kutsuda aga südamerabanduse.

Tabel 3.13. Optimaalne tapaeelne mass, tapasaagis ja luude osakaal rümbas

Loomaliik	**Optimaalne tapaeelne mass, kg**	**Tapasaagis, %**	**Luude osakaal rümbas, %**
Sead	90—120	80	11—12
Veised: pullmullikad lehmmullikad härjad	 500—650 450—550 550—600	50—60	14—17
Lambad/kitsed talled	 15—22	44—53	15—24

Tapaeelne hoidmine. Jootmisrežiimi järgimisel on suur tähtsus nülgimise kvaliteedi seisukohalt. Kui loomad ei saa piisavalt juua, siis on nülgimine raskendatud, suureneb liha- ja rasvarebendite tõenäosus. Ligipääs veele katkestatakse 2–3 tundi enne loomade tapale ajamist.

Ajamine uimastamisele. Kui stressitundlik siga saab tapaeelselt ägeda lühikese stressi, on tagajärjeks glükogeeni varude paiskamine lihastesse ning vahetult pärast tapmist nende kiire lagunemine. Liha pH langeb 45 minuti jooksul 5,8-ni. Elektripiitsa ei tohiks kasutada (kutsub esile südame töö kiirenemise ja ekstreemse stressihormoonide tekke).

Uimastamine. Elektrilise uimastamise korral põhjustab elektrivool läbi aju närvisüsteemi tugeva stimuleerimise. Tagajärjeks on energiat kulutavad lihaste krambid ja stressihormoonide adrenaliini ja noradrenaliini teke. Tulemuseks anaeroobne glükolüüs piimhappe moodustumisega ja pH langus lihastes.

Elektrivooluga uimastamise puhul esineb sageli luumurdusid ja verevalumeid lihastesse, kopsudesse, tõuseb liha tuimus, alaneb säilivus. Täppverevalumid võivad esineda kogu lihakehal kõikides lihastes kuid enim tagasingis ja abapiirkonnas. Tingitud on see vererõhu tõusust ja veresoonte lõhkemisest, aga ka vere viskoossuse suurenemisest. Elektrilisel uimastamisel vabaneb ärrituse tagajärjel rohkem protrombiini, mis kutsub esile intensiivsema vere hüübimise – toimub mittetäielik veretustamine ja rümba välimuse halvenemine.

Veretustamine. Veri on väga heaks toitekeskkonnaks mikroorganismidele. Üleväsinud loomade lihas leidub nii aeroobseid kui ka anaeroobseid mikroorganisme. Tervete, puhanud loomade lihastes harilikult mikroorganisme ei leidu. Mikroorganismid satuvad lihastesse juhul kui looma seedekulgla kaitsefunktsioonid on vähenenud väsimuse või haiguste tõttu, sel juhul tungivad mikroorganismid koos vere ja lümfiga läbi sooleseinte organismi kõikidesse kudedesse. Halvasti veretustatud loomade liha rikneb kiiresti.

Jahutamisel mõjutavad liha kvaliteeti oluliselt liha ja väliskeskkonna omavaheline seos ning muutused, mida kutsuvad esile liha koeensüümid.

Liha ja väliskeskkonna vastastikune mõju tingib liha koostisosade oksüdeerumist (reageerimine õhuhapnikuga), mis põhjustab rasvkoe kibedaks muutumist. Liha pind värvub esimestel säilituspäevadel erepunaseks oksümüoglobiini tekkimise tõttu müoglobiinist õhuhapniku toimel. Edaspidi liha tumeneb, muutub punakaspruuniks metmüoglobiini tekkimise ja lihapigmentide kogunemise tõttu liha pinnal.

Õhu suhtelise niiskuse mõju on kahesugune. Esiteks oleneb õhu suhtelisest niiskusest mikroorganismide arengu kiirus liha pinnal. Teiseks oleneb õhu suhtelisest niiskusest liha pinna kuivamise kiirus. Et kuivamiskoorik takistab mikroorganismide tungimist liha sügavusse, püütakse liha jahutamisel tekitada selle pinnale kuivamiskoorik, mis moodustub pindmise sidekoelise kile kuivamisel.

Liha valmimine (tapajärgne glükolüüs). Lihases sisalduv glükogeen muutub aeroobsetes tingimustes (sh hingamise korral) veeks ja CO_2-ks; anaeroobsetes tingimustes (näiteks tapajärgselt) glükolüüsi teel piimhappeks (joonis 3.58). Tapasoojas lihas peaks glükogeenisisaldus olema kõrge (keskmise toitumusega veiste lihas on 460 mg%, lahjade veiste lihas aga 190 mg% glükogeeni, sealiha glükogeenisisaldus võib olla 215—952 mg%). Glükogeen soodustab surmakangestuse ning liha edasise valmimise protsesside normaalset kulgu.

Pikaajalises elupuhuses stressis olnud loomade liha sisaldab vähe glükogeeni (glükogeenivarud on aeglaselt ära kulutatud). Et tapmise ajal pole lihastes glükogeeni, siis pole ka glükolüüsi ja ei moodustu piimhapet, mis alandaks liha pH-d.

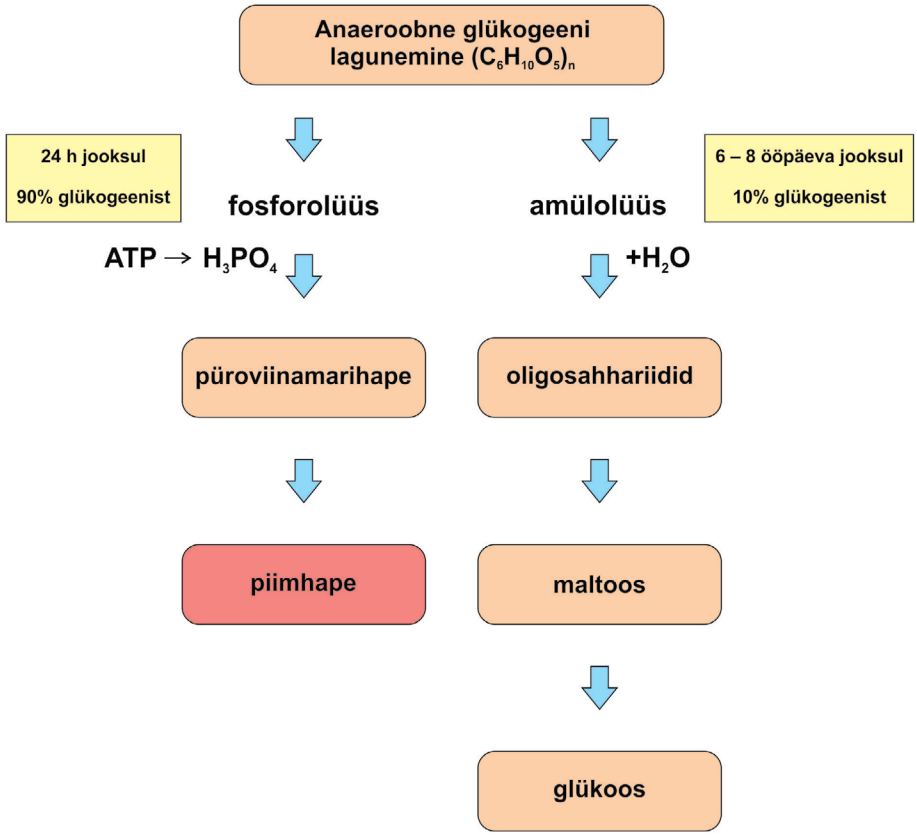
Tulemuseks on DFD-liha:

- lihastes moodustub vähe piimhapet:
    - tühine pH langus, mõni kümnendik. Liha pH on kõrgem kui 6,0, sageli üle 6,6;
    - tume, tuim ja kuiv liha (DFD = ingl. dark = tume, firm = tuim, dry = kuiv);
    - lihal on kõrge veesidumisvõime;
    - liha säilivus on halb.

Olulisemaks PSE-liha tekkepõhjuseks on väga kiire glükolüüs ja sellega kaasnev pH langus. Sealihas on suhteliselt palju glükogeeni. Kui stressitundlik siga saab tapaeelselt, näiteks transpordi ajal, ägeda lühiajalise tugeva stressi, siis sellega kaasneb glükogeenivarude paiskamine lihastesse ning vahetult pärast tapmist nende kiire lagunemine.

PSE-liha:

- lihastes on tapajärgselt palju piimhapet:
    - pH on langenud 5,8-ni või alla selle ühe tunni möödumisel tapmisest, s.t $pH1 \leq 5,8$;
    - halb veesidumisvõime (valkude denaturatsioon: suhteliselt happeline keskkond + kõrge temperatuur);
    - kahvatu/hele, pehme, vesine liha (PSE = ingl. pale = kahvatu/hele, soft = pehme, exudative = vesine);
    - suur tilkumiskadu liha jahutamisel, säilitamisel.



Joonis 3.58. Glükogeen ja tema fosforolüüsi ning amülolüüsi produktid.

Veiseliha laagerdamine. Veiseliha kvaliteeti saab tapmisjärgselt tehnoloogiliselt positiivselt mõjutada liha laagerdamisega. Laagerdamisel toimuvad lihas biokeemilised ja mikrobioloogilised protsessid: muutub liha värvus, maitse, tekstuur – kõik need protsessid parandavad liha kvaliteeti. Maailmas kasutatakse kolme veiseliha laagerdamise tehnoloogiat:

- kuivlaagerdamine (*dry aging*);
- märglaagerdamine ehk vaakumpakendis laagerdamine (*wet aging*) on kasutusel ka Eestis;
- kuivlaagerdamiskotis laagerdamine (*dry bag aging*).

Rümba hügieeniline tase on väga oluline liha ja lihatoodete säilivuse seisukohalt. See oleneb tootmise üldisest hügieenilisest tasemest, tööliste väljaõppest jne. Lihakehade algtöötlemise kriitilisteks operatsioonideks, mille puhul on rümba saastamise oht kõige suurem: veretustamine, nülgimine ja siseelundite eemaldamine.



Kontrollküsimused

Nimetada liha koostiskoed ning iseloomustada nende morfoloogilist ehitust.
Kuidas mõjutab liha kvaliteeti looma liik, tõug, sugu?
Kuidas mõjutab liha kvaliteeti tapaeelne loomade käitlemine?



3.2.4. KALA

Riina Soidla

Kalad on selgroogsete loomade kõige levinum rühm, umbes 56% kõigist selgroogsetest on kalad. Neid võib jagada peamiselt kolme klassi: luukalad, sõõrsuud ehk lõuatud kalad, kõhrkalad. Eesti kalade süstemaatiline nimestik sisaldab umbes 73 luukalaliiki.

Eesti kalapüük Läänemerel ning rannapüük hõlmavad järgmisi kalaliike: ahven, angerjas, emakala, forell, haug, kilu, koha, latikas, lest, luts, lõhe, nurg/särg, räim, siig, silm, säinas, tint, tursk, tuulehaug, vimb jt. Avamerepüük hõlmab: kilu, lest, lõhe, räim, tint, tursk jt. Tööndusliik püük Eesti sisevetes toimub arvestataval määral kahes suuremas järves, Võrtsjärves: ahven, angerjas, haug, latikas, luts, koha jt ning Peipsi järves (koos Lämmi- ja Pihkva järvega): ahven, haug, kiisk, koha, latikas, luts, Peipsi siig, Peipsi tint, särg, rääbis jt.

Vesiviljeluses domineerivad Eestis põhisuundadena kaubakalakasvatus (vikerforell, karpkala, angersäga, mägihõrnas, siig jt), kalakasvatus looduslike vete asustamiseks (angerjas) ja vähikasvatus.

Põhitegevusalad Eesti kalatöötlemises on kala külmutamine, fileerimine, kalakonservide ja –preservide ning valmistoitude tootmine.

3.2.4.1. Kalaliha keemiline koostis

Kalaliha peamised komponendid on vesi (56–79%), valgud (16–20%), rasvad (2–22%) ja mineraalained (2,5–4,5%). Keemilise koostise iseloomulikuks näitajaks on vee- ja rasvasisalduse proportsionaalne suhe: mida rohkem rasva, seda vähem vett ja vastupidi. Nende summaarne sisaldus on võrdlemisi püsiv ja moodustab ligikaudu 78–79%. Rasvasisaldus kõigub 0,4–30%.

Kalaliha keemilist koostist mõjutab oluliselt liik, vanus, füsioloogiline seisund, kalapüügi koht ja aeg jne. Näiteks mida vanem on kala, seda

rohkem sisaldab ta liha rasva ja vähem vett. Valgud on kalalihastes kolloidses olekus, mis seletab nende ebapüsivust sõltuvalt keskkonnast. Kui alandada pH 4,5–5 ja küllastada keskkonda naatriumkloriidiga, kaotavad valgud oma lahustuvuse ning sadenevad. Temperatuuri tõstmisel nad denatureeruvad, albumiinid 38 °C kuni 51°C juures, globuliinid 38 °C ja 88 °C vahel. Valkude denatureerumine toimub ka kala külmutamisel ning kuivatamisel.

Lämmastikku mittesisaldavate ekstraktiivainete sisaldus on väike (1,5–2,2%). Selle grupi tähtsamad ühendid on aminohapped, happelised amiidid, imidasool ja puriin. Lämmastikku sisaldavad ekstraktiivained on lenduvad (ammoniaak, mono-, di- ja trimetüülamiin) ja mittelenduvad, trimetüülammooniumalused (trimetüülamiinoksiid, betaiinid, koliin). Lenduvad ühendid sisalduvad väikestes kogustes kalarasvas ja moodustuvad väljapüütud kalas toimivate mikrobioloogiliste protsesside käigus. Kalade ebameeldivat lõhna seletatakse lenduvate ühendite kogunemisega.

Mittelenduvad lämmastikku sisaldavad ekstraktiivained sisalduvad eelkõige merekala- ja vähesel määral ka siseveekalade lihas. Trimetüülamiinoksiidi kontsentratsioon sõltub kala vanusest ja aastaajast ning kõigub 100 kuni 1080 mg%-ni. Trimetüülamiinoksiid koos koliini, letsitiini ja teiste ühenditega annab merekalale spetsiifilise lõhna.

Värskes kalalihas on histidiinisisaldus 75–470 mg%, mikroorganismide toimel muundub histidiin histamiiniks, mis omab toksilist toimet.

Kalaliha ja kalarasv sisaldavad omega-3-rasvhappeid, millel on soodne mõju lipiidide ainevahetusele.

Rasvasisalduse järgi jaotatakse kalad kolme gruppi:

1) rasvasisaldus kuni 1,5% – lahjad ehk vähe rasvased kalad, näiteks haug 0,5–1,5%, luts 0,3–1,0%, tursk 0,1–0,4%;
2) rasvasisaldus 1,5–10% – poolrasvased kalad, näiteks ahven 1,0–3,0%, lest 2,0–6,0%, räim 3,0–10%;

3) rasvasisaldus üle 10% – rasvased kalad, näiteks lõhe 10,0–18,0%, angerjas 10,0–40%, mõned heeringaliigid.

Rasvkude on kala kehas jaotatud ebaühtlaselt: mõnedel kaladel leidub rasvkudet kõige rohkem maksas, teistel kaladel aga lihas ja lihaskiudude vahel, kolmandatel nahaaluses koes.

Üheks kalarasva iseärasuseks on suur A- ja D-vitamiinide sisaldus. Neid vitamiine leidub maksas, nahaaluses rasvkoes ja valguühenditena ka kalalihas. Seetõttu leidub teataval määral A- ja D-vitamiini ka mitterasvastes kalades, nagu haug, koha, ahven jt. Tuunikala, hiidlesta ja ka tursa maksast saadavad õlid on aga lausa looduslikud A- ja D-vitamiini kontsentraadid.

Vees lahustuvatest vitamiinidest on leitud kalalihas B_1-, B_2-, B_6-, B_{12}-vitamiini ja nikotiinhapet. C-vitamiini leidub kalamarjas.

Kalalihas on vähemalt 1–2% mineraalaineid, sealhulgas eriti kaltsiumi, magneesiumi ja fosforit, kaaliumi, naatriumi, väävlit; mikroelementidest Fe, Cu, Mn, Co, Zn, Mo, vaske, tsinki, seleeni. Merekalad sisaldavad joodi.

3.2.4.2. Lühiülevaade kalade anatoomiast ja morfoloogiast

Algselt oli kala keha tilga- või värtnakujuline. Sellest algsest vormist on evolutsiooni käigus kujunenud järgmised põhivormid: torpeedokujuline (nt forell), süstjas või nooljas (nt haug), lame (nt lest), kiilukujuline (nt säga), lintjas, madujas (nt angerjas). Põhiliste kehavormide kõrval on ka palju ülemineku vorme ja ekstreemseid vorme (peamiselt süvavee kaladel).

Kehaosade proportsioonid ja -mõõtmed. Kalade keha koosneb peast, kerest, sabast ja uimedest. Kehaosade proportsioonid – suhtelised mõõdud kala suuruse suhtes – muutuvad olenevalt kala vanusest, toitumusest, sugutsükli staadiumist jne. Näiteks paremini toitunud kala keha kõrgus ja paksus võivad olla suuremad nälginud kala omast – viimasel on aga suhteliselt suur pea, suured silmad, madal keha, peenike saba. Kalade pea pikkus ja massiosa varieerub erinevat liiki kaladel küllalt laiades piirides ja moodustab kogu keha massist 10 kuni 30%.

Kala kehaosade mõõtmetest on kalapüügieeskirjas toodud kalade alammõõdud püügil:

- keha täis- ehk üldpikkus (tähis L) – kala pikkus ninamiku tipust (suu suletud) kuni sabauime lõpuni;
- standard- ehk kehapikkus (tähis l) – kala pikkus ninamiku tipust kuni sabauime keskmiste kiirte alguseni.

Uimed koosnevad luulistest kiirtest, nahkjast kilest, nende abil toimub liikumine, tasakaalu hoidmine, suuna muutmine. Uimed jagunevad: paarilised rinna- ja kõhuuimed, paaritud selja- (üks kuni kolm), päraku- (üks või kaks) ja sabauim; kiirteta rasvauim lõhilastel.

Kehakatted. Kalade keha kattev nahk koosneb õhukesest epidermisest, tihedast dermisest, mis koosneb põhiliselt sidekoest (kasutatav kalanaha valmistamiseks). Luukalade nahas esineb tüüpiliselt kahte sorti sekretoorseid rakke: limarakud ja alarmainet tootvad nuirakud. Limarakud avanevad epidermise pinnale ja eraldavad kala katvat lima. Alarmainet sisaldavad rakud ei avane epidermise pinnale. Ainult kala vigastamise korral satub nende rakkude sisu kala kehale ning sealt edasi vette. Kalanahas asuvad ka värvust määravad pigmendirakud. Mageveekalade nahk on üldjuhul kaetud soomustega, mis asuvad dermise sopistites (soomusetaskutes). On ka soomusteta kalu nagu säga, silmud; angerjal on mikroskoopiliselt väikesed soomused. Osadel kaladel (tuurlastel) on nahas mitte soomused vaid luuplaadid, mis paiknevad piki keha ridadena – neid nimetatakse kilbisteks. Väikseid nahas asuvaid luuplaate nimetatakse naastudeks. Luuplaate esineb ka näiteks ogalikel ja sägadel.

Skelett. Kõrgemalt arenenud kaladel (luukaladel) on luuline skelett, madalamal arengutasemel olevatel kaladel (kõhrkalad) – kõhr. Skeletis eristatakse koljut ja selgroogu, mis jaguneb keha ja sabaosaks. Selgroolüli koosneb kehast ja jätketest. Ülemised jätked on ühinenud ogajätkeks. Nende vahele jääb neuraalkanal, kus paikneb seljaaju. Alumised on kehaosas ühinemata ja neile toetuvad külgedel roided. Selgroolülide kehad on erine-

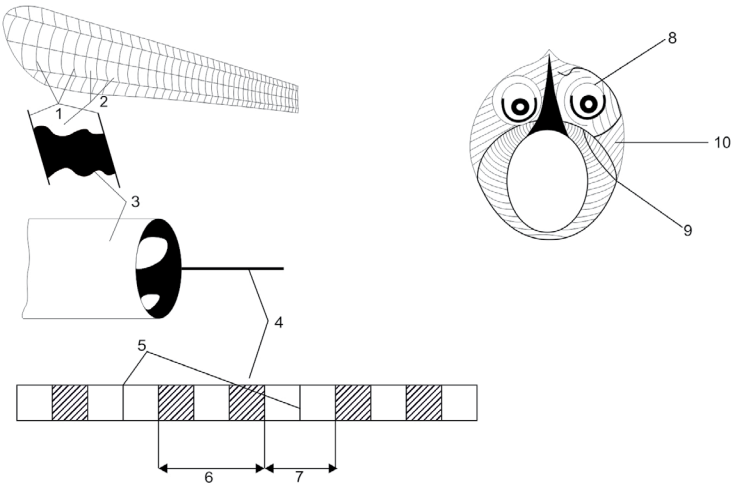
vatel kalaliikidel erineva ehitusega – mõnedel liikidel pehmemad, võrkja struktuuriga (lõhilased), teistel tugevamad ja kompaktsemad (karplased). Paljudel kalaliikidel on seljalihastes peened roodluud: karpkalal umbes 100, vikerforellil on umbes 70 lihastevahelist hargitaolist luud, angerjal, sägal ja kirevahvenal selliseid luid ei ole.

Kala lihaskoed. Kalade lihaskoed ei erine laias laastus soojaverelis-te tapaloomade lihaskoest. Suurema osa kalade lihasmassist moodustavad valged lihased. Need on ehituselt sobivad kiireteks kontraktsioonideks, kuid väsivad kiiresti. Valged lihased kulgevad kahel pool piki kala keha peast kuni sabani. Selja- ja kõhuosa valged lihased on eraldatud horisontaalse sidekoelise vaheseinaga. Kaladele iseloomulikud punased lihased paiknevad uimede tugiluudel ja piki kala keha külgi eriti sabaosas. Need lihased on sobivad aeglasema kuid püsivama töö jaoks, nende osakaal üldisest lihaskoest sõltub antud kalaliigi eluviisist.

Küljelihased on jaotatud vaheseintega, müoseptidega, õhukesteks kihtideks, müomeerideks. Viimastel on poolkoonuse kuju, mille ülemine osa on põimitud järgmise müomeeri süvendisse. **Joonisel 3.59** on esitatud kalade vöötlihakoe ehitus.

Lihaskiud ei hõlma kogu lihase mahtu, 12–18% sellest on sidekude, veresooned, närvikiud ja rakuväline mahl. Lihaskiudude pikkus ja läbimõõt sõltuvad kala liigist, vanusest, aga ka asetusest lihases. Lihaskiudude pikkus ja läbimõõt vähenevad suunaga saba poole. Lihaskiud on kaetud õhukese membraaniga – sarkolemmaga, mille all paiknevad müofibrillid, rakutuum, sarkoplasma, sarkoplasmaatiline retiikulum ja teised struktuuri elemendid.

Lihaskiu vöödilisuse kandjaks on müofibrillid. Pikisuunas koosnevad nad lühikestest diskideks nimetatud segmentidest, millest üks näib heledana (I-disk), teine tumedana (A-disk). I-disk poolitub tugevamalt värvunud joone, nn Z-vöödiga.



Joonis 3.59. Kalade vöötlihakoe ehitus: 1 – müoseptid, 2 – müomeerid, 3 – lihaskiud (diameeter 0,01–0,4 mm), 4 – müofibrillid (diameeter 0,001–0,02 mm), 5 – Z-vöödid, 6 – A-disk, 7 – I-disk, 8 – valge lihas (selja osa), 9 – valge lihas (kõhuosa), 10 – tume lihas (kõhu osa)

Kala **seedeelundkonna** põhiosadeks on suu, neel, söögitoru, magu, püloorilised ripikud (soole umbsed sopistised, mis esinevad osadel kaladel – näiteks ahvenlastel, heeringlastel, lõhilastel, makrellil kuid puuduvad karpkalalastel), peen- ja jämesool (viimane lõpeb anaalavaga). Soolestikuga külgneb sagaraline maks koos sapipõiega. Kõhunääre, pankreas, ei ole selgelt eristunud, tema väikesed sagarikud asuvad mao kõrval või paiknevad maksakoes nn hepatopankreasena. Lindikujulised tumepunased neerud paiknevad kõhuõõnes tihedalt vastu selgroogu.

Ujupõis. Peaaegu kõikidel luukaladel on ujupõis (puudub nt skumbrial, lestalistel), mis paikneb neerude ja sooltoru vahel. Ujupõis on kaladel hüdrostaatiliseks aparaadiks ja gaasivahetuse reguleerijaks, mõnedel kaladel ka heliresonaatoriks. Muutes ujupõie mahtu saavad kalad liikuda vees üles ja alla ning püsida teatud sügavustel. Veepinnalt 10 m sügavusele laskumisel väheneb ujupõie maht poole võrra.

Süda ja vereringe. Kalade väike kahekambriline süda asetseb vahetult viimase lõpusepilu kaare taga. Et kalade kehades ringleb segaveri, ei suuda

nad hoida oma kehatemperatuuri püsivana, kalad on kõigusoojased. Vereloomeelunditeks on põrn, luuüdi. Veri moodustab kehamassist ligikaudu 2%.

Kõrgeltarenenud kalade peamiseks vees hingamiseks kohastunud hingamiselundiks on lõpused, mis koosnevad kaartest, liistakutest ja lamellidest ning paiknevad pea tagaosas asuvates lõpuste taskutes. Luukaladel katab lõpuseid luuline lõpuskaas.

Suguorganid (gonaadid) – munasari ja seemnesari – asetsevad kahe lindina ujupõie külgedel neerude ja seedeelundite vahel. Seemnesarjas ja -juhades valmivad igal aastal spermatosoidid, munasarjas mari. Täiskasvanud kaladel võib gonaadide massiosa moodustada kuni 25% nende keha massist. Marjaterade suurus ja arv, nende värvus erinevad sõltuvalt kalaliigist.

Kalade meelelundid. Kalade aju on väike moodustades 0,1–0,2% kehamassist. Kalade meeled erinevad maismaaloomade omadest, sest veekeskkond erineb oluliselt õhust: heli levib kiiremini, lõhnad aeglasemalt, nähtavus on halvem. Veekeskkonnas on haistmismeel nägemismeelest tähtsam. Seetõttu on kaladel keemilise signaliseerimise süsteem hästi arenenud: röövkalade läheduse haistmisel, teiste hoiatamisel ohu eest, orienteerumisel jne. Kalad tunnevad hästi ka maitset, nad tajuvad magusat ja soolast mitusada korda tugevamini kui inimesed. Kalad näevad halvasti, seda asendavad ülihea kuulmine ja vee pisemaidki võnkumisi tajuv küljejooneelund – piki kala külgi paiknevate tundlike rakkude read.

Varem arvati, et kalad ei tunne valu. Viimastes uuringutes on avastatud, et nad võivad valuaistinguid tajuda: nad üritavad vältida valu tekitavaid olukordi ning muudavad oma käitumist vastavalt oludele.

3.2.4.3. Kala kvaliteet

Kala kvaliteet koosneb erinevatest kalale iseloomulikest omadustest, neist peamised on kala headus (vanus, suurus, püügiaeg, suguküpsus jne),

kala säilitamisel (ka töötlemisel) kujunev värskus ning söödava osa – kalaliha – mass.

Täpseid väljatulekuid kalaliha kohta pole kirjanduses toodud, sest tulemused erinevad olenevalt kalaliigist (samuti ka liigisiseselt), vanusest, suurusest, kasvustaadiumist ja aastaajast. Näiteks heeringa (põhjamere) käsitsi töötlemisel on saadud järgmised andmed: filee 54,5–68,9%, niisk või mari 13,1–28,4%, loomsed kõrvalsaadused 14,8–19,8%. Paaveri andmetel moodustab söödav osa – kalaliha – kalade massist enamasti 55–60%. Positiivseks erandiks on peipsi tint, kes läheb toiduks tervenisti, sest seda ei hakka keegi rookima, ning maotaolised angerjas ja jõesilm. Madala lihasaagisega (42–55%) on tursk, mitmed karpkalalased, haug, kiisk, ahven.

Kõige sagedamini mõistetakse kalaliha kvaliteedi all selle välimust või värskust ehk riknemise astet. Kohe pärast kala väljapüüki (surma) algavad mikrobioloogilised ja ensüümsed protsessid, mis põhjustavad kala riknemise. Kala füüsikalised kahjustused (tingitud kala muljumisest) kiirendavad eelpoolnimetatud protsesse.

Riknemisel toimuvad muutused lõhnas, välimuses ja tekstuuris, kuni lõpuks muutub kala toiduks kõlbmatuks. Samaaegselt halveneb ka kala mehaanilise töötlemise võimalus. Kala riknemise staadiumi hindamiseks (kala värskuse määramiseks) kasutatakse sensoorseid, keemilisi, mikrobioloogilisi ja füüsikalisi meetodeid.

Sensoorsed meetodid

Sensoorne analüüs põhineb inimese meeltel: nägemine, kompimine, haistmine, maitsmine jne. Enamkasutatavad kala värskuse ja kvaliteedi sensoorse analüüsi meetodid on:

- EU-skaala (aluseks määrus (EÜ) nr 2406/96);
- Kvaliteediindeksi meetod (Quality Index Method) ja
- Kvantitatiivne kirjeldav analüüs (Quantitative Descriptive Analysis).

EU skaala alusel hinnatakse Euroopas kala kokkuostupunktides kalade kvaliteeti neljas värskusastmes: ekstra – E, hea – A, rahuldav – B, puudulik – C.

Värskuskategooriad on toodud eraldi valge lihaga kaladele (kilttursk, tursk, süsikas, pollak, meriahven, merlang, molva, merluus jt) ning tumeda lihaga kaladele (pikkuim-tuun, harilik tuun, suursilm-tuun, putassuu, heeringas, sardiin, makrell, hailik stauriid jt). Hinnatakse tervet või roogitud kala: nahka, nahal oleva lima hulka, silmi, lõpuseid ja kõhukelmet (roogitud kalade puhul), lõpuste ja kõhuõõne lõhna, liha tugevust, elastsust. Meetodi puuduseks on see, et värskuskategooriad annavad infot ainult hetkeolukorra kohta, nende järgi ei ole võimalik määrata kala säilivusaega.

Kvaliteediindeksi meetod on kasutuses samuti Euroopas kala kokkuostupunktides, aga ka analüüsilaborites ja teadusasutustes. Analüüsitakse tervet või roogitud kala. Meetod baseerub kala liigispetsiifiliste omaduste uurimises ning punktide andmises sõltuvalt toote värskusest. Punktid antakse igale kvaliteedinäitajale täisarvudena vahemikus 0–3. Valitakse sellised kvaliteedinäitajad, mis muutuvad säilitamisel lineaarselt. Kvaliteediindeksi saamiseks punktid summeeritakse ning mida väiksem punktide arv, seda värskem kala. **Tabelis 3.14** on toodud skeem atlandi heeringa analüüsimiseks. Kvaliteedi indeksi meetodil saadud punktide arv on korrelatsioonis kala säilivusajaga temperatuuril 0 °C (säilitamisel jääs), kuid eelnevalt on vajalik läbi viia kalaliigi spetsiifiline säilituskatse.

Keemilised meetodid

Kui sensoorse analüüsi käigus tekib kahtlus kalandustoodete värskuse osas, võetakse proovid keemiliseks analüüsiks. Määruse (EÜ) nr 853/2004 kohaselt pole lubatud töötlemata kalandustooteid turule viia, kui TVB-N (lenduvates lämmastikalustes sisalduva lämmastiku kontsentratsiooni) piirväärtused on ületatud. Vastavalt kalaliigile jäävad piirväärtused vahemikku 25–35 mg lämmastikku 100 grammi liha kohta (määrus (EÜ) nr 2074/2005).

Kalarasva oksüdeerumise (rääsumise) tulemusena kalandustootes moodustuvad väga aktiivsed karbonüülsed ühendid, mis on kibeda, tüüpilise kõrvalmaitsega. Toote värvus muutub kollakas-pruunikaks. Rääsumise va-

Tabel 3.14. Kvaliteediindeksi meetodi skeem atlandi heeringa analüüsimiseks

Kvaliteedinäitaja		**Kirjeldus**	**Punktid**
Välimus	nahk	kirgas, sillerdav	0
		sillerdav	1
		matt	2
	veri lõpustel	puudub	0
		väga vähe (10–30%)	1
		umbes (30–50%)	2
		palju (50–100%)	3
	tekstuur	kõva	0
		kõva/tugev	1
		kergelt pehme	2
		pehme	3
	kõht	kõva/tugev	0
		pehme	1
		rebenenud	2
	lõhn	värske merelõhn	0
		neutraalne	1
		kerge riknemislõhn	2
		tugev riknemislõhn	3
Silmad	läikivus	läikiv	0
		matt	1
	kuju	kumer	0
		lame	1
		keskelt nõgus	2
Lõpused	värvus	iseloomulik punane	0
		veidi pleekinud, ei läigi, läbipaistmatu	1
	lõhn	värske, vetika, metalne	0
		neutraalne	1
		kerge roisulõhn	2
		tugev roisulõhn	3
Kvaliteediindeks			0-20

rases staadiumis moodustub vesinikperoksiid, mida saab keemiliselt määrata – peroksiidväärtus; rääsumise hilisemat staadiumi iseloomustavad tiobarbituurhappe sarnased ühendid (TBA-RS).

Füüsikalised meetodid

Muutusi kala lihaskoes on võimalik määrata ka füüsikaliste meetoditega, mis ei ole eriti ajamahukad, kuid nende kasutamist piiravad mõnikord spetsiifilised nõuded uuritavale materjalile (nt elektrijuhtivus, impedants, silmavedeliku murdumisnäitaja – uuritavaks materjaliks peab olema terve kala). Meetodite puuduseks on see, et võib saada eksitavaid tulemusi, mis võivad olla põhjustatud kala lihaskoe mehaanilistest vigastustest (nt ebaõige käitlemine, külmutamine).

Kalaliha pH-väärtuse mõõtmine on levinud liha kvaliteedi hindamisel, kuid arvestada tuleb sellega, et see näitaja sõltub väga paljudest teguritest: kalaliik, kala keha pikkus, aastaaeg, püügipiirkond, stress (kui palju väsitati kala püügi ajal) ning ka glükogeeni ja rasvasisaldus kalalihas. Glükolüüs kalalihas põhjustab piimhappe kogunemist, ka adenosiintrifosfaadi (ATP) lagunemisel tekkivad vesinikioonid, alandavad lihaskoe pH-väärtust 6,8-lt 5,6-ni sõltuvalt kala liigist.

Mikrobioloogilised meetodid

Mikrobioloogiliste meetoditega määratakse kala hügieenilist kvaliteeti, võimalike patogeensete mikroorganismide olemasolu kalalihas. Elusa kala (ka äsja püütud kala) lihaskoed on praktiliselt mikroobivabad. Mikroobide sisaldus kala välispinnal (naha limas ja lõpustel) on 102–105 ja seedetraktis 103–108 PMÜ/g. Erilist mõju avaldab püügiprotsess. Võrgu tõmbamine vastu veekogu põhja, pikaajaline vedamine võrgus/noodas ja püük väga sügavalt (tuleb välja magude ja soolte sisaldis) põhjustab saastatuse tõusu mikroobidega.

Kontrollküsimused

Kirjeldada luukalade ehitust.
Iseloomustada kalaliha valgu- ja rasvasisaldust.
Kuidas teostatakse kala värskuse sensoorne analüüs ning missuguseid meetodeid kasutatakse?

Kasutatud kirjandus

Taimne toore

Aianduse valdkonna käsiraamat 2011. Koostajad: Vahejõe, K., Luik, K., Karp, K., Põldma, P. Tartu: Eesti Maaülikool, 73 lk.

Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2004. Food Chemistry. 3rd revised ed. Berlin: Springer, 1070 p.

Kaarli, K. 2003. Õlikultuuride kasvataja käsiraamat. Saku: Eesti Maaviljeluse Instituut, 82 lk.

Older, H. 1999. Teraviljakasvatuse käsiraamat. Saku: Eesti Maaviljeluse Instituut, Põllumajandusministeerium, 342 lk.

Paliyath, G., Murr, D. P., Handa, A. K., Lurie, S. (eds.) 2008. Postharvest Biology and Technology of Fruits, Vegetables, and Flowers. Ames: Wiley-Blackwell Publishing, 476 p.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference 2015. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. Release 28. http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl

Loomne toore. Piim

Dairy Processing Handbook 1995. Lund: Tetra Pak Processing Systems.

Горбатова, К. К. 2003. Химия и физика молока. Санкт-Петербург: ГИОРД, 288 с.

Laht, T.-M. 2001. Piim ja piimatooted toiduna. – Rmt: Olkonen, A. (koost.). Piimanduse käsiraamat. Tartu: EPMÜ Loomakasvatusinstituut, lk 75–86.

Laht, T.-M., Olkonen A. 2001. Piima koostis, füüsikalised-keemilised omadused. – Rmt: Olkonen, A. (koost.). Piimanduse käsiraamat. Tartu: EPMÜ Loomakasvatusinstituut, lk 102–123.

Loomne toore. Muna

Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2009. Eggs. Food Chemistry, 4th revised and extended ed., Berlin: Springer, pp. 546–562.

Bergquist, D. H. 1995. Egg Dehydration. – In: Stadelman, W.J. & Cotterill, O.J. (eds). Egg Science and Technology, 4th ed., New York: The Haworth Press, pp. 335–376.

Li-Chan, E. C. Y., Powrie, W. D., Nakai, S. 1995. The Chemistry of Eggs and Egg Products. – In: Stadelman, W.J. & Cotterill, O.J. (eds). Egg Science and Technology, 4th ed., pp. 105–176.

Palka, K. 2007. Chemical Composition and Structure of Foods. – In: Sikorski, Z.E. (ed.). Chemical and Functional Properties of Food Components, 3rd ed., pp. 15–28.

Sikorski, Z. E. 2007. The Role of Proteins in Food. – In: Chemical and Functional Properties of Food Components, 3rd ed., pp. 129–176.

Stadelman, W. J. 2003. Eggs. Structure and Composition. – In: Caballero, B., Trugo, L., Finglas, P.M. (eds). Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, San Diego: Academic Press, pp. 2005–2009.

Tikk, V. 2007. Kanakasvatussaadused. – Rmt: Tikk, H., Tikk, V., Piirsalu, M., Hämmal, J. (koost.). Linnukasvatus I, Tartu: Tartumaa Põllumeeste Liit ja Eesti Maaülikool, lk 147–160.

Vaclavik, V. A., Christian, E. W. 2003. Eggs and Egg Products. Essentials of Food Science, Second Edititon, New York: Springer, pp. 187–213.

Vaclavik, V. A., Christian, E. W. 2008. Eggs and Egg Products. Essentials of Food Science, 3rd ed., New York: Springer, pp. 205–235.

Wilbey, R.A. 2003. Pasteurization. *In*: Caballero, B., Trugo, L., Finglas, P.M. (eds). Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, San Diego: Academic Press, Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, pp. 4381–4386.

Loomne toore. Liha

Branscheid, W., Honikel, K. O., von Lengerken, G., Troeger, K. 2007. Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1. Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag, 551 S.

Lengerken, G. v., Ellendorff, F., Lengerken, J. v. (toim.) 2012. Loomakasvatus. Tlk O. Saveli. Tartu: Eesti Maaülikool, 544 lk.

Rei, M. 2004. Lihatehnoloogia teaduslikud alused. Tartu: Halo Kirjastus, 234 lk.

Рогов, И. А., Жаринов, А. И., Текутьева, Л. А., Шепель, Т. А. 2009. Биотехнология мяса и мясопродуктов. Москва: ДеЛи принт, 293 с.

Soidla, R., Järv, E., Kerner, K., Lepasalu, L., Laikoja, K., Põldvere, A., Vetemaa, A., Sillamaa, K., Alt A., Tõlgo R., Liblik, O. 2011. Infomaterjal: Abiks mahepõllumajandussaaduste väikekäitlejale II osa. Liha töötlemine. Põllumajandusministeerium, 188 lk. http://www.agri.ee/sites/default/files/public/juurkataloog/TRUKISED/trykis_mahe_vaikekaitlejale_II_osa_2011.pdf

Loomne toore. Kala

Eesti kalanduse strateegia 2014–2020. Maaeluministeerium.

http://www.agri.ee/sites/default/files/public/juurkataloog/KALAMAJANDUS/EKS/2014-2020/strateegia-eks-2014.pdf

Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 853/2004, 29. aprill 2004, millega sätestatakse loomset päritolu toidu hügieeni erieeskirjad. – Euroopa Liidu Teataja, L 139. 30.4.2004. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:03:45:32004R0853:ET:PDF

Kala kvaliteedijuhis. 2006. Põllumajandusministeerium, 24 lk. http://www.agri.ee/sites/default/files/content/valjaanded/trykis-2006-kala-kvaliteedijuhis.pdf

Komisjoni määrus (EÜ) nr 790/2005, 25. mai 2005, millega muudetakse nõukogu määrust (EÜ) nr **2406/96**, milles sätestatakse teatavate kalandustoodete ühised turustusnormid. – Euroopa Liidu Teataja, L 132/15, 26.5.2005. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?uri=CELEX:32005R0790

Komisjoni määrus (EÜ) nr 1881/2006, 19. detsember 2006, millega sätestatakse teatavate saasteainete piirnormid toiduainetes. – Euroopa Liidu Teataja, L 364/5, 20.12.2006. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:ET:PDF

Komisjoni määrus (EL) nr 1259/2011, 2. detsember 2011, millega muudetakse määrust (EÜ) nr 1881/2006 seoses dioksiinide, dioksiinitaoliste PCBde ja muude kui dioksiinitaoliste PCBde piirnormidega toiduainetes. – Euroopa Liidu Teataja,

L 320/18, 3.12.2011. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:320:0018:0023:ET:PDF

Komisjoni määrus (EÜ) nr 2074/2005, 5. detsember 2005 [teatavate inimtoiduks ettenähtud loomse päritoluga toodete tootmise ja turuleviimise toiduhügieeni ning tervishoiunõute kohta]. Euroopa Liidu Teataja, 22.12.2005. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R2074&rid=1

Nõukogu määrus (EÜ) nr 2406/96, 26. november 1996, milles sätestatakse teatavate kalandustoodete ühised turustusnormid. – Euroopa Ühenduste Teataja, L 334/1 23.12.1996, http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996R2406&rid=1

Oehlenschläger, J. 2004. Die Qualitäts-Index-Methode (QIM), ein verlässliches Instrument zur sensorischen Bewertung der Frische von Fisch. – Informationen für die Fischwirtschaft aus der Fischereiforschung, 51(1), S. 27–31. http://www.qim-eurofish.com/FILE_DIR/23-10-2008_09-16-58_32_Jorg%20Oehlenschlager_%202004_%20QIM%20general%20fish.pdf

Paaver, T. 2005. Kalade bioloogia I, II, III. Loengukonspekt. http://vl.emu.ee/et/oppeinfo/vastuvott/32-magistriope/

Paaver, T. 2004. Kasvatatud kala kvaliteet ja kasutamine e. mida teha kalaga köögis? Loengukonspekt. http://vl.emu.ee/et/oppeinfo/vastuvott/32-magistriope/

Spezielle Sensorik bei Fisch und Fischerzeugnissen 2011. DLG-Expertenwissen Sensorik 2; 6 S. http://2015.dlg.org/fileadmin/downloads/food/Expertenwissen/Lebensmittelsensorik/2011_2_Expertenwissen_Sensorik_Fisch.pdf

Tülsner, M., Koch, M. 2010. Technologie der Fischverarbeitung. Hamburg: Behr, 467 s.

Vabariigi Valitsuse määrus nr 144. Kalapüügieeskiri. Vastu võetud 09.05.2003 https://www.riigiteataja.ee/akt/126042013021



4. TOIDUAINETE TEHNOLOOGIA ALUSPROTSESSID JA NENDE SEIRE

4.1. Füüsikalised alusprotsessid

Väino Poikalainen

Lembit Lepasalu

Toiduainete tehnoloogia on baasteadustel (füüsika, keemia, bioloogia jt) põhinev toidutoorme ja toiduainete töötlemine, seega tehnoloogilised protsessid toiduainete tööstuses on seotud füüsika, keemia ja mikrobioloogia üldiste seaduspärasustega. Nendel seaduspärasustel põhinevad toidutoorme töötlemise tehnoloogilised liinid, mis on koostatud vastavatele tehnoloogilistele skeemidele (vaata ka Toiduteadus ja Toiduainete tehnoloogia peatükki).

Tehnoloogiline skeem koosneb kindlas järjekorras läbiviidavatest tegevustest, mille tulemusena luuakse toormest või toormetest kvaliteedi tasemelt oluliselt erinev produkt, milleks võib olla valmis toiduaine või selle tootmiseks hädavajalik vaheprodukt.

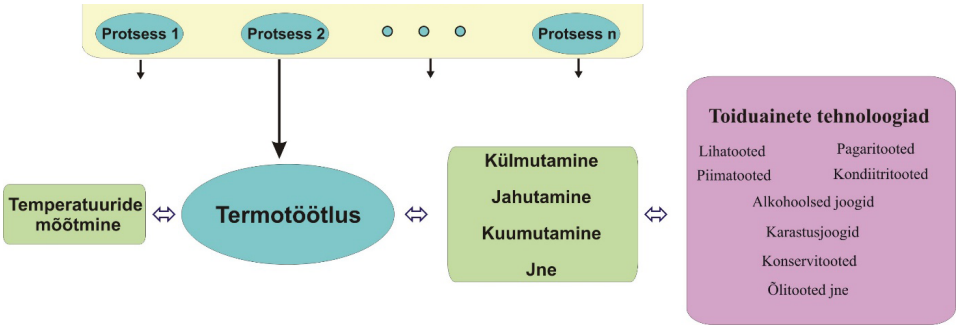
Toiduainete tehnoloogia alased tegevused võib jagada kolme põhiklassi: Alusprotsessid, abiprotsessid ja operatsioonid.

Operatsioon on tegevus, mille puhul ei muudeta töödeldava materjali omadusi (füüsikalisi, keemilisi, mikrobioloogilisi jne). Näiteks pumpamine kui transport, pakendamine jms.

Abiprotsesside käigus muudetakse küll töödeldava materjali omadusi küll teataval määral, kuid mitte kardinaalsest. Näiteks võivad olla segamine, sorteerimine, pressimine jms.

Alusprotsess on tegevus, mille käigus muudetakse oluliselt töödeldava materjali omadusi ja seetõttu tekib uus kvaliteet. Sisuliselt on alusprotsess kogu tehnoloogilise töötluse vundament, ilma milleta toiduainete tehnoloo-

gia pole teostatav. Toiduainete tööstuse väga oluliseks põhiprotsessiks on termiline töötlemine, (**joonis 4.1**) mida kasutatakse nii kuumutamisel kui jahutamisel.



Joonis 4.1. Termotöötlus toiduainete tehnoloogias.

Näiteks vedelate toiduainete ohutust tagav põhiprotsess on pastöriseerimine, lihatoodete säilivuse tagamise põhiprotsessiks on jahutamine ja külmutamine. Mikrobioloogiliste põhiprotsesside tüüpiliseks näiteks on alkohoolne kääritamine, mida kasutatakse eriti õlle, siidri ja veini valmistamiseks.

Keerukamate tehnoloogiate korral kasutatakse mitut põhiprotsessi, näiteks juustutehnoloogias on nendeks kalgendamine ja valmimine.

Alati pole võimalik omavahel rangelt eristada põhi- ja abiprotsesse, sest viimased võivad esineda teadud tehnoloogiates ka põhiprotsessi rollis. (näiteks mikrobioloogias reguleeritakse termilise töötluse kui abiprotsessiga mikroobide kasvu, kuid pastöriseerimisel on see põhiprotsessiks.

Toiduainete tehnoloogia alusprotsessid klassifitseeritakse eelkõige kolme suurde põhigruppi: füüsikalised, keemilised ja mikrobioloogilised. Küllalt palju kasutatakse ka nende kombinatsioone. Ensümaatilise protsessid on sisuliselt keemilised, aga toiduainete tehnoloogias on nad paljuski seotud mikrobioloogiliste protsessidega.

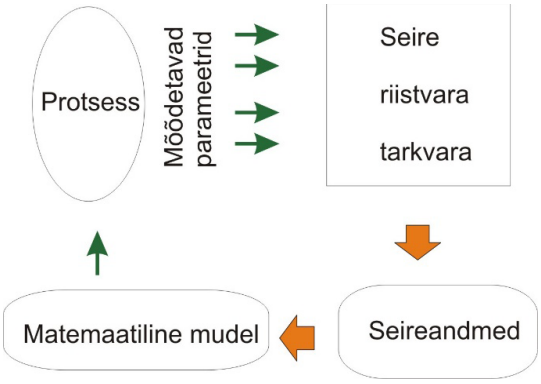
Allolevas loetelus on esitatud üks võimalikest olulisemate alusprotsesside jaotusest:

- **Mehhaanilised protsessid** põhinevad materjalide mõjutamisel mehhaaniliselt (peenestamine, segamine, sorteerimine, pressimine).
- **Soojuslike protsesside** aluseks on materjalide soojusliku seisundi muutmine. (kuumutamine, jahutamine, aurutamine, kondenseerimine).
- **Hüdrodünaamilised protsessid** käsitlevad vedelike liikumise seaduspärasusi väliste jõudude toimel ning vedeliku ja selles asetseva kehale mõjuvaid jõude liikuvas vedelikus. (segamine, filtreerimine, sadestamine).
- **Hüdromehhaanilised protsessid** on sadestamine (gravitatsioonivõi tsentrifugaaljõu toimel), filtreerimine, segamine.
- **Massivahetusprotsessides** toimub materjali erinevate faaside vahel massivahetus (adsorbtsioon, ekstraktsioon, kuivatamine, kristallisatsioon, destillatsioon).
- **Keemilised protsessid** põhinevad materjalis toimuvatel keemilistel muutustel.
- **Biokeemilistes protsessides** kasutatakse mikroorganisme, nt biomassi tootmiseks või mikroorganismide metabolismiproduktide rakendamiseks tehnoloogilistes protsessides.

Toiduainete tehnoloogia alusprotsesside seire

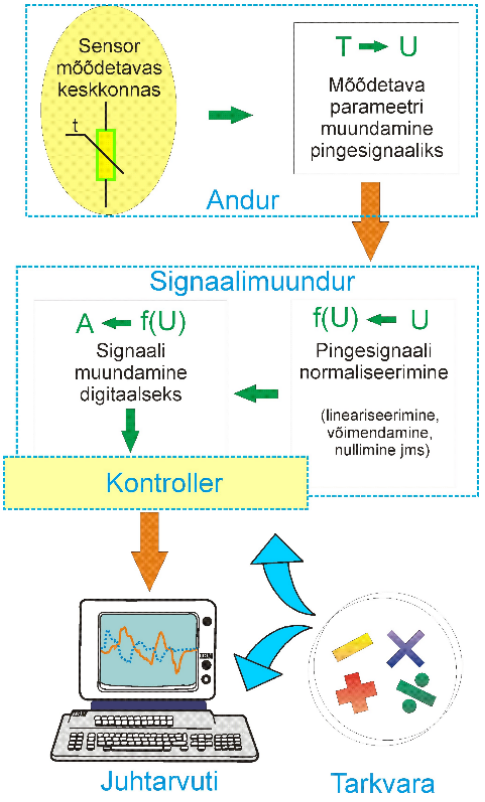
Alusprotsesse saab iseloomustada mõõdetavate parameetrite (näiteks temperatuur, rõhk, mass jne) kaudu. Nende parameetrite mõõtmiseks on vajalik seiresüsteem, mis koosneb vastavast riist ja tarkvarast. Seire väljundiks on seireandmete kogu, mille baasil on võimalik luua protsessi kirjeldavaid matemaatilisi mudeleid. Matemaatiliste mudelite abil on võimalik ka

protsessi juhtida ja optimeerida (**joonis 4.2**).



Joonis 4.2. Alusprotsessi seiresüsteemi põhimõte ja selle tulemuste rakendamine protsessi juhtimiseks.

Seire riist- ja tarkvara tüüpiline skeem on esitatud **joonisel 4.3**. Üldjuhul tuleb parameetrite mõõtmiseks kasutada andureid, mille väljundiks on mingi füüsikaline suurus. See muundatakse pingesignaaliks, mis suunatakse muundurisse signaali normaliseerimiseks (vastavusse viimiseks mõõdetava füüsikalise suurusega) ja digitaliseerimiseks. Digitaliseerimine toimub spetsiaalses kontrolleris, mille abil tulemus ühtlasi suunatakse seire juhtarvutisse kuhu moodustatakse ka seireandmete kogu. Sellised mõõtesüsteemid võimaldavad põhimõtteliselt teostada nii füüsikaliste-, keemilistekui mikrobioloogiliste protsesside seiret.



Joonis 4.3. Seire riist- ja tarkvara põhimõtteline skeem

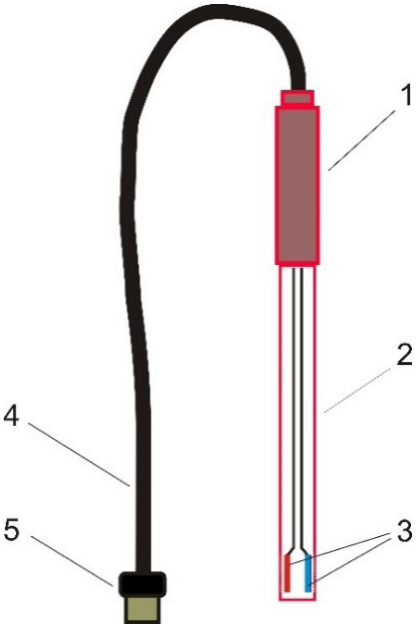
Füüsikalise protsessi seire üheks näiteks on vedelike ja nende lahuste elektrijuhtivuse mõõtmine. Lahused võivad juhtida elektrit väga hästi, suhteliselt hästi, halvasti või puudulikult. Vedelike ja lahuste elektrijuhtivus omab toiduainete tehnoloogias tähtsust eelkõige kasutatavate vedelike ja soojusvahetusagenside soolasisalduse hindamiseks, pesulahuste kontsentrat-

sioonide määramiseks, pesulahuste ja vedelate toiduainete omavaheliseks eristamiseks torustikes, veesisalduse hindamiseks toodetes jm otstarveteks.

Vedelike elektrijuhtivus oleneb selles leiduvate laetud osakeste hulgast. Lahuste hea elektrijuhtivuse tagab ioonide olemasolu nendes, mistõttu nende elektrijuhtivuse kaudu saab hinnata seda, kas neis leiduv aine on lahustunud ioonide või molekulidena.

Juhtivuse mõõtühikuks on Siemens [S], mis on suhteliselt suur ühik. Lahuste elektrijuhtivus oleneb ka ioonide liikumise teepikkusest elektrilises mõõteahelas, mistõttu juhtivuse määramisel kasutatavad elektroodid peavad paiknema teineteisest kindlal kaugusel. Enamasti on need monteeritud jäigalt vastava anduri korpuse vastaskülgedele.

Elektrijuhtivuse anduri põhimõtteline ehitus on esitatud **joonisel 4.4**. Lahuste elektrijuhtivuse tavaliselt kasutatavaks mõõtühikuks on mikrosiimensid sentimeetri kohta (µS/cm).



Joonis 4.4. Elektrijuhtivuse anduri põhimõtte skeem: 1 – kinnitusotsik-käepide, 2 – anduri korpus, 3 – elektroodid, 4 – anduri mõõtekaabel, 5 – ühenduspistik

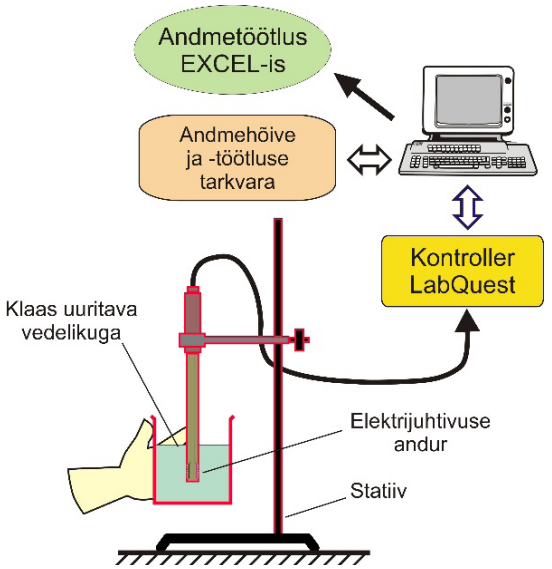
Mõõtesüsteemi kasutamist lahuse elektrijuhtivuse määramiseks illustreerib **joonis 4.5**.

Elektrijuhtivuse abil on näiteks lihtne määrata soolvee kontsentratsiooni. Keedusoolast valmistatud soolvee lahust kasutatakse toiduainete tehnoloogias väga sageli toodete soolamisel, marinaadide, kastmete jm koostises ja sageli ka tehniliseks otstarbeks, eriti soojusvahetusagensina. Kõigi nende rakenduste puhul on oluline teada soolvee kontsentratsiooni ja selle muutusi kasutamise käigus.

Näiteks juustude soolamisel difundeerub soolveest soola juustu ja selle võrra väheneb ka soolvee kontsentratsioon, mida tuleks kindlate ajavahemike järel kontrollida ning vastavalt ka reguleerida vajalikus koguses soola või kontsentreeritud soolvee lisamisega. Soolvee kontsentratsiooni määramine on väga oluline pidevtoimeliseks kontsentratsiooni hindamiseks ja kontsentratsiooni automaatse reguleerimiseks. Vastava seiresüsteemi skeem on toodud **joonisel 4.5**.

Mõõtmise juures tuleb arvestada sellega, et lisaks NaCl kontsentratsioonile võivad soolalahuse elektrijuhtivust mõjutada ka teised vette sattunud ja selles dissotseerunud soolad, pH, muud elektriliselt laetud osakesed (osalt näiteks valgud), lahuse temperatuur jne. Kui nende mõju on suur, siis tuleb mõõtmiste läbiviimisel arvestada vastavate paranduskoefitsientidega, mõõtmised sooritada konstantsel temperatuuri jne.

Keemilise protsessi seire üheks näiteks on katalaasi (ensümaatilise) reaktsiooni intensiivsuse automaatne hindamine. Katalaas on paljudes mikroobides leiduv natiivne ensüüm, mis kaitseb neid vesinikülihapendi toksilise toime eest. Katalaasi ensümaatiline aktiivsus on väga suur, mistõttu sobib see hästi ensümaatillise aktiivsuse katseliseks selgitamiseks ja seda mõjutavate tegurite uurimiseks. Katalaasi toimel lõhustub vesinikülihapend veeks ja molekulaarseks hapnikuks (**joonis 4.6**). Kui vastav reaktsioon viia läbi kinnises anumas (kolvis või katseklaasis) siis hakkab eralduva hapniku toimel selles rõhk suurenema sõltuvalt reaktsiooni intensiivsusest.

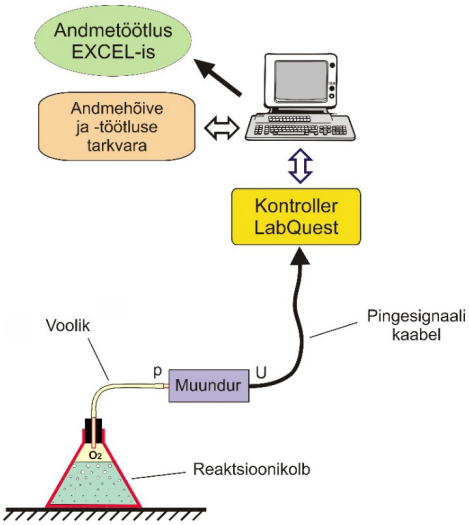


Joonis 4.5. Soolvee kontsentratsiooni määramise põhimõtteline skeem elektrijuhtivuse kaudu.

Katalaas

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2\uparrow$$

Joonis 4.6. Katalaasi toimet kirjeldav joonis.

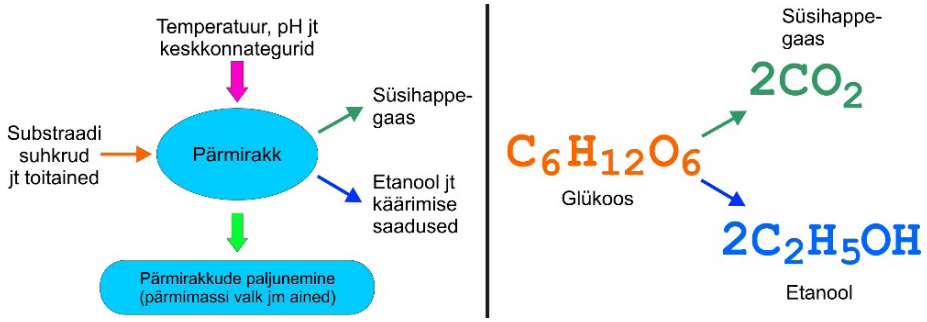


Joonis 4.7. Rõhu automaatseire põhimõtteline skeem.

Gaaside rõhu mõõtmiseks on loodud mitmesuguseid elektrilist signaali (enamasti pinget) väljastavaid andureid. Vastava rõhumõõtmise skeem on esitatud **joonisel 4.7**.

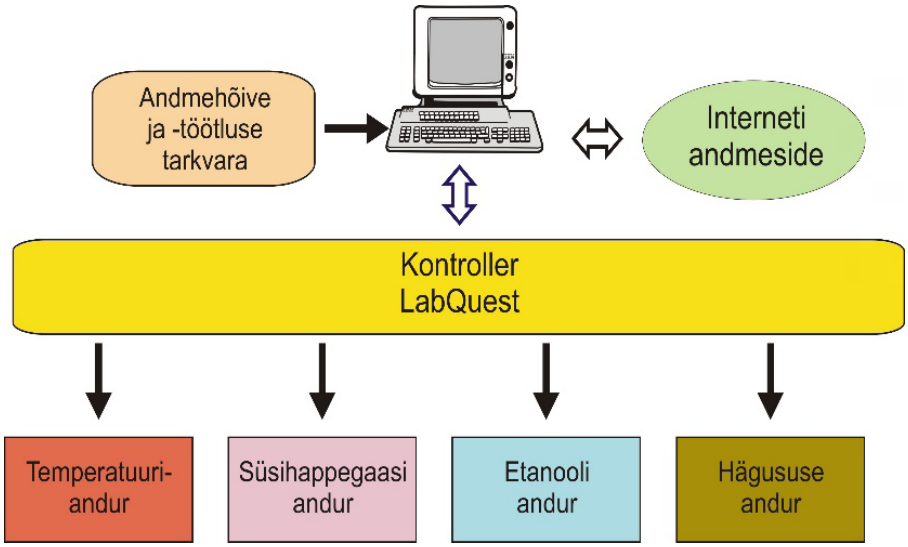
Antud juhul peab reaktsioon toimuma kinnises mahutis või anuma, kust on väljaviik gaasi rõhu muunduri juurde. Muundur muudab gaasi rõhu P elektriliseks pingesignaaliks U. Pingesignaal muundatakse kontrolleris digitaalseks (arvnäiduks), mis salvestatakse arvutis seireandmete kogumina.

Mikrobioloogilise protsessi hindamise üheks näiteks on etanooli-käärimise automaatseire. Kuna kääritamisprotsess on polüfunktsionaalne, siis on otstarbekas rakendada erinevaid andureid. Oluline on teada etanooli ja süsihappegaasi tekke dünaamikat, rakkude paljunemise dünaamikat ja temperatuuri kui keskkonna parameetrit. Glükoosi kääritamise põhimõte ja seda selgitav reaktsioon on esitatud **joonisel 4.8**.



Joonis 4.8. Pagaripärmiga kääritamise põhimõttline skeem (A) ja käärimise põhiproduktide tekkebilanssi selgitav reaktsioon (B).

Kääritamise automaatseirel muundatakse füüsikalis-keemiliste, bioloogiliste jm parameetrite väärtused temperatuuri-, süsihappegaasi-, etanooli- ja hägususe andurite abil elektrilisteks signaalideks. Need omakorda normaliseeritakse ja digitaliseeritakse juhtkontrolleriga, mille tööd ohjab vastav andmehõive tarkvara. Kontrolleri andmed salvestatakse seire käigus kontrolleri mällu, kust need saab üle kanda juhtarvutisse pikaajaliseks säilitamiseks või põhjalikumaks andmetöötluseks. Glükoosi kääritamise neljal anduril põhineva seiresüsteemi skeem on toodud **joonisel 4.9**.



Joonis 4.9. Kääritmise automaatseire põhimõtteline skeem.

Seireandmete matemaatiliseks töötluseks saab edukalt kasutada tabelarvutust. Näiteks programmipakett EXCEL võimaldab väga paindlikku ja mitmekülgset andmetöötlust, sh ka käärimisprotsesse iseloomustavate näitajate omavahelistest seostest lineaarsete, eksponentsiaalsete, logaritmiliste jt mudelite koostamist.

Juhtarvutit saab andmesidekanalite kaudu ühendada arvutivõrku (lokaalsesse või globaalsesse), mis muudab seiresüsteemi andmed kättesaadavaks laiemale kasutajate ringile. Arvutivõrgu kaudu on võimalik seiret ja selles kasutatavaid mõõteseadmeid ka distantsilt juhtida.

Automaatseiret on võimalik rakendada praktiliselt kõikide toiduainete tehnoloogia protsesside kajastamiseks. Seejuures on oluline arvestada füüsikaliste suuruste mõõtühikutega. Põhilised füüsikalised suurused, nende tähised ja mõõtmisel kasutatavad ühikud on toodud **tabelis 4.1**.

4.1.1. Agregaatolekuga seotud füüsikalised protsessid

Toiduainete tehnoloogias on põhilisteks agregaatolekutega seotud füüsikalisteks protsessideks aine agregaatoleku muutused, kristallisatsioon ja dispergeerimine. Agregaatoleku muutusteks on tahke aine muutumine vedelaks ja vedela aine muutumine gaasiliseks. Need muutused toimuvad üldiselt seoses temperatuuri tõusuga. Samavõrra levinud on vastupidised protsessid, kus gaasiline aine veeldub ja vedelik tahkestub. Need muutused on seotud temperatuuri alanemisega. Kristallisatsioon on tegelikult samuti agregaatoleku muutus, kus aine tahkestub kristalliliste osakestena. Dispergeerimisel segunevad omavahel vähemalt kaks ainet, kusjuures moodustuva dispersiooni olemus ja omadused sõltuvad segunevate ainete agregaatolekutest. Nii näiteks moodustub vedela aine dispergeerimisel vedelikus emulsioon, mis on püsiv kolloidne struktuur (vt ka ainete dispergeerimine).

Agregaatoleku muutused

Toiduainete tehnoloogias tuleb sageli tegemist teha ainete, eriti vee ja rasva agregaatoleku muutumisega. Vett esineb kõigis toiduainetes ja selle

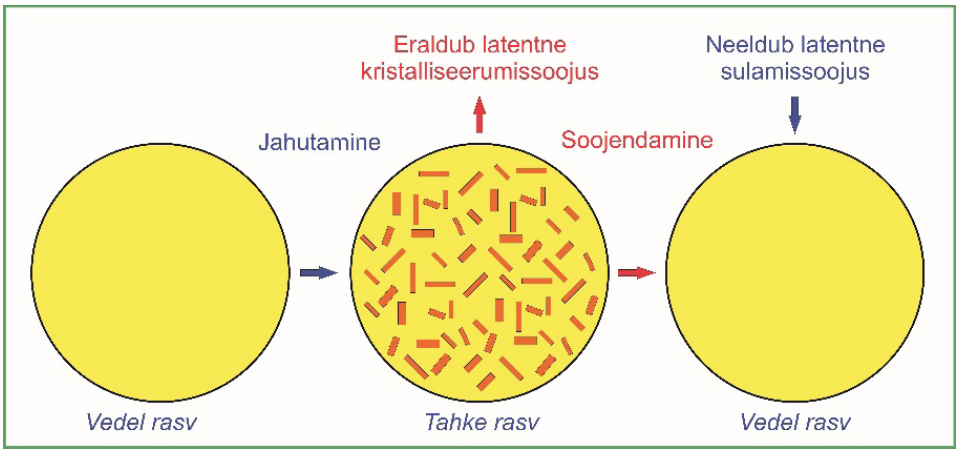
Tabel 4.1. Põhiliste füüsikaliste suuruste mõõtühikud

Suuruse nimi	**Suuruse tähis**	**Ühiku nimi**	**Ühiku tähis**
aeg	*t*	sekund	s
ainehulk	*n*	mool	mol
elektrijuhtivus	*G*	siimens	S
elektrilaeng	*q*	kulon	C
elektrivool, voolutugevus	*I*	amper	A
elektrivälja tugevus	*E*	volt meetri kohta	V/m

energia	*E, W*	džaul	J
energia ruumtihedus	*e, w*	džaul kuupmeetri kohta	J/m^3
erijuhtivus	*σ, γ, κ*	siimens meetri kohta	S/m
erisoojus	*c*	džaul kilogrammi ja kelvini kohta	J/(kg•K)
heledus	*L, Lv*	kandela ruutmeetri kohta	cd/m^2
helitugevus	*I*	vatt ruutmeetri kohta	W/m^2
helirõhk	*p*	paskal	Pa
helirõhu tase	*Lp*	detsibell	dB
impulsimoment	*L*	meeterkilogramm korda meetersekundis	$kg•m^2/s$
impulss, liikumishulk	*p*	kilogramm-meeter sekundis	kg•m/s
induktiivsus	*L*	henri	H
inertsimoment	*I, J*	kilogramm korda meeter ruudus	$kg•m^2$
jõud	*F*	njuuton	N
jõumoment	*M*	njuutonmeeter	N•m ehk Nm
kaal	*Fg*	njuuton	N
kiirendus	*a*	meeter sekundi ruudu kohta	m/s^2
lineaarkiirendus			
kiiritustihedus, kiiritus-tugevus	*E, Ee*	vatt ruutmeetri kohta	W/m^2
kiirus	*v*	meeter sekundis	m/s
lainepikkus	*λ (lambda)*	meeter	m
magnetvälja tihedus	*B*	tesla	T
magnetvoog	*Φ (fii)*	veeber	Wb
mahtuvus	*C*	farad	F
mass	*m*	kilogramm	kg
molaarne kontsentratsioon	*c*	mool kuupmeetris	mol/m^3
nurk, tasanurk	*(kreeka)*	radiaan	rad
nurkkiirendus	*α (alfa)*	radiaani sekundi ruudu kohta	rad/s^2
nurkkiirus	*ω (oomega)*	radiaani sekundis	rad/s
periood	*T*	sekund	s
pikkus	*l, L*	meeter	m
laius	*b*		
kõrgus	h		
raadius	r, R		

läbimõõt	*d, D*	meeter	m
teepikkus	*s*		
pindala	*A, S*	ruutmeeter	m^2
pöördemoment	*T*	njuutonmeeter	N•m
pöörlemissagedus, pöörlemiskiirus	*n*	pööret sekundis	s^{-1} ehk 1/s ehk r/s
ruumala	*V*	kuupmeeter	m^3
ruuminurk	*Ω (oomega)*	steradiaan	sr
rõhk	*p*	paskal	Pa
sagedus	*f*	herts	Hz
soojushulk	*Q*	džaul	J
soojusjuhtivus, soojusjuhtivustegur	*λ (lambda)*	vatt meetri ja kelvini kohta	W/(m•K)
soojusmahtuvus	*Cp*	džaul kelvini kohta	J/K
takistus	*R*	oom	Ω
temperatuur	*T*	kelvin	K
tihedus	*ρ (roo)*	kilogramm kuupmeetri kohta	kg/m^3
töö	*W, A*	džaul	J
valgushulk	*Q, Qv*	luumensekund	lx•s
valgussäritus	*H, HvQ*	lukssekund	lm•s
valgustugevus	*I, Iv*	kandela	cd
valgustustihedus ehk valgustatus	*E, Ev*	luks	lx
valgusvoog	*Φ (fii), Φv*	luumen	lm
vastastikune induktiivsus	*M*	henri	H
viskoossus	*η (eeta)*	paskalsekund	Pa•s
voolutihedus	*J, S*	amper ruutmeetri kohta	A/m^2
võimsus	*P*	vatt	W

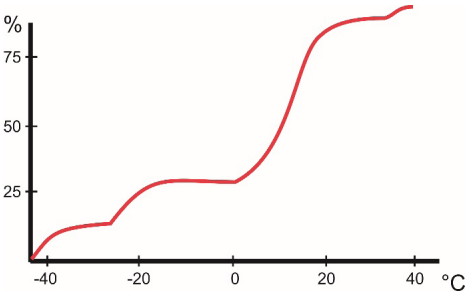
agregaatolekuid puudutati põgusalt toitainete peatükis. Rasva esineb toiduainetes ja toidutoormes kahes põhiolekus: vedela ja tahke rasvana. Rasva oleku muutumisega (sulamisel või hangumisel) kaasnevad ka ulatuslikud termodünaamilised protsessid. Hangumisel eraldub keskkonda kristalliseerumissoojus, mis näiteks margariini valmimisel tõstab jahutatava vedela rasva temperatuuri eeldatust mõnevõrra kõrgemaks. Hangunud rasva üleminekul vedelasse olekusse neelatakse keskkonnast sulamissoojust (**joonis 4.10**).



Joonis 4.10. Rasva vedelast olekust tahkesse ja tahkest vedelasse olekusse ülemineku skemaatiline esitus ning sellega seotud latentne soojus.

Ühest olekust teise üleminekul neelduvat (sulamis-) või eralduvat (kristalliseerumis-) soojust nimetatakse erialases kirjanduses latentseks soojuseks. Loomse rasva sulamisel on latentne soojus keskmiselt 80 kJ/kg, kuid selle konkreetne väärtus sõltub rasva liigist, triatsüülglütseroolide koostisest, temperatuurist ja rasvakristallide vormist. Lisaks latentsele soojusele tuleb rasva soojendamisel või jahutamisel arvestada selle erisoojuse ehk soojusmahtuvusega. Näiteks piimarasva erisoojus vedelas ja tahkes olekus on keskmiselt 2,1 KJ/kg ja 1,7 kJ/kg. Nii taimsed kui loomsed rasvad on enamasti erinevate triatsüülglütseroolide segud, mille fraktsioonid hanguvad erinevatel temperatuuridel. Seejuures moodustuvad rasvakristallid, mistõttu rasva hangumist nimetatakse ka kristalliseerumiseks.

Rasvade sulamis- ja hangumistemperatuuride uurimisel registreeritakse temperatuuridünaamikat pikema aja jooksul, soojendades või jahutades rasvaproovi ühtlase soojusvooga kogu mõõteprotsessi jooksul. Saadakse temperatuurikõverad ehk termogrammid, milles kajastub (latentse ja erisoojuse kaudu) rasvade koostisse kuuluvate komponentide mõju hangumis- või sulamiskiirusele (**joonis 4.11**). Erinevate rasvafraktsioonide sulamisel (veeldamisel) neelatakse keskkonnast soojust, mille arvel sulamine aeglustub. Sama toimub hangumiskiirusega, sest siis eraldub keskkonda hangumissoojust.



Joonis 4.11. Loomse rasva sulamiskiiruse ligikaudne dünaamika (sularasva protsentides ühe temperatuurikraadi kohta) sõltuvalt rasva temperatuurist: horisontaalsetes lõikudes toimub vastava rasvafraktsiooni sulamine.

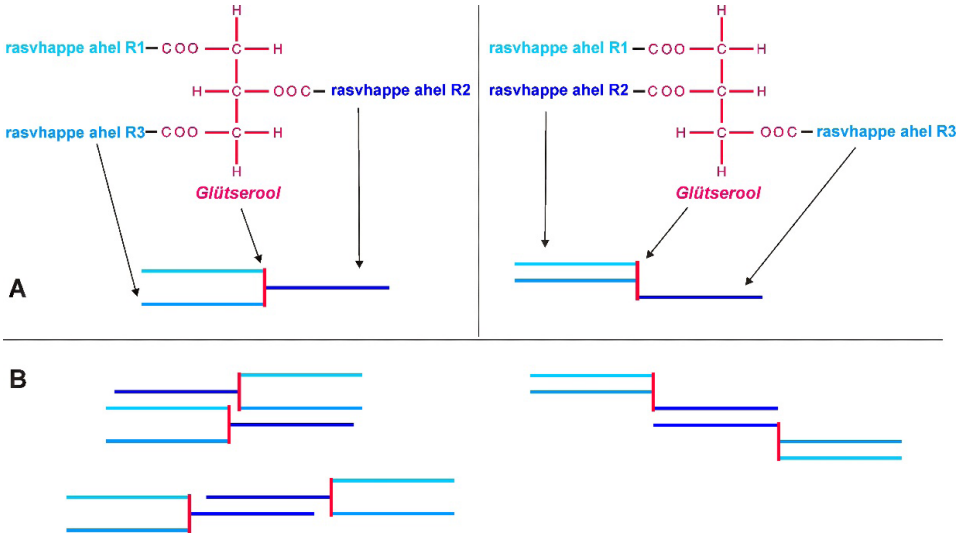
Kristalliseerumine

Kristalliseerimisega tuleb eriti arvestada suhkru- ja rasvarikaste toiduainete tehnoloogias. Kristallisatsiooni uurimiseks ja majanduslikuks optimeerimiseks tehakse jätkuvalt uurimistöid. Otseseks põhiprotsessiks on see nn kristallsuhkru tootmisel. Suhkrulahuse üleküllastumisel algab suhkru väljasadestumine lahusest kristallidena (vt ka Suhkrutehnoloogia). Seejuures on tekkivad kristallid ühesuguse struktuuri ja konfiguratsiooniga. Selle intensiivsus on võrdeline küllastusastme (kontsentratsiooni) ja pöördvõrdeline temperatuuriga. Samuti mõjutavad kristallisatsiooni parameetreid lahuse pH ning selles esinevad võõrosakesed (näiteks valgud).

Rasvade kristalliseerumine on suhkrutega võrreldes märgatavalt mitmekülgsem. Selle põhjuseks on polümorfsus (st tekivad erineva kujuga kristallid). Nende põhivormid erinevad üksteisest rasvhappeahelate paiknemise poolest. Lisaks moodustunud põhivormidele tekib ka liitkristalle, milles eri vormide omavaheline nn pakkimistihedus ja rasvhappeahelate paiknemise nurk võib olla erinev (**joonis 4.12**).

Pikemal seismisel toimuvad kristallides nn pakkimistiheduse muutused, kusjuures vastavad üleminekud toimuvad alati energeetiliselt soodsama (madalama energiaga) taseme suunas, mis muudab rasva järjest kõvemaks. Tehnoloogiliste operatsioonidega on võimalik saavutada ka vastupidiseid üleminekuid, kuid sellisel juhul tuleb rakendada välist energiat (teha tööd). Üheks selliseks näiteks on pikaajaliselt ladustatud võitoodete homogeniseerimine nende pehmendamiseks (määritavuse parandamiseks).

Kristalliseerumisel tekkiv vormide tasakaal ja liitkristallide koostis sõltub suurel määral jahutamise kiirusest. Mida aeglasemalt toimub jahuta-



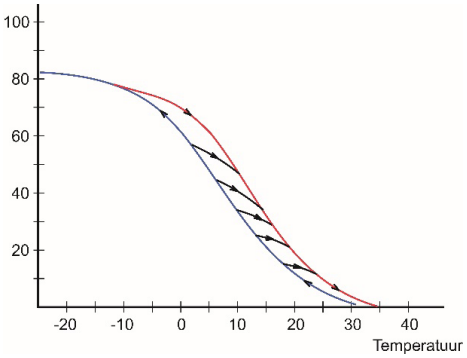
Joonis 4.12. Rasva kristalliseerumise skemaatiline esitus: A – triatsüülglütseroolide koostisosade paiknemine, B – kristallide moodustumine rasvamolekulidest.

mine, seda suuremad kristallid moodustuvad ja vastupidi. Seda omadust kasutatakse näiteks võitehnoloogias koore füüsikalise valmimise režiimide valikul, millega tagatakse või nõuetekohane määritavus.

Toidurasva hangumist ja sulamist iseloomustab märgatav hüsterees, mis tähendab rasva sulamist kõrgemal temperatuuril kui sellele eelnenud hangumine. Sama rasva hüstereesikõvera kuju oleneb ka temperatuurist, milleni rasva enne sulatamist jahutati (**joonis 4.13**).

Emulgeerimine

Emulsioonides paiknevad ühe vedeliku osakesed dispergeeritult teise vedeliku pidevas faasis. Näiteks õli ja vee emulsioonis võib dispergeeritud olla nii õli kui vesi, millel on mõlemal kalduvus taasühineda pidevaks faasiks. Emulsiooni püsivuse tagamiseks tuleb emulgeerimise käigus lisada segusse emulgaatorit (näiteks fosfolipiide), mille üks molekuli osa on hüdrofiilne, teine aga lipofiilne. Kui dispergeeritud on vesi, siis pöördub emulgaatori molekul nii, et selle lipofiilne osa (fosfolipiidi "saba") jääb puutesse pideva rasvafaasiga ning hüdrofiilne osa (fosfolipiidi valguline

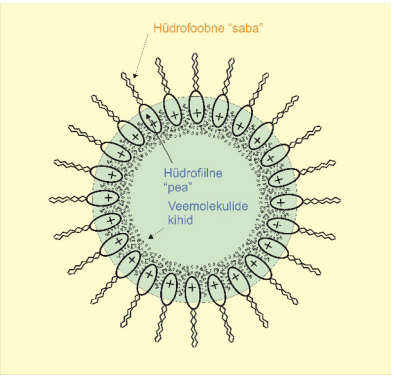


Joonis 4.13. Tahke piimarasva osakaal kogurasvas, sõltuvalt temperatuurist ning sulamis- ja hangumisrežiimist (hüstereesikõveratel tähistab noole suund temperatuuri muutumise suunda, kahe graafiku vahelised jooned iseloomustavad hüstereesisilmuse ülaosa nihkumist allapoole seoses rasva jahutamise temperatuuri tõstmisega).

"pea") asub vees, moodustades veepiisakesele monomolekulaarse kattekihi. Selle osaks loetakse ka emulgaatoriga elektriliste tõmbejõududega seotud veemolekulide kihte (**joonis 4.14**).

Nii saavad veepiisakesed endale emulgaatori abil kattekihi, mis takistab nende taasühinemist pidevaks veefaasiks. Sama juhtub peenestatud rasvapiisakestega veefaasis. Ka siis moodustavad emulgaatori molekulid piisakese pinnale kattekihi, kuid lipofiilsed osad paiknevad siis dispergeerunud rasvas ja hüdrofiilsed osad pidevas veefaasis. Piimas näiteks püsib rasv emulsioonina samuti tänu lipoproteiinsele kilele, mis sisaldab emulgaatorina fosfolipiidide jt molekule.

Toiduainete tehnoloogia seisukohalt on eriti olulised vee agregaatolekud ja nendega üldised näitajad. Sellepärast, et vesi on kõikides toiduainetes oluline komponent, mis mõjutab toiduainete omadusi ja praktiliselt kõiki toiduainete tehnoloogias kasutatavaid protsesse. Näiteks toiduainete kuivatamine on sisuliselt vee eemaldamine aurustamisega, veesisaldusest sõltub olulisel määral soojus- ja elektrijuhtivus ning paljud muud füüsikalised protsessid. Keemilistest protsessidest mõjutab vesi eriti hüdrolüüsi, ensümaatilisi protsesse ja praktiliselt kõiki teisi keemilisi reaktsioone. Mikrobioloogilistes protsessides oleneb veesisaldusest (vee aktiivsusest) mikroobide areng. Näiteks kuivas tootes mikroobid ei paljune, samas kui kõrge veesisalduse juures on toitainete olemasolul ja sobivate keskkonnatingimuste korral mikroobide kasv väga kiire. Sellega tuleb arvestada nii mikrobioloogiliste protsesside läbiviimisel kui toiduohutuse tagamisel.

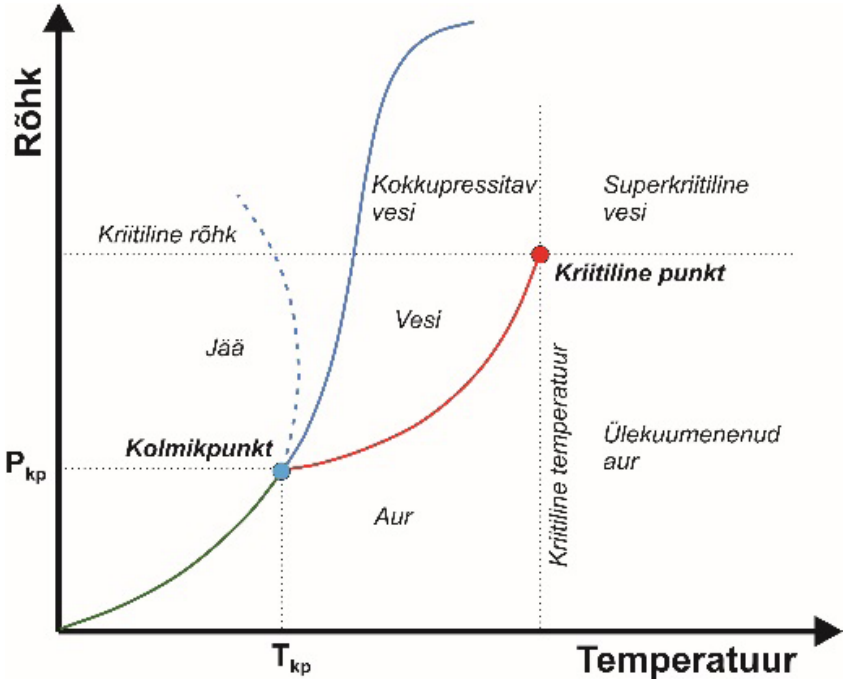


Joonis 4.14. Veepiisakese stabiliseerumine õlis emulgaatori toimel, kus emulgaatori molekulide lipofiilsed osad on orienteeritud pideva õlifaasi ja hüdrofiilsed osad õlifaasis dispergeeritud veefaasi suunas

Vee olekud ja üldnäitajad

Me oleme harjunud, et vesi on tavaliselt vedel, kuid teame ühtlasi vee jäätumisest madalal temperatuuril ning vee aurumisest kuuma käes. Võrreldes teiste keemiliselt sarnase ehitusega ainetega on vee olekumuutusi põhjustavad temperatuurid eeldatust märgatavalt kõrgemad. Selle põhjus peitub vesiniksidemete olemasolus, mis muudavad jää sulamisel ja vee keemisel molekulide üksteisest eraldamise raskemaks. Normaalrõhul (760 mm elavhõbedasammast ehk 101325 Pa) on meid ümbritsev vesi peamiselt ühes kolmest põhilisest agregaatolekust: vedelikuna temperatuuri vahemikus 0-100 °C, miinustemperatuuril jääna ning keemispunktist (100 °C) kõrgemal temperatuuril auruna. Tavatingimustel vesi jäätub ja jää sulab veeks 0 °C juures, kusjuures jää tihedus on vedela vee omast 9% võrra väiksem. See nähtus on selgitatav püsivate vesiniksidemete tekkega jää kristallvõres, kus veemolekulide soojusliku liikumise ulatus jääb piiratuks (piirdub eelkõige võnkumisega). Ülerõhul sulab jää normaalsest madalamal temperatuuril, kuigi väga suure rõhu korral (mis ühtlasi põhjustab jää tihenemist) võib sulamispunkt olla märgatavalt kõrgem (näiteks 2,2 GPa korral isegi 82 °C). Rõhu vähenemisel vee keemistemperatuur alaneb ja rõhu tõstmisel see suureneb. Seda ja teisi rõhust sõltuvaid muutusi iseloomustab olekudiagramm, mille vertikaaltelg kirjeldab rõhku ja horisontaaltelg temperatuuri (**joonis 4.15**).

Rõhu alandamisel kolmikpunktini, keemis- ja sulamistemperatuur võrdsustuvad ning vedelikfaas kaob. Vee kolmikpunkti rõhk (Pkp) on 611,7 Pa (vastab ligikaudu 0,006 kg/cm^2) ja temperatuur (Tkp) 0,01 °C. Kolmikpunktist madalamal temperatuuril on veel vaid kaks võimalikku agregaatolekut (tahke või gaasiline). Siis jää temperatuuri tõusul ei sula, vaid



Joonis 4.15. Rõhu mõju vee keemistemperatuurile ja vee kolmikpunkti ning kriitilise punkti paiknemine olekudiagrammil

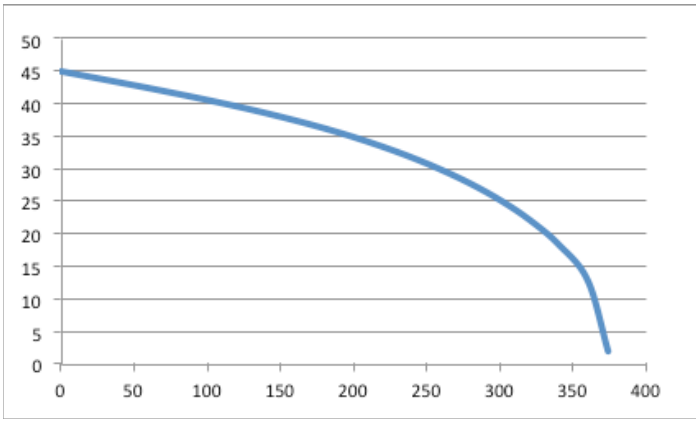
muutub otse auruks. Seda nähtust nimetatakse sublimatsiooniks. Sublimatsiooni temperatuur on seda madalam, mida madalam on rõhk. Toiduainete tehnoloogias kasutatakse vee eemaldamist sublimatsioonkuivatusega siis, kui soovitakse säilitada toiduaine või toidutoorme (näiteks marjade) naturaalset struktuuri.

Olekudiagrammil kujutatakse kolmikpunktile lisaks enamasti ka kriitilist punkti, mis iseloomustab rõhu ja temperatuuri piirsuurusi, millistest kõrgematel väärtustel aine muutub superkriitiliseks vedelikuks. Superkriitiline (ülekriitiline) olek meenutab välimuselt intensiivselt keevat ja ülimadala viskoossusega fluidumi, mille puhul pole võimalik eristada omavahel vedelikku ja auru. Vee superkriitiline olek saabub temperatuuril 374 °C (647 K) ja rõhul 22,064 MPa (218 kg/cm^2), mis muudab väga oluliselt vee omadusi. Tänu madalale viskoossusele tungib see siis kergesti ka kõige väiksematesse pooridesse. Samuti muutuvad selles olekus vee lahustavad omadused. Varem vedelas faasis lahustunud ainetest enamus muutub siis

lahustumatuks ja sadestub, kuid varem mittelahustuvad ained võivad muutuda superkriitilises vees lahustuvateks. Selline muundumine võimaldab superkriitilist vett edukalt kasutada toiduainete töötlemisel mitmesuguste ühendite ekstraheerimiseks.

Vesi omandab ka nn metastabiilseid olekuid, nagu üleküllastatud aur või jäätumisest madalama temperatuuriga vesi. Metastabiilses olekus võib vastav faas jääda suhteliselt püsivaks seni, kuni puutub kokku normaalfaasiga ning alles siis läheb üle stabiilsesse vormi. Näiteks tugevalt alla 0 °C jahutatud vesi võib väga pikalt püsida vedelikuna, kui aga tekib esimene kristallisatsiooni tsenter, siis muutub see kogu mahu ulatuses kiirelt jääks.

Aurumiseks vajab vesi teatud koguse energiat, mida iseloomustatakse aurumissoojusega. See on soojushulk (H_v), mis kulub ühe mooli vee aurustamiseks (kJ/mol). Vee aurumissoojus sõltub auruva vee temperatuurist: mida madalam on temperatuur, seda suurem on vee aurumissoojus (**joonis 4.16**). Vee aurumine jahutab keskkonda, kuna selleks, et vesi siirduks gaasilisse faasi, tuleb vesiniksidemete lõhkumiseks kulutada palju energiat (43,99 kJ/mol 25 °C juures). Seetõttu on näiteks higistamine tõhus mehhanism organismi ülekuumenemise vältimiseks. Kuuma kliimaga maades on vee aurumist läbi aegade kasutatud ka toiduainete jahutamiseks. Samuti on täiendavat soojusenergiat vaja jää sulamiseks. Jää sulamissoojus 0 °C juures on 333,35 kJ/kg.



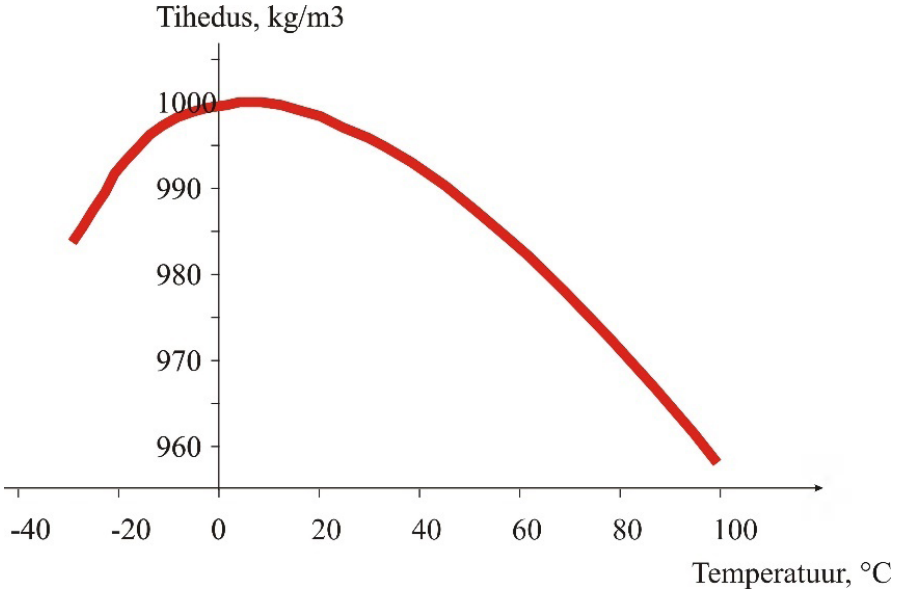
Joonis 4.16. Temperatuuri mõju vee aurumissoojusele.

Vee soojusmahtuvus ühebaarise rõhu korral on ligikaudu 4,2 J/g•K, mis vastab molaarsele soojusmahtuvusele 75,37 J/mol•K. Vee suure soojusmahtuvuse toimel püsib kõrge veesisaldusega toidutoorme ja toiduainete temperatuur lühemate töötlusprotsesside jooksul suhteliselt stabiilsena. See võimaldab kasutada vett tehnoloogilistes protsessides ka soojuse ülekandmiseks näiteks toodete kuumtöötlemisel või jahutamisel. Veeauru ja jää soojusmahtuvus on vee omast peaaegu kaks korda madalamad: vastavalt 2,05 J/g K aurul (100 °C temperatuuril) ja 2,08 J/g K jääl (-10 °C temperatuuri juures). Soojuslike protsesside puhul tuleb samuti arvestada sellega, et vesi juhib soojust halvasti, selle soojusjuhtivus 0,56 W/J K. Soojusülekannet veelt (ja vette) saab parandada turbulentse voolu kasutamisega laminaarse voolu või seisva vee asemel.

Vee tihedus oleneb temperatuurist ning jahutamisel muutub see tihedamaks, saavutades suurima tiheduse (1 g/cm^3) 4 °C juures. Sellisest veest tuletati esmalt ka praeguseks üldlevinud kaaluühik – kilogramm, milleks on ühe liitri puhta vee kaal 4 °C juures. Sellest madalamal temperatuuril hakkab vee tihedus uuesti kahanema, mida põhjendatakse vee molekulide vahelises kohesioonis Van der Waalsi jõudude mõju suurenemisega. Vee jäätumisel (kristalliseerumisel) väheneb tihedus täiendavalt (**joonis 4.17**). Normaalrõhul moodustunud jää tõuseb veest madalama tiheduse tõttu pinnale ning seetõttu ei toimu suurema veekoguse jäätamine kunagi ühtlaselt. Sama nähtus mõjutab ka vastavate jahutusseadmete ja agregaatide tööparameetreid. Tugeva surve alla sattuv kristalliline jää aga pressitakse kokku ning siis võib jää tihedus juba ületada vee tihedust. Veelgi suurema tihedusega võib olla amorfne (mittekristalliline) jää.

Lisaks temperatuurile oleneb vee tihedus veel selles lahustunud ainete (näiteks soolade) kontsentratsioonist. Soolad alandavad ka vee külmumistemperatuuri (1,7 %/°C) ning temperatuuri, mille juures vesi omandab tiheduse maksimaalse väärtuse. Soolase (näiteks 3,5%) vee külmumisel (-1,9 °C) moodustub tegelikult peaaegu mage jää, sest vee kristallilisse struktuuri ei liideta peale vee teisi molekule ega ioone. Selle tulemusena muutub

jääalune vesi soolasemaks ning tihedamaks, põhjustades jääalustes veekihtides konvektsiooni.

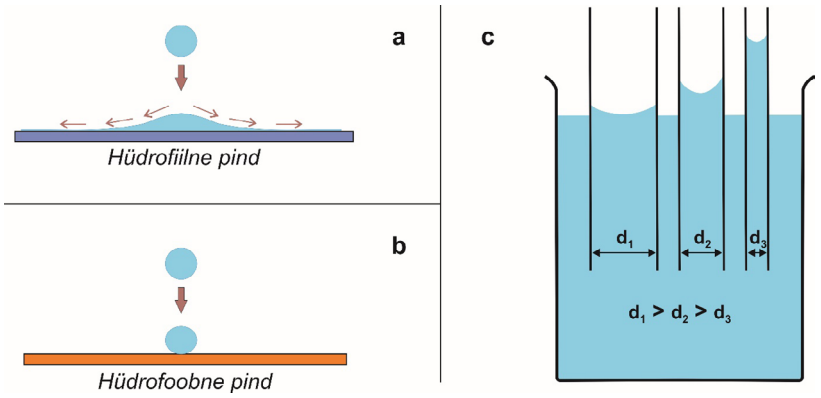


Joonis 4.17. Vedela vee (1) ja jää (2) tiheduse sõltuvus temperatuurist.

Üldfüüsikalistest näitajatest mõjutavad toiduaineid ja nende struktuuri vee adhesioon, pindpinevus ja kapillaarsus. Adhesiooniks nimetatakse veemolekulide tõmbumist mõne teise aine molekulidega, mida põhjustavad adhesioonijõud. Pindadel, millel vesi moodustab õhukese kile on veemolekulide ja pinnamolekulide vaheline adhesioonijõud suurem kui vesiniksidemetest ja Van der Waalsi interaktsioonidest põhjustatud veemolekulide omavaheline kohesioonijõud. Selliseid pindu nimetatakse ka hüdrofiilseteks pindadeks, mis on hüdraaditud veemolekulidega (vt allpool) vastavalt pinna laengule ja muudele omadustele (**joonis 4.18 a**). Adhesioonijõud (hüdratatsioonijõud) on väga tugevad, kuid vähenevad kiiresti pinnast kaugenemisel (isegi nanomeetri või paari võrra).

Pindpinevus on nähtus, mis ilmneb näiteks veepiisa hõljuvas olekus või mittemärguval (hüdrofoobsel pinnal) kui veepiisk omandab kera kuju (**joonis 4.18 b**). See tuleneb vajadusest minimiseerida pinnakihi moodustamiseks kuluva töö hulka. Keral on eripinna (pinnaühikuid ruumalaühiku

kohta) väärtus muude ruumiliste geomeetriliste kujudega (ning vastavalt ka vajalik töö hulk pinnaühiku kohta) kõige väiksem. Vedelike pindpinevuse näitajaks on pindpinevustegur, mille väärtus vee puhul on 72,8 mN/m. Pindpinevust tekitab vesiniksidemetest ja Van der Waalsi interaktsioonidest tingitud kohesioon.



Joonis 4.18. Adhesiooni (a), pindpinevuse (b) ja kapilaarsuse (c) graafiline iseloomusus

Kui vesi paikneb hüdrofiilse sisepinnaga kapillaaris (väikese läbimõõduga torukeses), siis see tõmbub adhesiooni mõjul perimeetrit pidi pinna külge, tekitades veesamba pinnakihile U-kujulise meniski. Pindpinevusjõud mõjuvad meniski pinnakihti tasandavalt, tõmmates kohesioonijõudude poolt koos hoitavat sammast ülespoole seni, kuni pindpinevusjõud raskusjõuga tasakaalustub. Sellist nähtust, kus vedelik tõuseb piki kapillaari raskusjõule vastupidises suunas teatud kõrguseni, nimetatakse kapillaarsuseks. Kapillarsuse mõju on seda suurem, mida väiksem on kapilaari sisediameeter (**joonis 4.18 c**). Kiudainetes aitavad kapillaarjõud näiteks vett toidumaatriksiga tihedamini siduda.

Vee füüsikaliste omaduste hulka kuuluvad veel elektrilised näitajad: elektrijuhtivus, dielektriline konstant (elektrimahtuvuslik näitaja), elektrolüüs jms. Puhas vesi on suhteliselt halb elektrijuht, selle elektrijuhtivus 25 °C juures on vaid 0,055 µS/cm (vastab takistusele 182 kΩ·m). Elektrijuhtivust parandab ioonide suurem kontsentratsioon. Juba väike keedusoola

koguse (0,1 ppm) lisamine vähendab vee elektrilist takistust vaid mõne kΩ-ni. Elektrijuhtivuse mõõtmist kasutataksegi sageli tehnoloogilise soolvee kontsentratsiooni mõõtmisel, kuid ka toiduainete teatud tehnoloogiliste parameetrite kaudseks hindamiseks. Vee elektrijuhtivus on tihedalt seotud elektrolüüsi nähtusega, mille käigus lõhustatakse vees leiduvate ainete ioonseid sidemeid elektrivoolu toimel. Seda kasutatakse näiteks vedelatest toiduainetest elektrodialüüsiga soolaioonide eraldamiseks.

Kuna toidutoormes, toiduainetes ja toidus leiduv vesi mõjutab vahelduvvoolu rakendamisel tugevalt nende mahtuvuslikku ja reaktiivtakistust, siis kasutatakse seda teatud juhtudel veesisalduse määramiseks. Levinud on see näiteks rasvarikaste toodete (näiteks või), teraviljade, mitmesuguste seemnete jms puhul. Vahelduvvoolu kogutakistuse ehk impedantsi kaudu saab hinnata paljude hüdrolüüsiprotsesside (näiteks juustude valmimise, liha marineerimise) intensiivsust. Vastavaid seadmeid nimetatakse impedantsi analüsaatoriteks, mille abil on mh võimalik registreerida selle näitaja dünaamikat sõltuvalt rakendatava vahelduvvoolu sagedusest.

Elektrilisteks näitajateks on ka spetsiifiliste elektroodidega mõõdetavad potentsiaalid, mida tekitavad teatud ioonide, vabade prootonite (vesinikioonide) ja elektronide sisaldused. Neist universaalseimaks ja ühtlasi olulisimaks toidu ja toiduainete parameetriks on vesinikioonide kontsentratsiooni kajastav pH ehk aktiivhappesus. Puhas vesi on amfolüütne ehk sellest dissotseerub happelisi (H^+) ja aluselisi (OH^-) ioone võrdselt. Sellisel juhul on tegemist neutraalse seisundiga (pH=7), kuid lisandite olemasolul võib valitseda happeliste (pH<7) või aluseliste (pH>7) ioonide ülekaal. Toiduainetes leiduvate ühendite (näiteks ensüümide) aktiivsus ja spetsiifika sõltuvad olulisel määral aktiivhappesusest.

Kokkuvõtvalt määravad füüsikalistest näitajatest toidumaatriksi omadusi kõige enam vee suur soojusmahtuvus, selle keemis- ja jäätumistemperatuur, erisoojus ning vee aktiivsus. Suure soojusmahtuvuse tõttu säilitavad veerikas toidutoore, toiduained ja toit suhteliselt stabiilse temperatuuri lühiajalisel soojendamisel ja jahutamisel. Keemis- (100 °C normaalrõhul) ja

jäätumistemperatuur (0 °C normaalrõhul) ning neid mõjutavad tegurid on aluseks paljudele tehnoloogilistele protsessidele ning sageli ka nende juhtimise ja reguleerimise piire määravateks väärtusteks. Erisoojusega tuleb arvestada toiduainetest vee väljaaurutamise, auru kondenseerimise, külmutamise ja ülessulatamise korral. Latentse soojuse eraldumine (näiteks vee jäätumisel) või neeldumine (näiteks jää sulamisel) töötab nimetatud protsesside kulule vastu, põhjustades märgatavat ajalist viivist. Vee aurumisel neelduva soojuse abil toiduainete või toidu jahutamist on traditsiooniliselt kasutatud kuumema kliimaga maades.

Lisaks sellele võimaldavad vee ainulaadsed füüsikalised omadused stabiliseerida temperatuuri, toimida soojusvahetajana termilistes protsessides, osaleda toidutoorme, toiduainete ja toidu struktuuri loomes ning mitmekülgsetes kontsentreerimise tehnoloogiates (kuivatamisel, sublimatsioonis) jne.

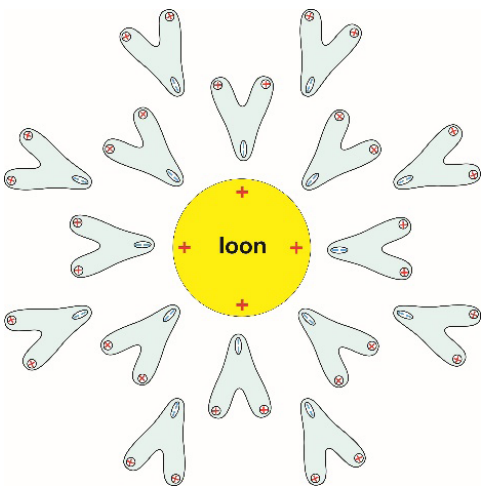
Vesi lahusti ja reaktsioonide keskkonnana

Nagu ülalpool mainitud, muudavad molekulide polaarsus ja sellest tingitud vesiniksidemed vee universaalseks keskkonnaks, mis on võimeline lahustama väga paljusid gaase, vedelikke ja tahkeid aineid. Aine lahustuvus vees oleneb temperatuurist ja rõhust. Gaaside lahustuvus vees suureneb rõhu kasvades ja temperatuuri alanedes. Vedelike ja tahkete ainete lahustuvus kasvab temperatuuri ja rõhu suurenemisel. Tavaliselt hinnatakse lahustuvust 100 ml vees lahustunud aine hulga järgi grammides mingi ruumala kohta (näiteks g/100 cm^3). Heaks loetakse lahustuvust väärtustel > 1 g/100·cm^3, vähene lahustuvus jääb vahemikku 0,1–1 g/100 cm^3 ja raskeltlahustuvate ainete lahustuvus on < 0,1 g/100·cm^3. Suurima võimaliku lahustuvuse määrab küllastumiskontsentratsioon, mille puhul aine lisamisel vette, lahustuvus enam ei suurene. Teatud tingimustel on siiski võimalik saavutada lahuse üleküllastumist (superküllastumist). Selline seisund võib olla metastabiilne (ehk kauapüsiv) seni, kuni teatud häirituse tulemusel üleküllastunud aine hulk lahusest (näiteks kristallidena) välja sadestub.

Vees lahustumise eelduseks on aine hüdrofiilsus, mis on määratud lahustuva aine molekulide polaarsusega. Seejuures võivad paljude lahustuvate ainete molekulid või ioonid elektriliste laengute toimel liituda veemolekulidega ning moodustavad hüdraate (**joonis 4.19**). Niisugust protsessi nimetatakse hüdratatsiooniks, mis võib olla füüsikaline (hüdraatumine) või keemiline (hüdraatimine) liitumine veega. Keemilise hüdratatsiooni käigus hüdraaditakse vee ioone ja polaarseid molekule ka kristallidesse (kristallhüdraatideks).

Ioonsete kristalliliste ainete puhul soodustab hüdratatsioon lahustumist, kuna kristalli pinna laengut kandvate osistega elektrostaatiliselt seotud veemolekulide soojuslik võnkumine rebib lahustuvat ainet kristallide küljest lahti ning võimaldab sellel ioonidena lahusesse kanduda. Kristallilised ained lahustuvad vees seetõttu pealestikku paiknevate kihtide kaupa: pealmised enne, seejärel vastavas järjekorras alumised kihid.

Mittepolaarsete (nn molekulaarse struktuuriga) ainete korral toimub lahustuva aine kandumine vette vastasmõjus veemolekulide ning lahustuva aine dipoolidega (nn dipool-dipoolsed interaktsioonid), mida soodustab nii vee kui lahustuva aine molekulide soojusliikumine. Dipoolide vaheline külgetõmme liidab vee ja aine molekulid tervikuks ning soojusliikumine rebib need tervikud aine küljest lahti. Mida kõrgem on temperatuur, seda intensiivsemalt aine osiseid lahusesse kandub. Elektronegatiivsete aatomite või vesiniku olemasolul aines (näiteks suhkrutes), aitab aine ja veemolekulide sidusust suurendada ka vastavate vesiniksidemete teke aine ja veemolekulide vahel.

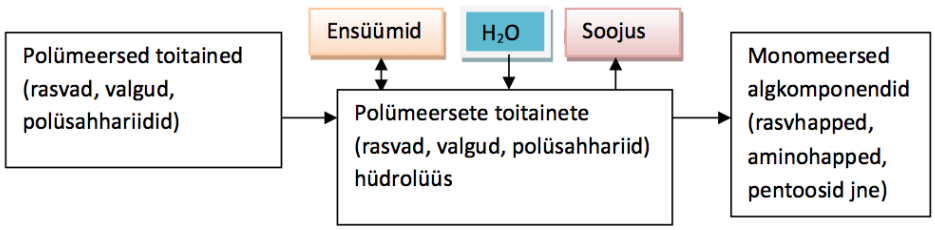


Joonis 4.19. Positiivselt laetud iooni hüdraatumine veemolekulidega

Lahustumisel on toidukeemias (ka toiduainete tehnoloogias) täita ülioluline roll, sest vesi on toidu-

toormes, toiduainetes ja toidus lahustiks paljudele süsivesikutele, valkudele, vitamiinidele ja pea kõikidele mineraalainetele. Nende ainete lahustina toimiv veekeskkond mõjutab mitmesuguste reaktsioonide kulgu, ensüümide aktiivsust, valkude omadusi ja olekut. Neist toiduainete tehnoloogia seisukohast omavad erilist tähtsust hüdrolüüsireaktsioonid, mis sageli seostuvad nii toiduainete riknemise kui valmimisega. Hüdrolüüsi reaktsioonid toimuvad kõikide makrotoitainete: süsivesikute, rasvade ja valkudega, kusjuures need lõhustuvad lühemateks ahelateks või neid moodustavateks algkomponentideks (tärklise lõhustumisel glükoosiks, peptiidide lõhustumisel aminohapeteks, rasvade lõhustumisel rasvhapeteks ja glütserooliks).

Enamasti toimub hüdrolüüs ensüümaatiliste reaktsioonidena (vt ka keemilised alusprotsessid), mille käigus liidetakse tekkivate ühenditega vett ning eraldub teatud kogus energiat. Seega on hüdrolüüsil vee olemasolu hädavajalik ka reaktsioonis osaleva ainena (**joonis 4.20**). Hüdrolüüs omakorda moodustab sageli esimese astme toitainete (rasvade) oksüdatsioonireaktsioonide ahelas, mis on üheks toiduainete riknemise põhjuseks pikaajalisel säilitamisel. Teiseks säilimist mõjutavaks teguriks on kahjulike mikroobide elutegevus, mis on võimalik vaid veekeskkonnas selleks küllaldase vee aktiivsuse korral. Sama kehtib toiduainete tehnoloogias rakendatavate kasulike mikroorganismide (näiteks kääritavate pärmseente ja piimhappebakterite) kohta.



Joonis 4.20. Valkude, rasvade ja polüsahhariidide (polümeersete toitainemolekulide) hüdrolüüsi skemaatiline esitus.

Vee aktiivsus

Vee aktiivsus väljendab vaba vee ja seotud vee omavahelist suhet toidus. Vaba vee osakaal iseloomustab üldjoontes ka veesisaldust ning on seetõttu selle hindamiseks alternatiivne näitaja. Eristatakse keemiliselt, füüsikalis-keemiliselt ja füüsikaliselt seotud vett. Kõige püsivam on keemiliselt seotud vesi, mis esineb näiteks sahhariidide või mineraalsoolade hüdraatosana.

Füüsikalis-keemiliselt seotud vesi on liitunud keskmise tugevusega seoste abil. Seotuse teket soodustab veemolekuli polaarsus, mis tuleneb eespool kirjeldatud ühesidemeliste vesinikuaatomite ebasümmeetrilisest paiknemisest kahesidemelise hapniku aatomi suhtes. See on võimeline elektrostaatiliste jõudude toimel liituma teiste laetud osakestega, näiteks valkudega, moodustades valguosakeste pinnale hüdraatkihi. Samuti esineb füüsikalis-keemiliselt seotud vett lipiidsete (näiteks fosfolipiididega kaetud) osakeste pinnal. Füüsikaliselt seotud vee omadused on juba kaunis sarnased vaba vee omadustele. See seotus kaob suhteliselt kergesti näiteks temperatuuri tõstmisel ning käitub siis juba vaba veena.

Vaba vee osakaalu vähenemisel teatud piirini seiskub mikroobide elutegevus ja pidurduvad paljud keemilised reaktsioonid. Vaba vee suhtelist osa mingi aine üldisest veesisaldusest nimetatakse vee aktiivsuse indeksiks (ka vee aktiivsuseks). Kui vee aktiivsus on 1, siis kogu aines leiduv vesi on vaba vesi; kui 0,9, siis 10% veest on seotud. Mida suurem on vee aktiivsus, seda paremad tingimused on näiteks mikroobide arenguks.

Vee aktiivsust (ehk vaba vee osakaalu) vähendavaid aineid nimetatakse depressoriteks. Tuntuimad neist on vees lahustunud soolad, mille depresseeriv mõju kasvab kontsentratsiooni tõustes ja temperatuuri alanemisel. Toatemperatuuril on 3% keedusoolalahuses vee aktiivsus 0,98, kuid 35% lahuses 0,76. Vee aktiivsuse analüsaatorid töötavad eelkõige füüsikalisel põhimõttel, määrates analüüsitava proovi piirkihi kohale tekkiva veeauru tasakaaluoleku kontsentratsiooni antud temperatuuri juures (**joonis 4.21 a**).

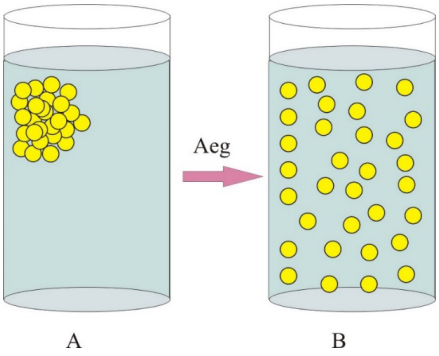
Veesisalduse määramiseks toidus, toiduainetes ja toidutoormes kasutatakse enamasti samuti füüsikalisi meetodeid. Neist kõige tuntum on vee väljaarutamine keemisest kõrgemal temperatuuril kuni tasakaalu saabumiseni. Kuivainesisaldus arvutatakse proovi lõpp- ja algkaalutise suhtarvuna, millest omakorda tuletatakse veesisaldus. Ekspressmääramise lihtsustamiseks on kasutusele võetud sellised proovide kuivatamise seadmed, millel kuivatamine toimub automaatse andmehõivesüsteemiga varustatud elektronkaalul (**joonis 4.21 b**).

Vedelate toiduainete veesisaldust saab teatud juhtudel hinnata ka tiheduse määramise kaudu. Väga levinud on veesisalduse ekspressmääramine elektroonsete mõõteseadmetega. Enamasti rakendatakse neis veesisalduse seost kas elektrijuhtivuse, dielektrilisele läbitavuse, induktiivsuse või nende kombinatsiooniga. Seejuures peab iga selline mõõteseade olema häälestatud kindlale toiduainele (näiteks võile) või toidutoormele (näiteks nisule).

Difusioon on gaaside ja vedelike iseeneslik segunemise protsess. Difundeerumise all mõistetakse aine või energia ülekandumist kõrge kontsentratsiooniga piirkonnast madala kontsentratsiooniga piirkonda (**joonis 4.22**). Difusiooniprotsess toimub kõikide agregaatolekutega keskkondades (tahkistes, vedelikes, gaasides ja plasmas). Difusiooni põhjustab ioonide, aatomite, molekulide ja ka suuremate aineosakeste soojusliikumine (Browni liikumine).



Joonis 4.21. Vee aktiivsuse (a) ja veesisalduse (b) ekspressmääramise seadmed



Joonis 4.22. Osakeste difusiooniprotsess vedelikus: A – osakeste algsasend, B – osakese asend teatud aja möödumisel

Difusioon toimub näiteks gaaside (nt lõhnade levik õhus) või erinevate vedelike segunemisel. Difusioon toimub ka tahketes kehades, kus eri materjalide aatomid segunevad nende materjalide kokkupuute pinnal. Difundeeruda võivad aines lahustunud või ka aine enda osakesed.

Välistegurite (temperatuuri ebaühtlus, elektrilised jõud jne) mõju puudumisel kehtib Ficki seadus:

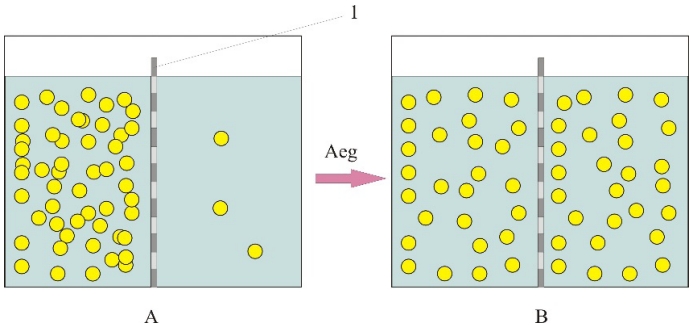
$$dM = D\, dc/dx\, S\, dt,$$

kus dM on ajavahemiku dt läbi teljega risti oleva pinna S kanduv ainehulk, dc/dx on kontsentratsiooni gradient.

Difusioonikiirus on proportsionaalne piiripinna suuruse, kontsentratsioonide erinevuse, temperatuuri ja konkreetse materjali parameetritega. Soojusliku difusiooni korral on selleks parameetriks soojusjuhtivus, elektriliselt laetud osakeste korral aga elektrijuhtivus.

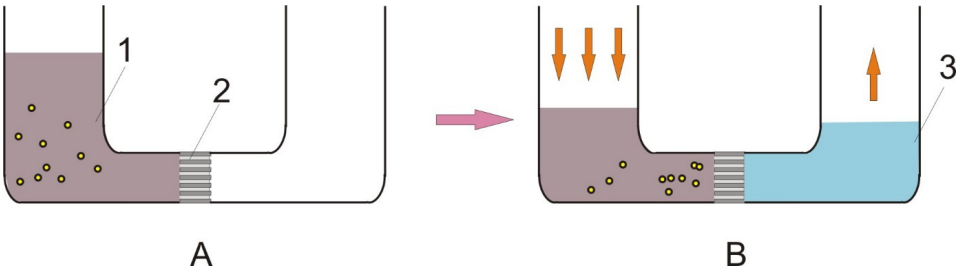
Osmoos on ühepoolne difusioonprotsess, kus toimub lahusti (näiteks vesi) difundeerub läbi poolläbilaskva membraani, liikudes madalama kontsentratsiooniga lahusest lahusesse, kus on kõrgem lahustunud aine kontsentratsioon (**joonis 4.23**). Osmoos on iseeneslikult toimuv füüsikaline protsess, s.t. süsteem ei vaja selleks lisaenergiat.

Pöördosmoos on nähtus, kus lahusti liigub läbi poolläbilaskva membraani lahustunud aine väiksema kontsentratsiooni suunas, seega vastupidiselt osmoosile. Selleks rakendatakse lisarõhku (**joonis 4.24**). Näiteks rakendades soolalahusele suuremat rõhku kui osmootne rõhk, saab sundida lahusti molekule üle minema poolläbilaskva membraani kaudu puhtasse lahusesse.



Joonis 4.23. Osmoosi põhimõtteline skeem, 1- poolläbilaskev membraan

Pöördosmoosi kasutatakse toiduainete tööstuses vedelike näiteks mahlade, vadaku jms kontsentreerimisel.



Joonis 4.24. Pöördosmoosi põhimõtteline skeem. A- algolek, B- pöördosmoosi protsess, 1- dispersne vedelik, 2- poolläbilaskev membraan, 3- vesi.

4.1.2. KUIVATAMINE

Toiduained on oma keemilise koostise ja struktuuri poolest väga erinevad, kuid omavad ka ühiseid tunnuseid. Toiduained koosnevad põhiliselt vaid kuivainest ja niiskusest. Kõik nad koosnevad kolmest (erinevates vahekordades olevatest) faasist: tahkest (põhikarkass ja kuivaine), vedelast ja gaasilisest. Niiske materjali seisund sõltub teda ümbritseva keskkonna (nt õhu) niiskusesisaldusest. Väikese õhuniiskuse korral toode kaotab niiskust (kuivamine), kõrge õhu niiskuse korral toode seob niiskust.

Tahke materjali niiskust väljendatakse materjali massi suhtes:

$$w = m_n/m\ 100\ (\%, kg/kg)$$

või materjali kuivaine suhtes:

$$w_k = m_n/m_k\ 100\ (\%, kg/kg)$$

m- niiske materjali mass, kg

m_n- vee(niiskuse) mass, kg

m_k -materjali kuivaine mass, kg

Kuivatamine ehk kuivatus on vee osaline või täielik eemaldamine tahketest ja vedelatest või gaasilisest keskkonnast. Kuivatamise käigus aurustub vesi toote pinnalt ja difusiooni toimel transporditakse vett sisekihtidest toote pinnale.

Protsess kulgeb soojus- ja massivahetusega kuivatusagensi ja kuivatatava materjali niiskuse vahel. Kuivatusprotsessi efektiivsuse määravad soojuse ja niiskuse ülekanne niisketes kuivatatavas materjalides ja soojuskandjas. Kuivatamisel toote kaal muutub niiskuse eemaldumise tõttu, kuid kuivaine sisaldus ei muutu.

Vett võib tootest eemaldada mehhaaniliselt muljumise, pressimise või tsentrifuugimise teel, meetod sobib vaid suure niiskusesisaldusega toorme töötlemiseks (eelkuivatuseks). Füüsikalis-keemiline kuivatamine toimub adsorbentide (sool, silikageel) või veega keemiliselt reageerivate ainete abil.

Soojuslik kuivatamine põhineb materjalis leiduva vee aurustamisel, milleks kulutatav soojusenergia manustatakse konvektiivselt, konduktiivselt või kiirguslikult. Soojuskandjateks võivad olla vesi, aur, õhk. Dielektriliste omadustega materjale saab kuivatada kõrgsagedusliku elektrivälja abil (mikrolaineahjus).

Konvektiivse kuivatamise käigus eemaldatakse esmalt niiskus, mis on nõrgemini seotud ja sisaldub põhiliselt kapillaarides. Kuivatusprotsess ehk niiskuse aurustumine toimub toote pinnal, see tingib ka niiskuse liikumise piki kapillaare toote sisemusest pinna poole. Seejärel eemaldatakse osmootne ja adsorbselt seotud vesi. Viimane paikneb materjalis vedeliku kujul ja aurustatakse seal, kus ta algselt asub.

Kuivatamise efektiivsus on määratud toote ja soojuskandja füüsikalis-keemiliste omadustega. Kuivatamise oluliste parameetrite (temperatuur, rõhk, kuivatusagensi liikumiskiirus jms) valikul tuleb arvestada kuivatatava toote füüsikalis-keemiliste omadustega. Soojust on võimalik protsessi lisada konvektiivselt (kuivatatav materjal on kuivatusagensi voolus), kontaktselt (kuivatatav materjal on kontaktis kuumutuselemendiga), kasutades sublimatsiooni, kõrgsagedust või radiatsiooni tehnoloogiat.

Temperatuuri mõjul tõuseb materjali pinnal oleva vee osarõhk, vesi aurustub ning difundeerub kuivatusagensi. Tootes aga tekib selle tulemusena niiskuse kontsentratsiooni erinevus, mis sunnib sisekihtides oleva niiskuse liikuma välispinna poole, see aga sõltub tootes oleva niiskuse seosest tootega. Loomulik kuivatamine (vaba aurumine) toimub kuivatusagensi sundtsirkulatsioonita ning protsess kulgeb aeglaselt.

Soojust on võimalik protsessi lisada konvektiivselt, kontaktselt, kasutades sublimatsiooni, kõrgsagedust või radiatsiooni tehnoloogiat.

Rakendatakse konvektiiv-, kontakt, kiirgus- (infrapunase kiirgusega), vaakum- ja ultrahelikuivatust ja kombineeritud meetodeid.

Sublimatsioonkuivatus toimub temperatuuridel alla 0 °C, kus niiskuse aurustumine materjalist toimub otse jää faasist vakumeeritud (alandatud rõhuga) keskkonnas.

Kuivatamisest ja sublimatsioonist on täpsemalt juttu piimapõhiste pulbrite tehnoloogia peatükis.

4.1.3. Destillatsioon

Destillatsioon on põhiprotsessiks kangete alkohoolsete jookide tehnoloogias, mida kasutatakse alkoholi sisalduse tõstmiseks näiteks viina, viski, brändi jne tootmisel. Seda rakendatakse ka muuks otstarbeks, näiteks destilleeritud vee ja teiste kõrge puhtuseastmega vedelike valmistamiseks.

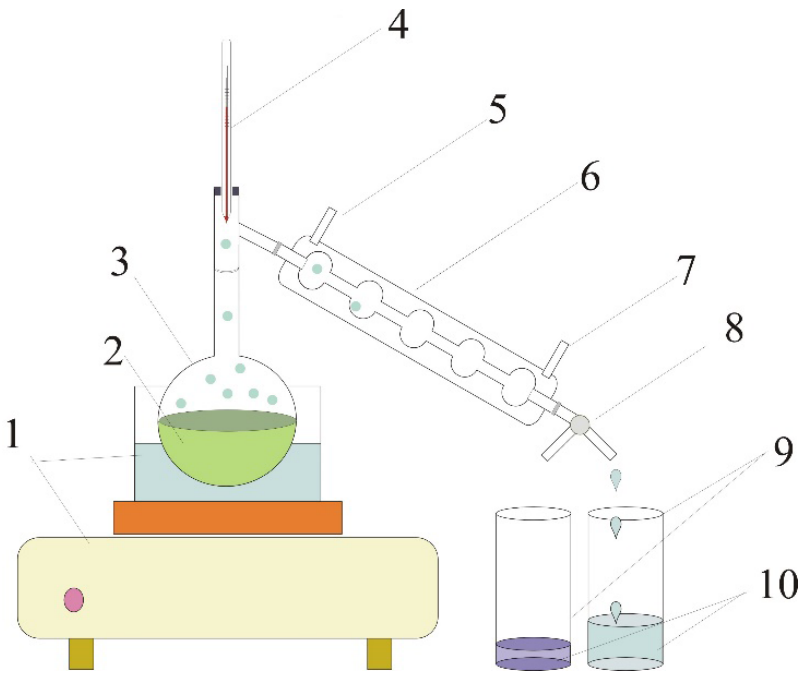
Destilleerimisel vedelik aurustatakse keetmisel ja sellest saadud aur kondenseeritakse jahutamise teel. Selle tulemusena saadakse puhastatud vedel aine. Destillatsiooni saab rakendada ka mitmekomponendiliste ainete lahutamisel, mis keevad erinevatel temperatuuridel. Sellisel juhul kasutatakse protsessi juhtimise parameetrina temperatuuri. Näiteks meski destilleerimisel lendub kõigepealt metüülalkohol (keeb 64,7 °C juures), mis suunatakse tootmisprotsessis kõrvale temperatuuril 78 °C keevast etüülalkoholist eraldi mahutisse.

Destilleeriseks kasutatavat seadmestikku nimetatakse destillaatoriks, mis koosneb kolmest põhiosast: keetjast, jahutist ja destillaadi kogujast (**joonis 4.25**).

Keetja koosneb küttekehast, destilleeritava vedeliku mahutist ja väljaviigust auru eraldamiseks, jahuti koosneb auru liikumise torust ja jahutussärgist. See on varustatud jahutusagensi sisse- ja väljavooluotsikutega. Destillaadi koguja koosneb destillaadi anumatest ja eraldussõlmest. Igale fraktsioonile on ettenähtud oma kogumisanum ning eraldussõlm suunab vastavalt keemistemperatuurile iga fraktsiooni vastavasse anumasse.

Destillatsioon liigitatakse eelkõige liht-, ekstratiivseks-, fraktsioneerivaks- ja vaakum- jne destillatsiooniks. Lihtdestillatsiooni korral on vedelike keemistemperatuuride vahe suur (kümmneid kraade). Ekstraktiivset destillatsiooni kasutatakse lähedaste keemistemperatuuridega vedelike korral. Fraktsioneeriva destillatsiooni korral on keemistemperatuurid mõõdukalt erinevad (mõned kraadid). Vaakumdestillatsiooni korral kasutatakse keemistemperatuuri reguleerimiseks rõhku. Vahel loetakse destillatsiooni eriliigiks ka pürolüüsi (nn destruktiivne destillatsioon) puhta süsiniku saamiseks orgaanilistest ainetest.

Tööstuslikult kasutatakse lisaks tsükkeltoimelisele destilleerimisele ka pidevtoimelisi destillaatoreid. Neid rakendatakse eelkõige suurtootmise korral. Destillatsiooni kasutatakse ka ekstraheerimisprotsesside läbiviimisel.



Joonis 4.25. Tsükkeltoimelise destillaatori põhimõtteline skeem: 1 – soojusallikas koos vesivanniga, 2 – destilleeritav vedelik, 3 – mahuti, 4 – termomeeter, 5 – jahutusvee väljund, 6 – jahuti (kondensaator), 7 – jahutusvee sisend, 8 – eraldussõlm, 9 – destillaadi mahutid, 10 – destillaadid.

4.1.4. EKSTRAKTSIOON

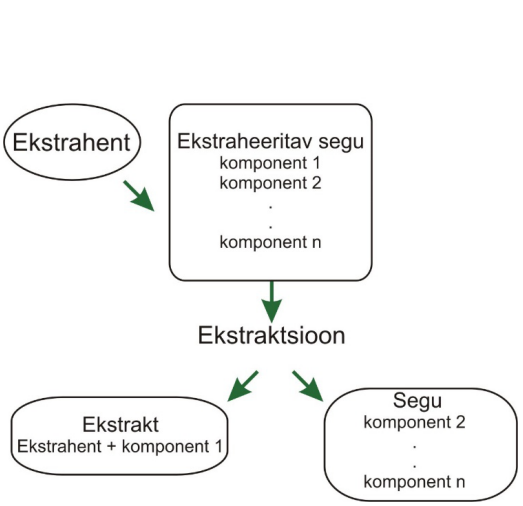
Ekstraktsiooni ehk ekstraheerimise all mõistetakse eelkõige ekstrahentide (lahustavate vedelike) abil vastavate komponentide eraldamist segudest või lahustest. Ekstraheerimisega eraldatud ainet koos ekstrahendiga nimetatakse ekstraktiks.

Kui soovitakse saada segust eraldatud ainet puhtal kujul, siis tuleb ekstraktist eraldada ekstrahent kas destilleerimisega või muul moel (**joonis 4.26**). Meetodit kasutatakse kas kõrvalainete või puhaste ainete eemaldamiseks segudest. Esimesel juhul on saaduseks segu, millest mittevajalik komponent on eemaldatud teisel juhul on saaduseks ekstraheerimisega eemaldatud aine ise. Ekstrahendi valikul on väga oluline arvestada selektiivsusega. See tähendab, et ekstrahent peab lahustama ainult antud kompo-

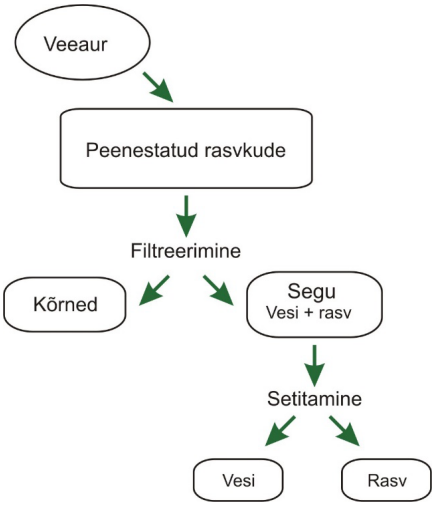
nenti, mitte teisi segus olevaid komponente. Tehnoloogilistes protsessides on ekstrahent taaskasutatav pärast selle eemaldamist ekstraktist.

Tüüpiliselt kasutatakse ekstraheerimist taimsete rasvade tehnoloogias. Seda eelkõige taimsete õlide pressimise jäägist täiendava õlikoguse eraldamiseks heksaaniga.

Sageli mõistetakse ainete eraldamist segudest kuumutamisega, kus toimub eraldatava aine agregaatoleku muutumine vedelaks või gaasiliseks. Vedelaks muutmine toimub näiteks lihatehnoloogilise protsessina rasva ekstraheerimisel rasvkoest. Vastav kuumutamine toimub üldjuhul veeauruga. Saadavast rasva ja auru veesegust on seejärel rasva lihtne eraldada setitamisega, sest rasv kui kergem fraktsioon koguneb vee pinnale (**joonis 4.27**).

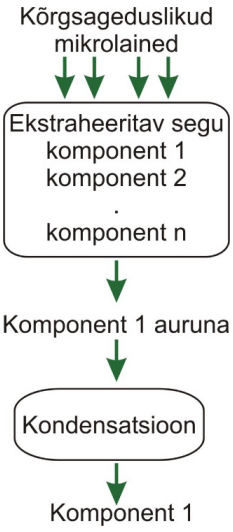


Joonis 4.26. Ekstraheerimise põhimõtteline skeem, ekstraheeritavaks aineks on komponent 1



Joonis 4.27. Rasva ekstraheerimine rasvkoest, põhimõtteline skeem.

Lenduvate ühendite eraldamiseks segust kasutatakse sageli ka mikrolainetega kuumutamist. Selle puhul puudub vajadus soojusagensi (aur, vesi) kasutamiseks. Eraldatavate ainete aurustumiseks vajalik energia antakse segule ülikõrgsageduslike mikrolainete abil, mis on võimelised tõstma polaarsete ühendite temperatuuri. Eraldunud aurustatud aine veeldatakse protsessi lõppfaasis kondenseerimisega (**joonis 4.28**).



Joonis 4.28. Ekstraheerimine mikrolainete abil

Ekstraheerimise tavavariantide kohta leidub rohkesti informatsiooni erinevate valdkondade kirjandusallikates. Eestikeelsena on aga suhteliselt vähe avaldatud materjali ekstraheerimise kohta superkriitiliste vedelikega. Seetõttu tutvustatakse seda üldistavalt eraldi alljärgnevas osas.

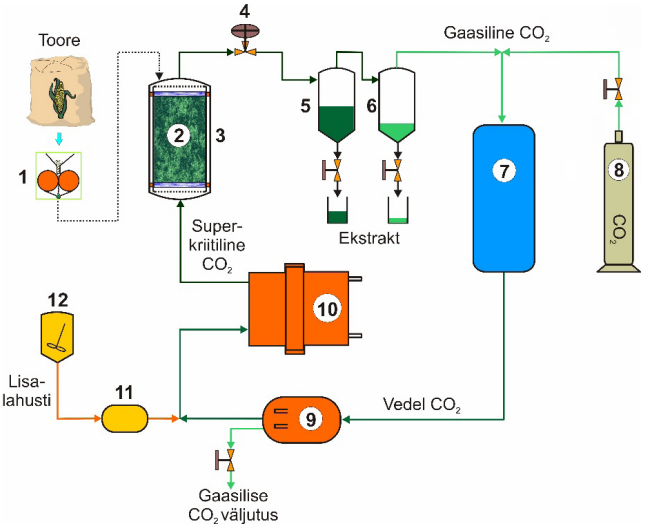
Ekstraheerimine superkriitiliste vedelikega

Vedelik on superkriitilises ehk ülekriitilises olekus siis, kui aine rõhk ja temperatuur on olekudiagrammil ületanud kriitilise punkti, kust alates pole võimalik eristada gaasilist ja vedelat olekut. Küll aga on võimalik temperatuuri ja rõhu reguleerimisega muuta superkriitilise vedeliku tihedust, mis omakorda mõjutab kaunis drastiliselt selle fluidiumi diffusiooni, soojusjuhtivust, viskoossust, dielektrilisi jt omadusi. Suurepärane diffusioon tagab sellele gaasidega sarnane massiülekande ning vedelikele omase lahustusvõime. Seejuures on need mõlemad hästi reguleeritavad suhteliselt väheste rõhu ja temperatuuri muutustega, mistõttu ülekriitilisi vedelikke on hakatud rakendama erinevate ainete selektiivseks ekstraktsiooniks ühe ja sama lahustiga.

Laiemat kasutamist leiavad seejuures süsinikdioksiid ja vesi. Vee kriitilise punkti temperatuur on 372 °C, rõhk 218 kg/cm^2 ja tihedus 0,315 g/cm^3, süsihappegaasil vastavalt 31,1 °C, 72,8 kg/cm^2 ja 0,468 g/cm3. Ülekriitilise vee kasutamine toiduainete tehnoloogias on mõnevõrra raskendatud suhteliselt kõrge temperatuuri ja rõhu tõttu. Veest enam rakendatakse ülekriitilist süsihappegaasi, mille eelisteks on toksilisuse puudumine, keemiline inertsus, lenduvus ekstraktist ja sobivus orgaaniliste lahustite (näiteks etüülalkoholi) samaaegseks kasutamiseks.

Kõige enam ekstraheeritakse ülekriitilise süsihappegaasiga taimses toormes sisalduvaid ühendeid. Vanima teadaoleva toiduainete tehnoloogi-

lise rakendusena hakati 1970 aastakümne alguses selle meetodiga tööstuslikult eraldama kohviubadest kofeiini ja samaaegselt valmistama ka kofeiinivaba kohvi. Nüüdseks on meetod levinud väga mitmesuguste (eriti mittepolaarsete) ühendite eraldamiseks nii taimsest kui loomsest toormest. Selleks vajalik tsüklilise toimega tehnoloogia on esitatud **joonisel 4.29**.



Joonis 4.29. Tüüpiline taimse materjali tsüklilise töötluse tehnoloogia superkriitilise CO_2 abil: 1 – toorme eeltöötluse seade, 2 – reaktsioonianum, 3 – reaktor, 4 – rõhu regulaatorventiil, 5 – separaatori esimene aste, 6 – separaatori teine aste, 7 – jahuti, 8 – CO2 balloon, 9 – kõrgsurvepump, 10 – kuumuti, 11 – lisalahusti pump, 12 – lisalahusti mahuti.

Töödeldav toore esmalt peenestatakse veskis 1 ja paigutatakse reaktsioonianumasse 2 reaktoris 3. Reaktori sulgemise järgselt hakatakse anumast 3 ringvooluna läbi suunama superkriitilist süsihappegaasi, mis endas lahustuva aine ekstraktina separaatoritesse 5 ja 6 kannab. Separaatoritest eralduv gaasiline CO_2 veeldatakse esmalt jahuti 7 abil ning seejärel viiakse uuesti superkriitilisse olekusse kompressori 9 ning soojusvaheti 10 abil. Sobilik töörežiim tagatakse rõhu regulaatorventiiliga 4. Separaatoritest 5 ja 6 saab ekstrakti perioodiliselt väljutada vastavate põhjaventiilide avamisega. Süsteemi esmane täitmine gaasilise süsihappegaasiga toimub balloonist 8. Enamasti on ekstraheerimise seadmed seejuures varustatud ka lisalahusti (näiteks alkoholi) süsteemi sisestamise võimalusega (mahuti 12 ja pump 11).

Nüüdseks on ülekriitilist süsihappegaasi hakatud rakendama ka teatud keemiliste reaktsioonide läbiviimise keskkonnana. Nii näiteks sobib see edukalt hüdrogeenimiseks, sest võimaldab parameetreid hõlpsasti regu-

leerida ning samas on CO_2 ise inertne ja sobib hästi vesinikku reaktorisse kandvaks lahustiks.

4.1.5. Filtreerimine

Filtreerimine ehk **filtratsioon** on disperssete süsteemide eraldamise meetod, kasutades selleks poorseid materjale (filtreid), mis peavad kinni vedelikus või gaasis olevad tahked osakesed mille läbib filtreeritav lahus nii, et eraldub vedelikust või gaasist tahke, mittelahustunud aine (**joonis 4.30**). Filtreerimine toimub kui filtri materjali poorsus on väiksem kui tahke osakese diameeter. Filtreerimise läbiviimiseks on vaja luua rõhkude erinevus filterelemendi erinevatel pooltel, selleks kasutatakse gravitatsiooni, ülerõhku või alarõhku.

Filtreerimist liigitatakse filtri ava suuruse järgi alljärgnevalt:

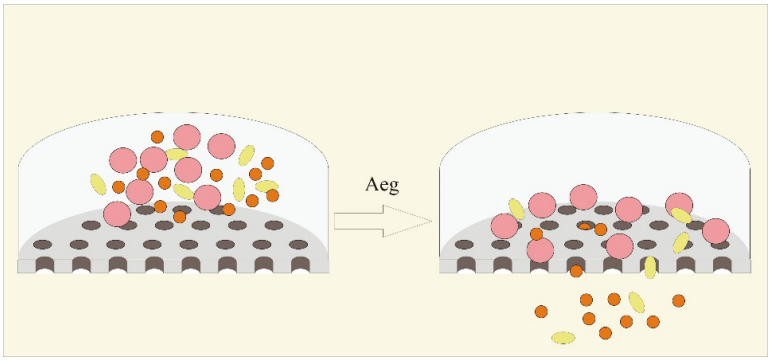
- Makrofiltreerimine: filtri ava suurus > 50 µm
- Mikrofiltreerimine: 0,1…50 µm
- Ultrafiltreerimine: alla 0,1 µm
- Pöördosmoos: < 0,001 µm

Filtreerimiseks kasutatakse kontsentreerimisprotsessi toiduainete tehnoloogias eelkõige ühe variandina. Konkreetse tehnoloogilise protsessina on sellest juttu kondenspiimatoodete tehnoloogia peatükis.

4.1.6. Termiline töötlemine

Soojus on aine molekulide korrapäratus liikumises ja omavahelistes põrkumistes kätketud energia. See on lineaarses sõltuvuses osakeste soojusliikumise keskmise kineetilise energiaga.

Seega, mida kiirem see liikumine on, mida sagedasemad on põrkumised, seda suurem on aine sise- ehk soojusenergia. Konkreetse aine hulga juures iseloomustab energia taset aine temperatuur.



Joonis 4.30. Filtreerimise põhimõtteline skeem.

Temperatuuri abil saab mõõta keha kuumenemise astet ja määrata kehadevahelise soojusvoo suunda (nii soojenemisel kui jahtumisel), mis on alati kõrgema temperatuuriga kehalt madalama temperatuuriga kehale. Soojushulk (Q) aga väljendab siseenergia hulka, mille keha saab või kaotab soojusülekande käigus.

$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$, kus

Q – soojushulk, džaulides (J),

t_2 – kõrgem temperatuur, kraadides (°C või °K)

t_1 – madalam temperatuur, kraadides (°C või °K)

m- aine mass, kg,

c – aine erisoojus (igale ainele iseloomulik konstant), mis näitab aine 1 kg soojendamiseks 1°C võrra vajalikku soojushulka.

Juhul kui temperatuurimuutustega kaasnevad ka aine olekute muutused, siis tuleb ainete sulamisel, hangumisel, veeldumisel, gaasistumisel arvestada täiendavalt peitsoojusega, mille suurus arvutatakse:

sulamisel ja tahkumisel $Q = \pm \lambda m$,

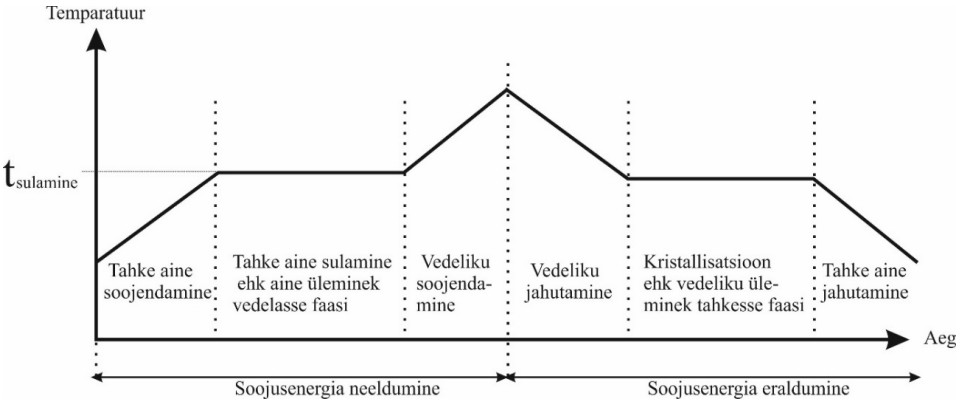
aurumisel ja kondenseerumisel $Q = Lm$, kus

λ – on aine sulamissoojus, mis näitab 1kg antud aine sulatamiseks, tema sulamistemperatuuril, kuluvat energiahulka, J/kg

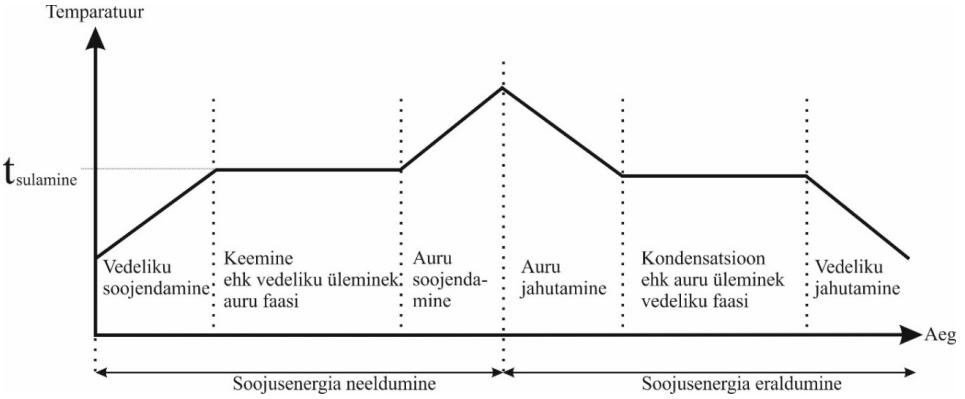
L – aine aurustumissoojust keemistemperatuuril, mis näitab antud aine 1kg aurustamiseks vajalikku soojushulka tema keemistemperatuuril, J/kg

m – aine mass, kg

Protsess, mille käigus eraldub soojust, on eksotermiline ning protsess, mille toimumisel soojus neeldub, nimetatakse endotermiliseks. Energia, mis süsteemist vabaneb, neelatakse keskkonnas ja vastupidi: $q = -q_{keskkond}$.



Joonis 4.31. Tahke (kristallilise) aine temperatuuridünaamika sulamisel ja kristallisatsioonil



Joonis 4.32. Vedeliku temperatuuridünaamika aurustumisel ja kondensatsioonil

Termiline töötlemine on üks olulisemaid tehnoloogilisi protsesse, kus toidutoormele ja toiduainetele lisatakse (kuumutamine) või võetakse ära (jahutamine, külmutamine) soojusenergiat. Seejuures on need protsessid oma füüsikaliselt olemuselt sarnased. Põhiliseks erinevuseks on soojus-

energia liikumise suund: kuumutamisel ainesse ja jahutamisel ainest välja. Temperatuurirežiim mõjutab kõiki läbiviidavaid tehnoloogilisi protsessi parameetreid ja lõpptulemust. Temperatuurirežiimi parameetrid on aeg, temperatuur (nii keskkonnas kui ka tootes) ja temperatuuri muutumise kiirus. Toiduainete tehnoloogias eristatakse järgmisi termilise töötlemise (temperatuuri tõstmise) protsesse:

- pastöriseerimine
- keetmine
- praadimine
- hautamine
- küpsetamine
- steriliseerimine

Toidutoorme termilise töötlemise käigus moodustuvad uued keemilised ühendid, muutub toorme kontsistents, vorm, värvus, lõhn, maitse, pikeneb säilivusaeg jne. Termilise töötlemise efektiivsus sõltub toiduaine struktuurist, soojusfüüsikalistest omadustest, soojuskandja omadustest ja soojuse ülekande viisidest.

Abiprotsessideks termilisel töötlemisel on protsessieelselt peenestamine, kupatamine, formeerimine, blanšeerimine ning protsessijärgselt jahutamine, külmutamine jne.

Temperatuurirežiim mõjutab olulisel määral kõiki läbiviidavaid tehnoloogilise protsessi parameetreid ja lõpptulemust. Temperatuurirežiimi parameetrid on aeg, temperatuur (nii keskkonnas kui ka tootes) ja temperatuuri muutumise kiirus.

Jahutamine on tootest soojusenergia eemaldamine, mis võib toimuda loomulikes ja kunstlikes tingimustes. Jahutamist kasutatakse ka sobivate tehnoloogiliste režiimide loomisel, need on vajalikud näiteks vahustamisel, viilutamisel, vormimisel jne.

Termilist töötlust võib läbi viia:

- Asetades toote vedelasse-, otseauru-, auru-õhu segu- või vee-auru segu keskkonda
- Konvektiivsel meetodil
- Kontaktsel kuumutamisel;
- Kuumutamisel kõrgsageduslainete abil
- Infrapuna kiirguse abil
- Kombineerides ülaltoodud meetodeid

4.1.7. Segamine

Segamine on füüsikaline protsess, mille eesmärgiks on ühetaoliste (homogeensete) segude saamine kahest või enamast komponendist – st välisjõudude mõjul grupeeritakse segukomponentide osakesed ümber nii, et komponendid on segus jaotunud võimalikult ühtlaselt. Komponentideks võivad olla tahked, vedelad ja gaasilised ained, ehk võimalikud komponendid võivad olla süsteemis tahke-tahke, vedelik-vedelik , tahke-vedelik jne.

Lahus on kahest või enamast ainest koosnev homogeenne süsteem. Lahus (üldjuhul vedelik) koosneb lahustist ja lahustunud ainest.

Erinevates agregaatolekutes ainete mittelahustuval segunemisel tuleb teha vahet pideval ja dispergeerunud faasil. Dispergeerunud osakesed on jaotunud pidevas faasis. Olenevalt pideva faasi agregaatolekust jaotatakse dispersioonid emulsioonideks, suspensioonideks, aerosoolideks ja vahuks. Kõikide nende üldnimetusena kasutatakse mõistet dispersioon.

Emulsioon on mittelahustuvate vedelate mikroosakeste dispersioon pideva faasina toimivas vedelikus (vedelik vedelikus). Tüüpiliseks emulsiooniks on näiteks rasva dispersioon piimavees, emulsioonina püsib see piimarasva sulamistäpist kõrgematel temperatuuridel. Rasva hangumisel tuleks sellist dispersiooni nimetada suspensiooniks.

Suspensioon on tahkete mikroosakseste segu pidevas vedeliku faasis (tahke aine vedelikus); ainete segu, kus vedelik sisaldab väikeste osakestena tahket ainet, mis on hõljuvas olekus. Suspensiooni tüüpiliseks näiteks toiduainete tehnoloogias on dispersioon, mis koosneb tärkliseteradest ja veest. See tekib tärkliseterade pesemisel veega ja seda nimetatakse tärklisepiimaks.

Emulsioonide ja suspensioonide püsivus sõltub mikroosakeste suurusest ja tihedusest. Samuti mõjutab seda tugevalt pideva faasi moodustava vedeliku erikaal ja viskoossus.

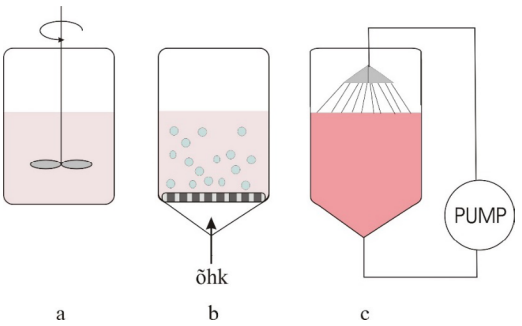
Aerosool on tahkete või vedelate osakeste dispersioon gaasis. Komplitseeritud aerosooliks on tehnoloogiline suits, mille abil valmistatakse suitsutatud toiduaineid (liha, juust jne), see sisaldab nii tahkeid kui ka vedelaid osakesi. Ka pihustuskuivatis moodustub toiduainete (piima, vere) kuivatamise käigus aerosool, mis protsessi lõpus eraldatakse. Algfaasis on tegemist vedelikaerosooliga, mis kuivatamise lõpuks muutub tahkete osakeste aerosooliks.

Vaht on dispersioon, mille moodustavad vedelas keskkonnas paiknevad suured gaasimullid, kusjuures vahu mahust moodustabki põhiosa gaas. Vedelik paikneb aga gaasimullide ümber pindaktiivse kilena. Mõningates tehnoloogilistes protsessides kasutatakse vahustamist põhiprotsessina, näiteks vahukoore valmistamisel. Paljude protsesside korral on vaht takistavaks teguriks, mistõttu tuleb rakendada vahtu kustutavaid meetmed (näiteks õllevahu eemaldamine vaakumiga villimise käigus).

Paljudes tehnoloogiates on dispersioonide ja segude loomine põhiprotsessiks. Selleks kasutatakse mitmesuguseid tehnoloogilisi seadmeid ja aparaate ning nende komplekte. Nendes toimub segamine (**joonis 4.33**):

- Liikuvate labade abil
- Pöörlevate mahutitega (segistid)
- Komponentide läbisurumine düüsist

- Suruõhu, auru jms abil
- Vibratsiooni, ultraheli jms abil



Joonis 4.33. Segamine: a – mehhaaniline, b – pneumaatiline, c – tsirkulatsiooni abil

Segamist kasutatakse ka abiprotsessina näiteks soojus- või massivahetuse intensiivistamiseks.

Komponentide segamise ideaalsel juhul peaksime saama sellise segu, kus selle igas punktis sisalduv komponentide kogus on proportsionaalne algkomponentide kogustega. Näiteks segame omavahel kolm komponenti millede kaalud on (enne segamist) vahekorras m_1: m_2: m_3, siis ideaalse segamise läbiviimisel peab see vahekord säilima igas väikesemahulises seguproovis. Üldjuhul sellist ideaalset olukorda ei saavutata ja segamise kvaliteeti iseloomustab segamise aste, segu homogeensus, mis on määratud seguproovi suuruse ja komponentide parameetritega.

Näiteks puisteainete (vürtsid) segamisel on oluline komponentide tiheduse ja mahu suhe, mida lähemal on see ühele, seda kiiremini ja väiksema energiakuluga toimub segamisprotsess ning saadakse homogeenne segu. Kui komponentide osakeste mõõtmed on oluliselt erinevad on homogeense segu saamine keerukam.

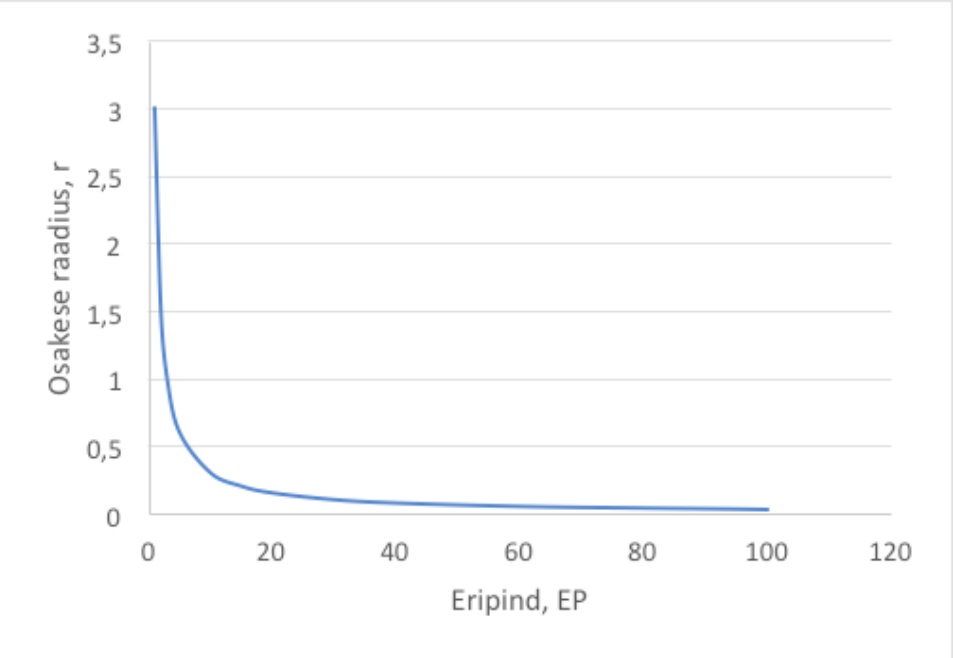
4.1.8. Peenestamine

Kõik materjalidega toimuvad protsessid (keemilised, füüsikalised) toimuvad läbi materjali piirpinna, seega on selle suurus väga olulise tähtsusega protsesside intensiivsusele. Selle iseloomustamiseks kasutatakse eripinna (EP) mõistet, mis tähendab peenestatud materjali üldise pindala suhet ruumalasse.

EP = S/V, kus

S – peenestatud materjali üldine pindala, V- peenestatud materjali kogu ruumala.

Peenestamise mõju eripinna suurusele iseloomustab alljärgnev näide. Oletame, et meil on tegemist homogeensete kerakujuliste osakestega, mille raadius on r. Sellisel juhul on iga osakese ruumala $V = 4/3\ \pi \cdot r^3$ ning iga osakese pindala $S = 4\ \pi \cdot r^2$. Eripind $EP = 4\ \pi \cdot r^2/4/3\ \pi \cdot r^3 = 3/r$. Seega materjali eripind suureneb raadiuse vähendamisega, mida ilmekalt on näha **joonisel 4.34**.



Joonis 4.34. Peenestamise käigus osakese raadiuse vähenemisel eripind suureneb

Peenestamist kasutatakse materjali disperssuse suurendamiseks, keemiliste reaktsioonide kulgemise või kiirenemise tagamiseks ning tehnoloogiliste protsesside intensiivistamiseks.

Peenestamine viiakse läbi rakendades toormele välisjõude sellisel määral, et nad ületavad toorme osakestevahelised sidemed ning tahke materjali osakesed alul deformeeritakse ja hiljem (nt makro ja mikropragude tekki-

misel) saadakse uued, väiksema gabariidiga osakesed. Peenestamise tulemust iseloomustab peenestusaste, mis on algmaterjali (r_a) ja peenestatud materjali (r_p) iseloomuliku mõõtme suhe ja see määrab ka eripindade suhte. Kui peenestamise tulemusena väheneb materjali osakeste raadius neli korda, siis peenestusaste suureneb neli korda ja samaaegselt suureneb ka eripind ehk peenestusastme arvuline väärtus näitab ka eripinna suurenemist kordades. See omakorda suurendab ka näiteks vastava arvu kordi soojusläbikannet, keemiliste protsesside intensiivsust, vähendab osakeste läbikuumenemise aega, faaside lahutumist kolloidsüsteemides jne.

Tinglikult võib peenestusprotsessid jagada sõltuvalt peenestusastmest: jäme-, keskmise ja peenpeenestuseks.

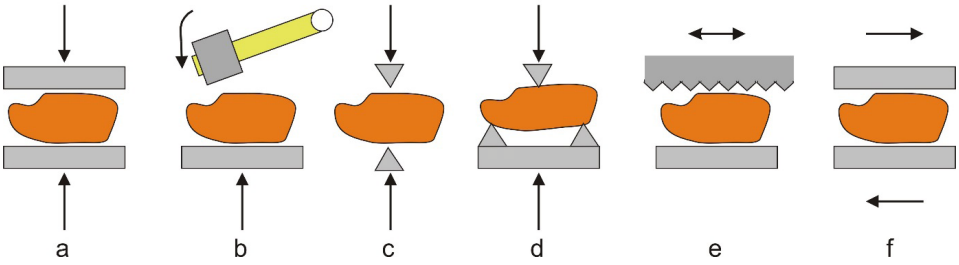
Peenestatavad materjalid võivad olla tahked, struktuursed tahked, plastsed ning seetõttu kasutatakse peenestamisel erinevaid meetodeid ja tööorganeid.

Materjali omadused määravad peenestusviisi (**joonis 4.35**), millest põhiliselt kasutatakse:

- purustamist (nt rõhu abil)
- lõikamist
- hõõrdumist
- rebimist
- löögiga peenestamist

Praktikas kasutatakse enamasti kombineeritud meetodeid. Kõikide nende meetodite puhul on vajalik kulutada energiat, mis on määratud peenestusastme, materjali omaduste jmt.

Rõhu muutuse abil peenestatakse näiteks rasvakuulikesi piima homogeniseerimisel. Lõikamist kasutatakse liha ja paljude taimsete toormete tükeldamisel. Hõõrdumist, rebimist, löögiga peenestamist rakendatakse näiteks teraviljatoodete valmistamisel vastaval printsiibil töötavate veskitega.



Joonis 4.35. Peenestamine, kasutades: a – rõhku, b – lööki, c – lõikamist, d – murdmist, e – saagimist, f – hõõrdumist

Peenestamiseks kuluva energia määravad:

- Materjali füüsikalis-mehaanilised omadused
- Peenestatava materjali geomeetrilised parameetrid (maht, mõõtmed)
- Peenestusaste
- Valitud peenestusviis (üldjuhul on see määrava tähtsusega)



Kontrollküsimused

Millised on kõige levinumad füüsikalised alusprotsessid toiduainete tehnoloogias?
Milliseid vahendeid on vaja protsesside automaatseireks?
Kirjelda elektrijuhtivuse seiresüsteemi.
Iseloomusta aine agregaatolekuid, esita näiteid.
Missugused soojuslikud protsessid toimuvad agregaatoluku muutustega seoses?
Kirjelda rasvade kristallisatsiooni.
Iseloomusta emulgeerimise protsessi.
Kirjelda vee olekudiagrammi ja kolmikpunti.
Kirjelda adhesiooni, pindpinevust ja kapillaarsust.
Iseloomusta vee molekulide vahelisi vesiniksidemeid.
Milleks on vaja vett keemiliste protsesside juures?
Iseloomusta vee aktiivsust ja ainete veesisaldust.
Kirjelda difusiooni olemust.
Iseloomusta Ficki seadust.
Iseloomusta osmoosi olemust ja selle seost difusiooniga.
Kirjelda kuivatamise olemust.
Missuguseid põhilise kuivatamise mooduseid kasutatakse toiduainete tehnoloogias?
Milliseid agregaatoleku muutusi kasutatakse traditsioonilises destillatsiooniprotsessis?
Kirjelda destillaatori ehitust.
Kuidas toimub ekstraheerimine ja milleks seda kasutatakse?
Kirjelda ekstraheerimise meetodeid.
Mille poolest erineb erineb teistest meetoditest superkriitiliste vedelikega ekstraheerimine?
Kirjelda superkriitilise süsihappegaasiga ekstraheerimise seadmestikku.
Kirjelda termiliste protsesside olemust.
Milline on kuumutamise ja jahutamise vaheline põhiline füüsikaline erinevus?

Missuguste füüsikaliste näitajatega iseloomustatakse termiliste protsesside kulgu?
Iseloomusta segamise protsessi.
Kirjelda termiliste protsesside rakendusi toiduainete tehnoloogias.
Milliseid mooduseid kasutatakse segamise sooritamiseks?
Mis on dispergeeritud osakeste eripind, kuidas seda mõjutab osakeste diameeter ja milline mõju on eripinnal füüsikalistele ja keemilistele protsessidele?
Missugused on põhilised peenestamise meetodid, mis on nende eripärad ja kasutusvaldkonnad?
Iseloomusta filtreerimise olemust.
Missugused on põhilised toiduainete tehnoloogias kasutatavad filtreerimise moodused?



4.2. Keemilised alusprotsessid

Väino Poikalainen

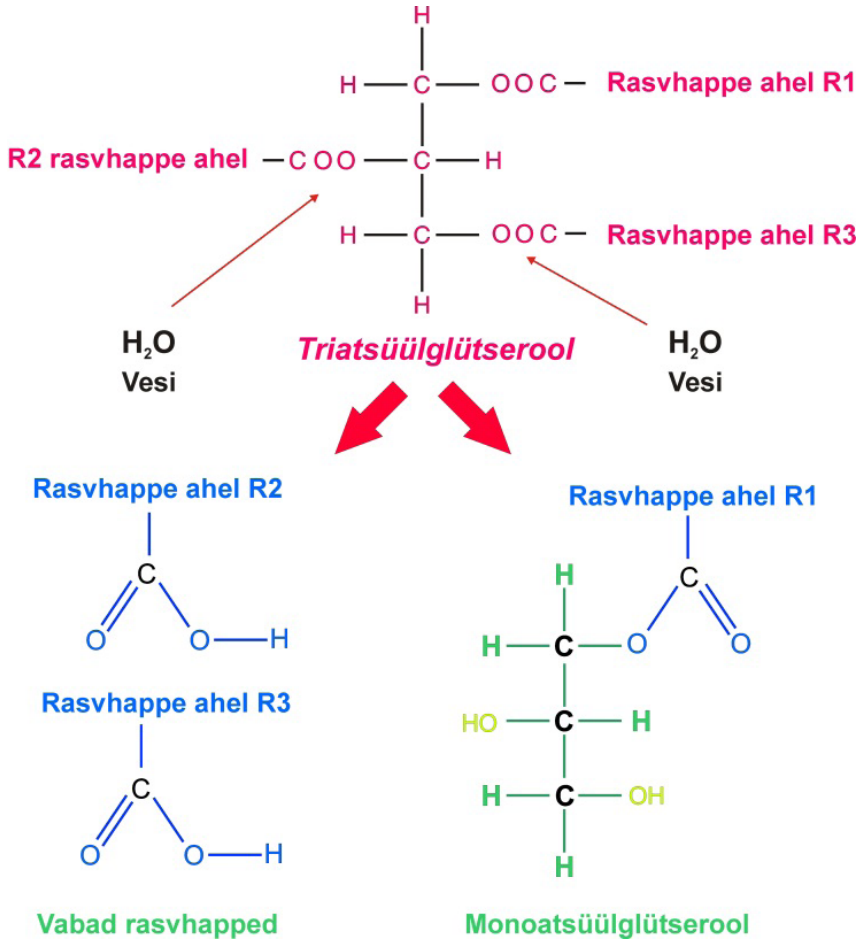
Keemilisi ja füüsikalis-keemilisi alusprotsesse on toiduainete tehnoloogias kasutatud toiduainete valmistamise algusaegadest peale, varemalt nende tegelikku olemust isegi teadmata. Toiduteaduse arengu ja innovatsiooni üha laiema juurutamisega on rakendatavate protsesside hulk jõudsalt laienenud, mistõttu kõigega tutvumine pole käesoleva õpiku tagasihoidliku mahu juures võimalik. Piirdutakse vaid osaga neist, mis on ühtlasi näideteks nii kasulike kui kahjulike protsesside kohta. Samuti püütakse selgitada teatud traditsiooniliste (hüdrolüüs, rasvade oksüdatsioon, re-esterifitseerimine, jne) ning mõnede uuemate protsesside (ensümaatilised protsessid jms) põhimõttelist olemust ja rakendusi. Käsitlemata on jäetud sellised üldtuntud keemilised protsessid nagu neutraliseerimine ja happesuse reguleerimine ning teatud füüsikalis-keemilised protsessid (denatureerimine), mis on üldteada või mida puudutatakse teistes õpiku peatükkides. Loodetavasti annavad omandatud teadmised võimaluse juba iseseisvalt süveneda vastavat temaatikat põhjalikumalt käsitlevasse õppematerjali ja teaduskirjandusse. Makrotoitainetest on mitmete protsesside kirjeldamisel rõhuasetus rasval, mille keemilisest ja füüsikalis-keemilisest käitlemisest on ajalooliselt välja koorunud kaunis põhjalik teave, tehnoloogilised rakendused ja võtted.

4.2.1. Hüdrolüüs

Hüdrolüüs on üldlevinud keemiline protsess, mida rakendatakse kõigi makrotoitainete (süsivesikute, rasvade ja valkude) töötlemiseks. Hüdrolüüs saab toimuda vaid veekeskkonnas ning selle põhiolemus on lahti seletatud eespool. Enamasti on see ühtlasi ensümaatiline protsess, mida süsivesikute puhul kasutatakse väga laialdaselt tärklise lõhustamisel dekstriinideks ja hiljem glükoosiks, laktoosi lõhustamisel glükoosiks ning galaktoosiks jne. Valkude ensümaatilist lõhustamist lühemateks peptiidahelateks ja aminohapeteks tuleb juustutehnoloogias lugeda valmimise alusprotsessiks. Tea-

tud juustude valmimise käigus lastakse ensümaatiliselt hüdrolüüsida ka rasva.

Rasva hüdrolüüsi nimetatakse lipolüüsiks, kusjuures tegu on glütserooli ja rasvhappe vahelise estersideme lagunemisega vee manulusel. Reaktsiooni kulg toimub vastupidiselt rasva tekkele, kus glütserooli molekuliga liitub kolm rasvhappe molekuli ja reaktsioonis eraldub kolm veemolekuli. Lipolüüsi reaktsioon toimub tegelikult mitmes etapis: esmalt eraldub üks rasvhape, hiljem teine ja lõpuks kolmas ning selle vaheproduktidena tekivad di- ja monoatsüülglütseroolid (**joonis 4.36**).



Joonis 4.36. Triatsüülglütserooli molekuli hüdrolüüs monoatsüülglütserooliks ja kaheks vabaks rasvhappeks

Kui reaktsioon toimub ilma kiirendavate ainete manuluseta, siis nimetatakse seda spontaanseks lipolüüsiks. Elusorganismides ja toiduvaldkonnas on spontaanse lipolüüsi osa siiski tühine võrreldes ensümaatiline lipolüüsiga. Lipolüüsi (nagu ka muude hüdrolüüsi reaktsioonide) eelduseks on vee olemasolu, seda soodustavad temperatuuri tõus, mitmesugused katalüsaatorid ja eriti lipolüütilised ensüümid – lipaasid.

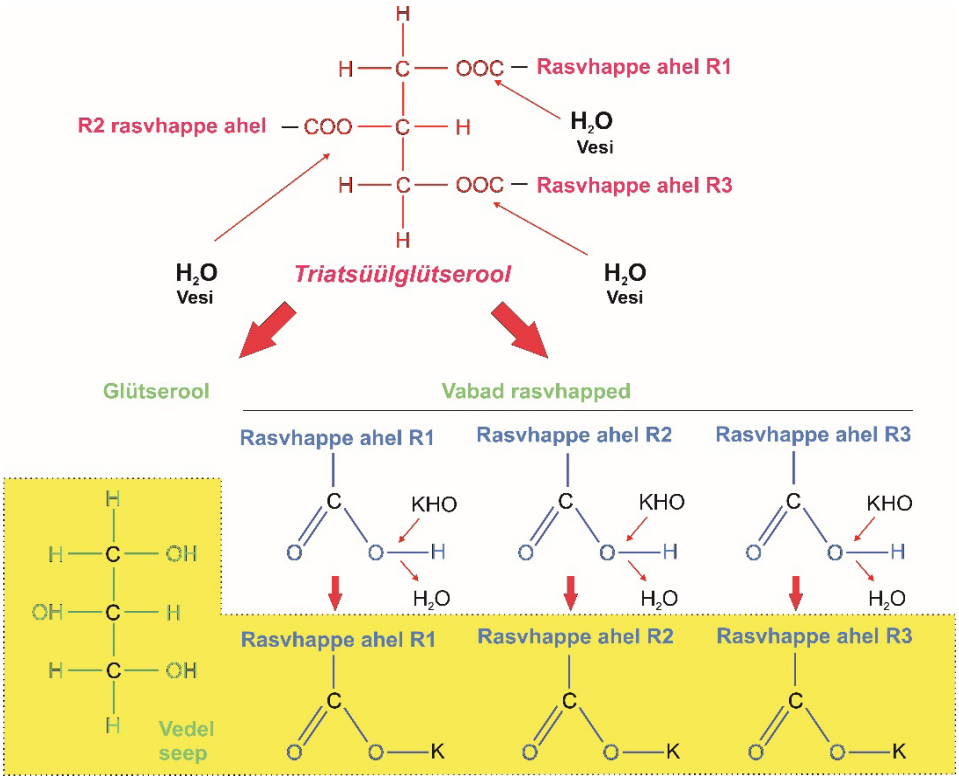
Toiduvaldkonnas tuleb lipolüüsi puhul arvestada reaktsiooni käigus tekkivate vabade rasvhapete mõjuga toidutoorme, toiduainete ja toidu maitseomadustele. Seejuures pikaahelalised rasvhapped on üldjuhul maitse ja lõhnata. Lühikese ahelaga ja eriti lenduvatel rasvhapetel on teatud kontsentratsioonist alates kibe maitse ja terav lõhn, mistõttu nii spontaanne kui ensümaatiline lipolüüs on enamasti ebasoovitavad nähtused. See aitab mh oluliselt kaasa ka rasvade oksüdatsiooni käivitumisele.

Seebistamine on hüdrolüüsi reaktsioon, mis toimub leelise osalusel. Sellel on kaunis suur praktiline tähtsus, sest reaktsiooni tulemusena tekib rasvhappe sool – seep. Traditsiooniline seebivalmistamine toimub rasva kuumutamisega (keetmisega) kas NaOH (seebikivi) või KOH lahuses, mille esimeses etapis hüdrolüüsitakse rasv glütserooliks ja vabadeks rasvhapeteks ning teises etapis ühinevad rasvhapped leelismetalliga (**joonis 4.37**).

Naatriumhüdroksiidi kasutamisel saadakse tahke seep, kaaliumhüdroksiidi korral vedel seep. Seebi valmistamine on toidu tooteahelas tekkivate rasvarikaste kõrvalsaaduste väärindamise üheks võimaluseks.

Toiduainete valmistamisel on seebistamine tehnoloogilise protsessina kasutusel rasvarikastes toodetes vabade rasvhapete sidumiseks ja eemaldamiseks. Seejuures rakendatakse madalat temperatuuri, mis leelise lisamisel hüdrolüüsi esile ei kutsu. Nii näiteks kasutatakse toiduõlide rafineerimise ühe etapina lipolüüsil tekkinud vabade rasvhapete neutraliseerimiseks teatud koguse naatriumhüdroksiidi lisamist.

Õli vabad rasvhapped moodustavad reaktsiooni tulemusena naatriumseebi, mis sadestatakse ja eemaldatakse seejärel mehhaaniliste sedimen-

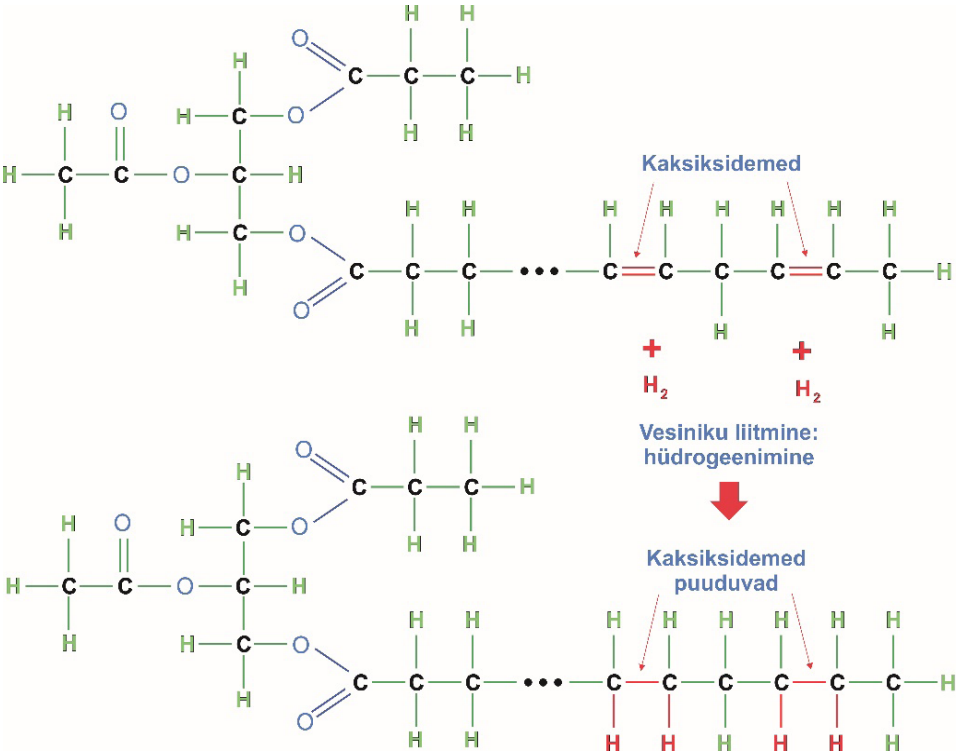


Joonis 4.37. Rasvade seebistamise reaktsioon: R1, R2 ja R3 on rasvhapete jäägid

tatsiooni protsessidega (setitamise või tsentrifuugimisega). Seebistamise reaktsioon on aluseks ka vabade rasvhapete määramisel happearvu kaudu (vt Rasv ja rasvained ehk lipiidid).

4.2.2. Hüdrogeenimine ja ümberesterifitseerimine

Hüdrogeenimine on vesiniku täiendav liitmine kaksiksideme süsinikuaatomitega, mille tulemusel tekivad küllastatud rasvhapped (**joonis 4.38**). Seda kasutatakse õlide muutmisel tahketeks rasvadeks, eriti margariinide tootmisel. Selleks töödeldakse rasva vesiniku manulusel kõrgel temperatuuril (180-240 ºC) ning katalüsaatori (näiteks nikli) juureolekul. Seejuures ei muutu rasvhappe ahelate pikkus, kuid väheneb kaksiksidemete arv nendes.



Joonis 4.38. Küllastamata rasvhapete hüdrogeenimine vesinikuga

Kui kaksiksidemeid on enam kui üks, siis toimub hüdrogeenimine mitmes astmes (**joonis 4.39**). Osalisel hüdrogeenimisel võivad *cis*-konfiguratsiooni rasvhapped minna üle *trans*-konfiguratsiooniks. Kuna trans-rasvhappeid peetakse tervisele kahjulikeks, siis see on ka põhjuseks, miks kaasaegsel margariinitootmisel on hakatud hüdrogeenimist vältima ning margariinisegude koostamisel selle korvamiseks rakendatakse üha enam tahkeid taimerasvu (näiteks palmiõli ja kookoseõli). Suurema rõhu ja kõrgema temperatuuriga nn süvendatud hüdrogeenimisel saab rasvhapped muuta ka alkoholideks.



Joonis 4.39. Linoleenhape hüdrogeenimine läbi linool- ja oleiinhappe steariinhappeks

Ümberesterifitseerimine (re-esterifitseerimine) on reaktsioon, mille käigus rasvhapped paigutuvad erinevate triatsüülglütseroolide või ühe triatsüülglütserooli molekuli piires ümber erinevate positsioonide (sn-1..3) vahel (**joonis 4.40**).

Selle reaktsiooniga on võimalik rasvamolekulides muuta triatsüülglütseroolide omavahelist sisaldust, rasva rasvhappelist koostist seejuures muutmata. Reaktsioon viiakse läbi 80-90 ºC juures, kasutades katalüsaatoreid. Ümberesterifitseerimist rakendatakse margariini-, loomsete rasvaasendajate ja mitmete muude rasvatoodete valmistamisel.

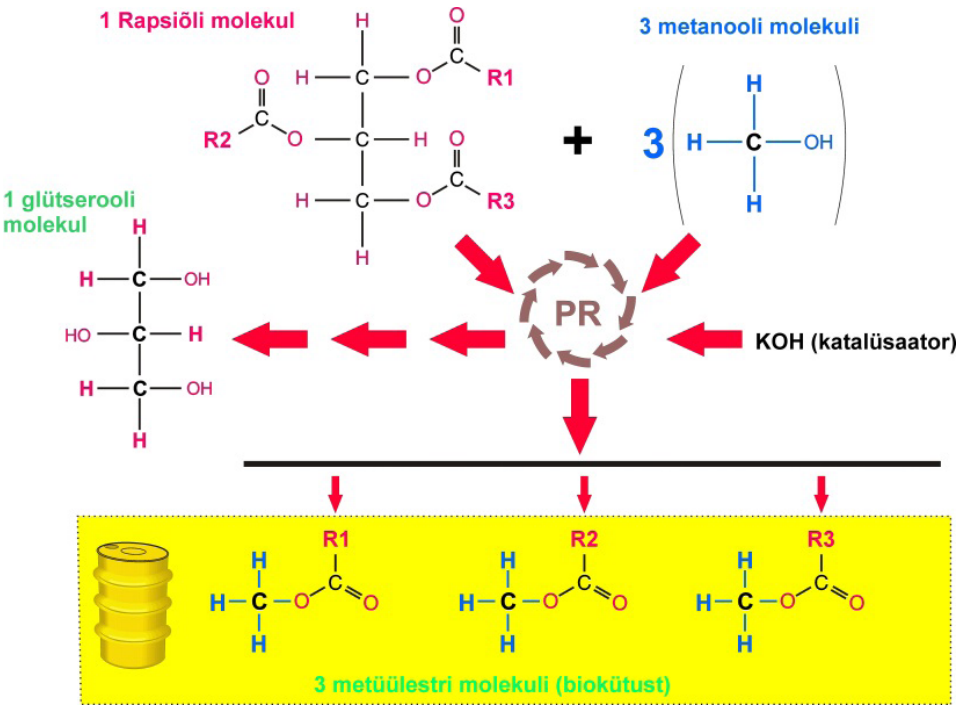


Joonis 4.40. Rasvhappejääkide ümberpaiknemise skeem triatsüülglütserooli molekulides: A ja B – algsed ühendid, C ja D – modifitseeritud ühendid (molekulis C on R2 jäänud esialgsesse positsiooni (sn-2), R1 on siirdunud positsioonist sn-1 positsiooni sn-3 ja molekulist C pärinev rasvhape R2´ on paigutunud positsiooni sn-1; molekulis D on R1´ja R3´ vahetanud oma kohad, positsiooni sn-2 aga on hõivanud molekulist A pärinev rasvhape R3)

Rasvade re-esterifitseerimine toimub ka biodiisli tootmisel metüül- või etüülalkoholi abil. Sellisel juhul rasva hüdrolüüsil (KOH manulusel) eraldunud rasvhapped moodustavad uued estersidemed metüülalkoholi või etüülalkoholiga ning vabaneb glütserool. Reaktsiooni saadused: rasvhapete metüül- või etüülestrid ongi kasutatavad biodiislina (**joonis 4.41**). Seda protsessi on mõistlik rakendada toidu tooteahelas tekkivate rasvarikaste kõrvalsaaduste väärindamiseks.

4.2.3. Oksüdatsioon

Toiduvaldkonnas on oksüdatsioon üheks olulisimaks toidutoorme ja toiduainete riknemise põhjuseks. Riknemise vältimiseks peab teadma ok-

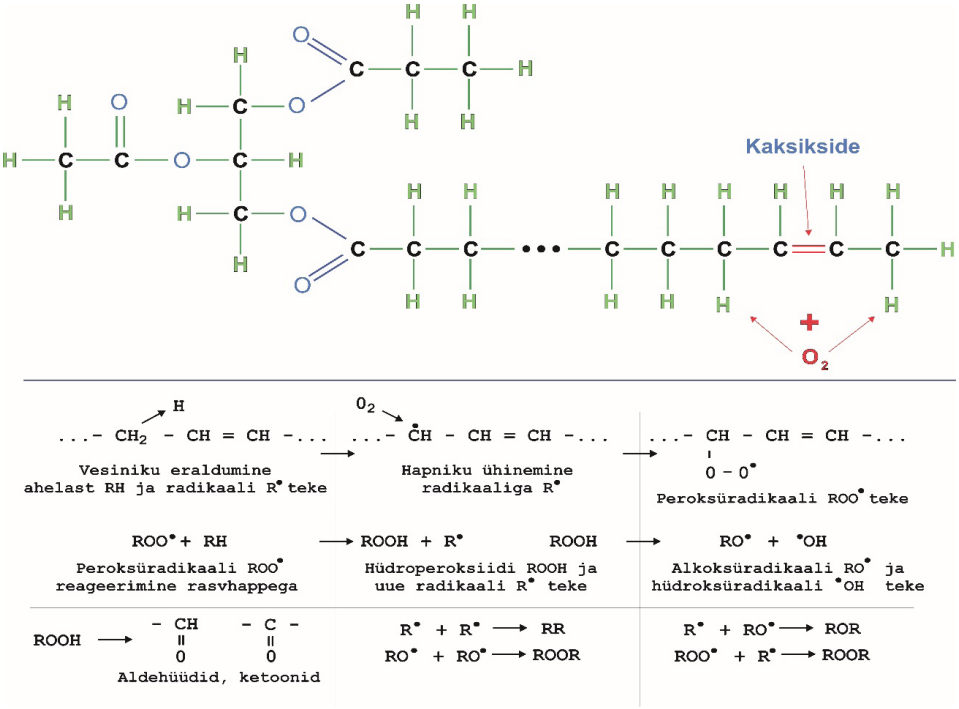


Joonis 4.41. Biodiisli valmistamine taimeõli re-esterifitseerimisega: R1, R2 ja R3 on rasvhappejäägid, PR – keemilised protsessid

südatsiooni keemilist olemust ning vastavalt neile teadmistele rakendama meetmeid oksüdatsiooni pidurdamiseks. Probleemiks on protsessi mitmeastmelisus ja keerukus, mille kõik üksikasjad pole senini veel lõplikult selged. Oksüdatsioon ohustab eelkõige rasva sisaldavaid toiduaineid ja toidutooret.

Protsess toimub põhiliselt küllastamata rasvhapetega ning jaotatakse kolmeks põhifaasiks (**joonis 4.42**). Oksüdatsiooni algfaasis tõrjutakse küllastamata rasvhapetest kaksiksidemetega seotud süsinikuaatomite naabrusse jäävatest CH_2 rühmadest välja vesinikuaatom ja moodustuvad rasvhapete radikaalid. Eriti kergesti annavad oma vesiniku ära kahe kaksiksideme vahele jäävad rühmad. Radikaalide moodustamist soodustavad valgus, soojus, muutuva valentsiga metallid, atomaarne hapnik jm tegurid. Rasvhappe radikaalid on aktiivsed ja ühinevad hapnikuga, mille tulemusel tekivad peroksüradikaalid (**joonis 4.42 A**).

Oksüdatsiooni teises faasis käivituvad ahelreaktsioonid, mille käigus lisandub rohkesti uusi keemiliselt aktiivseid radikaale. Need algavad peroksüradikaali poolt mõnelt teiselt küllastamata rasvhappelt vesiniku ülevõtmisega. Moodustub ebapüsiv hüdroperoksiid ja uus rasvhappe radikaal, mis omakorda võib käivitada järgmise reaktsiooniahela. Tekkinud hüdroperoksiid võib laguneda väga aktiivsetes alkoksü- ja hüdroksüradikaaliks, mis veelgi kiirendab oksüdatsioonireaktsioonide kulgu (**joonis 4.42 B**).



Joonis 4.42. Küllastamata rasvamolekuli oksüdatsioon ja oksüdatsiooni põhietapid: A – algfaas; B – ahelreaktsiooni faas; C – lõppfaas

Kolmandas faasis tekivad oksüdatsiooni lõpp-produktid (**joonis 4.42 C**). Hüdroperoksiididest moodustub tugevaid maitsevigu põhjustavaid aldehüüde, ketoone jm ühendeid. Radikaalid ühinevad omavahel mitmesugusteks püsivateks oksüdatsiooniproduktideks, millest mitmed põhjustavad samuti tugevaid maitsevigu. Alates teatud kontsentratsioonist, võivad need ained muuta toote kasutuskõlbmatuks – rasv rääsub.

Oksüdatsioon ei piirdu ainult joonisel 4.42 kujutatud protsessidega. Neile lisaks võivad ahelreaktsiooni faasis tekkinud ained polümeriseeruda, moodustada uusi ühendeid. Oksüdatsiooni korral on tegemist paljudes suundades hargnevate reaktsioonidega, mida on raske pidurdada. Parim strateegia oksüdatsiooni vastu võitlemisel on hoida ära vabade rasvhapete teket, vältida selle esmase faasi käivitumist ja luua ebasoodsad tingimused muudeks oksüdatsioonireaktsioonideks. Kuna oksüdatsiooni esmaseks vaheproduktideks on hüdroperoksiidid, siis saab käimasolevate protsesside intensiivsust hinnata peroksiidiarvu määramisega.

Oksüdatsiooni eelduseks on kaksiksidemete olemasolu rasvhapetes, sest küllastatud rasvhapete iseeneslikku oksüdeerumist praktiliselt ei toimu. Teiseks eelduseks on hapniku manulus. Seepärast on oluline vältida rasva sisaldavatesse toodetesse täiendava hapniku (õhu) sattumist. Hapniku eemaldamist või vältimist aga raskendab selle küllaltki hea lahustuvus elektriliselt neutraalsetes triatsüülglütseroolides, mis on märgatavalt parem kui vees.

Oksüdatsiooni algfaasis on reaktsioonid suhteliselt aeglased. Selle perioodi möödumisel need aga kiirenevad drastiliselt. Oksüdatsioon lakkab, kui:

1) kõik vabad rasvhapped on ära kasutatud,
2) lõpeb hapnik,
3) radikaalid ühinevad omavahel püsivateks mitteaktiivseteks ühenditeks,
4) radikaalid blokeeritakse antioksüdantide molekulidega.

Oksüdatsiooni aeglustajateks on antioksüdandid, millest toiduainetes kasutatakse karotinoide (A-vitamiin), tokoferoole (E-vitamiin) ja askorbiinhapet (C-vitamiin). Ka makrotoitained (näiteks piima kaseiin) võivad teatud tingimustel toimida antioksüdantidena. Spetsiaalse antioksüdantide lisamisega rasvatoodetele võib saavutada 10-15 kordse oksüdatsiooni aeglustumise.

Antioksüdandid:

1) takistavad vabade rasvhapete teket,
2) blokeerivad pro-oksüdante (vt allpool), sidudes näiteks muutuva valentsiga metalliioone (Fe, Cu, Pb, Co, Mn jt),
3) blokeerivad rasvhapete aktiivseid radikaale.

Üheks oksüdatsiooni blokeerivaks ainete rühmaks on veel sünergistid – ained, mis oma manulusega suurendavad antioksüdantide toimet. Sellisteks on näiteks fosfolipiidid ja sidrunhape. Erialakirjanduses liigitatakse kohati needki antioksüdantideks. Oksüdatsiooni soodustavateks aineteks on pro-oksüdandid, mis toimivad katalüsaatoritena, osalevad ise reaktsioonides või blokeerivad antioksüdante. Tuntuimad pro-oksüdandid on muutuva valentsiga metallid, eelkõige raud ja vask. Vase puhul on oksüdatsiooni soodustav mõju eriti tuntav. Pro-oksüdantideks on ka mitmed oksüdatsiooni eri etappides moodustuvad ühendid. Mõned antioksüdandi omadustega ained võivad teatud tingimustel mõjuda pro-oksüdantidena. Näiteks askorbiinhape on üle 20 mg/l kontsentratsiooni juures antioksüdant, kuid sellest lävest madalama sisalduse korral võib mõjuda pro-oksüdandina.

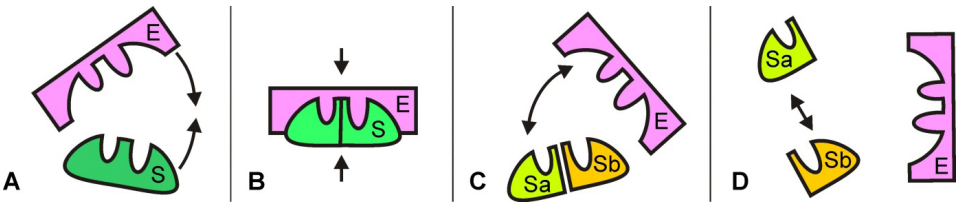
Oksüdatsiooniprotsesse soodustavad veel kõrge temperatuur, happesus ning valguse mõju. Seepärast tuleb rasvarikkaid tooteid pakendada valgust mitteläbilaskvasse pakendisse, säilitada madalal temperatuuril ja vältida nendes happesuse tõusu.

4.2.4. Ensümaatilised protsessid

Väga mitmetes toiduainete valmistamise tehnoloogilistes protsessides kasutatakse ensümaatilisi reaktsioone toitainete lõhustamiseks, muundamiseks, lahustamiseks, sadestamiseks jne. Eriti levinud on see pagaritoodete, piimatoodete, kääritatud jookide, mahlade jms valmistamisel. Ensümaatilised protsessid toimuvad tänu ensüümidele (varemalt fermendid). Need on valdavalt kõrgmolekulaarsed valgulised ühendid, mis kiirendavad keemilisi

reaktsioone, toimides biokeemiliste katalüsaatoritena. Nende toime tuleneb võimest alandada reaktsiooni käivitamiseks vajalikku aktivatsioonienergia taset. Igal ensüümil on oma spetsiifiline reaktsioon, mida see suudab esile kutsuda. Ise nad püsivaid keemilisi ühendeid reaktsioonis osalevate ainetega ei moodusta. Ainet, millele ensüüm mõjub, nimetatakse substraadiks.

Ensüümi võime siduda substraadi molekuli mingi spetsiifilise keemilise sideme või funktsionaalse rühmaga, tuleneb vastava aktiivtsentri olemasolust. Aktiivtsentri ehituses on oluline roll teatud aminohapetel (näiteks metioniin, histidiin, tsüsteiin). Ensüümi aktiivtsentriga liituvad substraadi reaktandid ning need sunnitakse seal ka reageerima. Reaktsioonide toimumist soodustab mh reaktantide kindla orientatsiooniga paigutumine ensüümile. Nii satub näiteks pikaahelalise valgumolekuli lõhustatav peptiidside õigetpidi kokkupuutesse aktiivtsentriga ning hüdrolüüsi reaktsioon toimub hõlpsamini (**joonis 4.43**).



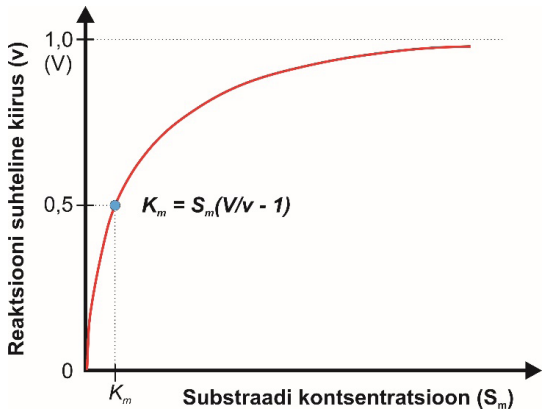
Joonis 4.43. Lõhustava ensüümi kolmeetapilise toime skeem: S – lõhustatav substraat, E – ensüüm, A – ensüümi ja substraadi lähenemine, B – Ensüümi ja substraadi liitumine, C ja D – substraadi lõhustumine kaheks eraldi ühendiks (Sa, Sb) ning ensüümi vabanemine uueks reaktsiooniks

Pärast reaktsiooni lõppu ensüüm vabaneb ja on valmis järgmiseks substraadimolekuli sidumiseks. Igat ensüümi iseloomustab kindel reaktsioonitsüklite arv enne katalüüsivõime kaotamist. Seejuures aktiivtsentri substraati siduvat võimet seostatakse mh elektriliste omadustega. Sageli on aktiivtsenter universaalse ehitusega ning võib kuuluda mitmete erinevate ensüümide koostisse. Ensümaatilise reaktsiooni mitmeastmelisus ja komplitseeritus on ka ensüümide suurte mõõtmete üheks põhjuseks.

Reaktsiooni kiirus ja ulatus sõltuvad nii substraadist kui ensüümist. Reaktsiooni käigus substraadi kontsentratsioon väheneb, mis omakorda

hakkab vähendama ka reaktsiooni kiirust (**joonis 4.44**). Seetõttu toimuvad ensümaatilised reaktsioonid kõrge substraadi kontsentratsiooni puhul kaunis kiirelt, kuid aeglustuvad märgatavalt substraadi kontsentratsiooni vähenemisel nullilähedaseks. Ensümaatiliste reaktsioonide dünaamika käsitlemise lihtsustamiseks on võetud kasutusele substraadi poolestusaja mõiste. See tähendab aega, mis kulub substraadi vähenemiseks pooleni esialgsest kogusest. Kasutatakse ka Michaelise konstandi (K_m) mõistet, mis vastab substraadi molaarsele kontsentratsioonile, mille juures ensümaatiline reaktsioon saavutab poole maksimaalkiirusest.

Ensüümi mõju substraadile oleneb selle kontsentratsioonist, kuid ka ensüümiaktiivsusest, mida väljendatakse substraadi muundamise kiiruse kaudu. SI süsteemis on ensüümiaktiivsuse ühikuks katal (lühendatult: kat) mille korral substraadiga toimuvat reaktsiooni katalüüsitakse kiirusega üks mool sekundis (kat = mool/s). Kuna ensüümiaktiivsus sõltub substraadi kontsentratsioonist, siis rakendatakse ka molekulaarse aktiivsuse mõistet, mis väljendab ühe ensüümimolekuli poolt ajaühikus (sekund või minut) katalüüsitud substraadimolekulide hulka substraadi küllastatud kontsentratsiooni juures. Need ja teised olulised ensüümi toimet kajastavate näitajate väärtused on leitavad ensüüme käsitlevast erialakirjandusest (nt kataloogidest). Erinevates toiduainete tehnoloogia harudes kasutatakse sageli ensüümide aktiivsuse hindamiseks ka spetsiifilisi süsteeme. Nii näiteks rakendatakse laabi kalgendamisaktiivsuse mõõteskaalat, mis iseloomustab ühe grammi laabiga kindla temperatuuri (35 ºC) juures ja aja (40 min) jooksul kalgendatavat piima



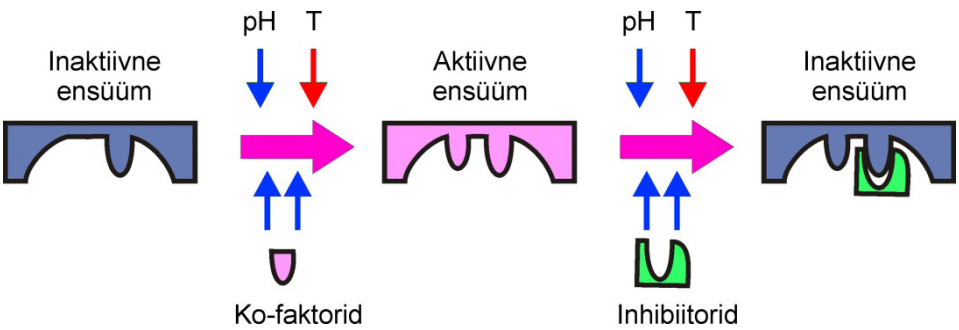
Joonis 4.44. Ensümaatilise reaktsiooni suhtelise kiiruse ja substraadi kontsentratsiooni vahelist sõltuvust kajastav graafik: K_m – Michaelise konstant, S_m – substraadi molaarne kontsentratsioon, v – reaktsiooni kiirus, V – reaktsiooni maksimaalkiirus

kogust. Nii saab ühe grammi 100000 aktiivsusega laabi abil kalgendada 100000 g ehk 100 kg piima.

Ensümaatilisi reaktsioone mõjutavad faktorid

Ensüümid on kõrge spetsiifilisusega ning katalüüsivad enamasti vaid ühte konkreetset reaktsiooni, harvem teatud lähedaste reaktsioonide gruppi. See asjaolu võimaldab ensüümide geneetilise sünteesi kaudu juhtida enamikku organismi elutegevuse protsessidest. Põhiliselt reguleeribki organism ensümaatilisi reaktsioone selleks vajalike ensüümide sünteesi ning kontsentratsiooni muutmisega. Täiendavalt toimub ensüümi toime reguleerimine, aktiveerimine või inaktiveerimine vastavate keemiliste ühendite ja keskkonnaparameetrite abil (**joonis 4.45**). Samaga tuleb arvestada toiduainete tehnoloogias sooritatavate ensümaatiliste protsesside läbiviimisel.

Ensüümide toimet käivitavaid või intensiivistavaid abimolekule nimetatakse ko-faktoriteks. Need koosnevad anorgaanilisest või orgaanilisest ühendist, mis muudavad algselt inaktiivse ensüümi aktiivseks. Ko-faktor võib ensüümiga olla seotud kovalentse sideme, vesiniksidemete, ioonsete või hüdrofoobsete sidemetega. Kovalentselt seotud ko-faktorit nimetatakse ensüümi prosteetiliseks rühmaks. Nõrgemalt ensüümiga seonduvaid orgaanilistest molekulidest koosnevaid ko-faktoreid nimetatakse ko-ensüümideks. Sageli on ko-ensüümideks mitmesugused vitamiinid või vitamiinidest moodustunud ühendid (vt ka Vitamiinid). Anorgaanilisteks ko-fak-

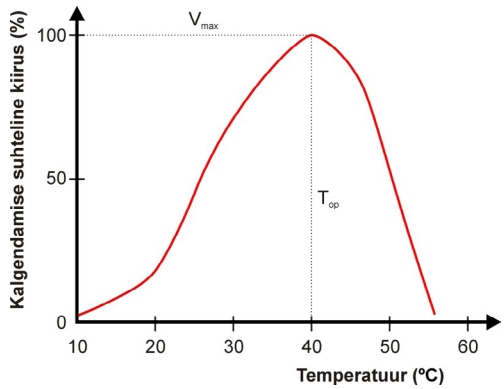


Joonis 4.45. Ensüümi toime aktiveerimise ja inaktiveerimise skemaatiline esitus

toriteks on sageli metalli-ioonid (näiteks Mg^{2+}, Cu^{+}, Mn^{2+}), mida organism omastab toidu mikroelementide hulgast (vt ka Mineraalained). Aineid, mis pidurdavad või blokeerivad ensüümi toimet, nimetatakse inhibiitoriteks. Enamasti mõjuvad inhibiitorid aktiivtsentrile või ko-faktorile ning ka neid produtseerib organism ensümaatiliste reaktsioonide juhtimiseks.

Lisaks sõltumisele mitmesugustest keemilistest teguritest oleneb ensüümide katalüütiline võime veel keskkonna temperatuurist, pH-st jm keskkonna näitajatest. Igale ensüümile on omane optimaalne temperatuuri ja pH vahemik, millest väljapool katalüütiline võime puudub. Näiteks piima natiivne lipaas on aktiivne pH = 6-10 juures, lipoproteiidlipaas aga pH = 8,7-9,0 juures.

Püsisoojaste organismide ensüümide optimaalne temperatuur on enamasti võrdne kehatemperatuuriga. Ka optimaalsele lähedastel temperatuuridel (püsisoojastel loomadel 25-50 ºC) toimuvad üldjuhul ensümaatilised reaktsioonid suhteliselt kiiresti. Neist madalamatel temperatuuridel aga pidurduvad juba märgatavalt. Kõrgematel temperatuuridel (50-80 ºC) enamik ensüüme inaktiveerub. Nii näiteks on vasikalaabi kümosiini piima kalgendav võime maksimaalne umbes 41 °C juures. Alla 10 °C temperatuuri juures kalgenemist praktiliselt enam ei toimu ning temperatuuril üle 55 °C kümosiin inaktiveerub (**joonis 4.46**). Juustutootmise seisukohast loetakse vasikalaabi kasutamisel sobilikuks kalgendamise temperatuuriks 30-35 ºC.



Joonis 4.46. Temperatuuri mõju piima kalgendamise kiirusele kümosiini kasutamisel: V_{max} – maksimaalne kiirus, T_{op} – optimaalne temperatuur

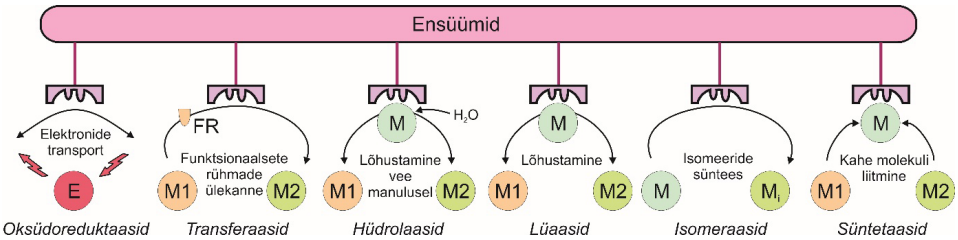
Ensüüme klassifitseeritakse toime, ehituse, paiknemise, keskkonna ja mitmete muude näitajate põhjal. Paiknemise järgi rakus jagunevad need ekso- (rakuvälisteks) ja endogeenseteks (rakusisesteks) ensüümideks. Ka vastavalt ehitusele moodustavad ensüümid kaks põhirühma: liht- ja lii-

tensüümid. Kõige olulisemaks peetakse jaotust toime alusel, mille kohaselt jagunevad need järgmistesse klassidesse.

1. Oksüdoreduktaasid, mille abil toimuvad oksüdeerumise ja redutseerumise ehk redoksreaktsioonid. Ainete oksüdeerimisega tagavad organismid endile näiteks elutegevuseks vajaliku energia, redutseerimisega aga toimub energiavaru talletamine.
2. Transferaasid, mille abil kantakse üle keemilisi funktsionaalseid rühmi reaktsioonis osalevate molekulide vahel.
3. Hüdrolaasid on toiduteaduse seisukohalt kõige olulisem ensüümide rühm. Vee osalusel lõhustatakse nende toimel ahelmolekule väiksemateks osadeks. Sellesse rühma kuuluvad kõik glükolüütilised, lipolüütilised ja proteolüütilised ensüümid.
4. Lüaasid, mille abil lõhustatakse molekule ilma vee osaluseta.
5. Isomeraasid, mis katalüüsivad isomeeride moodustamist.
6. Süntetaasid ehk ligaasid, mille abil toimub kahe molekuli ühinemine (**joonis 4.47**).

Ülaltoodud jaotusel põhineb ka rahvusvaheline klassifikatsioon, kus igat ensüümi tähistatakse tähtedest EC ja neljast numbrist koosneva märgistusega. Esimene number määrab ensüümi klassi, teine selle alamklassi, kolmas alamklassi sisese jaotuse ja neljas järjekorranumbri selles. Nii näiteks katalüüsib mikroobset päritolu lipaas EC 1.1.1.3 triatsüülglütseroolide hüdrolüüsi. Rahvusvahelisse registrisse on praeguseks kantud tuhandeid erinevaid ensüüme.

Toiduainete tehnoloogias omavad erilist rolli hüdrolaasid, mis toimivad suhkrute, rasvade või valkude lõhustajatena (glükolüütilisted, lipolüütilised ja proteolüütilised ensüümid). Amülaas on võimeline hüdrolüüsima tärklist dekstriinideks ja maltoosiks. Seda rakendatakse siirupi, glükoosi, kääritatud jookide tootmisel jne. Piimatoodete tehnoloogias on glükolüütilistest ensüümidest väga oluline laktaas, mis lõhustab laktoosimolekuli kaheks



Joonis 4.47. Ensüümide jaotus toime põhjal: E-energia, M – muundatav või ühinemisel tekkiv molekul, M1, M2 – lõhustamisel tekkivad või sünteesil liidetavad molekulid, FR – transporditav funktsionaalne rühm, Mi – molekuli isomeer

lihtsuhkruks: glükoosiks ja galaktoosiks. Sellega algavad kõik laktoosi kasutamisega seotud käärimisprotsessid, mis aitavad kujundada toiduainete valmimiseks ja seda katalüüsivate ensümaatiliste protsesside jaoks sobilikku keskkonna pH-d. Toiduainetes esinevate glükolüütiliste ensüümide hulka kuuluvad veel maltaas, sahharaas, lüsosüüm jt. Lüsosüüm lõhustab mikroobirakkude membraani polüsahhariide ning on seeläbi võimeline hävitama mikroobe. Lüsosüümi on rohkesti linnumunades, kus see kaitseb rebu kahjuliku mikrofloora eest. Maltaas ja sahharaas lõhustavad disahhariide monosahhariidideks.

Valku lõhustavatest (proteolüütilistest) ensüümidest rakendatakse toiduvaldkonnas laialdasemalt pepsiini, trüpsiini, kümosiini, mitmesugused muid proteaase, peptidaase jne. Neist pepsiin ja trüpsiin on ka üldtuntud seedeensüümid, mis on aktiivsed madalatel pH väärtustel. Kümosiini kasutatakse põhiliselt piima kalgendava ensüümina. Proteaaside ja peptidaaside abil toimuvad näiteks juustude valmimise proteolüütilised reaktsioonid.

Tähtsaimad lipolüütiliste ensüümide rühmad on lipaasid, lipoproteiidlipaasid ja mitmesugused fosfolipaasid. Lipaaside abil viiakse läbi triatsüülglütseroolide hüdrolüüsi, mille tulemusena tekivad vabad rasvhapped, mono- ja diatsüülglütseroolid ning glütserool. Lipoproteiidlipaasid hüdrolüüsivad rasva ja valgu kompleksühendeid (näiteks piima rasvakuulikeste kilematerjali). Lisaks natiivsetele ensüümidele lõhustavad toidurasva veel paljude mikroobide lipaasid. Neist kõige aktiivsemad on hallitusseente, pärmseente ja limabakterite lipaasid, mis mõjutavad väga olulisel mää-

ral näiteks juustude maitseomadusi. Ka piim- ja propioonhappebakterite lipaasid osalevad juustumaitse kujundajatena, kuid mitte nii suurel määral.

Fosfolipaasid hüdrolüüsivad fosfolipiide, eraldades neist eelkõige rasvhappejääke. Toidutoorme natiivsete fosfolipaaside aktiivsus ei ole kõrge, väga aktiivsed on aga psührotroofsete mikroobide fosfolipaasid. Need lõhustavad letsitiine ja teisi fosfolipiide, tekitades toodetele nn heeringamaitset. Fosfataas lõhustab mitmesuguseid fosforhappe estreid, moodustades fosforhapet. Tuntakse aluselist ja happelist fosfataasi, millistest esimene aktiveerub kõrgetel ja teine madalatel pH väärtusetel.

Veel üheks ensüümide klassiks, millega toiduainete tehnoloogias enam kokku puututakse, on oksüdoreduktaasid. Nende hulka kuuluvad dehüdrogenaasid (näiteks reduktaas) ja oksüdaasid, (näiteks katalaas). Reduktaas katalüüsib vesiniku redutseerimise reaktsioone, katalaas aga oksüdeerimist. Elusorganismide üheks universaalsemaks ensümaatiliseks reaktsiooniks on vesinikülihapendi oksüdeerimine katalaasi toimel veeks ja atomaarseks hapnikuks. Kuna atomaarne hapnik on tugevalt antimikroobse toimega, siis on seda ensüümi kasutatud näiteks toiduhügieeni tagamiseks. Oksüdoreduktaase leidub nii taimses kui loomses toidutoormes, sest neid produtseerib rohkesti mh looduslik mikrofloora.

Toiduainete valmistamise hügieenitaseme jälgimiseks on välja töötatud mitmeid ensüümide olemasolu määramisel põhinevad meetodeid. Tuntuimad neist on seotud vedelate toiduainete (eriti piima- ja piimasaaduste) tehnoloogiaga. Näiteks aluselise fosfataasi hävinemist kõrgel temperatuuril kasutatakse pastöriseerimise efektiivsuse määramiseks nn fosfataasiproovi kaudu. Selle puudumine pastöriseeritud tootes näitab, et pastöriseerimise temperatuur on olnud piisav mikroobide hävitamiseks. Kuna ensüüme tekib toiduainetesse seoses mikroobide elutegevusega, siis näiteks reduktaasi sisalduse järgi (reduktaasiproov) saab kaudselt hinnata mikroobide kontsentratsiooni.

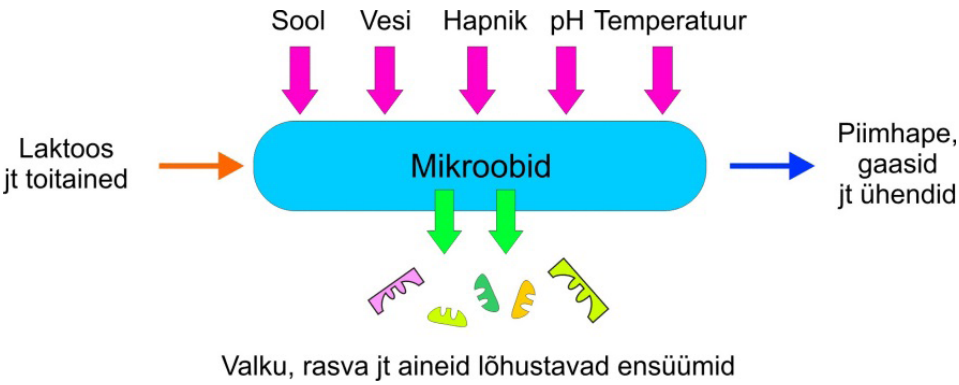
Mikroobid ja ensüümid

Mikroobide (nagu kõige muu elusa) ainevahetuse põhinemist ensümaatilistel protsessidel kasutatakse toiduainete tehnoloogias mitmesuguste ensümaatiliste (näiteks käärimise ja valmimise) protsesside läbiviimiseks. Juustu valmimisel osalevadki eelkõige just mikroobset päritolu ensüümid. Mikroobid on ka üldisemalt toiduainete tehnoloogias vajalike ensüümide allikaks. Seejuures tuleb teha vahet looduslikel mikroobidel ja mikroobikultuuridel. Näiteks toorpiimas on kokku teada üle 100 erineva ensüümi, neist oksüdoreduktaase on umbes 20, transferaase samuti umbes 20 ja hüdrolaase umbes 40. Neist väga mitmed pärinevad looduslikest mikroobidest. Kõrgetemperatuurilise piima eeltöötlusega (pastöriseerimisega) põhiosa neist inaktiveerub ega mõjuta hilisemaid tehnoloogilisi protsesse. Toorpiimast valmistatavate toodete puhul võib aga nende roll osutuda kaunis suureks. Sama kehtib üldjoontes ka kõikide teiste toidutoormete kohta.

Mikroobikultuurid lisatakse toiduainete fermentatsiooni või valmimisprotsesside käivitamiseks juuretisena. Tekkiv ensüümide kogus oleneb seejuures mikroobide paljunemise intensiivsusest, mis omakorda sõltub mikroobide elutegevuseks vajalikest toitainetest ja keskkonnatingimustest. Viimastest mõjutavad mikroobide (näiteks piimhappebakterite) kasvu eelkõige temperatuur, pH (happesus), vee-, hapniku- ja soolasisaldus (**joonis 4.48**).

Ka tööstuslikult toodetud ensüümid, mida toiduainete tehnoloogias vastavate preparaatidena kasutatakse, on tänapäeval suures osas valmistatud mikroobide kaasabil.

Mikroobide ja ensümaatiliste protsesside vahelistest seostest arusaamiseks on vaja kaunis põhjalikult tunda vastavate mikroorganismide ensümaatilist aparaati ja toimemehhanisme. Praeguseks on see saanud küllaltki selgeks pärmseente, piimhappebakterite jt üldkasutatavate ning bioloogiliselt ohutuks tunnistatud mikroobide kohta. Mikroobide toime mõistmiseks tehakse mh vahet rakusisestel (intratsellulaarsetel) ja rakuvälistel (ekstrat-

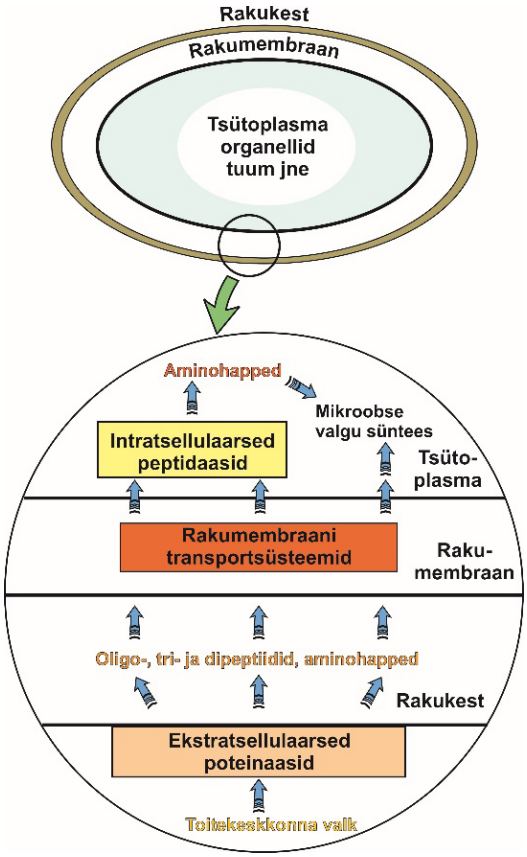


Joonis 4.48. Piimhappebakterid ensüümide allikana ja nende elutegevust mõjutavad tegurid

sellulaarsetel) ensüümidel. Näiteks laktokokkide proteolüütilistest ensüümidest on teada vähemalt üks ekstratsellulaarne proteinaas, mis kinnitub rakukestale ning osaleb suure molekulmassiga peptiidide lõhustamisel väiksemateks peptiidahelateks (eelkõige oligopeptiidideks, mõningal määral ka aminohapeteks). Juustu valmimisel on selle kaseiini lõhustav toime küll suhteliselt tagasihoidlik, kuid sama ensüüm on võimeline intensiivselt hüdrolüüsima oligopeptiide, mis tekivad kümosiini ja plasmiini poolt hüdrolüüsitavast αS1- ja β-kaseiinist. Saadud lõhustusproduktid (oligo-, tri- ja dipeptiidid) kantakse rakumembraanil olevate biokeemiliste transportsüsteemide abil mikroobirakku. Seal lõhustatakse need omakorda intratsellulaarsete peptidaaside poolt animohapeteks, mis on mikroobi enda valgusünteesil lähteaineteks (**joonis 4.49**).

Laktokokkide intratsellulaarsed peptidaasid sisaldavad vähemalt nelja oligopeptidaasi ($PepO_1$, $PepO_2$., $PepF_1$, $PepF_2$), mille abil hüdrolüüsitakse läbi rakumembraani kantud oligopeptiidid väiksemateks (kuni 30st aminohappest koosnevateks) peptiidideks. Lisaks sisaldavad intratsellulaarsed peptidaasid veel vähemalt kolme aminopeptidaasi (PepN, PepA, PepC), ühte dipeptidüülamino- (PepX) ja iminopeptidaasi (PepP), proliini-spetsiifilist dipeptidaasi ning universaalset di- ja tripeptidaasi. Amino-, tri- ja dipeptidaaside abil toimib hüdrolüüsiahel, milles toodetakse aminohappeid. Oma mitmekülgse kaseiini lõhustava võime tõttu sobivad piimhappe-

Joonis 4.49. Laktokokkide proteolüüsi ja ensüümide paiknemise skeem



bakterite ensüümid hästi juustu valmimisel vajaliku proteolüüsi läbiviimiseks. Seevastu lipolüütiline võime on piimhappebakteritel suhteliselt nõrk. Teatud tüvedel küll esineb intratsellulaarseid lipaase, kuid nende toime avaldumiseks peab mikroobisisaldus olema küllalt suur ja mõju pikaajaline.

Toiduainete valmimise protsessides kasutatakse toitaineid lõhustavaid mikroobseid ensüüme väga ulatuslikult. Toiduainete valmimine on sisuliselt toidu etteseedimine ning seetõttu koormab valminud toiduainete tarbimine organismi vähem. Samuti suureneb siis seede käigus toitainete omastatavus.

Toiduainete tehnoloogias tuleb aga arvestada paljude ensümaatiliste protsessidega, mis võivad toidu toiteväärtust või selle muid kvaliteedinäitajaid (näiteks maitseomadusi) kahjustada. Sobilikuks näiteks on lipolüüsi kahjulik mõju toidu maitseomaduste rikkujana ja oksüdatsiooniprotsesside esmase käivitajana.

Mõningad ensüümid leiavad kasutust hügieeni parandamise eesmärgil või teatud protsesside juhtimiseks. Näitena võib tuua lüsosüümi, mis toimib mikroobide kestasid lõhustava ensüümina. Selle abil on võimalik vähendada haigustekitajate paljunemise riski, kuid ka kiirendada näiteks piimhappebakterite lüüsumist juustus ja selle kaudu soodustada juustude valmimisel intratsellulaarsete proteolüütiliste ensüümide ligipääsu juus-

tuvalgule. Oma mitmekülgsuselt ongi parimateks tüüpnäideteks juustude valmimisega seonduvad ensümaatilised lõhustusprotsessid, ning seetõttu allpool esitatud lipo- ja proteolüüsi käsitletakse põhjalikumalt eelkõige seoses juustu valmimise käigus toimuvaga.

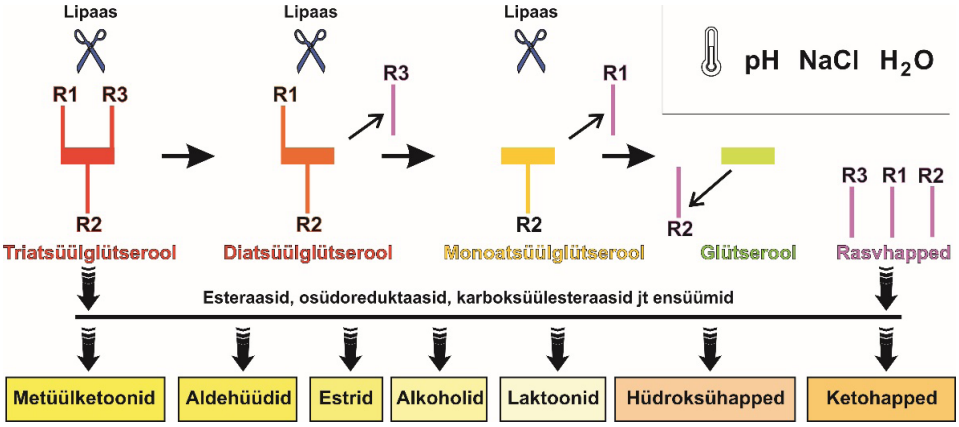
Ensümaatiline lipolüüs

Ensümaatilise lipolüüsi skeem on järgmine: triatsüülglütseroolid → diatsüülglütseroolid → monoatsüülglütseroolid → vabad rasvhapped ja glütserool (**joonis 4.50**). Olenevalt ensüümist ning substraadist (selle rasvhapete paiknemisest ja päritolust) võib see siiski toimuda ka mõnevõrra muus järjestuses. Üldjuhul kaasneb lipolüüsiga toiduainetele maitsevigade teke (paljud vabad rasvhapped on kibeda maitsega), mistõttu tehnoloogia ja sellega seotud operatsioonide rakendamisel tuleb tihti pöörata erilist tähelepanu lipolüüsi vältimisele või vähendamisele. Juba tekkinud maitsevigadest on raske vabaneda ning need kanduvad toormest ja vaheproduktidest edasi toiduainetesse.

Kuigi rasv ei lahustu vees, on lipolüüsiks vajalik vee olemasolu ning rasva lõhustamine saab toimuda vaid vee ja rasva piirpinnal. Seega oleneb lipolüüsi aktiivsus ülalkäsitletud mõjuteguritele (pH, temperatuur) lisaks ka selle piirpinna suurusest ehk rasva dispergeerituse astmest. Peenestatud osakeste korral on eripind (pindala suhe ruumalasse) suurem ning seetõttu ka lipolüüs intensiivsem.

Üldiselt püütakse rasvarikaste toiduainete ja toidutoorme (näiteks piima) käitlemisel (transpordil, pumpamisel jne) vältida rasva peenestumist. Piimarasva kaitseb lipaaside eest naturaalne lipoproteiinne kile, mis katab rasvakuulikesi. Mehhaaniline töötlus võib seda kilet vigastada ja avada niimoodi lipaasidele ligipääsu rasvale. Vajadusel saab lipaase inaktiveerida kõrgetemperatuurilise pastöriseerimise või steriliseerimisega. Arvestada tuleks aga sellega, et teatud päritolu lipaasid on kaunis vastupidavad ning vajavad inaktiveerimiseks suhteliselt kõrget temperatuuri (ca 90 °C).

Näiteks piima pastöriseerimisel 72 °C juures 15 s jooksul, jääb 5-15% lipaasidest endiselt aktiivseks. Seetõttu on pastöriseeritud piima kasutamisel lipaasi mõju piimatoodetele küll tagasihoidlik, kuid siiski olemas.

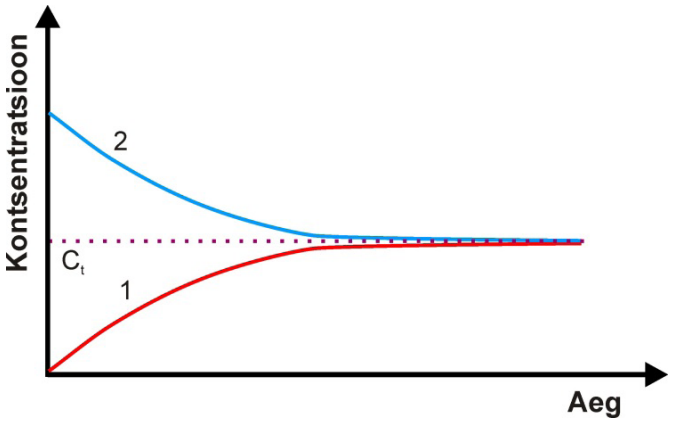


Joonis 4.50. Hallitusjuustudes toimuva lipolüüsi ja sellele järgnevate ensümaatiliste muundumiste skemaatiline esitus

Lipaasid on suhteliselt madala selektiivsusega ensüümid, mis lahutavad rasvadest rasvhappejääke valikuta, kuid enamasti siiski sõltuvalt nende positsioonist. Esmalt lõhustatakse glütserooliga liitunud välimiste rasvhapete estersidemed ja viimasena hüdrolüüsitakse keskmine rasvhape. Teatud mõju lipolüüsi intensiivsusele on täheldatud ka rasvhapete molekulmassil.

Lipaaside üheks omapäraks on muuhulgas võime moodustada vabade rasvhapete ja gütserooli vahel estersidemeid. See protsess on vastupidine lipolüüsile ning madalmolekulaarsete rasvhapete (näiteks võihappe) puhul võibki toimuda samaaegselt lipolüüsiga. Kui rasvhapete kontsentratsioon ületab teatud piirväärtust (taskaalupunkti), muutub rasvamolekulide süntees prevaleerivaks. Sellest madalamal kontsentratsioonil on ülekaalus lipolüüs, tasakaalupunktis aga toimuvad mõlemad reaktsioonid ühesuguse intensiivsusega (**joonis 4.51**). Samasugune eripära võib ilmneda ka mõnedel teistel hüdrolaasidel (näiteks laktaasil, maltaasil, pepsiinil) ja teatud lüaasidel. Pööratavus pole siiski kuigi üldine nähtus ning seda esineb vaid siis, kui vaba energia muutus ensümaatilise reaktsiooni käigus on tühine.

Hallitus- ja limakoorikuga juustude valmimisel on lipolüüs vajalik protsess, milles osalevad eelkõige mikroobsed lipaasid. Osalt võivad need olla ka mõne konkreetse rasvhappe suhtes selektiivsed. Nii näiteks domineerib Camemberti juustus vabadest rasvhapetest oleiinhape, mis tõendab lipolüüsi selektiivsust selle rasvhappe suhtes. Sinihallitusjuustudes (kus on kõige enam lühiahelalisi rasvhappeid) on aga oleiinhapet vähem kui teisi vabu rasvhappeid.



Joonis 4.51. Lipaasi lipolüütilise ja sünteetilise toime sõltuvus rasvhappe kontsentratsioonist: Ct – tasakaalukontsentratsioon, 1 – rasvhappe ja alkoholi vahelise estersideme hüdrolüüs, 2 – estersideme süntees

Plastifitseeritud kalgendiga Itaalia tüüpi juustudes on kõrgenenud võihappe (mis on lenduv rasvhape) sisaldus. Ühe või teise lenduva rasvhappe ülekaal erinevates juustudes ei tarvitse olla alati tingitud lipolüüsist, sest neid tekib ka käärimisel. Lipolüüsi esineb kõige enam hallitusjuustude valmimisel. Tähtis on see ka mõne soolveejuustu puhul, kus rasvade lõhustamisproduktid on samuti olulised maitse ja lõhna kujundajad. Teatud juustudes võidakse lipolüüsi spetsiaalsete tehnoloogiliste võtetega (näiteks piima homogeniseerimisega) isegi soodustada.

Mikroobsetele ensüümidele lisaks osalevad juustude lipolüüsil teatud määral veel piimast pärinevad ensüümid. Mõne juustuklassi puhul võidakse neid spetsiaalse preparaadina juustukalgendile lisada. Nii näiteks kasutatakse täiendavat ensüümpreparaati traditsioonilise Provolone juustu tehnoloogias, et lipolüütilist valmimist kiirendada. Samuti on lipaasi lisamist edukalt katsetatud sihihallitusjuustude lipolüüsi tõhustamiseks. Teatud määral võivad lipaase sisaldada isegi mõned kalgendavad preparaadid (traditsiooniline laap nende hulka ei kuulu).

Juustutehnoloogias loetakse vahel lipolüüsi reaktsioonide hulka ka esmasel estersidemete lõhustumisel moodustunud vabade rasvhapetega toimuvaid ensümaatilisi muutusi. Nende käigus tekivad aldehüüdid, tioestrid, hüdroksühapped, ketohapped, metüülketoonid ja mitmed teised ühendid. Leidub ka selliseid ensüüme, mis suudavad moodustada mõningaid nimetatud aineid otse triatsüülglütseroolidest, rasva eelnevalt lõhustamata.

Lipaase on suuremal või vähemal määral kõikides mikroobides, kuid kõige aktiivsemad on lipolüüsi poolest hallitusseened. *Penicillium camemberti* omab aktiivset ekstratesllulaarset lipaasi, mis on Camemberti juustu põhiliseks lipolüüsi määravaks faktoriks. Samuti tekitab nendes juustudes tugevat lipolüüsi *Geotrichum candidumi* oleiinhappele selektiivne lipaas. *Geotrichum candidum* on hallitusseen, mis areneb valgehallitusjuustude valmimise esmases staadiumis, mil pH ei ole veel proteolüütiliste ensüümide toimeks soodne.

Sinihallitusjuustu valmimisel osalev *Penicillium roqueforti* omab kahte ekstratsellulaarset lipaasi. Üks neist on happeline ja teine aluseline. Need hüdrolüüsivad piimarasva eriti tugevalt, tekitades juustudes nn piprast maitset. Sinihallitus areneb paremini aeroobsetes tingimustes, mistõttu hapniku juurdepääsu tagamiseks torgatakse juustudesse spetsiaalsed augud. Märgatavalt aktiivsem on sinihallituse lipolüüs siiski pinnakihis. Juustu valmimisel osalevate pärmide lipolüütilisi süsteeme on suhteliselt vähem uuritud, kuid teada on mõned nende rakukesta ja membraaniga seotud lipaasid.

Piimhappebakterid on madala lipolüütilise aktiivsusega ja nende lipaasid on võimelised hüdrolüüsima rasvhappeid peamiselt di- ja monoatsüülglütseroolidest. Erinevate piimhappebakterite lipolüütilises aktiivsuses on siiski ka märgatavaid erinevusi. Laktobatsillide ja *Str. Thermophiluse* lipaasid on neist kõige madalama aktiivsusega. Mesofiilsetel laktokkidel ja *Leuconostocil* on see kõrgem.

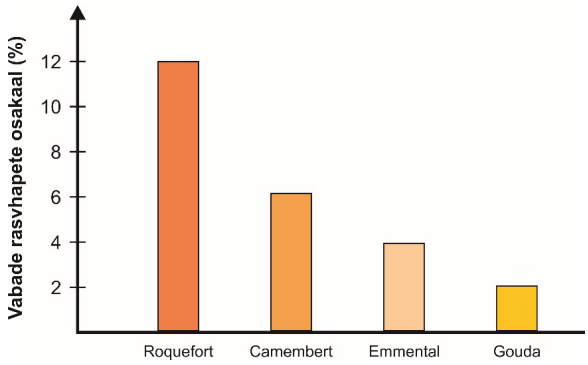
Piimhappebakteritest mõnevõrra suurema lipolüütilise võimega on mikrokokkide, stafülokokkide ja propioonhappebakterite lipaasid. Suh-

teliselt tugev on psührotroofsete bakterite abil toimuv lipolüüs. Nende esktratsellulaarsed lipaasid on väga termostabiilsed. Kuigi psührotoofsed mikroobid ise pastöriseerimisel hävivad, jäävad nende toodetud lipaasid endiselt aktiivseks. Neist on lipolüütiliselt aktiivne *Brevibacterium linens*, mis osaleb toiduainetele limakooriku moodustamisel. Limakooriku mikrofloora ensüümide toime on suhteliselt spetsiifiline, eraldades rasvast intensiivsemalt kaproon-, kaprüül-, võihapet jt lenduvaid rasvhappeid.

Lipolüüsil eralduvad rasvhapped võivad omakorda alluda teatud muutustele. Toiduainete maitseomadusi mõjutavad neist ümberesterifitseerumine ja oksüdatiivne lagunemine. Ümberesterifitseerimine toimub esmajärjekorras lühikese ja keskmise ahelapikkusega rasvhapete abil, milleks vajalikke esteraase toodavad eelkõige pärmseened (pH optimum 5,5–7,0) ja *Pseudomonas* spp. ja mikrokokid. *Penicillium roqueforti* ja *P. camemberti* on aga hästi tuntud oma β-oksüdatsiooni tekitavate ensüümide poolest, mis on samuti võimelised muundama lipolüüsi esimeses astmes tekkivaid rasvhappeid (vt ka joonis 4.50).

Lipolüüsi ulatuse hindamise üldiseks kriteeriumiks toiduainetes on rasva happearv, mis vastab 100 g rasva neutraliseerimisel 1 N leelisega (KOH) kulunud milliliitrite arvule. Seejuures eeldatakse, et leelisega reageerivad just lipolüüsil moodustunud vabad rasvhapped. Lipolüüsi intensiivsuse hindamine vabade rasvhapete sisalduse kaudu ei ole kõige objektiivsem meetod, sest neid tekib ka muude protsesside tulemusel. Näiteks mitmesugustes käärimisprotsessides eraldub madalmolekulaarseid happeid (sipelg-, äädik-, propioon- ja võihapet) suurtes kogustes ja need reageerivad samuti tiitrimiseks kasutatava leelisega. Soovitavalt tuleks lipolüüsi täpsemaks iseloomustamiseks rakendada näiteks kromatograafilisi või muid täppismeetodeid.

Pikalt valminud Roqueforti juustu rasva happearv võib olla vahemikus 65-100, mis tähendab, et 18-25% juustu rasvhapetest on vabad. Camemberti juustus vabaneb valmimisel 3-10%, Emmentali juustus 3-4% ning Gouda juustus umbes 2% rasvhapetest (**joonis 4.52**).

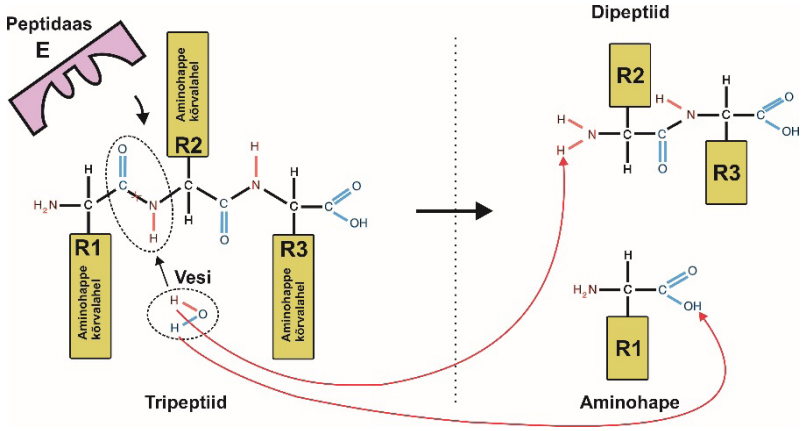


Joonis 4.52. Lipolüüsil moodustuvate vabade rasvhapete osakaal rasvhapete üldkogusest mõõdukalt valminud juustudes

Kuna aga vabu rasvhappeid tekib ka muudes protsessides, mis eri juustudes toimuvad erineva intensiivsusega, siis on lipolüüsi tegelik osakaal vabade rasvhapete tekkes samuti erinev. Hallitusjuustudes (Camemberti, Roqueforti) ulatub see 95%.

Ensümaatiline proteolüüs

Proteolüüsil lõhustatakse proteinaaside, peptidaaside jt proteolüütiliste ensüümide abil peptiidsidemeid, millega aminohapped on omavahel liitunud peptiidideks ja valkudeks. Seejuures toimub peptiidahelate moodustumisele vastupidine (ahelate katkemise) protsess, kus ühe veemolekuli lisandumisega taastatakse katkemiskoha ühel aminohappel karboksüül- ja teisel aminorühm. Proteolüüsi lõpp-etapil lõhustataks oligopeptiide tri- ja dipeptiidideks, millest omakorda saadakse vabad aminohapped (**joonis 4.53**).

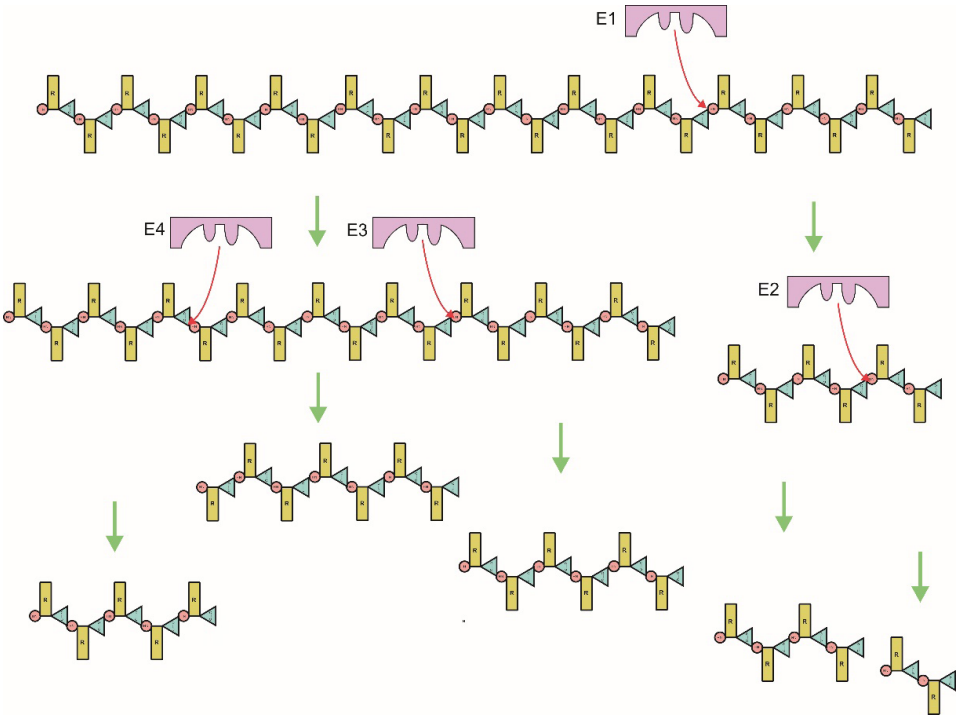


Joonis 4.53. Tripeptiidi lõhustumine peptidaasi toimel dipeptiidiks ja aminohappeks (lõhustumiskoha aminohapete karboksüül- ja aminorühm taastuvad veemolekuli lisandumisega)

Ideaalse proteolüüsi korral lõhustuks valk toiduainete valmimisel peaaegu täielikult aminohapeteks. Kahjuks pole aga tegelikkuses selline valmimise kulg võimalik, sest toiduainetes ja toidutoormes leidub alati ka aminohappeid lõhustavaid ensüüme, mis pikema aja jooksul avaldavad küllaltki intensiivset mõju. Nende toime väljendub näiteks juustude valmimisel teatava koguse ammoniaagi eraldumisena, mis tekib aminorühmade deamiinimise tulemusel. Proteolüüsi rakendatakse toiduainete tootmisel kõige ulatuslikumalt ja mitmekülgsemalt juustutehnoloogias. Kuigi juustude valmimine seostub ka lipolüüsi ja glükolüüsiga, on kõige määravamad siiski proteolüütlised reaktsioonid (**joonis 4.54**).

Need toimuvad eelkõige mitmesuguste mikroobsete proteinaaside ja peptidaaside abil, mis on iseloomulikud nii piimhappebakteritele kui kõigile teistele juustutehnoloogias rakendatavatele mikroobidele (pärm- ja hallitusseentele, mikrokokkidele, propioonhappebakteritele, lima mikrofloorale jne). Seejuures katalüüsivad reaktsioone nii ekstratsellulaarsed kui (pärast mikroobirakkude kestade lüüsumist) ka intratsellulaarsed ensüümid. Reaktsioonide kulg on mitmeastmeline, mille tulemusena tekib erineva pikkusega polü- ja oligopeptiide ning aminohappeid. Nagu eespool mainitud, lõhustatakse juustudes ka aminohappeid.

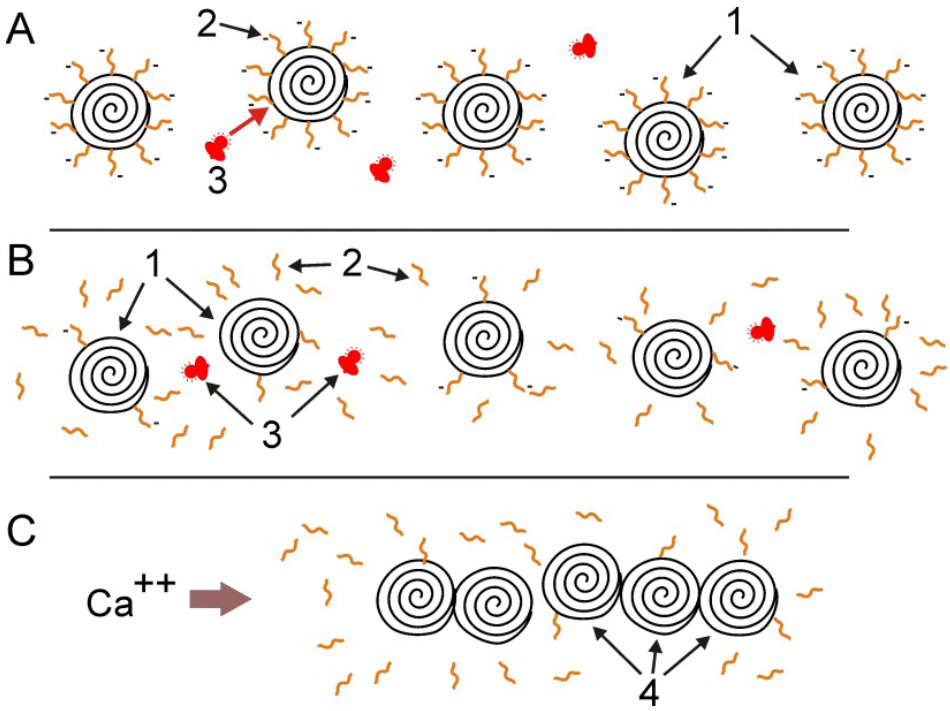
Juustu valmimisel on kõige olulisemad piimhappebakterite poolt produtseeritavad happelised proteinaasid, mille tähtsust on juustu õige valmimise seisukohalt raske ülehinnata. Laktokokkide proteolüütiline aktiivsus on seejuures madalam kui laktobatsillidel (eriti termofiilsetel). Juustuvigu põhjustavad sageli psührotroofsete mikroobide proteinaasid. Juustuvalgu proteolüüsil osalevad lisaks mikroobsetele veel piima natiivsed proteaasid. Neist olulisimad on plasmiin, mis lõhustab α_{S2}- ja β-kaseiini. Plasmiini toimel eraldub β-kaseiinist γ-fraktsiooni, mis mõjutab paljude juustude (Gouda, Cheddar, limakoorikuga juustud) konsistentsi ja maitset. Juustu valmimise proteolüütilistes protsessides osaleb teatud määral ka kümosiin, mida lisatakse juustupiimale laabiga.



Joonis 4.54. Valkude lõhustumine proteolüüsi käigus on astmeline ja selles võivad osaleda mitmed erinevad proteolüütilised ensüümid (E1 – En)

Laabis sisalduva kümosiini või mõne sarnase funktsiooniga ensüümi põhiline roll seisneb siiski piima kalgendamise võimes. Kaseiiniga toimuva selektiivse proteolüüsi käigus lõhustakse laabi ensüümi poolt kaseiinimitsellide pinnal olevad hüdrofiilsed κ-kaseiini molekulid, mille tulemusel mitsellid kaotavad stabiilsuse (**joonis 4.55 A**). See leiab aset kalgendamise esmases ehk ensümaatilises faasis. Tegelikult käivitab laap piima kalgendamisel terve muutuste ahela, mis pärast kaseiinimitsellide destabiliseerimist liidavad need kaltsiumioonide toimel tihedaks geelitaoliseks massiks. See toimub juba kalgendi tekke faasis, kus kaseiini mitsellid liituvad omavahel kaltsiumi-ioonide vahendusel (**joonis 4.55 B, C**).

Peamised kõvade ja poolkõvade juustude valmimisel osalevad ensüümid tekivad tänu laktoosi kääritamisel põhinevale piimhappebakterite elutegevusele. Neis juustudes lüüsub kaseiin peptiidideks ja aminohapeteks,

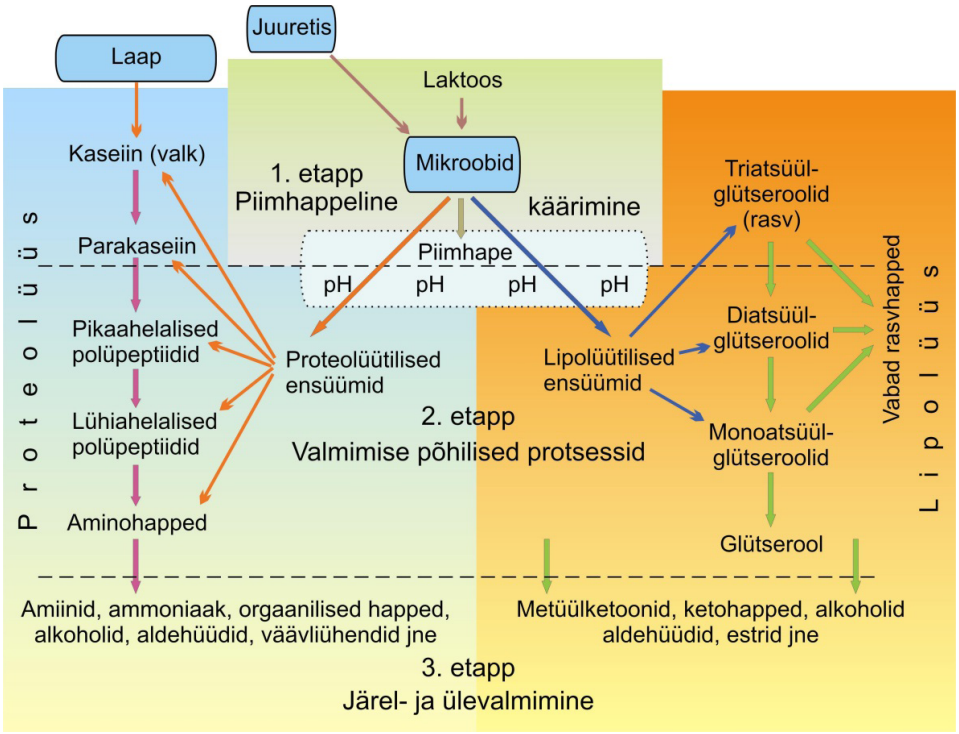


Joonis 4.55. Piima kalgendumine kümosiini ja kaltsiumi toimel: A ja B – ensümaatiline faas, C – kalgendi teke, 1 – kaseiinimitsellid , 2 – κ-kaseiini makropeptiid (γ-kaseiin), 3 – kümosiini molekulid, 4 – kalgendiks liituvad mitsellid

kuid olulist rasva lõhustumist ei toimu. Hallitus- ja limakoorikuga juustudel järgneb kaseiini lõhustumisele aminohapetest anorgaaniliste ühendite teke. Samal ajal toimub ka intensiivne rasva lõhustamine. Üldistavalt võib valmimise käigu jaotada kolmeks omavahel tihedalt seotud etapiks. Need tuginevad kõigile kolmele makrotoitainete lõhustamisega seotud ensümaatilistele hüdrolüüsireaktsioonidele – glükolüüsile, lipolüüsile ja proteolüüsile (**joonis 4.56**).

Esimese etapi jooksul muundatakse laktoos mikroobide poolt glükolüütilisel käärimisel piimhappeks, propioonhappeks, võihappeks, etüülalkoholiks jne. Piimhape on neist kõige olulisem produkt, mida tekib niivõrd hulgaliselt, et muutub keskkonna pH. Kuna ensüümide aktiveerumine ja toime intensiivsus on tihedas seoses keskkonna aktiivhappesusega, siis pH muutus määrab edaspidi ühtlasi enamiku valmimisprotsesside kulgu.

Paljude juustude puhul käärib juustukalgendi piimsuhkur täielikult juba esimese päeva jooksul. Piimhappebakterid ise võivad jääda aktiivseks veel kuni paariks nädalaks, kuid nende areng peatub või aeglustub märgatavalt. Tekkiv piimhape võib samas olla toitaineks teistele mikroobidele, nagu propioonhappebakterid, hallitus- ja pärmseened. Seetõttu võivad edasi paljuneda pärmseened ja toimuda koli- ning võihappeline käärimine. Kõrge



Joonis 4.56. Juustu valmimisel toimuvate ensümaatiliste protsesside skeem

järelsoojendustemperatuuriga juustudes järgnebki piimhappelisele käärimisele propioonhappeline käärimine, mille kestel kasutatakse toitainena eelkõige piimhapet. Kõik nimetatud mikroobirühmad on ühtlasi valmimist mõjutavate ensüümide allikaks.

Teise etapi jooksul toimub mikroobsete proteolüütiliste ensüümide toimel intensiivne valkude lõhustumine ehk proteolüüs ning paljudes juustudes ka rasvade lõhustamine ehk lipolüüs. Seejuures hüdrolüüsivad valku, rasva ja nende laguprodukte erinevad ensüümirühmad. Toimuvad muutused on keerulise iseloomuga, olenedes piima koostisest, paljudest füüsika-

listest parameetritest, proteolüüsil moodustuvate ainete omadustest ja hulgast. Proteolüüs juustus algab seega kaseiini kalgendamisest ning annab parima tulemuse, kui lõpeb oligopeptiidide lõhustamisega aminohapeteks. Muutused toimuvad siis järgmise skeemi kohaselt: kaseiin → parakaseiin → makropeptiidid → pikaahelalised polüpeptiidid → oligopeptiidid → aminohapped.

Kolmandal etapil võivad aminohapped lõhustuda või muunduda anorgaanilisteks ühenditeks. See etapp on eriti intensiivne hallitus- ja limakoorikuga juustudes, kus aminohapetest tekivad amiinid, ammoniaak (NH_3), orgaanilised happed, aldehüüdid, uued aminohapped jne. Nende tekkes osalevateks ensüümideks on dekarboksülaasid, desaminaasid, transaminaasid, demetülaasid jne. Lipolüüsil tekkinud ained võivad sellel etapil muunduda mitmesugusteks ketoühenditeks, alkoholideks, estriteks, aldehüüdideks jne.

4.2.5. Karamelliseerumine ja Maillardi reaktsioonid

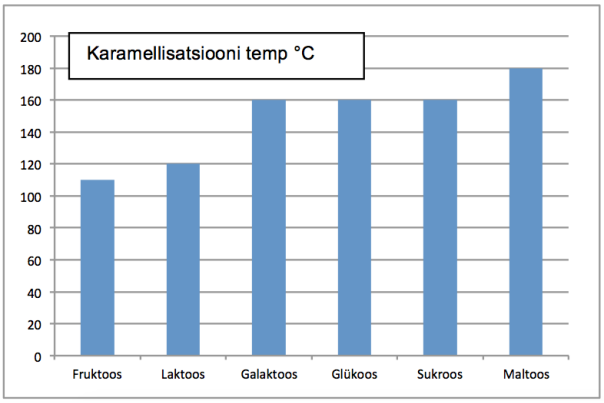
Toiduainete tehnoloogias ja eriti toiduvalmistamisel kasutatakse sageli termotöötlust, mille käigus temperatuur ületab vee keemistemperatuuri. Sellisel juhul võivad käivituda töödeldavas materjalis leiduvate suhkrutega Maillardi reaktsioonid ja karamelliseerumine. Mõlemal juhul kaasnevad siis toidu või toiduaine pruunistumine ja maitsemuutused. Suhkrutoodete tehnoloogias võidakse neid lugeda veaks. Samas aga kutsutakse maiustuste, pagaritoodete ja paljude muude toiduainete tootmisel karamelliseerimist ja Maillardi reaktsioone ka tahtlikult esile, et tagada toodetele vastavat maitsenüanssi ja värvust.

Karamelliseerumisel toimuvad pürolüüsi reaktsioonid, mille käigus tekivad mh erinevat tooni pruunid ühendid, sahharoos lõhustub ja muutub invertsuhkruks, aldoosid muunduvad ketoosideks, toimub dehüdratatsioon jms. Karamelliseerimise protsesse kiirendavad happeline ja aluseline keskkond ning suhkrutes esinevad lisandid. Samas pole selleks vajalik valgulis-

te ühendite olemasolu (nagu Maillardi reaktsioonides). Karamelliseerumise temperatuurid on Maillardi reaktsioonideks vajalikest temperatuuridest mõnevõrra kõrgemad ja olenevad suhkruliigist (**joonis 4.57**). Fruktoos karamelliseerub näiteks juba 110 °C juures, maltoos aga alles temperatuuril 180 °C.

Maillardi reaktsioonides ühinevad suhkrud valguliste ühenditega, eriti aminohapetega). Seejuures moodustab suhkru karbonüülrühm (C=O) püsiva seose valgulise aminorühmaga (NH_2), mille käigus tekib sadu erinevaid maitse- ja lõhnaühendeid ning pruunid pigmendid. Võimalik on ka mõningane kantserogeensete ainete teke. Maillardi reaktsioonid pole ensümaatilised, käivituvad temperatuurivahemikus 140-165 °C ning toimuvad sageli koos karamelliseerumisega (mis on ülekaalus kõrgematel temperatuuridel).

Maillardi reaktsioone kasutatakse selleks, et toitu või toiduaineid (praeliha, pagaritooteid, küpsiseid, mõningaid piimatooteid jne) maitse-, lõhna- ja värvusnüanssidega rikastada. Vastava toime intensiivsust mõjutatakse seejuures erinevate aminohapete ja režiimide kasutamisega. Lisaks režiimile, sõltub reaktsioonide intensiivsus paljuski ka suhkru liigist. Nii on reaktsioonid fruktoosi puhul märgatavalt kiiremad ja toimuvad seejuures madalamal temperatuuril kui näiteks glükoosiga, mistõttu fruktoosi sageli eelistataksegi glükoosile.



Joonis 4.57. Enamlevinud mono- ja disahhariidide karamelliseerumise temperatuurid

4.2.6. KLIISTERDUMINE

Tärkliseterad on külmas vees lahustumatud. See võimaldab tärklisetehnoloogias peenestatud taimset massi külma veega pesta ja tärkliseterasid

eraldada. Kuuma vett seejuures kasutada ei saa, sest siis tärkliseterade naturaalne struktuur rikutakse ära ja tärklis muutub kliistriks (kliisterdub). Kliisterdumisel moodustab tärkliseterade suspensioon vees viskoosse massi, sidudes endaga väga suurt kogust vett. Vees kuumutamisel katkevad tärklisemolekulide vahelised vesiniksidemed, võimaldades nende asemel siduda rohkem veemolekule.

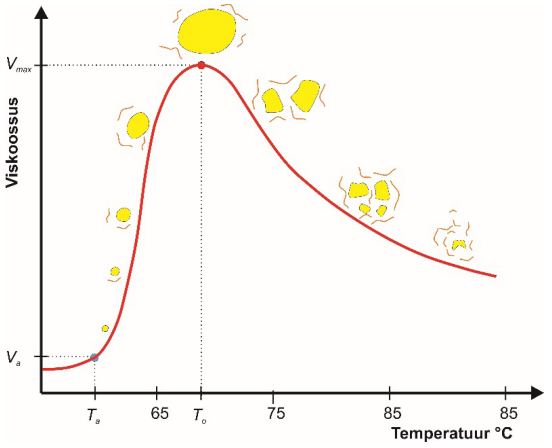
Kliisterdumisel toimub kolm põhilist protsessi: tärkliseterad punduvad, toimub kristallilise tärklise muundumine amorfseks ja amüloosi leostumine (lahustumine vette). Pundumist põhjustab kuumutamisest tingitud veemolekulide tungimine amorfse tärklise (amüloosi) struktuuri ja liitumine sellega. Vee jõudmisel amülopektiini kristallilise struktuuri molekulideni, hakkavad ka need temperatuuri toimel muunduma ning järgneb kristallilise tärklise osakaalu vähenemine. Tärkliseterad minetavad oma naturaalse välimuse ja struktuuri (lõhustuvad) ning neist leostub (lahustub) ümbritsevasse veefaasi märgatav osa amüloosist. Sellega kaasneb tärklisemolekulide plastifitseerumine ning üksteisest eraldumine. Lõhustunud tärkliseterad on väga tundlikud mehaanilisele töötlusele, mis suurendab kliisterdumise efekti. Korraliku segamise korral suudab 5% tärklise suspensioon siduda endaga kogu (ülejäänud 95%) vee ning moodustada tiheda kliistrimassi.

Moodustunud kliister koosneb pidevas veefaasis lahustunud amüloosist, tugevalt hüdraatunud amülopektiinist ning nende segus dispergeerunud tärkliseterade jäägist. Kliisterdumise intensiivsust määravad kaks põhitegurit: temperatuur ja vee manulus. Erinevatele tärkliseliikidele (taimse päritolu ja valmistusviisi järgi) on seejuures omane suhteliselt kindel kliisterdumistemperatuuride vahemik. Mõned modifitseerimata naturaalsetest tärklistest kliisterduvad juba 55 °C juures, samas kui teised alles 85 °C juures. Kartulitärklis kliisterdub temperatuuril 58-65 °C, toidutärklis temperatuuril 52-85 °C, maisitärklis temperatuuril 62-80 °C ja vahamaisi tärklis temperatuuril 63-72 °C. Kliisterdumise temperatuurivahemik sõltub lisaks tärklise algupärale ja veekogusele veel pH väärtusest ning soolade, suhkru, rasva ja valgu kontsentratsioonist segus. Samuti ka tärklise tootmise

tehnoloogiast ja modifikatsioonist ning vigastatud tärkliseterade osakaalust (need punduvad hõlpsamalt).

Kliisterdumise temperatuuri dünaamikas on selgelt eristatavad tärklisemolekulide hüdraatumisest ja terade lõhustamise tasemest tulenevad faasid (**joonis 4.58**). Kliisterdumise algtemperatuurist Ta alates toimub kliistri viskoossuse ja tärkliseterade küllalt kiire suurenemine, mis saavutavad maksimumi optimaalsel temperatuuril T_o.

Maksimaalse viskoossuse juures algab tärklisegraanulite lõhustumine. Edasisel temperatuuri tõstmisel kliistri viskoossus väheneb ning tärkliseterade lõhustumine intensiivistub koos tärklise (eriti amüloosi) lahustumisega ümbritsevasse veekeskkonda. Mehaaniline segamine soodustab graanulite lõhustamist, mis omakorda alandab viskoossust. Nii kaotab kartulitärklise kliister segamisel suhteliselt ruttu oma kõrge viskoossuse. Püsivamalt viskoossed kliistrid saadakse modifitseeritud tärklisest. Riisitärklis annab samuti viskoosse ja läbipaistva kliistri, mida kasutatakse lastetoitudes paksendajana.



Joonis 4.58. Tärklise kliisterdumise dünaamika ning viskoossus sõltuvalt temperatuurist: Ta ja Va on kliistredumise algtemperatuur ja algviskoossus ning To – optimaalne temperatuur ja Vmax – maksimaalne viskoossus

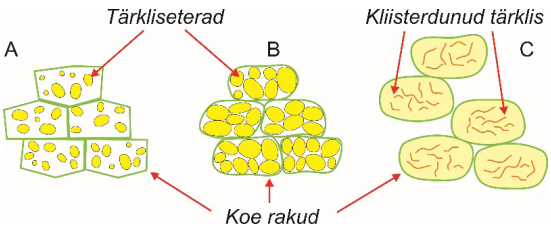
Kliisterdumise aste mõjutab tugevalt leivataigna ja sellest valmistatavate toodete omadusi. Vähese vee korral jääb osa tärkliseteradest kliisterdumata. Mõningates pagaritoodete taignates (eriti rasva manulusel) võib tärklis madala veesisalduse juures isegi suhteliselt kõrgetel temperatuuridel halvasti kliisterduda. Näiteks pirukate koorikus jääb kõrge rasva- ja vähese veesisalduse tõttu kliisterdumata umbes 90% tärkliseteradest. Samas kliisterdub kõrge veesisaldusega lei-

vakoorikus ca 96% tärklisest. Termotöötluse käigus toimuv kliisterdumine mõjutab ka kõikide juur- ja köögiviljade omadusi, kusjuures parenhüümi rakkudes leiab see aset kõrgemal temperatuuril kui rakkudest eraldatud tärkliseterade korral.

Kliisterdumine soodustab tärklise ensümaatilist hüdrolüüsi, mistõttu toiduainete tehnoloogias kasutatakse seda sageli tärklise lõhustamise protsesside tõhustamiseks ja toidu seeduvuse parandamiseks. Taimses toormes muudab tärklise kliisterdumine taimerakud ümaramaks (mis parandab organoleptilisi omadusi) ning lahutab neid üksteisest, pehmendades sellega parenhüümset kude ja suurendab selle veesiduvusvõimet (**joonis 4.59**).

Tärklise kliisterdumisel näiteks keedetava taimse toorme rakkudes, kaasnevad mitmesugused muutused selle kudede struktuuris: pehmenemine, vee imendumine, murenemine jms.

Kliisterdumise järgsel jahutamisel osa tärklise molekulidest ühinevad kompleksideks (amüloos-amüloos, amüloos-amülopektiin, amülopektiin-amülopektiin), moodustades sademe või geeli, koos tärklise kristallilise struktuuri osalise taastumisega. Molekulid agregeeruvad seejuures nii, et veemolekulid jäävad endiselt ahelatega seotuks.

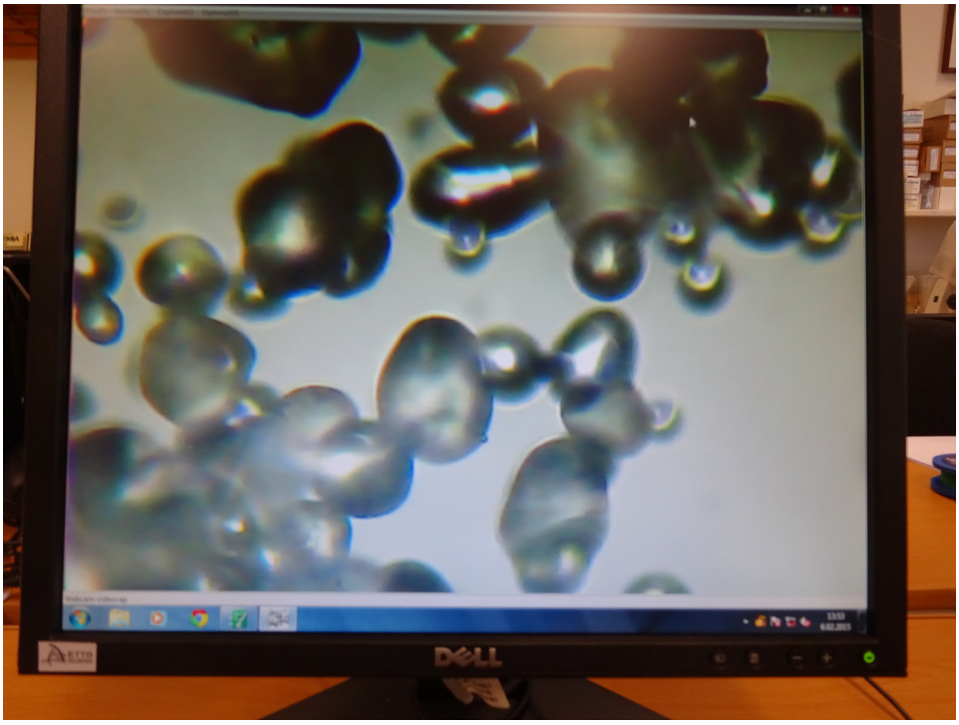


Joonis 4.59. Tärklise kliisterdumise mõju illustratiivne esitus parenhüümse koe rakkudele: A – rakud kliisterdumise eel, B – rakkude ümardumine ja tärkliseterade pundumine optimaalse temperatuuri juures, C – kliisterdunud tärklisega koerakkude eraldumine üksteisest

Protsessi, kus kliistri jahutamisel tärklise lahustuvus väheneb ja see osaliselt sadestub, nimetatakse tärklise retrogradatsiooniks. Retrogradatsiooni käigus tekkiva geeli tugevus sõltub suhkrute, hapete, valguliste, lipiidsete ja muude lisandite olemasolust ning vee kogusest. Retrogradatsioon tekitab paljudes tärkliserikastes toodetes vigu, millest on hiljem raske vabaneda. Väikeste tärkliseterade korral toimub retrogradatsioon märgatavalt

aeglasemalt kui suurte terade puhul. Kõrgema amüloosi sisalduse juures moodustub tugevam geel, samuti nagu ka pikemaahelaliste amüloosi ja amülopektiini molekulide puhulgi. Kõrge amülopektiini sisaldusega tärklisest tekib stabiilsem kuid pehmem geel, võrreldes kõrge amüloosisisaldusega tärklisega. Retrogradatsioon raskendab tärklise ensümaatilist hüdrolüüsi ning selle kaudu seedimist ja ensümaatilisi protsesse tärklisetoodete tehnoloogias.

Kokkuvõttes võib tõdeda, et nii tärklise kliisterdumine kui retrogradatsioon mõjutavad suurel määral taimsest toormest valmistatavate toiduainete tekstuuri, veesidumisvõimet ja muid omadusi. Tärklisetootmisel tuleks kliisterdumist igati vältida. Pagaritoodete ja mitmete paksendamist vajavate toodete valmistamisel on tärklise kliisterdumine aga sageli hädavajalik protsess, mille puudulikkus avaldub otseselt toodete kvaliteedi languses.



Kontrollküsimused

Millised on kõige levinumad keemilised alusprotsessid toiduainete tehnoloogias?
Missugused on toiduainete tehnoloogias kõige enam kasutatavad hüdrolüüsiprotsessid?
Iseloomusta rasvade hüdrogeenimist, milleks seda kasutatakse?
Mis on rasvade seebistamine?
Mis on rasvade ümberesterifitseerimine?
Kirjelda rasvade oksüdatsiooni etappe.
Iseloomusta tegureid, mis soodustavad rasvade oksüdatsiooni.
Kirjelda rasvade oksüdatsiooni pidurdamise võimalusi.
Iseloomusta ensüümide toimemehhanismi.
Kuidas toimub ensüümide aktiveerimine ja ensümaatiliste reaktsioonide pidurdamine?
Kirjelda ensüümide jaotust klassidesse.
Kirjelda mikroobide ja ensüümide seotust toiduainete tehnoloogia seisukohast.
Kirjelda lipolüüsi olemust ja lipolüüsi üldskeemi.
Missugused erisused esinevad eri tüüpi juustude lipolüüsil?
Kirjelda proteolüüsi olemust.
Iseloomusta üldjoontes juustu valmimisel toimuvat proteolüüsi.
Milline juustutehnoloogiline etapp on seotud proteolüüsiga enne valmimist, kirjelda seda.
Kirjelda Maillardi reaktsiooni keemilist olemust.
Missugused muutused kaasnevad toiduainetes seoses karameliseerumise ja Maillardi reaktsiooniga?
Esita näiteid tehnoloogilistest protsessidest, mille juures kliisterdamine on ebasoovitav protsess ja mille juures soovitav protsess.
Missugustest põhilistest etappidest koosneb tärklise kliisterdumine?
Mis on tärklise retrogradatsioon?
Kirjelda rakkude kuju muutusi tärkliseterade kliisterdamisel nendes.



4.3. Mikrobioloogilised protsessid

Helena Andreson

Toidus ja toiduainetes esinevad mikroorganismid ehk mikroobid võivad kuuluda nii bakterite, pärmseente, hallitusseente kui ka viiruste hulka, olles kogu inimkonna jaoks pikka aega olnud probleemiks oma negatiivse külje poolest põhjustada mitmeid tõsiseid toidutekkelisi haigusi või toidu riknemisi. Läbi aastatuhandete on aga õpitud tundma paljude mikroobide funktsionaalseid (sh. kasulikke) omadusi, mistõttu mitmeid neist kasutatakse igapäevaselt toidu ja toidu koostisosade tootmisel ning töötlemisel (näiteks eesmärgiga pikendada läbi kääritusprotsesside toidu säilivust või andes probiootiliste bakterite lisamisega toidule „tervistavaid“ omadusi).

Järgnevalt tutvume toidus kasutatavate bakterite ja seentega – kuidas neid nimetatakse, milline on nende ehitus, millised on neist toidus enim kasutatavad ning millised on nende mikroobide metaboolsed omadused, mis määravad ära näiteks nende kasutuskõlblikkuse erinevates kääritusportsessides.

4.3.1. Mikroorganismide nomenklatuur

Igale avastatud mikroorganismile on antud rahvusvaheliselt aktsepteeritud nimi. Mikroobid on nimetatud vastavalt Carl von Linné[1] (1707-1778, Rootsi loodusteadlane ja arst) rajatud elusorganismide süstemaatikale ja taksonoomiale binaarse ehk kahesõnalise nomenklatuuri järgi, silmas pidades ladina keele grammatikareegleid. Esimene sõna tähistab mikroorganismi perekonda (*genus*, lühend *g*.) ja teine liiki (*species*, ainsuse lühend *sp*. ja mitmuses *spp*.). Perekonnanimi algab alati suure tähega, samas kui liiginimi on alati väikse algustähega. Perekonna, liigi ja tüve nimetused kirjutatakse kursiivis, näiteks *Lactobacillus fermentum*, *Saccharomyces cerevisiae*, jne.

[1] Ka: Carl Linnaeus, Carolus Linnaeus, Carl Linné, Karl von Linné ja Karl Linné.

Mikroobiliike jagatakse ka alamliikideks (*subspecies*, lühend *ssp*. või *subsp*.), näiteks *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* või *Lactococcus lactis subsp. cremoris*). Osadel juhtudel kasutatakse mikroobide alamliikidesse jaotamist nende erinevate omaduste tähistamiseks, nimetades antigeense reaktsiooni järgi neid serotüüpideks või hoopis biotüüpideks tänu mõne spetsiifilise metaboliidi tootmisele. Sellisel liigitamisel on praktiline väärtus, võimaldades näiteks *Lc. lactis subsp. lactis biovar diacetylactis* puhul selgelt ja kiirelt teada anda, et antud mikroobitüvi toodab diatsetüüli.

Liikide ja tüvede täpsemaks tähistamiseks kasutatakse spetsiaalseid tüvede märgistusi, mis on kas numbriline, alfabeetiline või kombinatsioon mõlemast (näiteks *Lb. fermentum* ME-3). Kui liikide või perekondade eristamine ei ole oluline, võib neid nimetada kollektiivselt, kasutades lühendit *spp*. (*Lactococcus* spp.) või lihtsalt perekonnanime (*Lactococcus*). Perekonnad võib aga koondada sugukondadesse, mida tähistab nimetuses *–aceae* lõpp nagu näiteks sugukond *Enterobacteriaceae*, kuhu kuuluvad perekonnad *Escherichia, Salmonella, Proteus* jne.

Kui teadusartiklis või mõnes muus publikatsioonis nimetatakse ühte mikroobiliiki või -tüve mitu korda, siis esmamainimisel kirjutatakse antud mikroobi perekonna- ja liiginimi täielikult välja, kuid järgnevatel mainimistel perekonnanimi lühendatakse (näiteks *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* ja *L. mesenteroides* subsp. *cremoris*). Kui aga artiklis juhtub olema rohkem kui üks sama lühendiga mikroobinimetus, siis lisatakse lugemise hõlbustamiseks mõni täht juurde näiteks *Leu. mesenteroides* subsp. *cremoris*, *Lc. lactis* subsp. *lactis* (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*), *Lb. acidophilus* (*Lactobacillus acidophilus*).

Mikroorganismide traditsioonilisest taksonoomiast eristuvad viirused, keda identifitseeritakse alfabeetilise, numbrilise või mõlema kombinatsioonina (näiteks bakteriofaag T4), viiruse poolt põhjustava haiguse nimega (A-tüüpi gripiviirus) või mõne muu tunnuse järgi (näiteks Ebola viirus, mis sai nime Ebola jõe järgi, mille kaldaäärsest külast see 1976. aastal avastati).

4.3.2. Bakterirakud

Bakterid moodustavad arhede ja eukarüootide kõrval ühe kolmest elusloodu domeenist. Bakterid on oma ehituselt ehk morfoloogialt omavahel sarnased, olles üherakulised, suurusega enamasti 0,5-1,0 x 2,0-10 µm ning kujult kas kerajad (kokid), pulkjad (batsillid), spiraaljad või komajad. Bakterid esinevad kas üksikult, ahelaina või klastritena (kogumid). Kokkide puhul on võimalik eristada nii diplo- kui tetrakokke ning sartsiine (vastavalt 2, 4 või 8 raku kaupa koos), kobar- ehk stafülokokke ja ahel- ehk streptokokke. Bakterid võivad olla liikuvad (kui neil on üks kuni mitut viburit) või liikumatud (ilma viburi(te)ta). Bakteritel puuduvad eukarüootsetele ehk päristuumsetele rakkudele iseloomulikud membraaniga ümbritsetud organellid (mitokondrid, kloroplastid, endoplasmaatiline retiikulum, Golgi aparaat, lüsosüümid), sh. rakutuum, millest tulenevalt nimetatakse neid eeltuumseteks ehk prokarüootideks. Prokarüootse ja eukarüootse raku peamised erinevused ja sarnasused on toodud **tabelis 4.2**.

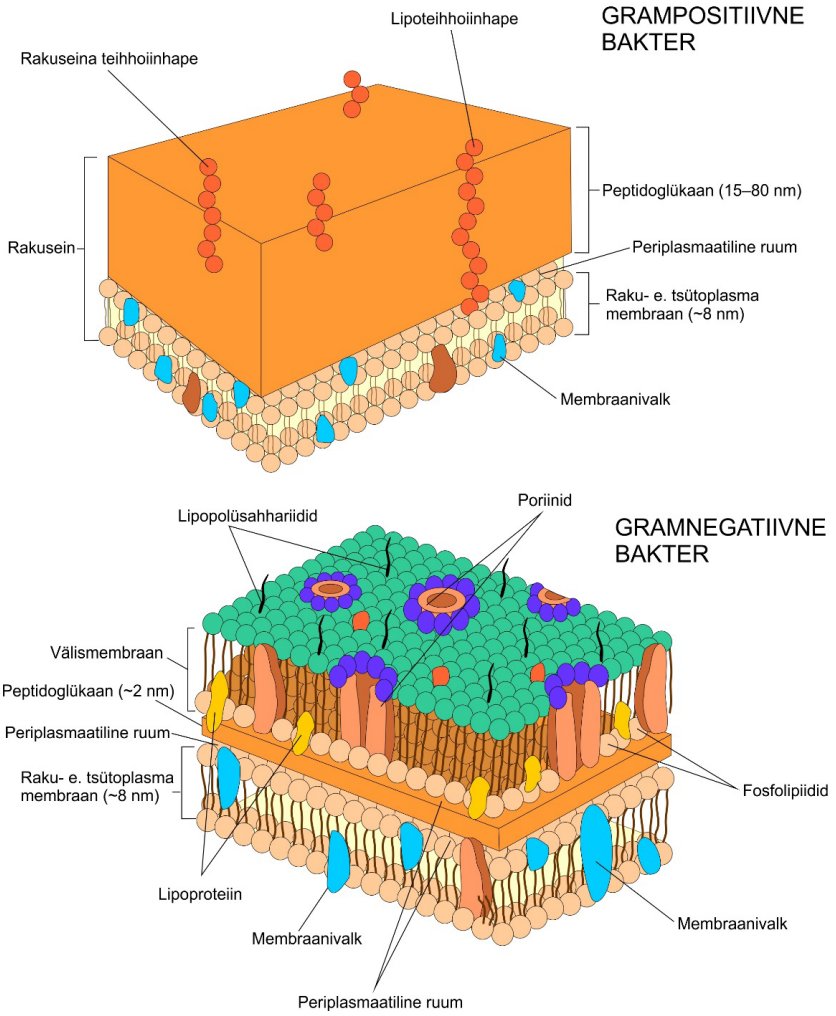
Tänu spetsiaalsele bakterirakkude nn. Grami[2] meetodil värvimisele (bakterid ei oleks värvimata kujul tavalise valgusmikroskoobi all silma-

Tabel 4.2. Erinevused pro- ja eukarüootsete rakkude vahel.

OMADUSED	PROKARÜOOT	EUKARÜOOT
Suurus	1-10 µm (+erandid)	10-100 µm
Tuumamembraan	-	Olemas
Genoom	DNA rõngasmolekul*, histoonid puuduvad	DNA ahelad, histoonidega
Endoplasmaatiline retiikulum	-	Olemas
Golgi aparaat	-	Olemas
Mitokondrid	-	Olemas
Ribosoomid	Olemas	Olemas
Ribosoomide suurus	70S (30S + 50S)	80S (40S + 60S)
Plasmiidid	Olemas	-
Tsütoplasma membraan	Ei sisalda steroole	Steroolid

[2] Hans Christian Joachim Gram (1853–1938) oli Taani teadlane, kes 1883. aastal võttis kasutusele mikroobirakkude värvimismeetodi, mis baseerub bakterite rakuseina ehituses esinevatele erinevustele.

le hästi nähtavad), on enamik baktereid võimalik nende morfoloogia ehk ehituslike tunnuste alusel jagada kahte rühma – grampositiivseteks või gramnegatiivseteks (**joonis 4.60**). Grampositiivsed bakterid värvuvad kristallvioletiga töötlemisel siniseks. Nende rakuseinas on paks mureiini ehk peptidoglükaani kiht, millest etanooliga lühiajaliselt loputades pole võimalik värvi välja pesta. Peptidoglükaan on polümeer, mille moodustavad polüsahhariidsed glükaan- ja peptiidahelad ning mida grampositiivsetel bakteritel läbivad mikroobi rakuseina tugevdavad teihhoiinhapped ja lipiididega seotud lipoteihhoiinhapped. Teihhoiinhapped on negatiivselt laetud,



Joonis 4.60. Grampositiivse ja gramnegatiivse bakteri rakuseina ehitus.

mistõttu nad seovad enda külge katioone nagu Mg^{2+} ja Na^{+}, aga ka kristallvioleti katiooni, või reguleerivad erinevate katioonide liikumist rakust sisse ja välja.

Gramnegatiivsetel bakteritel on keerulisem välimine struktuur kui grampositiivsetel. Rakusein koosneb õhukesest peptidoglükaani kihist, mida katab lipopolüsahhariididest, lipoproteiinidest ja fosfolipiididest koosnev välismembraan. Lipopolüsahhariidide ühte osa nimetatakse O-polüsahhariidiks või ka O-antigeeniks, mis on igale bakteritüvele iseloomuliku struktuuriga ning on seetõttu sobivaks märklauaks bakteritüvede identifitseerimisel seroloogiliste meetodite abil. Lipopolüsahhariidide lipiidne osa, lipiid A, on endotoksiin, mis on vastutav erinevate, inimese kehale toksiliste mõjude (nt. palavik või šokk) eest, mis tekivad nakatumisel teatud gramnegatiivsete bakteritega (*Escherichia coli*, *Salmonella enterica*). Gramnegatiivsete bakterite välismembraanil on mitu bakteri jaoks vajalikku ülesannet:

- takistada erinevate ainete (sh. osade antibiootikumide) sissepääsu rakku;
- vältida teatud ensüümide (nt. lüsosüüm) toimet, mis võiksid vastasel juhul rakukesta lagundada.

Tänu õhemale rakukestale, sh. oluliselt väiksemale peptidoglükaani kihile kui see on grampositiivsetel bakteritel, on Grami meetodil värvimisel võimalik kristallviolett rakkudest välja pesta, mistõttu need vajavad teistkordset värvimist safraniiniga (peamiselt kasutatav), värvudes seeläbi roosakaspunaseks.

Lisaks grampositiivsetele ja gramnegatiivsetele bakteritele, võib mikroskoobi all näha ka gramvarieeruvad baktereid, mille puhul sama liigi rakud võivad värvuda nii roosaks kui lillaks. Oluline on teada, et ka bakterirakkude vananedes (nt perekond *Bacillus* ja *Clostridium*), kui peptidoglükaani kihi paksus järjest väheneb, võivad vanemad rakud värvuda gramnegatiivselt.

4.3.2.1. Olulisemad bakterid toiduainetetööstuses

Piimhappebakterid

Piimhappebakterid (*lactic acid bacteria*, lühend LAB) on kunstlik või kokkuleppeline grupp bakteriperekondadest, kes oma morfoloogialt võivad olla üksteisest täiesti erinevad, kuid kes kõik suudavad oma metabolismiprotsesside käigus toota sahhariididest (peamiselt heksoosidest) piimhapet.

Piimhappebakterid kuuluvad hõimkonda Firmicutes, on grampositiivsed, spoore mittemoodustavad, katalaas- ja oksüdaasnegatiivsed pulgad või kokid. Kõik piimhappebakterid kasvavad anaeroobselt, kuid enamik neist suudavad kasvada ka hapniku juuresolekul, mistõttu viimaseid nimetatakse aerotolerantseteks anaeroobideks. LAB hulka kuuluvad perekonnad *Aerococcus, Carnobacterium, Enterococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Oenococcus, Pediococcus, Streptococcus, Tetragenococcus, Vagococcus ja Weissella*. Toiduainetetööstuses on neist kõige enam starterkultuuridena kasutust leidnud perekonnad *Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Pediococcus ja Streptococcus*. Vastavalt oma võimele toota kas ainult piimhapet või lisaks piimhappele ka teisi orgaanilisi happeid, CO_2 jm., jaotatakse piimhappebakterid vastavalt kas homo-või heterofermentatiivseteks (**tabel 4.3**).

Erinevus homo- ja heterofermentatiivsete bakterite vahel tuleneb ensüümidest. Homofermentatiivsetel piimhappebakteritel on ensüümid aldolaas ja heksoosi isomeraas, kuid puudub fosfoketolaas, mistõttu nad kasutavad suhkrute fermenteerimisel glükolüüsi, tootes seeläbi peamise produktina (70-90%) piimhapet. Heterofermentatiivsetel bakteritel on olemas ensüüm fosfoketolaas, kuid puuduvad aldolaas ja heksoosi isomeraas, mistõttu nad kasutavad pentoosi metabolismirada, tootes piimhapet (50%), äädikhapet, etanooli, CO_2 jm. Fakultatiivselt heterofermentatiivsed piimhappebakterid toodavad CO_2 ja teisi kõrvalprodukte vaid kas teatud keskkonnatingimustes või tulenevalt fermenteeritavast substraadist.

Tabel 4.3. Piimhappebakterite jaotus vastavalt metabolismi lõpp-produkti(de)le*.

Homofermentatiivne	**Fakultatiivselt heterofermentatiivne**	**Heterofermentatiivne**
Lactobacillus spp. *Lb. acidophilus* *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus* *Lb. delbrueckii subsp. lactis* *Lb. helveticus* *Lb. salivarius* *Lactococcus* spp. *Lac. lactis subsp. cremoris* *Lac. lactis subsp. lactis* *Enterococcus* spp. *E. faecium* *E. faecalis* *Pediococcus* spp. *P. acidilactici* *P. damnosus* *P. pentosaceus* *Streptococcus* spp. *S. bovis* *S. thermophilus*	*Lactobacillus* spp. *Lb. bifermentans* *Lb. casei* *Lb. curvatus* *Lb. homohiochii* *Lb. pentosus* *Lb. plantarum* *Lb. rhamnosus* *Lb. sakei*	*Lactobacillus* spp. *Lb. brevis* *Lb. buchneri* *Lb. fermentum* *Lb. kefiri* *Lb. reuteri* *Lb. sanfranciscensis* *Leuconostoc* spp *Leu. carnosum* *Leu. gelidum subsp.gelidum* *Leu. mesenteroides subsp. cremoris* *Leu. mesenteroides subsp. dextranicum* *Leu. mesenteroides subsp. mesenteroides* *Weissella* spp. *W. cibaria* *W. confusa* *W. oryzae* *W. paramesenteroides* *W. viridescens*

*Tabelis on toodud vaid näiteid erinevatest piimhappebakterite perekondadest.

Ka hõimkonda *Actinobacteria* kuuluvaid bifidobaktereid (*Bifidobacterium bifidum, B. longum, B. breve*, jt.) liigitatakse tihti oma laktobatsillidele sarnase morfoloogia ja probiootiliste omaduste tõttu piimhappebakterite hulka, ehkki rangelt võttes nad seda ei ole.

Oluline on jälgida, et toidutööstuses kasutatavad piimhappebakterid oleksid tunnistatud FAD (Food and Drug Administration, USA) ehk Ameerika Ühendriikide Toidu- ja Ravimiameti poolt üldiselt ohutuks ehk GRAS (Generally Recognized As Safe).

Äädikhappebakterid

Äädikhappebaktereid võib looduslikult leida puu- ja köögiviljadelt. Nad on pulgakujulised, gramnegatiivsed, obligaatsed aeroobid, katalaaspo-

sitiivsed, oksüdaasnegatiivsed, liikuvad või mitteliikuvad, üksikult, paaris või ahelais olevad rakud. Optimaalne kasvutemperatuur on neil 25-30°C ja pH 5,5-6,5 (suutes kasvada temperatuurivahemikus 5 – 42°C ja pH 4-7 juures). Enamus äädikhappebaktereid kuuluvad perekondadesse *Acetobacter* (*A. aceti, A. cerevisiae, A. pasteurianus*, jt.) ja *Gluconobacter* (*G. cerevisiae, G. oxydans*, jt.) ning on kasutuses toiduainetetööstuses äädika või erinevate toidulisandite tootmisel. Samas võib neil olla oluline roll toidu riknemisprotsessides. Osad liigid perekonnast *Acetobacter* on aga võimelised tootma suurtes kogustes tselluloosi.

Äädikhappebakterid oksüdeerivad õhuhapniku juuresolekul erinevaid alkohole orgaanilisteks hapeteks. Biokeemiliselt ei ole siin tegelikult tegemist tõelise käärimisega, sest protsess toimub hapniku osavõtul, kus *Acetobacter* oksüdeerib äädik- ja piimhappe edasi CO_2 ja veeks. *G. oxydans* oksüdeerib D-sorbitooli L-sorbitooliks, mida kasutatakse askorbiinhappe valmistamisel.

Propioonhappebakterid

Propioonhappebakterid on kerakujulised või pleomorfsed (võimelised muutma oma vormi), grampositiivsed, mitteliikuvad, katalaaspositiivsed ja aerotolerantsed anaeroobid. Glükoosi fermenteerimisel produtseerivad nad tänu transkarboksülaasi ensüümile suurtes kogustes propioonhapet ja CO_2 ning väiksemas mahus isopalderjanhapet, äädik-, sipelg- ja piimhapet. Vastavalt liigile, võivad nad fermenteerida ka laktoosi, sukroosi, fruktoosi, galaktoosi või ka mõningaid pentoose. Osad liigid võivad produtseerida pigmenti (halli, punast või kollast), andes nii ka näiteks juustule ebasoovitava värvuse. Suurem osa propioonhapet tootvatest bakteritest kuuluvad perekonda *Propionibacterium* (*P. acidipropionici, P. freudenreichii, P. jensenii, P. thoenii*) ja mitmeid kasutatakse piimatoodete fermentatsioonil. Näiteks *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* produtseerib CO_2, moodustades tänu sellele Šveitsi tüüpi juustudele augud.

Võihappebakterid

Võihappebakterite hulka kuuluvad peamiselt spoore moodustavad grampositiivsed obligaatselt anaeroobsed pulkbakterid perekonnast *Clostridium* (*Cl. butyricum*), kes toodavad anaeroobsetes tingimustes sahhariide, fermenteerides suures koguses võihapet. *Cl. butyricum* suudab puuviljamahlade, tomatite, kurkide, veinide jm kääritamisel toota lisaks võihappele isobutaanhapet, propioonhapet ja äädikhapet ning gaasi.

Proteolüütilised ja lipolüütilised bakterid

Proteolüütilised bakterid produtseerivad ekstratsellulaarseid ensüüme – proteinaase, mille abil toimub valkude hüdrolüüs, andes sellega toidule kibeda maitse ning kiirendades roiskumist. Proteolüütilisi liike esineb perekondades *Alcaligenes, Alteromonas, Brevibacterium, Bacillus, Clostridium, Flavobacterium, Micrococcus, Pseudomonas, Staphylococcus* ja osad liigid sugukonnast Enterobacteriaceae.

Lipolüütilised liigid perekondadest *Alteromonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* ja *Staphylococcus* hüdrolüüsivad ekstratsellulaarsete lipaaside abil triglütseriide rasvhapeteks ja glütserooliks.

Spoore moodustavad bakterid

Paljudel mikroorganismidel on võime kohaneda muutustega ümbritsevas keskkonnas. Osad bakterid suudavad halvenenud keskkonnatingimustega toime tulla, moodustades kuumusele resistentseid endo- või eksospoore. Toidutöösuse jaoks on olulisemad endospoore moodustavad grampositiivsed bakteriperekonnad *Bacillus* (aeroob) ja *Clostridium* (anaeroob) ning gramnegatiivne perekond Desulfotomaculum, põhjustades toidu riknemist ja toidutekkelisi haigusi. Endospoorid suudavad taluda mitmeid füüsikalisi ja keemilisi antimikroobseid töötlusi nagu kuumust, kuivust, keemilisi desinfektante, UV-d jne. Bakterite endospoorid paiknevad rakus kas tsentraalselt (keskel), terminaalselt (otsmiselt) või subterminaalselt (keskosa ja

otsa vahel), põhjustades tihti rakus mõningast pundumist, mistõttu näevad rakud mikroskoobis välja ovaalsed või kerajad. Spoorid on metaboolselt inaktiivsed ja võivad olla sellises puhkeolekus aastakümneid või lausa aastasadu. Bakterirakule sobivate keskkonnatingimuste taastumisel suudab spoor üle minna vegetatiivse raku olekusse (antud protsessi nimetatakse germinatsiooniks).

Teised bakterid

Sahharolüütilised bakterid. Need on bakterid, kes hüdrolüüsivad sahharolüütiliste ensüümide abil di- ja polüsahhariidid lihtsuhkruteks (sh tärklise lagundamine, kasutades ekstratsellulaarselt produtseeritavat ensüümi amülaas). Sahharolüütiliste bakterite hulka kuuluvad liigid perekondadest *Aeromonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter* ja *Pseudomonas*.

Termotolerantsed bakterid. Termotolerantsed (sh termofiilsed) bakterid, kelle kasvutemperatuur on vahemikus 40 kuni 90 °C (optimaalselt 45-65 °C) suudavad ellu jääda ka pastöriseerimisprotsessis. Selliseid kõrgeid temperatuure taluvad või armastavad bakteriliike esineb perekondades *Bacillus* (endospoorid), *Clostridium* (endospoorid), *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Pediococcus* (*P. acidilactici*) ja *Streptococcus* (*S. thermophilus*).

Psührotroofsed bakterid. Psührotoofsed (sh psührofiilsed) bakterid on suutelised kasvama temperatuuridel ≤5 °C. Tänu oma külmataluvusele ja/või -lembusele on nad võimelised kasvama külmutatud ja jahutatud toidus ning võivad seeläbi põhjustada toidu riknemist. Aeroobseid, fakultatiivselt anaeroobseid või anaeroobseid psührotroofseid baktereid esineb perekondades *Aeromonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Alteromonas*, *Arthrobacter*, *Bacillus* (*B. coagulans, B. megaterium*), *Brochotrix (B. thermosphacta), Carnobacterium, Clostridium (Cl. laramie, Cl. estertheticum, Cl. algidicarnis, Cl. putrefaciens*), *Flavobacterium*, *Lactobacillus* (*Lb. viridescens, Lb. sakei, Lb. curvatus*), *Leuconostoc* (*Leu. carnosum, Leu. gelidum, Leu. me-*

senteroides), *Listeria*, *Moraxella*, *Pseudomonas* (*P. fluorescens, P. fragi*), *Serratia* (*Ser. liquefaciens*), *Sewanella* (*Sew. putrefaciens*), *Yersinia*.

Halotolerantsed bakterid. Bakterid, kes taluvad oma elukeskkonnas kõrgeid soolakontsentratsioone (≥ 10%), näiteks osad liigid perekondadest *Bacillus, Corynebacterium, Listeria, Micrococcus, Pediococcus, Staphylococcus, Vibrio*.

Osmofiilsed bakterid. Osmofiilsed bakterid kasvavad kõrgema osmootse rõhuga (nt suure suhkrusisaldusega) keskkonnas kui enamus teisi baktereid (*Lactobacillus, Leuconostoc, Staphylococcus*).

Lima produtseerivad bakterid. Osad bakterid sünteesivad polüsahhariide, tootes seeläbi lima (liigid perekondadest *Alcaligenes, Enterobacter, Lactobacillus, Lactococcus, Leuconostoc, Streptococcus, Xanthomonas*).

Gaase produtseerivad bakterid. Toitainete metabolismi käigus toodavad mitmed bakteriliigid (*Clostridium, Desulfotomaculum, Enterobacter, Escherichia, Lactobacillus, Leuconostoc, Propionibacterium*) ühte või mitut gaasi (CO_2, H_2, H_2S).

Indikaatorbakterid. Kolilaadsed bakterid (coli-laadsed ehk liigid perekondadest *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*), enteropatogeensed bakterid (*Campylobacter*, *Escherichia*, *Listeria*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Yersinia*), *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus*.

4.3.3. Pärm- ja hallitusseened

Pärm- ja hallitusseened on riiki Seened kuuluvad mikroskoopilised eukarüoodid ehk päristuumsed, sealjuures pärmid on ainuraksed, samas kui hallitusseened on hulkraksed. Võrreldes prokarüootidega, on eukarüootsed rakud oluliselt suuremad (20 kuni 100 µm). Seente rakkudele tagab toe ja kuju jäik rakusein, milles on paks kiht polüsahhariidseid fiibreid (koosneb kitiinist või tselluloosist) ning mille all on õhuke tsütoplasmamembraan. Seente rakuseinas peptidoglükaan puudub, mistõttu Grami järgi värvimis-

meetodit mikroseente identifitseerimisel ei kasutata. Eukarüootsete rakkudena sisaldavad seenerakud oma tsütoplasmas ka membraanidega seotud või ümbritsetud organelle – vakuoole, mitokondreid, lineaarseid DNA-kromosoome sisaldavat tuuma ja 80S ribosoome (seotud endoplasmaatilise retiikulumiga). Rakkude jagunemine toimub kas mitoosi (suguta paljunemine) või meioosi (suguline paljunemine) teel.

Pärmseente ehk pärmide rakk on kerajas, ovaalne või silinderjas, suurusega 5-40 x 2-10 µm. Pärmide rakukest sisaldab polüsahhariide (glükaanid), proteiine ja lipiide. Plasmamembraan sisaldab aga steroole. Pärmid paljunevad pungumise või jagunemise teel. Osad kottseened, näiteks *Candida albicans*, võivad esineda vastavalt keskkonnatingimustele kas üherakulise või hüüfilisena, moodustades nn. pseudohüüfe ehk pseudomütseeli. Enamus kottseentest on haploidsed, kuid näiteks nn. pagaripärmil *Saccharomyces cerevisiae* esineb nii haploidne kui diploidne vorm, olles seega võimeline nii suguta kui suguliseks paljunemiseks. Pärmid võivad olla oksüdatiivsed (nt. vedelike pinnal kasvavad pärmid, näiteks *S. cerevisiae var. ellipsoideus*), fermentatiivsed (läbi vedeliku või selle põhjakihis, nagu *S. cerevisiae var. carlsbergens*) või mõlemat. Pärmid on fakultatiivsed anaeroobid, mis tähendab, et hapniku olemasolul nad hingavad ja hapniku puudumisel fermenteerivad. Pärmid on kemoorganotroofid, nii et nende põhiline energiaallikas on keemiline (kemo-) ja oksüdeeritava aine ehk elektroni doonori loomus on orgaaniline (-organo). Süsinikuallikaks on enamjaolt glükoos ja fruktoos või sahharoos ja maltoos, kuid *S. fragilis* ja *Kluyveromyces lactis* fermenteerivad ka laktoosi, põhjustades seeläbi piima ja piimatoodete riknemist. Pärmide etanoolkäärimisel tekib alati etanool ja süsihappegaas ning kõrvalsaadusena ka glütserool.

Fermenteeritud toidust ja jookidest on leitud üle 20 perekonna pärme, kuhu kuuluvad näiteks *Brettanomyces*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Debaryomyces*, *Galactomyces*, *Geotrichum*, *Hanseniaspora*, *Hyphopichia*, *Issatchenkia*, *Kazachstania*, *Kluyveromyces*, *Metschnikowia*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Saccharomycodes*, *Saccharomycopsis*, *Schizosacc-*

haromyces, *Torulaspora*, *Trichosporon*, *Yarrowia* ja *Zygosaccharomyces*. Neist kõige tuntum ja uurituim ning biotehnoloogias laialt kasutatav on perekonda *Saccharomyces* kuuluv *S. cerevisiae*, tuntud ka kui pagaripärm.

Hallitusseened on aeroobsed, mistõttu käärimisprotsessides nad ei osale. Tootes ekstratsellulaarseid ensüüme, hüdrolüüsivad nad suuri molekule nagu polüsahhariide, valke ja rasvu väiksemateks molekulideks (glükoos, aminohapped, rasvhapped). Hallitusseened on oma ehituselt filamentoossed ehk niitjad, hargnevad ja mitteliikuvad. Rakukest koosneb neil tselluloosist, kitiinist või mõlemast. Hallitusseened koosnevad suurest hulgast filamentidest ehk hüüfidest. Hüüfide kogumit nimetatakse mütseeliks. Hüüfid koosnevad pikkadest silinderjatest rakkudest, jagunedes vaheseinte abil üksikuteks rakkudeks, mis on ühenduses läbi vaheseinas oleva ava. Viimase kaudu saab liikuda nii tsütoplasma kui ka tuumad ühest rakust teise. Reproduktiivne hüüf on tavaliselt ülejäänud hüüfidest väljaulatunud ja moodustab eksospoore, kas koniidide või sporangiumina. Osad hallitusseened produtseerivad ebasoovitavaid toksiine ja põhjustavad toidu riknemist, samas kui teised on kasutuses toidu töötlemisel, tootes erinevaid lisaaineid ja ensüüme, mis mõjuvad positiivselt toidu maitsele ja lõhnale.

Toiduainete tööstuses kasutatakse erinevaid hallitusseente liike perekondadest *Aspergillus*, *Amylomyces*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Rhizomucor* ja *Mucor*. *Aspergillus spp*. taluvad kõrget soola ja suhkru kontsentratsiooni. *A. niger* on tööstuslikult kasutuses sidrun- ja glükoonhapete ning ensüümide pektinaas ja amülaas tootmisel. *A. oryzae* on liik, mida kasutatakse fermentatsiooniprotsessides sake, sojakastme ja miso tootmisel. Üheks tuntuimaks perekonnaks hallitusseente hulgas on *Penicillium*, mis on oluline juustu valmimisel ja sellele maitse andmisel. *P. roqueforti* on kasutusel erinevate nn. siniste juustude valmimisel nagu Roqueforti ja Gorgonzola ning *P. camemberti* valgehallitusjuustude Camembert ja Brie puhul. Aasias kasutatakse traditsioonilise toidu tempeh valmistamisel *Rhizopus* perekonna liike *R. microsporus var. oligosporus* ja *R. oryzae*. Mitmed teisedki hallitusseeneliigid on toiduainetetööstuses kasutust leidnud nagu näiteks

sidrunhapet produtseeriv *Mucor piriformis*, amülaasi tootev *Amylomyces rouxii* või lipaasi sünteesiv *Rhizomucor miehei*. *Rhizomucor* liigid *R. miehei* ja *R. pusillus*, aga ka *Cryphonectria parasitica* on kasutusele võetud juustu laabi toomisel.

4.3.4. Mikroobide metabolism

Mikroobide kasv ja areng toidus on võimalik tänu mikroobirakkude tsütoplasmas ja tsütoplasma membraanis (gramnegatiivsetel bakteritel ka periplasmaatilises ruumis) toimuvale toiduosakeste või toitainete metabolismile. **Metabolism** e. aine- ja energiavahetusprotsess hõlmab toitainete transporti mikroobe ümbritsevast keskkonnast rakku läbi rakuseina ja rakumembraani ning tervet rida **kataboolseid** (dissimilatsioon) ja **anaboolseid** (assimilatsioon) protsesse, mille käigus suuremad toitained vastavalt kas lagundatakse (vabastades selle käigus energiat) või pannakse kokku väiksematest ainemolekulidest (kasutades varem toodetud energiat). Ainevahetuse käigus tekkinud lõpp-produktid, mis osutuvad raku jaoks mittevajalikeks, suunatakse rakust välja. Mitmetel rakust väljaviidavatel n.ö. kõrvalsaadustel on iseloomulikke omadusi, mis võivad avaldada nii positiivset (andes toidule uue lisaväärtuse) kui negatiivset mõju toidu tekstuurile, maitsele ja ka lõhnale. Sel viisil tekkinud kõrvalprodukte on võimalik välja puhastada ning kasutada toidulisanditena.

Metabolism on tänu energia regulatsioonile rakus vajalik ka mitmete teiste rakuliste protsesside jaoks nagu rakkude diferentseerumine, kahjustunud rakustruktuuride parandamine, kohandumine keskkonnastressile. Ainevahetusreaktsioone katalüüsib igasse mikroobirakku integreeritud ensüümide süsteem.

Mikroorganismid erinevad üksteisest toitainete omastamise ning energia hankimise poolest. Tuginedes toitumisele, võib mikroobe grupeerida heterotroofideks ja autotroofideks, mis omakorda jagunevad kemo- ja fotoheterotroofideks ning kemo- ja fotoautotroofideks (**tabel 4.4**).

Mitmeid mikroobirakkude poolt läbiviidavaid energia tootmis- ja lagundamisprotsesse kasutatakse igapäevaselt juba sajandeid või lausa aastatuhandeid toiduainete fermentatsioonil ehk kääritamisel. Peamisteks toidukomponentideks e. substraatideks mikroobide poolt läbiviidavates metaboolsetes protsessides, mis käivitavad käärimisprotsessid, on erinevad sahhariidid (süsivesikud), valgulised ja mittevalgulised lämmastikku

Tabel 4.4. Mikroobide klassifitseerimine energia ja toitainete omastamise alusel.

Mikroobide toitumis-tüübid		**Elektronide allikas**	**Energia - allikas**	**Süsiniku - allikas**	**Lämmastiku allikas**	**Näited**
Heterotroofid	Kemo-heterotroof	Orgaanilised ained	Orgaaniliste ühendite oksüdatsioon	Orgaanilised ained	Orgaanilised või anorgaanilised ühendid	Enamik mikroorganisme, sh. seened
	Foto-heterotroof	Orgaanilised ained	Valgus	CO_2 ja orgaanilised ained	Anorgaanilised ühendid	*Rhodospirillum, Rhodopseudomonas*
Autotroofid	Kemo-autotroof	H_2S S0 H_2 Fe^{2+}	Anorgaaniliste ühendite oksüdatsioon	CO_2	Anorgaanilised ühendid	*Beggiatoa* *Thiobacillus* *Hydrogenomonas* *Thiobacillus* *Carboxydomonas*
	Foto-autotroof	H_2S	Valgus	CO_2	Anorgaanilised ühendid	*Chlorobium, Chromatium*

sisaldavad ühendid ning lipiidid. Olulisimad fermenteeritavad süsivesikud toidus on tärklis, glükogeen (lihas), laktoos (piimatoodetes), sukroos, maltoos (tärklise laguprodukt), glükoos, fruktoos ja pentoosid (taimsed allikad). Valgulised ja mittevalgulised lämmastikühendid hõlmavad suuri valke, erinevas suuruses peptiide ja aminohappeid. Lipiidide alla kuuluvad triglütseriidid, fosfolipiidid, rasvhapped ja steroolid. Oma võimes transportida toidukomponente rakku ning neid seal töödelda, on mikroobid aga väga erinevad.

4.3.4.1. Toitainete transport rakku

Toitainete molekulid peavad mikroobi rakku jõudmiseks läbima mitmeid takistusi: rakuseina ja rakumembraani. Ainete transport rakku võib

olla kas passiivne (ei vaja lisaenergiat) või aktiivne (tuleb kasutada energiavarusid). Passiivse transpordi korral liiguvad ainemolekulid peamiselt kolme protsessi abil:

- lihtne difusioon: ainemolekulide iseeneslik liikumine piki kontsentratsiooni gradienti e. kõrgemalt kontsentratsioonilt madalamale – nii liiguvad läbi rakumembraani ainult väikesed vesilahustuvad või rasvlahustuvad molekulid;
- osmoos: vee molekulide difusioon läbi poolläbilaskva membraani;
- soodustatud difusioon: vajab transpordil valgulist vahendajat (on transporditavale molekulile spetsiifiline, näiteks glütserooli difusioon bakterirakkudesse läbi valguliste kanalite e. poriinide).

Reeglina elavad bakterid looduses lahjades lahustes, nii et ainete kontsentratsioon rakus on oluliselt kõrgem. Lahjast lahusest toitainete rakku toimetamiseks on vajalik rakendada aktiivset transporti, mis kasutab ATP-energiat ja tsütoplasma membraani fosfolipiidsesse kaksikkihti sopistunud transportvalke. Aktiivtranspordiga transporditakse rakku mitmed ioonid, aga ka aminohapped, mitmed süsivesikud ja orgaanilised happed. Aktiivne transport jaguneb:

1. primaarseks süsteemiks (näiteks ATP-d siduva kasseti e. ABC (*ATP-binding cassette*) transporterid);
2. sekundaarseks süsteemiks, kus rakendatakse prootoneid liikuma panevat jõudu ning mille puhul eristatakse uni-, süm- või antiport süsteemi (nii toimub näiteks bakteril *Lactobacillus acidophilus* laktoosi sümport rakku koos laktoosi permeaasi LacY-ga);
3. fosfoenoolpüruvaat-fosfotransferaas transportsüsteemiks (transpordi käigus toimub ka substraadi fosforüülimine (sel viisil transporditakse rakku glükoosi, mannoosi, fruktoosi, α- atsetüülgükoosamiini ja β- glükosiide).

Disahhariidid nagu sukroos, maltoos ja laktoos hüdrolüüsitakse rakus vastavate ensüümide – sukraasi, maltaasi ja laktaasi (β- galaktosidaas) – poolt heksoosideks (glükoosiks, fruktoosiks, galaktoosiks, mannoosiks). Laktoosi puhul hüdrolüüsitakse fosforüülitud laktoos (galaktoos-6-fosfaat-glükoos) glükoosi saamiseks enne järgmisi metabolismiprotsesse fosfo-β-galaktosidaasi ja galaktoos-6-fosfaadi poolt.

4.3.4.2. Energia talletamine

Mikroobirakud saavad energiat oksüdatsioonil (nimetatakse ka hingamiseks), fermentatsioonil ja fotosünteesil. Selleks, et mikroorganism paljuneks, vajatakse ühte neist kolmest nimetatud protsessist. Organismis toimuvate lagundamisprotsessidega kaasneb enamasti energia vabanemine. Vabanev energia talletatakse umbkaudu 40% kasuteguriga makroergilistesse ühenditesse, ülejäänud 60% hajub soojusena. Energiat kasutatakse organismis biosünteesil, ainete transpordil ja liikumisel. Makroergilised ühendid on orgaanilised ained, millesse salvestatud keemilist energiat saab kasutada erinevates biosünteesiprotsessides. Üheks peamiseks makroergiliseks ühendiks, mis osaleb nii assimilatsiooni- kui ka dissimilatsiooniprotsessides, on ATP ehk adenosiintrifosfaat.

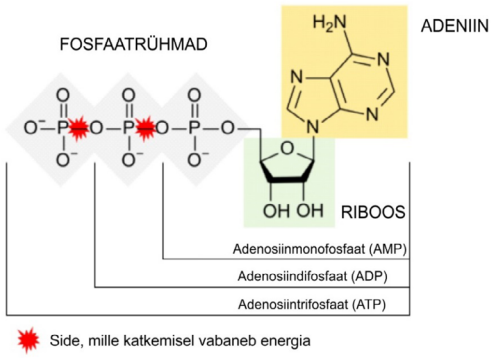
ATP on universaalne energia talletaja ja ülekandja, mida leidub kõikide organismide rakkudes.

ATP molekul on ribonukleotiid, mis on moodustunud lämmastikaluse adeniini, riboosi ja kolme fosfaatrühma omavahelisel ühinemisel (**joonis 4.61**). Lisaks ATP-le kasutatakse rakkudes veel teisi makroergilisi ühendeid (GTP, CTP, UTP, TTP, NADP, NAD).

ATP moodustub nii glükolüüsi, käärimise, hingamise kui ka fotosünteesi käigus (ADP + Pi –> ATP + 30 kJ/mol energiat). Näiteks aeroobse mikroorganismi puhul oksüdeeritakse esialgne süsinikuallikas, tavaliselt glükoos, süsinikdioksiidiks ja hapnik redutseeritakse prootoni (vesiniku) kaasamisel veeks ning tekib 38 ATP-d:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38ADP + 38Pi = 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$$

Enamus ATP-d tekib läbi oksüdatiivse fosforüülimise elektronide transpordiahelas. Oksüdatiivsel fosforüülimisel toodetakse elektronide keemilise gradiendi energiat ja kõrge energiaga ühendeid elektronide ülekande käigus (vt. aeroobne hingamine). Anaeroobsetel bakteritel funktsionaalsed elektronide transpordiahelad puuduvad, mistõttu neil tuleb lagundada ühendeid kääritamise teel, tekitades ühe mooli glükoosi kataboliseerimisel vaid 1 või 2 mooli ATP-d.



Joonis 4.61. ATP ehk adenosiintrifosfaadi ehitus.

Mikroobidel toimub toitainete kasutamine erinevalt, kuid paljudel juhtudel baseeruvad need kolmel kataboolsel rajal, mille käigus glükoos konverteeritakse CO_2-ks ja vabastatakse energiat. Prokarüootsetel mikroobidel toimub see tsütoplasmas ning eukarüootsetel rakkudel (sh pärmseen) nii tsütoplasmas kui ka mitokondris.

4.3.4.3. Metabolismi tüübid

Toiduosakeste katabolism, mis põhjustab paljudes heterotroofsetes mikroorganismides energia vabanemise, võib kulgeda läbi erinevate ainevahetusradade:

- glükolüüsi ehk Embdeni-Meyerhofi-Parnase (EMP) raja,
- pentoosfosfaadi raja (PPP),
- Entneri-Doudoroffi raja (EDP),
- Krebsi ehk trikarboksüülhappe (TCA) ehk tsitraaditsükli,
- glüoksülaadi tsükli vältel,

- hingamisel,
- fermentatsioonil,
- jm. metabolismiradade kaudu.

Glükolüüs

Kõik eukarüoodid ja suur osa prokarüootidest kasutavad glükoosi katabolismiks Embdeni-Meyerhofi-Parnase (EMP) rada, lihtsamalt öelduna glükolüüsi (**joonis 4.62**). Glükolüüsi reguleerib ensüüm **fosfofruktokinaas**, mille abil fruktoos-6-difosfaat muutub fruktoos-1,6-difosfaadiks. Teine väga oluline võtmeensüüm EMP rajas on **aldolaas**.

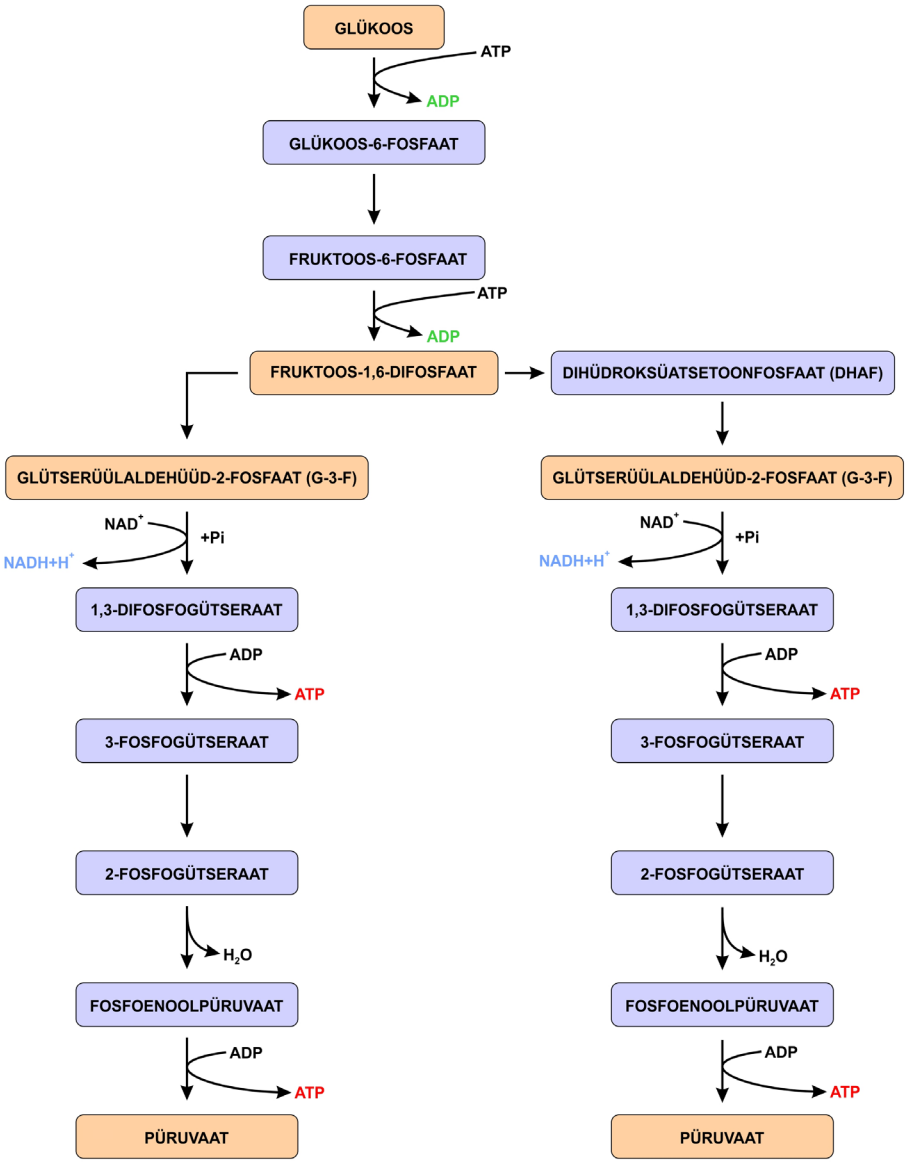
Aldolaas lõhustab fruktoos-1,6-difosfaadi (6-C ehk 6-süsinikuline) molekuli kaheks 3-C ehk 3-süsinikuliseks molekuliks: dihüdroksüatsetoonfosfaadiks (DHAF) ja glütseeraldehüüd-3-fosfaadiks (G-3-F). Tegu on isomeeridega, kus DHAF muundub edasiste reaktsioonide tarbeks reaktiivsemaks G-3-F'ks. Kahe G-3-F molekuli konventeerimisel kaheks püruvaadi molekuliks läbitakse rida reaktsioone, mille käigus tekib kaks NADH molekuli ja kaks ATP molekuli.

Glükoosi täielik oksüdeerimine võib hõlmata kokku kolme biokeemilist rada: glükolüütilist ehk EMP rada, Krebsi tsüklit (nimetatakse ka tsitraaditsükliks või trikarboksüülhappe tsükliks) ja oksüdatiivset fosforüülimist.

EMP rada kasutavad näiteks homofermentatiivsed piimhappebakterid, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus spp.* ning on oluline anaeroobselt või fermentatiivselt metaboliseerivate bakterite ja pärmide jaoks.

Pentoosfosfaadi rada

EMP rajale alternatiivselt või viimasega tihedasti seotult võib glükoosi katabolism kulgeda läbi pentoosfosfaadi raja (PPP) (*ingl. k.* pentose phospate pathway, kutsutakse ka heksoosi monofosfaatühenduseks (*ingl. k.* hexose monophosphate shunt) või Warburgi-Dickensi-Horeckeri rajaks).



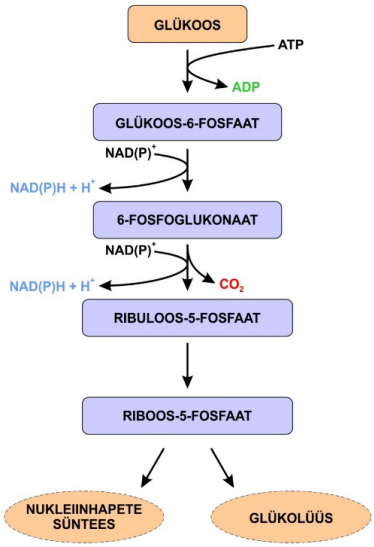
Joonis 4.62. Glükolüüs ehk Emdeni-Meyerhofi-Parnase (EMP) rada.

PPP reaktsioonide käigus tekib heksoosi (glükoos-6-fosfaadi) oksüdatsioonil nukleiinhapete sünteesiks vajalik riboos ning muudeks sünteesireaktsioonideks vajaminev nikotiinamiid adeniin dinukleotiidfosfaatoksüdaas NAD(P)H (**joonis 4.63**). PPP-d kasutavad heterofermentatiivsed piimhappebakterid, *Bacillus* spp. ja *Pseudomonas* spp. Defektse glükolüüsiraja tõt-

tu on liikidel *Gluconobacter oxydans* ja *Gluconacetobacter xylinus* PPP ainus, mida heksooside lagundamiseks kasutada.

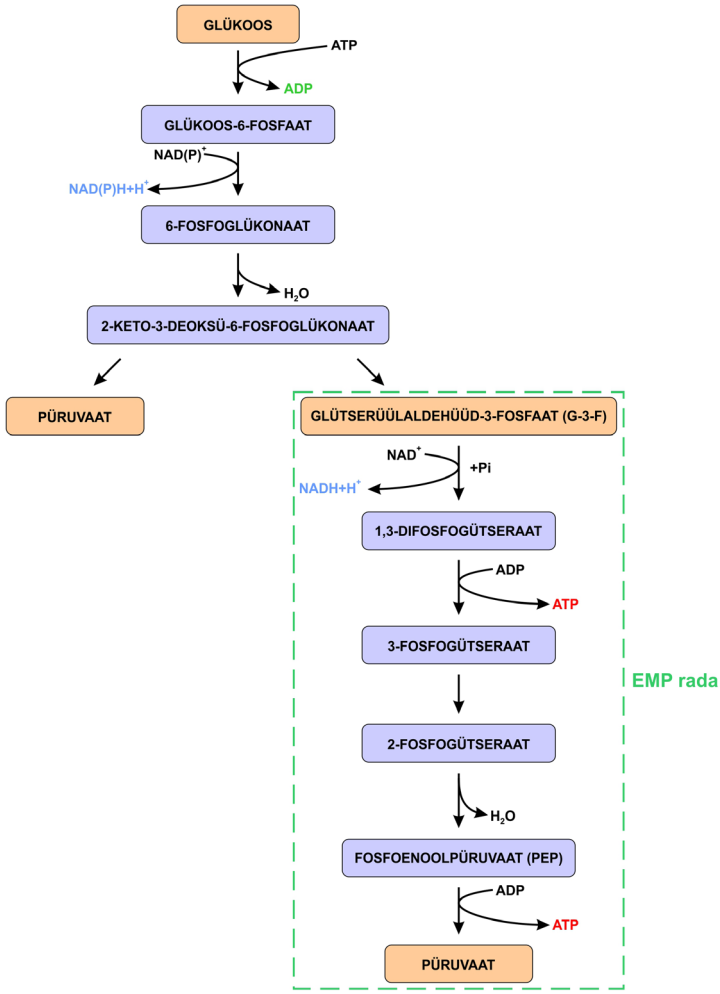
Entneri–Doudoroffi rada

Entneri–Doudoroffi rada (EDP) seostub tavaliselt obligaatsete aeroobide ja fakultatiivselt anaeroobsete bakteritega (**joonis 4.64**). Aeroobsed gramnegatiivsed liigid perekondadest *Azotobacter* ja *Pseudomonas*, kasutavad glükoosi läbi EDP raja, sest neil mikroobidel puudub ensüüm fosfofruktokinaas, mistõttu nad ei saa sünteesida fruktoos-1,6-difosfaati. Fakultatiivsetel anaeroobidel, kel puudub aldolaas (mis jagaks fruktoos-1,6-difosfaadi kaheks trioosfosfaadi ühendiks), ei ole glükolüüsi rada funktsionaalne (näiteks *Zymomonas mobilis*). Antud bakterid kataboliseerivad glükoosi läbi EDP raja küll püruvaadiks, kuid sealt edasi produtseerivad nad sarnaselt pärmseentele etanooli ja süsinikdioksiidi.



Joonis 4.63. Pentoosfosfaadi rada (PPP).

Biokeemiline reaktsioon Entneri-Doudoroffi rajal kujutab endast modifikatsiooni pentoosfosfaadi rajast, kus aga pentoossuhkruid otseselt ei teki. EDP puhul oksüdatiivset dekarboksüleerumist 6-fosfoglükonaadist ja pentoosühenditest ei toimu. Selle asemel moodustub 6-fosfogükonaat-dehüdrataasi toimel uus 6-süsinikuline vaheühend (2-keto-3-desoksü-6-fosfoglükonaat). Tekkinud vaheühend lõigatakse 2-keto-3-desoksü-6-fosfoglükonaat-aldolaasi abil kohe püruvaadiks ja glütseeraldehüüd-3-fosfaadiks. Glütseraldehüüd-3-fosfaadi edasine oksüdatsioon teiseks püruvaadi molekuliks toimub identselt EMP rajale. EDP rada annab ainult ühe ATP molekuli ühe mooli glükoosi kohta, olles seega energeetiliselt vähemefektiivne kui EMP rada.



Joonis 4.64. Entneri – Doudoroffi rada (EDP).

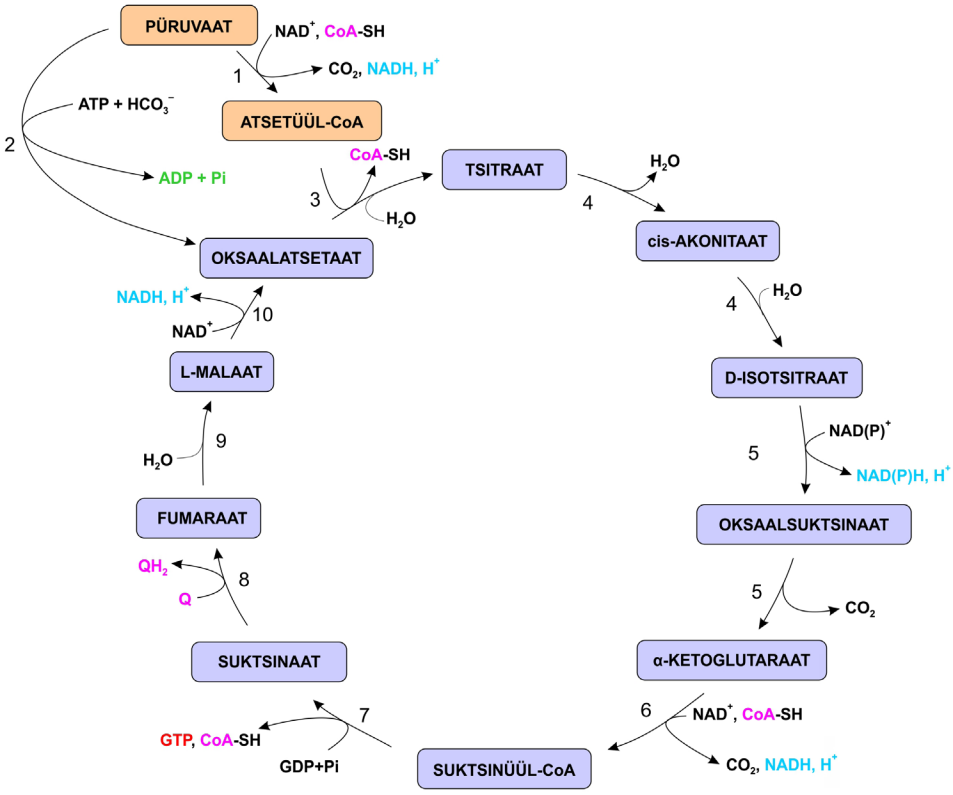
Krebsi tsükkel

Krebsi tsükkel (tuntud ka kui trikarboksüülhappe (TCA) tsükkel ehk tsitraaditsükkel) on aeroobsesse hingamisse kuuluv oksüdatiivne protsess, kus püruvaat (või atsetüülkoensüüm-A) dekarboksüülitakse täielikult CO_2-ks (**joonis 4.65**), seondudes elektrontranspordiahelaga.

Bioenergeetiliselt, TCA tsüklis toodetakse:

$$\underset{\text{Püruvaat}}{2CH_3\text{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}\text{-}COOH} + 5O_2 \xrightarrow{\text{Elektronide ülekanne ja oksüdatiivne fosforülatsioon}} 6CO_2 + 4H_2O + 30ATP$$

Krebsi tsüklis konserveerunud keemiline energia sisaldub redutseeritud ühendites, kuna ATP muutub kättesaadavaks alles viimases hingamise etapis (elektronide transport ja oksüdatiivne fosforüülimine). Termodünaamilistel põhjustel ei saa fermenteerivad bakterid tekitada sama palju energiat kui hingavad rakud (**tabel 4.5**). Hingamine toimub aeroobsetes mikroobirakkudes, kus tavaliselt genereeritakse 1 mooli glükoosi oksüdeerumisel 38 ATP molekuli (eeldades, et üks NAD(P)H = 3ATP ja üks $FADH_2$ = 2ATP). See annab umbes 380 000 cal ühe mooli glükoosi kohta (ATP ~ 10 000 cal mol^{-1}) ja ülejääv 308 000 cal kaob soojusena. Termodünaamiliselt,



Joonis 4.65. Krebsi tsükkel ehk trikarboksüülhappe tsükkel (TCA) ehk tsitraaditsükkel. Ensüümid: 1- püruvaadi dehüdrogenaas, 2-püruvaadi karboksülaas, 3-tsitraadi süntaas, 4-akonitaas, 5-isotsitraadi dehüdrogenaas, 6- α-ketoglutaraadi dehüdrogenaas, 7-suktsinüül-CoA süntetaas, 8-suktsinaadi dehüdrogenaas, 9-fumaraas, 10-malaadi dehüdrogenaas. Lühendid ja sümbolid: CoA – koensüüm A, CoA-SH – koensüüm A redutseeritud vorm, ATP/ADP – adenosiintrifosfaat, adenosiindifosfaat, GTP/GDP – guanosiintrifosfaat/ guanosiindifosfaat, NAD(P)+ /NAD(P)H – nikotiinamiidadeniindinukleotiid(fosfaat) (oksüdeerunud/ redutseerunud vorm), Q – koensüüm Q, Pi – ortofosfaat.

1 mol-1 glükoosi täielik oksüdeerumine peaks kokkuvõtvalt andma umbes 688 000 cal. Seega on rakkudes toimuv hingamisprotsess parimal juhul umbes 55% tõhus.

TCA tsükkel on toiduainetööstuses aluseks nii sidrunhappe kui glutamiinhappe tööstuslikule kääritamisele. Sidrunhapet tootvad *Aspergillus niger* tüved ei ekspresseri α-ketoglutaraadi dehüdrogenaasi ning neil on isotsitraadi dehüdrogenaasi ja akonitaasi aktiivsus kasvamise ajal langenud, põhjustades sellega sidrunhappe tootmise. Glutamiinhappe tootjatel (nagu *Corynebacterium glutamicum*) on samuti α-ketoglutaraadi dehüdrogenaasi defitsiit, kuid kuna glutamaadi dehüdrogenaasi tase on tõusnud, põhjustab see glutamiinhape produktsiooni.

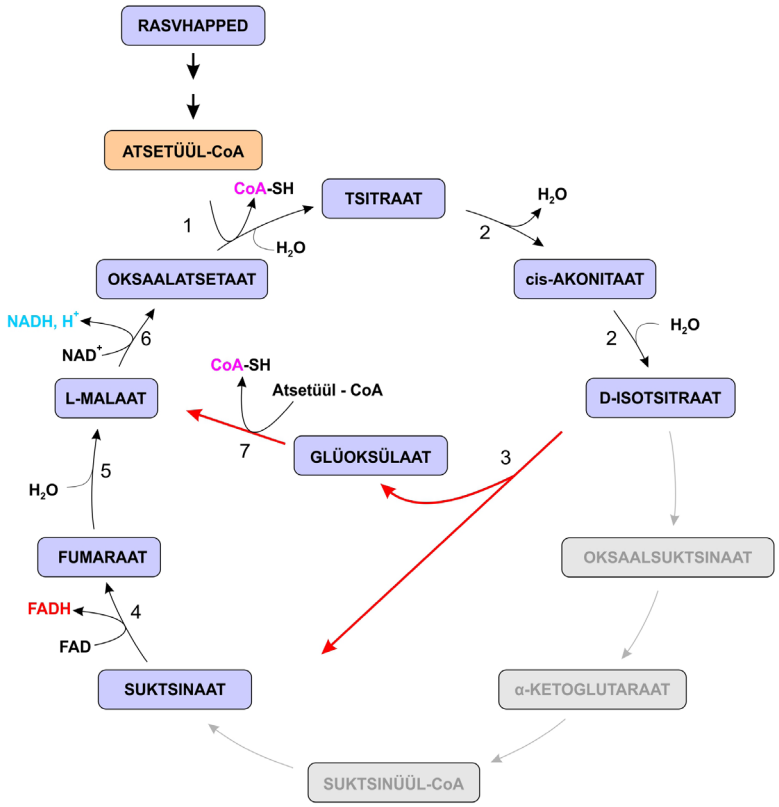
Tabel 4.5. Fermentatsioonil ja respiratsioonil tekkiv energia.

Katabolism	**Tegelik energia (cal/mol)**	**Teoreetiline energia (cal/mol)**	**Efektiivsus (%)**
$C_6H_{12}O_6$ (glükoos) $\xrightarrow{\text{glükolüüs}}$ $2C_3H_6O_3$ (piimhape)	20 000	57 000	35
Alkohoolne fermentatsioon: $C_6H_{12}O_6$ (glükoos) $\xrightarrow{\text{glükolüüs}}$ $2C_3H_6O_3$ (etanool)	20 000	58 000	34
Respiratsioon ehk hingamine: $C_6H_{12}O_6 + O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ (glükoos)	380 000	688 000	55

Glüoksülaadi tsükkel

Mõningatel bakteritel ja eukarüootidel esineb glüoksülaadi tsükkel, mis on modifikatsioon TCA tsüklist (**joonis 4.66**). Funktsioonid sarnanevad siin TCA tsüklile, kuid mitmed TCA tsüklis esinevad ensüümid puuduvad. TCA tsükli vahereaktsioonid tekivad, kui mikroorganismil puudub α-ketoglutaraadi dehüdrogenaas. Püruvaadi oksüdatsiooni ei ole glüoksülaadi tsüklisse otseselt kaasatud, kuna see tsükkel annab piisavas koguses suktsinaati ja malaati, mis on vajalikud energia tootmiseks. Atsetüül-CoA genereeritakse otse rasvhapete ja teiste lipiidsete ühendite oksüdatsioonil.

Krebsi tsükkel funktsioneerib nii bakterites ja eukarüootsetes süsteemides, kuid bakterite hulgas esineb rohkem erinevusi. Üks erinevus on see, et obligaatsetel aeroobidel võib L-malaati oksüdeerida otse molekulaarse O_2 kaudu läbi elektronide transpordiahela. Teistes bakterites võivad seoses α-ketoglutaraadi dehüdrogenaasi puudumisele toimuda vaid mõned Krebsi tsükli vahereaktsioonid. Glüoksülaadi tsükli funktsioon on toota trikarboksüül- ja dikarboksüülprodukte, aga ka vaheühendid, mis on tavaliselt Krebsi tsüklis olemas. Glüoksülaadi tsüklit on leitud paljudel bakteritel (näiteks *Arthrobacter spp*., *Azotobacter vinelandii*).



Joonis 4.66. Glüoksülaadi tsükkel. Ensüümid: 1-tsitraadi süntaas, 2-akonitaas, 3-isotsitraadi lüaas, 4- suktsinaadi dehüdrogenaas, 5-fumaraas, 6-malaadi dehüdrogenaas, 7-malaadi süntaas. Lühendid ja sümbolid: CoA – koensüüm A, CoA-SH – koensüüm A redutseeritud vorm, NAD+ /NADH – nikotiinamiidadeniindinukleotiid (oksüdeerunud/ redutseerunud vorm), FAD/FADH - flaviinadeniindinukleotiid ja selle redutseeritud vorm, Pi - ortofosfaat

Hingamine

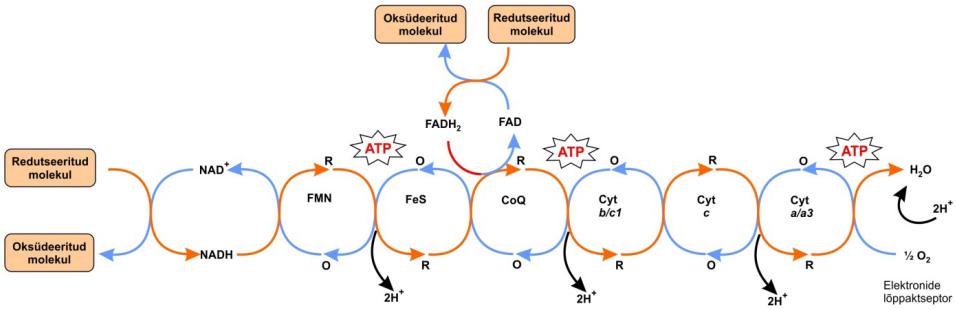
Hingamine on teatud tüüpi heterotroofne metabolism, mis kasutab hapnikku ja glükoosi. Hingamine toimub, kui orgaaniline ühend (tavaliselt süsivesik) oksüdeerub täielikult süsinikdioksiidiks (CO_2) ja veeks (H_2O). Aeroobsel hingamisel toimib molekulaarne hapnik (O_2) elektronide lõpp-aktseptorina. Anaeroobsel hingamisel võib olenevalt mikroobiliigist elektronide lõpp-aktseptoriks olla kas NO_{3-}, SO_4^{2-}, CO_2 või fumaraat, mitte O_2.

Aeroobne hingamine

Aeroobse hingamise lõppfaas toimub läbi rea oksüdatsiooni-redukt-siooni protsesside elektronide ülekandeahelas (elektronide transport ja oksüdatiivne fosforüülimine), mille käigus vabaneb energia (**joonis 4.67**).

Parimaks elektronide aktseptoriks on hapnik (O_2), mis redutseeritakse veeks (H_2O). Bakterid kasutavad aeroobsel hingamisel erinevaid flaviine, tsütokroomi, mitteheemse raua ühendeid (FeS) ja mitmeid tsütokroomide oksüdaase, mis esinevad bakteritel rakumembraanis (eukarüootidel mitokondriaalsel membraanil). Elektronkandjad on bakterite elektronide transportsüsteemis mitmekesisemad kui eukarüootidel. Mitokondriaalsel hingamisel on leitud vaid üks tsütokroomoksüdaasi komponent, kuid bakterites on tsütokroomoksüdaase mitu. Nii bakterite kui imetajate elektronide ülekandmissüsteemid võivad läbi viia elektronide ülekande (oksüdatsiooni) reaktsioone koos NADH + H^+, NADPH + H^+, ja suktsinaadiga. Oksüdatsioonireaktsioonid on ühenduses ATP tekkega. Kuna elektronid liiguvad elektronkandjate abil kindla järjekorra alusel, sünteesitakse ATP ortofosforhappest (H_3PO_4) või kompleksist ADP + orgaaniline fosfaat (Pi).

Energiat, mis elektrontranspordiahelas tekib, kasutatakse ensüümide ergastamiseks, nii et ensüümid, mis asuvad rakumembraanis, oleksid võimelised prootoneid (H^+) läbi membraani pupama. Prootonite kuhjumisel väljaspool membraani tekib erinevus rakusisese ja -välise laengu ning pH



Joonis 4.67. Elektronide transpordiahel aeroobse hingamise korral. Elektronide kandjateks on: FMN - flaviin mononukleotiid, FeS – raudsulfiid, CoQ – koensüüm Q, Cyt – tsütokroomid a, b ja c. NAD+ /NADH – nikotiinamiidadeniindinukleotiid (oksüdeerunud/redutseeritud vorm); FAD/$FADH_2$ - flaviinadeniindinukleotiid ja selle redutseeritud vorm; ATP – adenosiintrifosfaat; O – oksüdeeritud molekul; R – redutseeritud molekul.

vahel. Happesuse ja laengute erinevuse tõttu membraanil, tahavad prootonid siseneda taas raku tsütoplasmasse ning tehes seda läbi membraanis paikneva ATP süntaasi, annavad nad tõuke ATP sünteesile ADP-st.

Anaeroobne hingamine

Üheks heterotroofse metabolismi tüübiks on anaeroobne hingamine, kus terminaalse elektronaktseptor O_2 asemel on mõni muu toidus või kasvupinnases esinev spetsiifiline ühend, ilma milleta sellised heterotroofsed bakterid anaeroobselt kasvada ei suudaks. Suur osa anaeroobselt hingavatest bakteritest on nitraadi redutseerijad, kellel esineb selleks vajalik kompleksne (keeruline) elektronide transpordisüsteem, mis võimaldab kasutada NO_3 elektronide lõppaktseptorina.

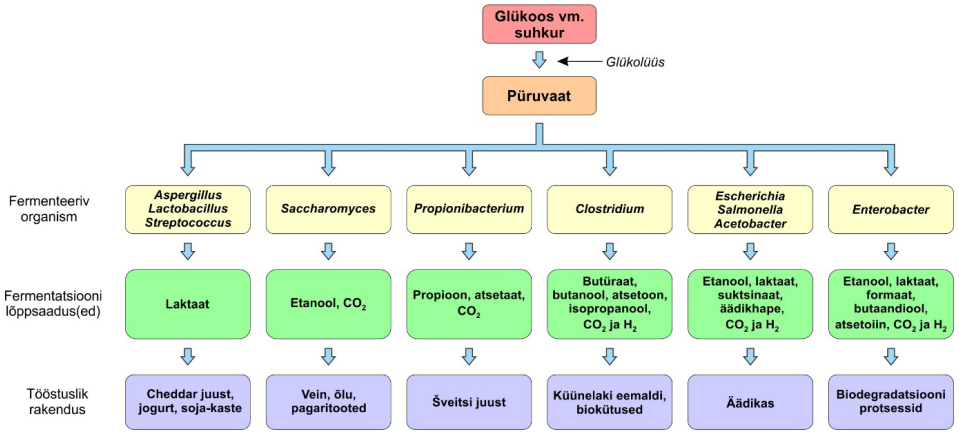
Teine grupp anaeroobselt hingavaid mikroobe redutseerivad sulfaate kasutades selleks H_2SO_4 and SO_4^{2-} ioone.

Osad anaeroobid suudavad redutseerida fumaraati (HOOC-CH=CH-COOH) suktsinaadiks (HOOC-CH_2-CH_2-COOH). Metanogeenid aga toodavad metaboolse lõpp-produktina metaani (CH_4), kasutades kasvusubstraadina H_2 gaasi ning kus CO_2 on lõplikuks elektronide aktseptoriks:

$$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O + \text{energia}$$

Fermentatsioon

Fermentatsioon ehk käärimine on järgmine heterotroofse metabolismi vorm, mille puhul elektronide terminaalseks aktseptoriks on hapniku (või vesiniku) asemel anorgaaniline ühend. Tegu on glükoosi mittetäieliku oksüdatsiooniga, kus genereeritakse küll vähem energiat, kuid mis võimaldab anaeroobseid kasvutingimusi. Oksüdatsiooniprotsessil tekkivad lihtsad orgaanilised lõpp-produktid (**joonis 4.68**) võivad olla ka elektronide (vesinik) terminaalseteks aktseptoriteks. Energia (ATP) luuakse dehüdrogenisatsioonil (vesiniku eraldumine keemilises protsessis). Fermentatsioonil kasutatakse EMP rada, et toota produkti, mis järgnevalt redutseeritakse orgaanilisteks ühenditeks.



Joonis 4.68. Fermentatsioonil tekkivad peamised lõppsaadused ja nende tööstuslik rakendus.

Homofermentatiivne katabolism

Heksoosid, mis on raku tsütoplasmasse transporditud heksoosidena või on tekkinud disahhariidide laguproduktid, fermenteeritakse piimhappebakterite (LAB) homolaktiliste liikide poolt peamiselt piimhappeks. Homofermentatiivsed bakteriliigid esinevad perekondades *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Pediococcus* ning mõned grupp I (homofermentatiivsed) ja grupp II (fakultatiivselt heterofermentatiivsed, vt. tabel 2) liigid perekonnast *Lactobacillus* (**tabel 4.6**). Heksooside katabolism toimub läbi EMP metaboolse raja (**joonis 4.69**).

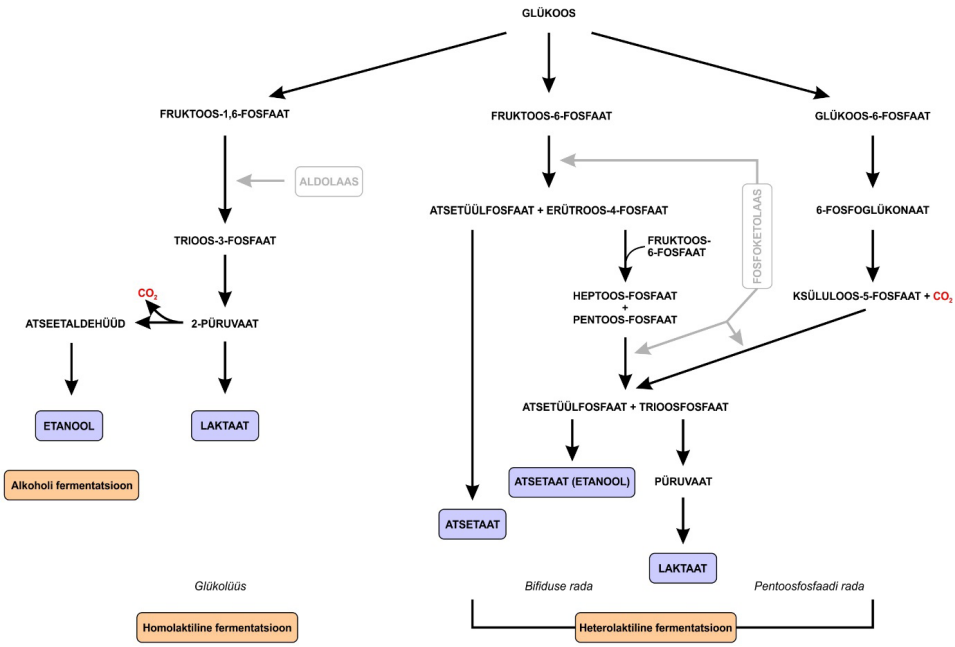
Homofermentatiivsetel liikidel, kellel puudub ensüüm fosfoketolaas (vajalik HMS rajas), esineb fruktoos-1,6-difosfaataldolaas, mille abil toimub kuuesüsinikulise (6-C) heksoosi hüdrolüüs, et saada 2 molekuli kolmesüsinikulist (3-C) ühendit. Piimhappebakterite võime toota L(+)-, D(-)- või DL- piimhapet (piimhappe molekul võib esineda kahe optilise isomeerina: L(+)-piimhape [nimetatakse ka S-piimhape] ja selle peegelisomeer D(-)-piimhape [ehk R-piimhape] või nende isomeeride seguna; DL-piimhape), tuleneb sellest, kas nad omavad vastavat lakataadi dehüdrogenaasi (L, D või mõlemat korraga). L(+)-piimhappebakterid on näiteks *Lactobacillus casei* ssp. *casei*, *Lab. casei* ssp. *rhamnosus*, *Lab. divergens*, *Lab. amylophilus*, *Lab amylovorus*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* ja *Lac. lactis* ssp. *cremoris* ning *Streptococcus thermophilus*. DL-piimhapet toodavad *Lab. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lab. delbrueckii* ssp. *helveticus*, *Lab. acidophilus*, *Lab. reuteri*, *Lab. plantarum*, *Pediococcus acidilactici* ja *P. pentosaceus*.

Kokkuvõtlikult toimub EMP rajas ühest heksoosimolekulist kahe piimhappemolekuli ja kahe ATP molekuli tootmine.

Tabel 4.6. Monosahhariidide fermentatsioon osade kultuurjuuretise bakterite poolt.

Bakterite perekond	Mono-sahhariidid	Fermentatsiooni tüüp	Metabolismi rada	Peamised lõpp-produktid
Lactococcus	Heksoosid	Homolaktiline	EMP	Laktaat
Streptococcus	Heksoosid	Homolaktiline	EMP	Laktaat
Pediococcus	Heksoosid	Homolaktiline	EMP	Laktaat
Leuconostoc	Heksoosid	Heterolaktiline	PPP	Laktaat, CO_2, atsetaat/etanool (1:1:1)
	Pentoosid	Heterolaktiline	PPP	Laktaat, atsetaat/etanool (1:1)
Lactobacillus				
Grupp I	Heksoosid	Homolaktiline	EMP	Laktaat
Grupp II	Heksoosid	Homolaktiline	EMP	Laktaat
	Pentoosid	Heterolaktiline	PPP	Laktaat, atsetaat/ etanool (1:1)
Grupp III	Heksoosid	Heterolaktiline	HMÜ	Laktaat, CO_2, atsetaat/etanool (1:1:1)
	Pentoosid	Heterolaktiline	PPP	Laktaat, atsetaat/ etanool (1:1)
Bifidobacterium	Heksoosid	Heterolaktiline	BP	Laktaat, atsetaat (1:1,5)

EMP – Embden-Meyerhoff-Parnas; PPP – pentoosfosfaadi rada; BP – bifiduse rada (fruktoosi ketolaas)



Joonis 4.69. Homo- ja heterolaktiline fermentatsioon.

Pärmseente (nt. *Saccharomyces cerevisiae*) poolt, eelistatult anaeroobsetes tingimustes, läbiviidav **alkohoolne fermentatsioon** on identne glükolüüsile, kus aga protsessi viimases etapis ei toodeta mitte piimhapet vaid etanooli ja süsihappegaasi (CO_2)

Heterofermentatiivne katabolism

Heterofermentatiivsed bakterid fermenteerivad glükoosi erinevateks lõpp-produktideks nagu äädikhape, sipelghape, piimhape, merevaikhape, atsetaat, atseetaldehüüd, etanool ja CO_2. Neil puuduvad nii aldolaasid kui ka keto-deoksüfosfoglükonaadi aldolaasid. Heterofermentatiivsed bakterid on näiteks perekonnas *Leuconostoc*, *Mycobacterium* ja mõned liigid perekonnast *Lactobacillus* (grupp III e. heterofermentatiivsed laktobatsillid).

Heterofermentatiivne käärimine on bakteritel enim levinud, nagu ka mitme erineva happe fermenteerimine bakteritel *Enterobacteriaceae* sugukonnast (nt. *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella* ja *Proteus*). Paljud neist

glükoosi fermenteerijatest toodavad tavaliselt CO_2 ja H_2 kombinatsioonis erinevate orgaaniliste produktidega. Osad bakterid (näiteks *Enterobacter aerogenes*, *Aeromonas*, *Serratia*, *Erwinia*, ja *Bacillus*) toodavad nii CO_2 ja H_2 kui ka teisi neutraalseid lõppsaadusi (nagu etanool, atsetoiin ja 2,3-butüleenglükool).

Mitmed obligaatsed anaeroobid nagu *Clostridium* spp. (*Clostridium saccharobutyricum*), *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* ja *Butyribacterium* toodavad glükoosi fermenteerimisel butüraati, atsetaati, CO_2 ja H_2, samas kui teised *Clostridium* spp. liigid (nagu *C. acetobutylicum* ja *C. butyricum*) toodavad neile lisaks veel mitmeid teisi käärimise lõppsaadusi (butanooli, atsetooni, isopropanooli, divesiniksulfiidi ja etanooli). Anaeroobsed propioonhappebakterid (*Propionibacterium* spp.) ja *Veillonella* spp. fermenteerivad glükoosi CO_2, propionaadi, atsetaadi, ja suktsinaadi moodustamiseks. Propionaati toodab ka *Clostridium propionicum*, *Bacteroides ruminicola* ja *Peptostreptococcus*. Aeroobsed äädikhappe bakterid (näiteks *Acetobacter* ja *Gluconobacter* spp.) võib kasutada glükoosi atsetaadi ja glükonaadi tootmiseks.

Teised metabolismi tüübid

Bakteriaalne fotosüntees on valgusest sõltumatu anaeroobne metabolismi vorm, kus CO_2 redutseeritakse glükoosiks, mida kasutatakse nii biosünteesiprotsessides kui energia tootmisel. Osadel prokarüootidel (bakterid ja *Cyanobacteria* ehk sinivetikad) on fotosünteesiv metabolism. Fotosünteesivad bakterid sünteesivad glükoosi rakusiseselt, mis tavaliselt toimub läbi rakulise hingamise. Fotosünteesiv ja lämmastikku fikseeriv grampositiivne bakter *Heliobacterium chlorum* sisaldab bakterklorofüll g-d.

Autotroofia on unikaalne metabolismi vorm, mis esineb vaid bakteritel. Autotroofsed bakterid oksüdeerivad anorgaanilisi ühendeid (NH_3, NO_2^-, S_2 ja Fe^{2+}) energia tootmiseks otse, ilma et vajaksid selleks päikese valgusenegiat. Fotosünteesivatele organismidele sarnaselt kasutavad kõik autot-

roofid süsinikuallikana CO_2 ning saavad oma lämmastiku anorgaanilistest ühenditest nagu NH_3, NO_3^- või N_2. Sellised organismid saavad oma eluks ja kasvuks vajaliku energia konkreetsete anorgaaniliste ühendite oksüdeerimisel. Paljud autotroofid ei ole võimelised kasvama söötmel ehk meedial, mis sisaldab orgaanilist ainet.

Autotroofsed bakterid oksüdeerivad ka mitmeid väävliühendeid nagu H_2S, S_2 ja S_2O_3. Sellised väävlit oksüdeerivat bakterid on *Acidithiobacillus* ferrooxidans, kes saab oma energia elementaarse väävli (S_2) või raua (Fe^{2+}) oksüdeerimisel ning *Thiobacillus denitrificans* kelle jaoks vajalik energia tuleb S_2O_3 anaeroobsel oksüdeerimisel, kasutades NO_3^- ainsa terminaalse elektronaktseptorina. T. denitrificans redutseerib NO_3 molekulaarseks lämmastikuks N_2, mis on vabaneb gaasina. Antud bioloogilist protsessi nimetatakse denitrifikatsiooniks.

Bakterid ja eukarüoodid, tulenedes kasvukeskkonnast, kasutavad tihti rohkem kui ühte metaboolset rada, kombineerides neid omavahel.

Kontrollküsimused

Selgita, kuidas kasutatakse mikroorganismide nomenklatuuris lühendeid g., sp., ssp., subsp., biovar ja spp.
Millised erinevused esinevad grampositiivsete ja gramnegatiivsete bakterite ehituses ning kuidas see võimaldab Grami järgi tundmatuid isolaate eristada?
Arutle, millised on peamised erinevused mikroorganismide poolt läbiviidava aeroobse ja anaeroobse hingamise ning fermentatsiooni vahel.
Milles seisneb glükolüüsi olulisus?
Kuidas metaboliseerivad mikroobid polü- ja disahhariide?
Mille eest vastutab rakus ATP?
Kuidas erinevad üksteisest homo-ja heterofermentatiivne katabolism? Millist väärtust lisavad need meie igapäevasele toidule?

Kasutatud kirjandus

Batt, C. A. & Tortorello, M-L. (eds.) 2014. Encyclopedia of Food Microbiology, 2nd ed. Amsterdam: Academic Press.

Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2004. Food Chemistry. 3rd revised ed. Berlin: Springer, 1070 p.

Beller, H.R., Zhou, P., Legler, T.C., Chakicherla, A., Kane, S., Letain, T. E. & O'Day, P. A. 2013. Genome-enabled studies of anaerobic, nitrate-dependent iron oxidation in the chemolithoautotrophic bacterium Thiobacillus denitrificans. – Frontiers in Microbiology, 4, 249, 1–16.

BeMiller, J. & Whistler, R. (eds.) 2009. Starch: Chemistry and Technology, 3rd ed. Academic Press.

Clark, S., Jung, S., Lamsal, B. (eds.) 2014. Food Processing: Principles and Applications, 2nd ed., Chichester: John Wiley & Sons, 592 p.

Deeth, H. C. 2002. Lipolysis. – In: Encyclopedia of Dairy Science. / Roginski, H. (Editor-in-Chief). London: Academic Press, 1595–1599.

Дегтяренко Г. Н., Никифорова Т. А., Волошин Е. В., Рагузина Л. М. 2003. Общая технология пищевых производств: Конспект лекций. Оренбург: ГОУ ОГУ, 40 с.

Erkmen, O. & Bozoğlu, T. F. 2016. Food Microbiology: Principles Into Practice, 2 Volume Set. Chichester: John Wiley & Sons.

Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. 2016. Fundamentals of Cheese Science. Springer.

Müller, V. 2001. Bacterial fermentation. – In: Encyclopedia of life sciences. London: Macmillan. [Online] http://www.els.net.

O'Brien, N. M., O'Connor, T. P. 2002. Lipids. Oxidation. – In: Encyclopedia of Dairy Science. / Roginski, H. (Editor-in-Chief). London: Academic Press, 1600–1604.

Poikalainen, V. 2004. Võitehnoloogia. Tartu: Eesti Põllumajandusülikool, 183 lk.

Poikalainen, V. 2004. Juustutehnoloogia. Tartu: Eesti Põllumajandusülikool, 332 lk.

Poikalainen, V. (toim) 2015. Tegu-2015. 55 aastat toiduainete tehnoloogia alast tegevust Eesti Maaülikoolis. Tartu: Eesti Toiduainete Tehnoloogia Selts, 249 lk.

Pokusaeva, K., Fitzgerald, G. F. & van Sinderen, D. 2011. Carbohydrate metabolism in Bifidobacteria. – Genes & Nutrition, 6(3), 285–306.

Ray, B. & Bhunia, A. 2014. Fundamental Food Microbiology, 5th ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Sattley, W. M., Asao, M., Tang, J. K. H. & Collins, A. M. 2014. Energy Conservation in Heliobacteria: Photosynthesis and Central Carbon Metabolism. – In: The Structural Basis of Biological Energy Generation. Advances in Photosynthesis and Respiration (Including Bioenergy and Related Processes), 39. / Hohmann-Marriott, M.F. (ed.). Springer, 231–247.

Шлейкин А. Г., Жилинская Н. Т. 2013. Введение в биотехнологию: Учеб. пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 95 с.

Tohver, V. 1977. Üldine biokeemia. Tallinn: Valgus, 924 lk.

Treier, V., Hovi, M. 1997. Kuivatusõpetus : õppe- ja käsiraamat põllusaaduste ja puidu kuivatajale. Tartu: Eesti Põllumajandusülikool, 64 lk.

Васильева, С. Б., Давыденко, Н. И. 2009. Основные принципы переработки сырья растительного, животного, микробиологического происхождения и рыбы. Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 161 с.

5. TOIDUAINETÖÖTLUSE SEADMETE ÜLDINE EHITUS JA TÖÖPÕHIMÕTE

Vilma Tatar

Toiduainetööstuses kasutatakse mitmesuguseid inimtööd hõlbustavaid vahendeid, mida nimetatakse seadmeteks. Seadmed saab põhimõtteliselt jagada kahte suurde rühma: üld- ja eriseadmeteks. Üldseadmed on sellised, mida kasutatakse paljudes erinevates toiduainetööstuse harudes toodete valmistamiseks. Nendeks on mahutid, pumbad, torustikud, vastuvõtuseadmed, esmatöötlemise seadmed jms. Eriseadmed on tootespetsiifilised. Mõlemat liiki seadmed koosnevad väga erinevatest detailidest ja nende kogumitest, millest olulise rühma moodustavad mitmesugused masinad. Seepärast on otstarbekas enne toiduainetööstuse seadmetega tutvumist, käsitleda mõningaid seadmetega seotud põhimõisteid ja masinaosi ehk masinaelemente.

5.1. Masinad ja tootmine

Masin on seade, mille kooskõlas toimivad osad siirdavad energiat, materjale või informatsiooni. Masina põhiliseks ülesandeks on inimtöö vähendamine. Energiat siirdavad masinad võivad toimida energia ülekandjatena erinevate masinate, masinate ja keskkonna, masinate ja töödeldava materjali vahel. Samuti võib masinates siiratavat energiat kasutada masina enda liigutamiseks.

Vastavalt otstarbele eristatakse **energia**- ja **töömasinaid**. Energiamasinaid kasutatakse energia muundamiseks. Näiteks elektrimootorites muundatakse elektrienergia pöördliikumiseks, kateldes keemiline energia soojuseks, elektroodkateldes elektrienergia soojuseks jne.

Töömasinad e. seadmed jaotatakse **tehnoloogilisteks** ja **transpordiseadmeteks**. Tehnoloogilistes seadmetes töödeldakse tavaliselt mingit gaasilist, vedelat või tahket materjali, muutes selle kuju, omadusi, olekut. Niisugusesse masinaklassi kuulub enamik toiduainetööstuse seadmeid. Informatsiooni töötlevad masinad (arvutid) võib tinglikult samuti arvata tehnoloogiliste seadmete hulka.

Transpordiseadmeid kasutatakse toodete, ainete ja materjalide asukoha muutmiseks. Nende hulka kuuluvad konveierid, tõsteseadmed jms.

Masinad koosnevad sõlmedest. Tavaliselt on masinas neli sõlme:

a) karkass (raam, alus), millele kinnituvad masina muud sõlmed;

b) ajam (energiaallikas), milleks võib olla elektrimootor, pneumosilinder, auruturbiin, hüdromootor jms;

c) ülekandemehhanism, milleks võib olla näiteks hammasülekanne, kiilrihmülekanne jne;

d) täiturmehhanism, millel on ainet töötlevad tööorganid.

Toiduainetööstuses kasutatakse masinatele lisaks ka muid seadmeid, milles energia muundamist ega mehhaanilist töötlemist ei toimu. Selliseid seadmeid nimetatakse **aparaatideks**. Aparaadid on näiteks soojusvahetid, vaakumaparaadid jms. Ka aparaatide tööshoidmiseks tuleb sagedasti kasutada mitmesuguseid masinaid, eriti pumpasid, ringvooluklappe jm.

Masinad ja nende kogumid, mis sooritavad kooskõlastatult kõiki töö- ja abioperatsioone ilma inimsekkumiseta, nimetatakse **automaatideks**. Juhul kui inimsekkumine neis on vähene ning piirdub järjestikuste juhtimiskäskude andmisega masinale, operatsioonid aga toimuvad autonoomselt, siis on tegu distantsjuhtimise masinatega. Masinate kogumeid, mis on mehhaaniliselt ühendatud mingi kindla tehnoloogilise operatsiooni sooritamiseks, nimetatakse **agregaatideks** (liitmasinateks). Selle näiteks on kalorifeer, kus soojendatakse õhku ja samas antakse talle kindlasuunalist mehhaanilist lisaenergiat liikumise tekitamiseks. Agregaatidest veelgi keerukama ehitu-

sega on **vooluliinid**. Neis sooritatakse erinevaid tehnoloogilisi operatsioone kindlas järjekorras ning omavahel sünkroniseeritult. Vooluliinides saab tehnoloogilise protsessi mingi lõik toimuda pidevalt, ilma vajaduseta seda katkestada. Masinate, aparaatide ja agregaatide kogumit, mis võimaldab töödeldava ainega sooritada algusest lõpuni kõik töötsüklid, nimetatakse **tehnoloogiliseks liiniks**. Piimatööstuse tehnoloogiliste liinide näideteks on kohupiimaliinid, piima eeltöötlemise liinid jne. Praktiliselt moodustab iga toote valmistamiseks kasutatav seadmete kogum omaette tehnoloogilise liini. Automaatidest koostatud tehnoloogilist liini nimetatakse **automatiseeritud liiniks**.

Tehnoloogilise liiniga sooritatavaid järjestikuseid **operatsioone** tooraine kuju, omaduste ja oleku muutmiseks valmistooteks nimetatakse **tehnoloogiliseks protsessiks**. Tehnoloogilised protsessid on juustu, või, toiduõli, keeduvorsti jms tootmine. Tehnoloogilised protsessid võivad toimuda ka ilma mehhaanilise või muu sekkumiseta teatud aja jooksul. Sellise protsessi näiteks on hapendamine. Tehnoloogilistest protsessidest koosneb omakorda **tootmisprotsess**. See on inimeste, masinate, agregaatide, aparaatide, tehnoloogiliste liinide jms ühis toime, mille tulemusena saadakse toorainest valmistoodete kogum.

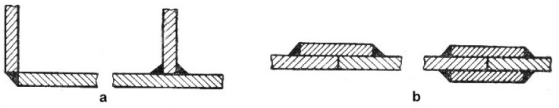
5.1.1. Masinaelemendid

Seadmed koosnevad passiivsetest ja aktiivsetest masinaelementidest. Passiivsed elemendid on enamikus vajalikud masina konstruktsiooni kooshoidmiseks. Aktiivsed elemendid on enamasti vajalikud tööoperatsioonide sooritamiseks. Tööoperatsioonides võivad osaleda ka passiivsed elemendid, kuid koosmõjus aktiivsete elementidega.

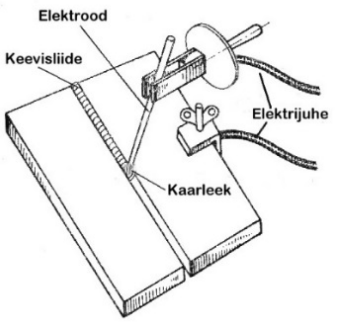
Lihtsaim masinaelementide kategooria on liited. Need on mõeldud seadme detailide omavaheliseks jäigaks ühendamiseks. Liiteid jaotatakse püsi- ja demonteeritavateks liideteks. Tüüpiliseks püsiliiteks on keevisliide (**joonis 5.1**). See ühendab detaile keevisõmbluse abil. Keevitamisel sulata-

takse detailide ühenduskohta metalli (või muud materjali). Tekkiva sulami hangumisel saadakse detailide liitekohas püsiv ühendus.Sulamiseks vajalik temperatuur luuakse kas elektrilise kaarleegi (**joonis 5.2**) või intensiivse gaasileegi abil.

Enne keevisliidete kasutuselevõttu rakendati ulatuslikult detailide püsivaks ühendamiseks neetimist (**joonis 5.3**). Neetliiteid kasutatakse senini seal, kus ei tohi materjale nende liitmiseks kuumutada.



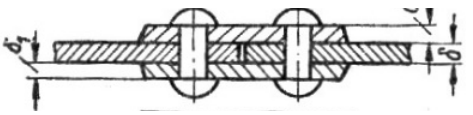
Joonis 5.1. Keevisliite näited: a – detailide ristühendus, b – lapikühendus.



Joonis 5.2. Elekterkeevitus kaarleegi ja spetsiaalelektroodi kasutamisega.

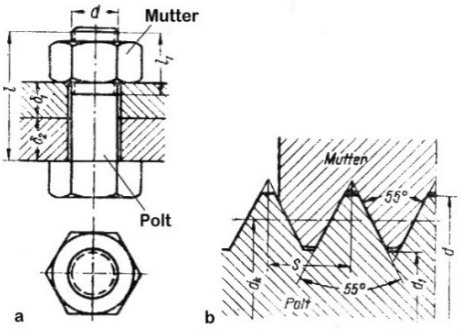
Demonteeritavate (taasavatavate) liidete tüüpnäide on keermesliited (**joonis 5.4**), mis saadakse poltide ja mutrite või tikkpoltide ja korpuses olevate keermete abil. Piimatööstuse masinates leidub rohkesti keermesliiteid. Need ühendavad sellised detaile ja sõlmi, mida tuleb korduvalt avada kas hoolduseks või remondiks.

Poldi ja mutri keeramisel tekib teljesuunaline jõuvektor, mis märgatavalt suurendab keermete vahelist hõõrdejõudu. Sellest tingitud hõõrdumine hoiab liidet pinge all ega lase sellel lahti minna, tagades püsivuse.



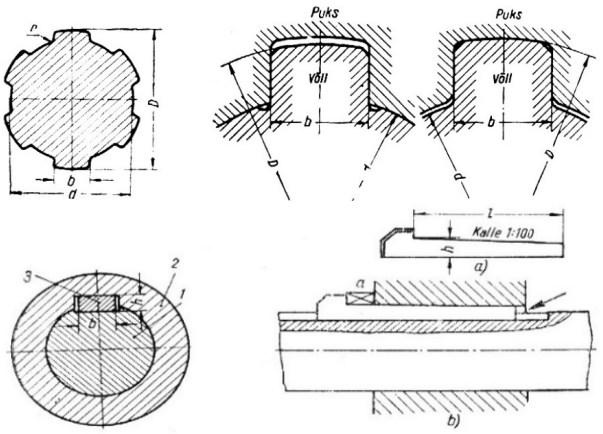
Joonis 5.3. Kahe detaili serviti ühendamine neetliite abil.

Täiendavalt saab liite püsivust kindlustada vedruseibide, topeltmutrite ja eriliste stopperite kasutamisega. Masinavõllide ja rataste ühendamiseks sobivad hästi hammas- (**joonis 5.5**) ja kiilliited. Kiilliite korral freesitakse võllile ja ratta rummu sisepinda soon, millesse paigutatakse sobiva suurusega kiil.



Joonis 5.4. Keermesliide: a - poldi ja mutri abil, b – kolmnurkkeere

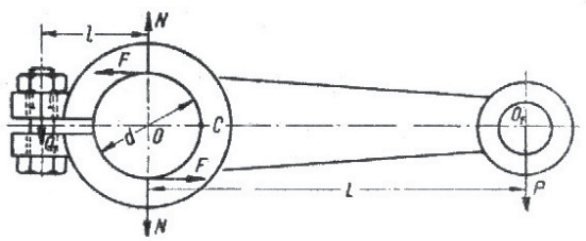
Hammasliide moodustatakse võllile ja sellele kinnituva rattarummu sisepinnale ühesuguse, kuid peegelpildis profiiliga pikisoonte abil. Hammasliide on kiilliitest märgatavalt tugevam ning ta võimaldab masina töötamise ajal võlli ja rummu väändemomenti üle kanda ühtlaselt kogu perimeetri ulatuses. Kiilliite korral kandub väändemoment võlli ja ratta vahel üle kiilu kaudu ning siis jaotub jõud ebaühtlane. Seepärast soovitatakse hammasliidet kasutada suurte väändemomentide puhul. Kiilliide aga on hammasliitest märgatavalt lihtsam ja seega ka odavam.



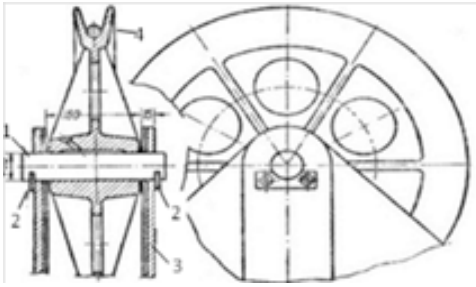
Joonis 5.5. A- hammasliide, B- kiilliite ehitus ristlõikes: 1- võll, 2- võllile kinnituv ratas, 3- kiil; ja pikilõikes: a- kiil, b- võllile kinnituv ratas.

Keermesliidetes võidakse kasutada mitmesuguseid keermete tüüpe, mis erinevad keerme sammu (ühe pöördega saavutatav nihe), keermete arvu (üks või mitu paralleelset keeret), keerme ristlõike (kolmnurk- ja ruutkeere), standardiseerimiseks kasutatav mõõdustiku (meeter- ja tollkeere) jms poolest. Toiduainetööstuses kasutatakse valdavalt kolmnurkse profiiliga keeret. Meeterkeeret rakendatakse mitmesugustes masinates, tollkeeret aga torustike ühendamisel. Telgede kinnitamiseks kasutatakse klemmliited. Neis on klemmikujuline telje kinnitusava ja seda saab koomale pingutada poldiga (**joonis 5.6**).

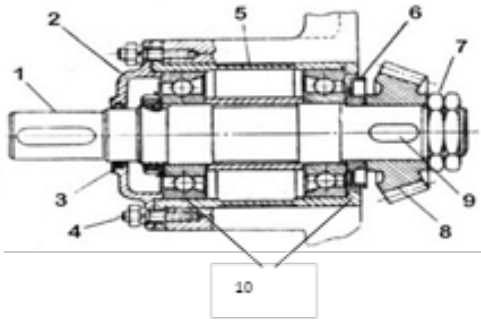
Võllid ja teljed on eelkõige mõeldud mitmesuguste rataste monteerimiseks masinatesse. Mõlemad on silindrilise profiiliga elemendid, mis toetuvad otstega seadme korpusele. Telg on selline masinaelement, mis ise ei pöörle, võimaldades näiteks pöörelda sellel oleval rattal. Tema otsad kinnituvad masina korpusele jäigalt (**joonis 5.7**). Võlli otsad aga toetuvad laagritele, mis võimaldab neil pöörelda koos sellele (kiil- või hammasliite abil) kinnitatud rattaga (**joonis 5.8**).



Joonis 5.6. Klemmliide.



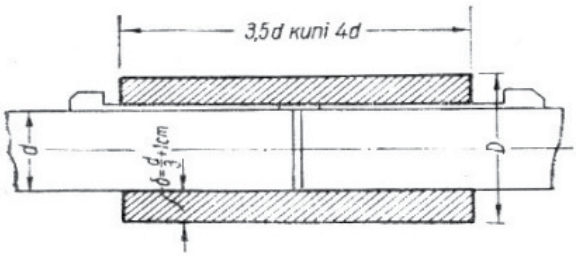
Joonis 5.7. Korpuse (3) tappidele (2) toetuv telg (1), millel on vabalt pöörlev ratas (4).



Joonis 5.8. Tüüpiline ratta ja võlliga masinasõlm: 1- võll, 2- laagrikaas, 3- võlli kaelatihend, 4- kinnituspolt, 5- korpus, 6- laagri tihend, 7- ratta kinnitusmutter, 8- ratas, 9- kiil, 10- laagrid.

Pöörlevate võllide omavaheliseks ühendamiseks kasutatakse sidureid, mis võivad olla jäigad, ülekoormuskaitsega, lahutavad jne. Lihtsaim sidur on jäik sidur (**joonis 5.9**).

Joonis 5.9. Kiilliidetega võlle ühendav jäik silindriline sidur: 1, 2– ühendatavad võllid, 3– sidur, 4– kiilud.

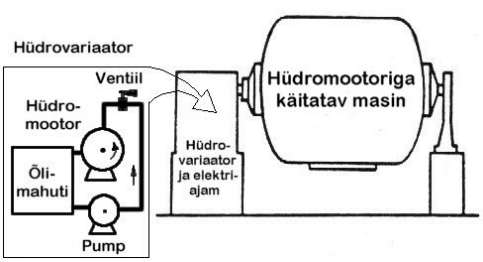


5.1.2. AJAMID, MÄÄRIMINE JA ÜLEKANDED

Ajamiks nimetatakse masina jõuallikat. Tänapäevases toiduainetööstuses on selleks tavaliselt elektrimootor. Kuid esineb ka muude ajamitüüpide kasutamist, eriti hüdromootoreid, turbiine, pneumosilindreid jms. Elektrimootoritest kõige töökindlamad on asünkroonmootorid, mis pannakse pöörlema 220 V ühefaasilise või 380 V kolmefaasilise vahelduvvooluga. Nii kõrgete pingete kasutamine (nii 220 V kui 380 V vahelduvvool on lekke korral eluohtlikud) nõuab ka kõrgendatud ohutuse tagamist, sest toiduainetööstuse tööruumid on suhteliselt niisked.

Ajamite parameetrid tavaliselt ajas ei muutu. Näiteks asünkroonmootoritel on kindel pöörlemiskiirus, võlli väändemoment ja võimsus. Asünkroonmootorite kasutamine oligi varem raskendatud seetõttu, et nende pöörlemiskiirus on määratud voolu sagedusega, mis vooluvõrgus on konstantne (50 Hz). Nüüdseks on sellest saadud üle tänu elektroonsetele sagedusmuunditele. Neis muundatakse vahelduvvool esmalt alalisvooluks, mis omakorda muundatakse suure võimsusega tüüritavate pooljuhtide nn türistorite abil tagasi nõutava sagedusega vahelduvvooluks. Sageduse suurenedes kasvab mootorite pöörlemiskiirus ja vastupidi.

Suhteliselt paindlikult on tüüritavad hüdroajamid. Nendes kasutatakse pumbast, mahutist, ventiilist ja mootorist koosnevat kinnist hüdrosüsteemi. Selles ringleb rõhu all olev õli. Õlirõhk tekitatakse pumbaga, mis saab energia elektrimootorilt. Surve all olev õli suunatakse turbiini ehk nn hüdromootorisse, mis omakorda käivitab vajaliku masina. Hüdromootori pöörlemiskiirust reguleeritakse õli pealevoolu suurendamise või vähendamisega ventiili abil (**joonis 5.10**).



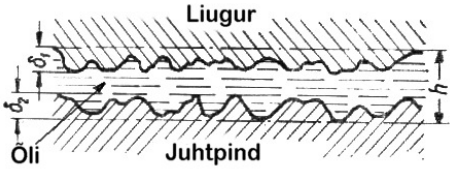
Joonis 5.10. Hüdromootori rakendamine masina käitamiseks (V. Poikalainen).

Vaatamata ülalkirjeldatud võimaluste olemasolule, ei tarvitse kõigi ajamite parameetrid ikkagi sobida masina tööparameetritega.

Seetõttu tuleb rakendada ka ülekandemehhanisme, milliste abil muudetakse pöörlemiskiirust, suurendatakse või vähendatakse jõumomenti. Ükski ülekanne ei kindlusta kogu ajami poolt tehtava töö (energia) edastamist masinale. Ajamist väljutatava ja masinale üle kanduva töö (energia) suhet iseloomustab ülekande kasutegur. Kui kasutegur on 0,95, siis tähendab see, et 95% ajami energiast on kasutatav masina tööks ja 5% kulub ülekande hõõrdetakistusest tuleneva hõõrdejõu ületamiseks. Hõõrdetakistust saab vähendada (seega ka kasutegurit suurendada) laagrite kasutamise (**joonis 5.11**) ja liikuvate masinaosade määrimisega (**joonis 5.12**).



Joonis 5.11. Veerelaagri ehitus (foto: V. Tatar).



Joonis 5.12. Õlikiht kahe teineteise suhtes liikuva pinna vahel.

Peamised toiduainetööstustes kasutatavad ülekanded on rihmülekanne, kettülekanne, hammasülekanne ja tiguülekanne. Igal neist on omad eelised ja puudused. Ülekandega saab muuta ajamilt masinale üle kantavat jõumomenti ja pöörlemiskiirust. Nende suuruste suhet ajami ja masina vahel iseloomustatakse ülekandeteguriga, mille väärtus on arvutatav vedava ja veetava ratta raadiuste suhtarvuna.

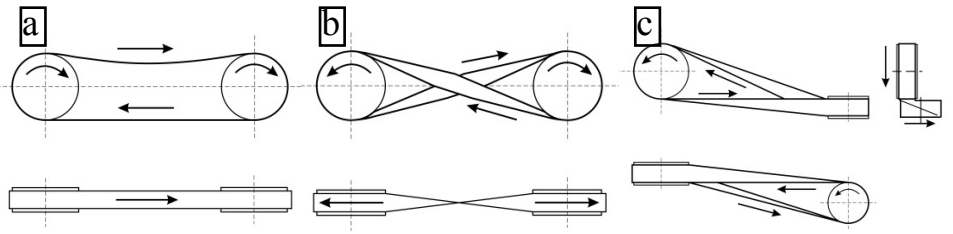
N=R/r, kus

N on ülekandetegur, R – vedava ratta raadius ja r – veetava ratta raadius

Ajalooliselt ühed vanemad on rihmülekanded. Eristatakse lame-, kiil ja hammasrihmülekandeid. Lamerihm-ülekannete vedava ja veetava ratta pöia pind on sile ja kaarja ristlõikega.

Kaarjas pöid suunab tsentrifugaaljõu abil rihma rattapöia keskossa ning aitab sellega vältida rihma mahajooksmist töötamise ajal. Rihma pikisuunalise libisemise vähendamiseks määritakse rattapöidasid hõõrdumist

suurendavate ainetega (näiteks kampol, pigi jms). Rihmülekanded võivad rataste ruumilise paigutuse ja liikumissuuna poolest erineda. Neid liigitatakse päripidiseks e lahtiseks, ristuvaks, poolristuvaks jne. Lahtist ülekannet kasutatakse, kui pöörlevad võllid on paralleelsed ja pöörlevad samas suunas. Suure telgede vahe korral on soovitav et rihma alumine haru oleks vedav ning ülemine veetav (**joonis 5.13 a**). Ristuva rihmaga ülekannet kasutatakse juhul, kui võllid on paralleelsed, aga pöörlevad vastassuunas. Probleemiks sellisel ülekandel on rihma servade kulumine ristumiskohas (**joonis 5.13 b**). Poolristuva rihmaga ülekannet kasutatakse juhul, kui pöörlevat liikumist on tarvis edasi anda nurga all (tavaliselt täisnurga all) (**joonis 5.13 c**).

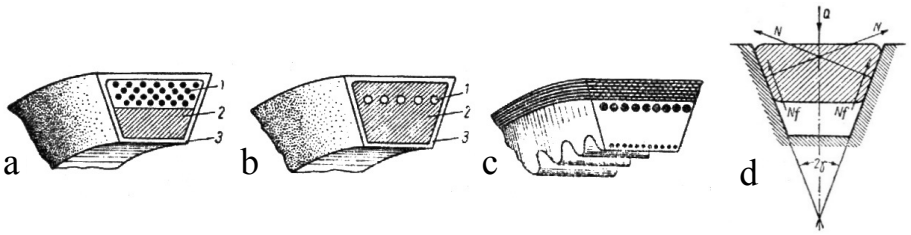


Joonis 5.13. Lamerihmülekande tüüpe.

Kiilrihmülekandes on rihma profiil kiilukujuline ja paikneb vedava ja veetava rattapöia kiilutaolises süvendis. Sõltuvalt otstarbest, ülekantavatest kiirustest ja jõududest, võivad kiilrihmad olla mitmesuguse kuju ja ehitusega. Üldjuhul on kiilrihmad mitmekihilised. Nende valmistamiseks kasutatakse koordnööri, kummi ja kummeeritud riiet (**joonis 5.14 a, b**). Kiilrihmülekandel on libisemine märgatavalt väiksem kui lamerihma kasutamisel, sest veojõu kasvades tõmmatakse rihm tugevamini rattapöia soonde, mis suurendab ratta ja rihma vahelist hõõrdejõudu (**joonis 5.14 d**).

Kui kiilrihma libisemist soovitakse täielikult välistada, siis kasutatakse hammastatud rihmu ja vastava ehitusega rattaid (**joonis 5.14 c**). Niisugust ülekannet nimetatakse hammasrihmülekandeks. Hammasrihmülekandega sarnaselt töötab ka kettülekanne. See välistab libisemise ülekande ajal. Kettülekande vedav ja veetav ratas on hammastega, mis haakuvad nende vahel

jõudu ülekandva keti pesadega. Kõige ulatuslikumalt kasutatakse rullpuks-kette, mille tüüpiliseks esindajaks on jalgrattakett. Need ketid koosnevad

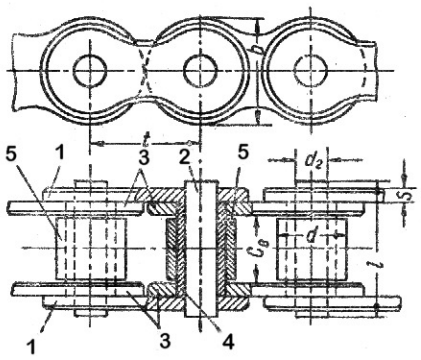


Joonis 5.14. Kiilrihmade profiilid: a – koordriidest rihmad (1- koordriide kiht, 2- kummist survetsooni kiht, 3- kummeeritud riidest ümbris), b – kordnöörrihmad (1- koordnöörid, 2- kummist täitekiht, 3- kummeeritud riidest ümbris), c – hammasrihm, d – kiilrihma paiknemine rattapöia süvendis.

omavahel šarniirselt liituvate lülide ahelast. Kahe paralleelse ahela vahel on iga šarniiriga seotud telgpuksil veerev rullik (**joonis 5.15**).

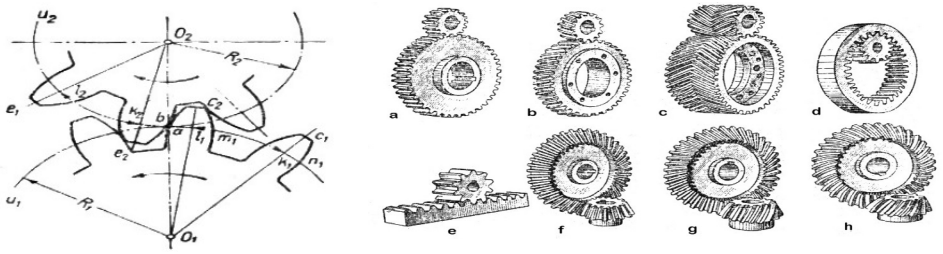
Ülekannetest kasutatakse kõige enam hammasülekandeid (**joonis 5.16**). Nendes on vedav ja veetav ratas omavahel otseses puutes. Ratastevaheline libisemine välistatakse ratastel olevate hammaste omavahelise hambumisega. Selleks, et ei tekiks hambaid murdvat pinget ja liigset hõõrdumist, peavad haakuvate hammaste pinnad puutuma igal järjestikusel ajamomendil omavahel kokku vaid ühes hammaste pinnaga risti paiknevas tasandis.

Joonis 5.15. Rullpuks-keti ehitus: 1 ja 3 – šarniirsed sisemised ja välimised ketiahela lülid, 2 – telgpuks, 4 – distantspuks, 5 – pöörlevad rullid (joonis: V. Poikalainen).



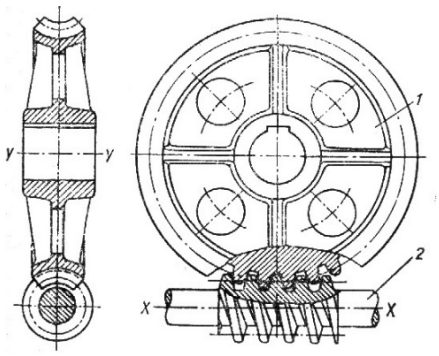
Niisuguse veeremisele sarnaneva kokkupuutepunkti veetava ja vedava hamba vahel tagab nn evolventprofiili kasutamine. Olenevalt hammaste kujust ja paiknemisest ratastel eristatakse sisemise, välimise, koonilise jm hambumisega hammasülekandeid (**joonis 5.16 B**). Hammasülekanded võimaldavad suurte väändemomentide ja kiiruste paindlikku ülekandmist ajamilt masinale. Selle ülekande erivormiks on tiguülekanne, mille puhul toimub jõu siirdamine kaarjate hammastega

tiguratta ja vastava profiiliga tigukeeret omava võlli ehk teo vahel **(joonis 5.17**). Ka tiguülekandeid on mitmeid eri tüüpe, mis sõltuvad hambumise kujust ja profiilist.

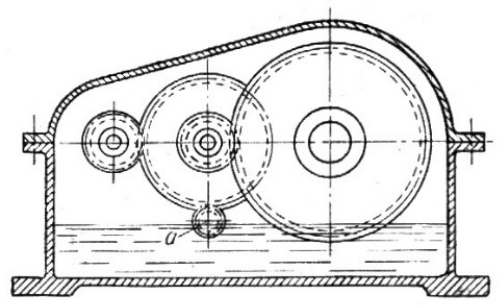


Joonis 5.16. Hammasülekanne. A – hambumise profiil; B – ülekannete tüüpe: a, b, c – välise hambumisega ülekanne (a – sirg-, b – kald-, c – noolhammastega), d – sisemise hambumisega ülekanne, e – hammaslatt, f, g, h – kooniline ülekanne (f – sirg-, g – kald-, h – kaarhammastega).

Tiguülekannet iseloomustab tavalisest hammasülekandest suurem ülekandetegur ja seda kasutatakse siis, kui on oluliselt vaja muuta pöörlemiskiirust või väändemomenti. Hammas ja tiguülekanded võivad olla mitmeastmelised ja selles osalevad hammasrattad paikneda ühises korpuses. Sellise ehitusega masinaelemente nimetatakse reduktoriteks (**joonis 5.18**). Reduktori korpus kaitseb ülekannet võõrkehade eest ja lihtsustab määrimist. Tavaliselt toimibki reduktori korpuse alumine osa määrdeaine (õli) reservuaarina. Ülekanderatastest ulatub seejuures mõni õlinivooni ja transpordib määrdeainet ka ülejäänud hambumiste vahele. Samaks otstarbeks võidakse kasutada ka spetsiaalset õlitushammasratast.



Joonis 5.17. Tiguülekande põhielemendid: 1– tiguratas, 2– tigu.



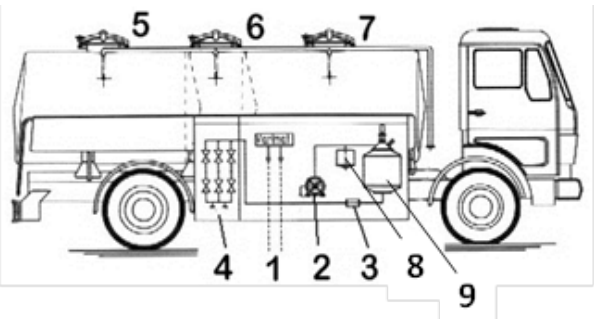
Joonis 5.18. Kolmeastmeline reduktor ja selle õlitus määrdeaine nivooni ulatuva ülekanderatta ja õlitushammasrattaga (a).

Olenevalt reduktoris realiseeritud ülekannete üldarvust eristatakse ühe-, kahe-, kolme- ja enama astmega reduktoreid. Vastavalt sellele, milline on hammasrataste hambumine, jaotatakse reduktoreid veel ka silinder-, koonus-, silinder-koonus- ja tigureduktoriteks. Reduktorite vedavad ja veetavad võllid varustatakse vastavate sidurite ühendamise võimalustega. Võllid võivad paikneda üksteise suhtes nii paralleelselt kui ristuvalt. Reduktori ülekandearvu määrab kõikide reduktori üksikülekandetegurite korrutis.

5.2. Tooraine varumise seadmed

5.2.1. Piima tsisternautod

Piima transporditakse piimatootja juurest piimatööstusesse üldjuhul spetsiaalsete autodega, nn piima tsisternautodega ning alati jahutatult, et selle kvaliteet ei saaks teel oluliselt halveneda. Seepärast on kõik piima tsisternautod termiliselt isoleeritud tsisternidega. Uuemad autod võivad olla varustatud ka jahutusseadmetega. Piima veoks talust piimatööstustesse kasutatakse 2 - 4 sektsioonilisi tsisternautosid mahuga kuni 25 000 liitrit (**joonis 5.19**). Tsisternid on ovaalse kujuga, roostevabast terasplekist kokkukeevitatud sise- ja väliskestaga, mille vahel on termoisolatsioonikiht. Igal sektsioonil on hermeetiliselt suletav luuk.



Joonis 5.19. Külgmise vastuvõtusõlmega Schwarte piima tsisternauto skeem: 1- välised ühendused, 2- piimapump, 3- piimahulga loendi, 4- klappide süsteem piimavoolu ja pesu juhtimiseks, 5…7- tsisterni sektsioonid, 8- proovivõtusüsteem.

Tsisternautod on varustatud vastuvõtusõlmega, kus paiknevad vastuvõtu-, proovivõtu-, juhtimis- ja teatud puhkudel ka kommunikatsiooniseadmed. Vastuvõtuliini moodustavad iseimev tsentrifugaalpump, mille tootlikkus võib ulatuda kuni 50 tonni/h, õhueraldi, piimaarvesti (rõngaku-

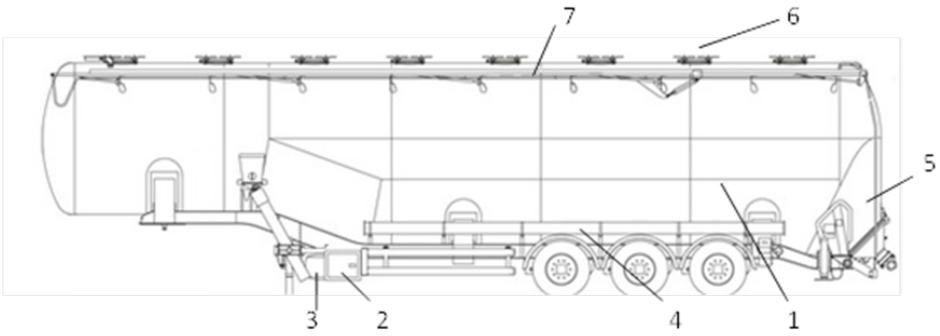
julise kolviga või magnetinduktsioonil põhinev arvesti), piimavoolik, armatuuriga torustik, automaatsed mõõteseadmed temperatuuri ja pH määramiseks ja proovivõtusüsteem. Piima koguse, temperatuuri, pH, kuupäeva, kellaaja, läbitud kilometraaži ja muude andmete salvestamiseks võidakse kasutada spetsiaalset kontrollerjuhtimisel põhinevat andmehõive süsteemi. Automaatne proovivõtusüsteem võimaldab igast vastuvõetud partiist võtta proportsionaalse piimaproovi ja hoida neid jahutatavas konteineris. Piimaproovide analüüs teostatakse laboratooriumis. Uuemad piimaautod võivad olla varustatud ka elektroonse seadmega, mis võimaldab automaatselt identifitseerida piimatanki farmis. Sel juhul farmeri kohalolek piima üleandmise juures pole vajalik, kuna kogu protsess käivitub automaatselt vooliku ühendamisel piimatanki väljavooluotsiku külge. Piima tsisternautod peavad olema varustatud ringpesusüsteemiga, mida saab ühendada piimatööstuse CIP pesuga. See võimaldab tsisternide sektsioone ning ka vastu- ja proovivõtusüsteeme automaatselt pesta.

Ameerikas rakendatakse piima transpordiks pikemate vahemaade taha plastikust mahuteid, mis asetsevad konteinerveokis ja mida on võimalik vajadusel kokku pakkida. See võimaldab tühisõidu vältimiseks vabastada konteinerit muude kaupade veoks. Piimaautode tsisternid on valmistatud roostevaba terasest.

5.2.2. JAHU TSISTERNAUTOD

Jahu transportimiseks kasutatakse spetsiaalseid jahutsisterne, mis on paigutatud auto poolhaagisele. Jahutsisternid võivad olla kujult silindrilised või koonilised ning tööpõhimõttelt kallutatavad ja mittekallutatavad. Tsisterni täitmine jahuga toimub tsisterni peal asetsevate luukide kaudu. Selleks paigutatakse luugile hermeetiliselt väljalaadimise punkri pea. Pea küljes on täitumisandur, mis kujutab endast pöörlevat tiivikut. Jahu nivoo jõudmisel tiivikuni on selle liikumine takistatud, signaal tiiviku liikumiskiiruse muutuse kohta edastatakse juhtimissüsteemi ja jahu vool tsisterni katkestatakse (siiber sulgub).

Jahu mahalaadimiseks tekitatakse suruõhukompressoriga (2) suruõhk keskmiselt 2 bar, mis suunatakse torustiku kaudu jahutsisterni (1) (**joonis 5.20**).



Joonis 5.20. Jahutsisterni ehitus: 1- jahutsistern, 2- kompressor, 3- hüdraulika, 4- torustik, 5- jahu väljalaadimise sõlm, 6- luuk, 7- teenindusplatvorm.

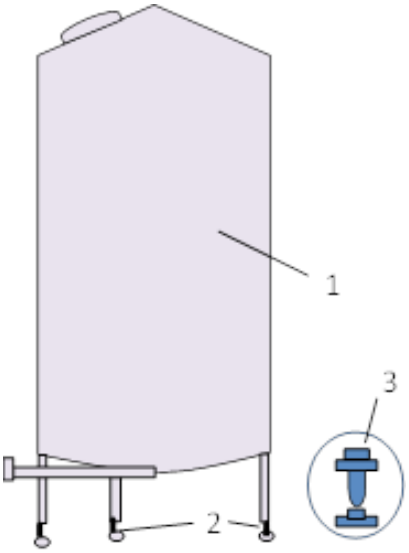
Kallutatava tsisterni puhul tõstetakse tsisterni esiots hüdrosüsteemi (3) abil üles, et tsisterni tagaosas paiknev väljavoolukoonus oleks jahuga täidetud. Suruõhu toimel pannakse jahu liikuma läbi jahu väljalaadimise sõlme (5).

Jahutsisternide mahutavus väiksemate jahutsisternide puhul on 60-66 m^3 ehk 25-27 tonni. Jahu mahalaadimine võtab aega keskmiselt 20-25 minutit. **Mittekallutatavate** jahutsisternide puhul koosneb tsistern 2-5 koonusest. Koonused võivad olla eraldatud vaheseinaga, aga võib olla ka ühtse ruumiga. Igal koonusel on oma väljalaadimissõlm. Väljalaadimise põhimõte on sama, mis kallutatavatel tsisternidel.

5.2.3. TOORAINE VASTUVÕTUSEADMED

Toidutoorme vastuvõtmisel ettevõttes on mitmeid võimalusi, sõltuvalt sellest, kas on tegemist vedelate, pulbriliste või tahkete tükitoodetega. Samuti on vastuvõtuliinide komplekteerimisel oluline arvestada seda, kas tooraine tarnitakse lahtiselt (piimaautod, jahutsisternid, õlitsisternid jne.) või pakendatult. Vedelate toodete koguse määramiseks kasutatakse tankikaalusid, autokaalusid ja vooluhulga arvesteid. Kaalumisega toorme vastuvõtmise korral pumbatakse vastuvõetav vedel toode tanki, mis paik-

neb platvormkaalul või on tanki jalad varustatud jõuanduritega (**joonis 5.21**). Üldjuhul mõõdetakse jõudu tensomeetriliselt, kusjuures määravaks



Joonis 5.21. Jõuanduriga tankikaal: 1- tank, 2- jõuandurite paiknemine, 3- jõuandur.

füüsikaliseks suuruseks on toetuspinna pikisuunaline deformatsioon. Vedeliku kogus mõõdetakse netokogusena.

Samal põhimõttel võivad töötada elektroonilised koormakaalud, mille platvormile sõidab koormaga auto. Pärast kaalumist auto tühjendatakse ja kaalutakse uuesti taarakaalu määramiseks. Nii tanki kui platvormi kaalutisi määravad spetsiaalsed andmekogujad, mille

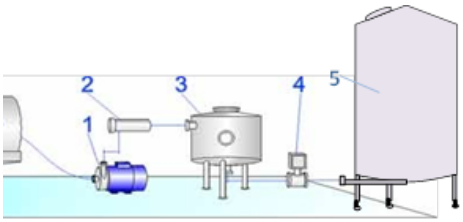


Joonis 5.22. Proovi võtmine teravilja koormast: A- autokoorem, B- proovivõtu toru.

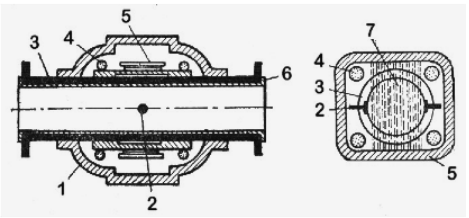
abil on võimalik anduri signaalid liita, arvutada kaalutis mitme mõõteseeria reana ja automaatselt nullida tühikaalu. Tänu automaatjuhtimise süsteemide rakendamisele on võimalik teostada kaalumist 100 grammise täpsusega. Koormakaalusid kasutatakse nii vedelike kaalumisel kui tahke materjali kaalumisel, näiteks teravilja puhul (**joonis 5.22**). Enne koorma mahalaadimist võetakse teravilja koormast keskmine viljaproov ja suunatakse pneumotranspordi kaudu laborisse.

Vedelike mahu mõõtmisel on oluline teada, et teatud liiki vedelike, nagu näiteks piima puhul on probleemiks õhu sisaldus. Sel juhul komplekteeritakse vastuvõtuliini komplekti veel õhueraldaja ja filter (**joonis 5.23**).

Vastuvõetava vedeliku kogust mõõdetakse voolus tavaliselt mahuühikutes. Tänapäeval kasutatakse selleks magnetinduktsiooni põhimõttel töötavaid vooluhulga mõõtureid (**joonis 5.24**).



Joonis 5.23. Piima vastuvõtuliin vooluhulga arvestiga: 1- tsentrifugaalpump, 2- filter, 3- õhueraldi, 4- vooluhulga arvesti, 5- mahuti.



Joonis 5.24. Elektromagnetilise kulumõõturi ehitus: 1-korpus, 2- elektroodid, 3- vedeliku torustik, 4- elektromagneti mähis, 5- elektromagneti südamik, 6- kattekiht, 7- magnetväli.

Mõõteseade paigutatakse vedeliku läbivoolu torustikule. Mõõdetavaks suuruseks on alalispinge, mis tekib torustikule vastastikku paigutatud elektroodide vahel.Elektromag¬netilise e. induktsioonkulumõõturi töö põhineb elektromotoorjõu mõõtmisel, mis indutseeritakse elektrit juhtivas vedelikus. Faraday seaduse kohaselt indutseeritakse tea¬tud kiirusega magnetvälja jõujoontega risti liikuva elektrijuhtme otstes elektromotoorjõud. Vedelikus tekkiva elektrivoolu suund mainitud seaduse järgi on risti nii vedeliku voolu kui ka magnetvoo suu¬naga. Elektromagnetilises kulumõõturis töötab elektrijuhina vedelik ja indutseeritav emj. on võrdeline vedeliku keskmise kiirusega magnetväljas. Anduris on elektromagnet, mis tekitab ühtlase magnetvälja toru mingis ristlõikes, ning vastastikku samal läbimõõdul asetsevad elektroodid, mis on kokkupuutes vedelikuga (isoleeritud läbiviikudega). Seega emj. sõltub vaid voolu hulgast. Vedeliku kogus määratakse antud juhul mahuühikutes (l, m^3).

5.3. Sisetranspordi seadmed

Sisetranspordi seadmete hulka kuuluvad masinad ja mehhanismid, mis on ette nähtud ettevõttesiseselt tooraine, materjalide, pooltoodete ja valmistoodangu toimetamiseks punktist A punkti B. Oma kasutusotstarbe jär-

gi ja ehituselt võivad sisetranspordi seadmed olla väga erinevad. Neid võib liigitada järgmiselt:

- mehhaanilised transpordiseadmed;
  - pideva tegevusega;
  - perioodilise tegevusega;
- gravitatsioon-transpordiseadmed;
- pneumaatilised transpordiseadmed.

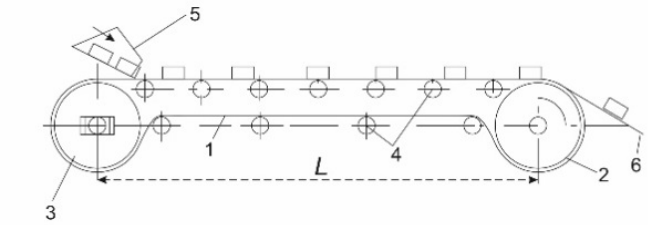
5.3.1. Mehhaanilised transpordiseadmed

Mehhaaniliste transpordiseadmetega toimub raskuste edasitoimetamine mehhaanilise jõu mõjul. Pideva tegevusega on lint-, kett-, tigu-, plaat-, kraap-, ripp-, kopp-, vibro- ja rulliktransportöörid. Nimetus tuleneb transportöörile kinnitatud tööorgani järgi. Perioodilise tegevusega sisetranspordi seadmeteks loetakse käsikärud, liftid, tõstukid jne. Transportööre nimetatakse sageli ka konveieriteks.

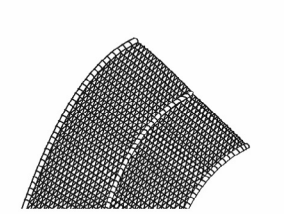
Linttransportöör

Kasutatakse tavaliselt tükitoodete transportimiseks. Kinnise ringi moodustav lint (1) pannakse liikuma vedava trumliga (2) ning pingutatakse veetava trumliga (3). Pingutustrumli juures on pingutusmehhanism, mis kujutab endast vintsi, mis on ühendatud veetava trumli teljega. Transporditava materjali koormuse kandmiseks on konveieri tööpool varustatud 0,9-1,8 m kaugusele paigaldatud tugirullikutega (4). Tühikäigu poolele on paigaldatud rullikud (4) 2…3 m vahedega. Kõik transportööri elemendid monteeritakse karkassile. Materjali mahalaadimiseks lastakse sellel kukkuda järgmist etappi või protsessi teostavasse seadmesse (**joonis 5.25**). Lihalõikusosakondades kasutatavad liinid koosnevad näiteks mitmest üksteise kohale monteeritud transportöörist, mis moodustavad konveieri.

Transportöörlindid valmistatakse vastavalt selle rakendusele puuvillasest kangast, kummeeritud riidest, traadist, lehtmetallist või plastikust. Puuvillast kangast kasutatakse lühematel konveieritel, mida ei ole tarvis pesta ja kus transporditakse pakendatud tooteid. Kummiga kaetud puuvillasest riidest lint on toiduainetööstuses enimlevinud transportöörlindi materjaliks, mille suurimaks puuduseks on tema venivus. Traadist metallvõrku kasutatakse juhul, kui toode peab lindil viibima tehnoloogilisel eesmärgil pikemat aega ja seega peab transportöörlint tegema läbi teatud nurga all suunamuutused (**joonis 5.26**). Näiteks pagaritööstuses leibade, saiade jahtumine.



Joonis 5.25. Linttransportöör.



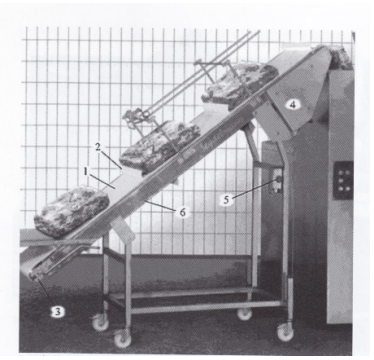
Joonis 5.26. Pööratav traadist konveierlint.

Nii roostevabast terasest traadi kui lehtmetalli lindi eeliseks on vastupidavus temperatuuridele, venimatus, ekspluatatsiooni pikaealisus, teatud piirini löökide taluvus ja vastupidavus agressiivsetele pesuainetele. Puuduseks on lindi väikese paindetugevuse tõttu trumlite suur diameeter, milleks on 1000 kordne lindi paksus. Transportööri tootlikkus sõltub lindi liikumise kiirusest ja transporditava materjali liigist.

$$Q=v\ m/l, \quad \text{kus}$$

Q – transportööri tootlikkus, kg/sek; v – lindi liikumise kiirus, m/sek; m- tooteühiku mass lindil, kg; l- tooteühikute vaheline kaugus, m.

Sõltuvalt toote liikumise suunast, samuti peale- ja mahalaadimise vajadusest, võivad linttransportöörid olla kas horisontaalsed või teatud nurga all. Sel juhul on lindi külge monteeritud ristisuunas paiknevad plaadid (**joonis 5.27**).

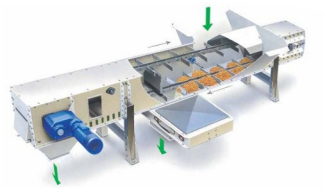


Joonis 5.27. Plaattransportöör (M. Tikk, 2003). 1- transportöörlint, 2- plaadid, 3- pingtusmehhanism, 4- ajam, 5- käivitusnupp, 6- raam.

Kett-transportöör

Kett-transportööri kandvaks organiks on kett, mis on tõmmatud üle vedava ja veetava ketiratta. Materjali edasikandmiseks kinnitatakse keti külge mitmesugused tööorganid nagu **kraabid, kopad, labad, plaadid, kiiged** jne. Transportöör käivitub elektrimootorilt läbi reduktori ja hammas- või kettülekande. Käivitusmehhanism paigutatakse transportöörlindi sellesse otsa, kus edasikantav materjal peale laaditakse.

Kett-transportöörid võivad olla ühe- või kaheketilised. Üheketilised koosnevad ühest ketist ja ühest ketirattast, kaheketilised paralleelselt kahest ketist ja ketirattast. Sõltuvalt tööorganitest nimetatakse neid transportööre ka kraaptransportöörideks, kopptransportöörideks jne. **Kraaptransportööri** kasutatakse näiteks jahu transportimiseks taarata jahuladudes (**joonis 5.28**). Kettide külge on kinnitatud kraabid, mis viivad jahu mööda renni või plaati edasi.

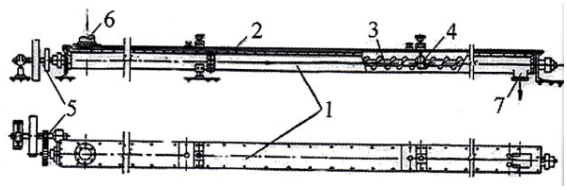


Joonis 5.28. Firma Danijos Cimbria toodetud kraaptransportöör.

Kopp- või **kiiktransportöörid** on ühe- või kaheketilised ja neil on keti külge šarniirselt vastavate sõrmede abil kinnitatud metallist kopad või kiiged. Kasutatakse samuti puistematerjali edasitransportimiseks, taignatükkide laadimisel kerkekappi, tehnoloogilises protsessis kerkekappides ja ahjudes, lihatööstuses tapaloomade sisikonna transportimisel jne.

Tigutransportöör

Tigutransportöör (**joonis 5.29**) on horisontaal-, vertikaal- või kaldtasapinnas asetsev transportseade, mille korpuseks (1) on silinder või kaanega kaetud renn (2). Materjali kannab siin tigu (3). Teo diameeter võib olla 15-60 cm ja pikkus 1-30 m. Pikematel seadmetel kasutatakse teo toetuseks tugesid (4). Tigukonveiereid kasutatakse puistematerjali või ka viskoossete materjalide transportimiseks, näiteks jahu, suhkur, tainas, hakkliha, vorstisegu, või jne.

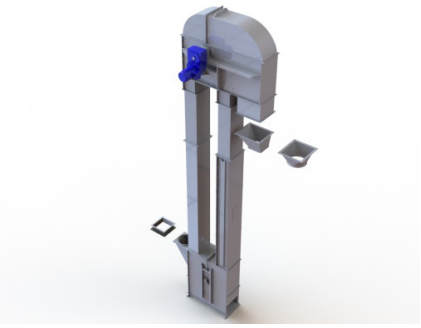


Joonis 5.29. Tigutransportöör (M. Tikk, 2003).

Seadme eeliseks on kompaktsus, konstruktsiooni lihtsus, võimalus süsteemi hermetiseerida, hügieenilisus ja võimalus transportida ka kuuma materjali. Suurimaks puuduseks on pikemate seadmete pesemine. Tigukonveierid kuuluvad ka sageli tehnoloogiliste seadmete komplekti (õlipress, dekanter). Tigukonveiereid on ka soojusvahetussärgiga, näiteks võimasina teksturaator. Selleks juhitakse soojusvahetussärki sooja- või külma vett või auru.

Koppelevaator

Koppelevaatorid on projekteeritud teravilja, graanulite ja jahutoodete suure tootlikkusega madala energiakuluga vertikaalseks transpordiks. Standardelevaatorid on tootlikkusega kuni 200 t/h, vajadusel saadaval ka elevaatorid tootlikkusega kuni 650 t/h. Materjali transportimise kõrgus võib ulatuda 3-30 m kõrgusele (**joonis 5.30**). Koppelevaator koosneb laadimisjaamast (kingast) (1), ajamijaamast (peast) (2) ja šahtist (3), milles liigub koppadega transportöörlint. Materjal satub transportööri koppa läbi kinga laadimisnoka (4) või võetakse kopaga põhjast, kuhu pudeneb isevoolu teel. Edasi tõstavad kopad tooraine šahti mööda transportööri ülemise piirini, seal laaditakse materjal maha.



Joonis 5.30. Koppelevaator.

Elevaator saab liikumise elektrimootorilt (5) läbi reduktori, rihm- või kettülekande. Lindi pingutamine toimub pingutusmehhanismiga. Ülemine trummel on kaetud kattega. Alumine trummel asub laadimisjaamas.

5.3.2. GRAVITATSIOON TRANSPORDISEADMED

Gravitatsioontranspordiks nimetatakse sellist transpordiviisi, kus materjal paigutub ümber oma raskusjõu mõjul. Selle transpordi liigi positiivseks küljeks on see, et ta on odav, äärmiselt lihtsa ehitusega ja puuduvad käivitusmehhanismid. Gravitatsioon-transpordiseadmed võib jagada kolmeks:

- kaldteed;
- spiraalsed teed;
- rullteed.

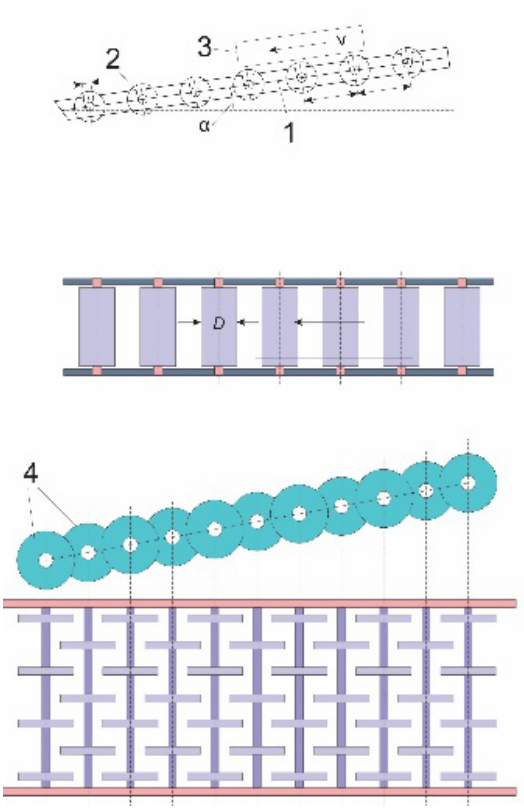
Kaldteid kasutatakse materjalide transportimisel nii taaraga kui taarata. Kaldteed valmistatakse puidust või metallist ning need võivad olla lahtised ja suletud. Spiraalteid (spiraalkonveiereid) (**joonis 5.31**) kasutatakse tükitoodete transportimisel suurtelt kõrgustelt ja need kujutavad endast metallist renni piiretega, et toode maha ei kukuks.



Joonis 5.31. AmbaFlex poolt toodetud spiraalkonveier: 1- metallist renn, 2- piire, 3- tükitoote sisestus, 4- toote väljutus, 5- tugi.

Rullteid kasutatakse kõvade materjalide transportimiseks (näiteks kastid valmistoodetega). Rullteed (**joonis 5.32**) on kasutusel vaid horisontaal- või kaldtranspordil.

Rulltee kujutab endast raami (1), millele on kinnitatud telgedel pöörlevad rullikud (2). Kastid või muu materjal (3) lükatakse käsitsi või liiguvad need raskusjõu mõjul, kui rulltee on paigutatud teatud nurga all.



Joonis 5.32. Rulltee: a – kõrvaltvaates, b – pealtvaates.

5.3.3. PNEUMAATILISED TRANSPORDISEADMED

Pneumotranspordi kasutamise eelduseks on puistematerjali võime liikuda õhuvooluga mööda torujuhet. Samuti on liikumine võimalik rõhkude erinevuse tõttu, mida saab tekitada torujuhtme alguses ja lõpus. Selle transpordiliigi eeliseks on:

- võimalus transportida puistematerjali mistahes suunas suurte vahemaade taha (kuni 1800 m) ja kõrgusele kuni 100 m;
- süsteem on hermetiseeritud, pole jahukadusid ning ei eraldu jahutolmu;
- võimalus protsessi lihtsalt automatiseerida.

Kompressori abil tekitatav suruõhk suunatakse läbi filtri ja jahutusseadme (komplektis võib olla ka niiskuse eemaldi) torujuhtmesse, kuhu antakse ka puistematerjal kas isevoolu teel või näiteks rootoriga. Suruõhu ja materjali segu liigub mööda torujuhet silosse või punkrisse. Suruõhk koos materjali tolmuga liigub õhupuhastustsüklonisse. Seejärel suunatakse

õhk läbi filtri atmosfääri. Sõltuvalt suruõhu rõhust, mida pneumosüsteemis tekitatakse, eristatakse:

1) madala suruõhu pneumoseadmed, rõhk kuni 0,005 MPa;
2) keskmise suruõhu pneumoseadmed, rõhk kuni 0,01 MPa;
3) kõrge suruõhu pneumoseadmed, rõhk 0,05-0,25 MPa.

Pneumotranspordi seadmed jagunevad veel: seadmed materjali transportimiseks kaaluta olekus ja seadmed materjali transportimiseks, andes talle eelnevalt voolavad omadused. Selle järgi, kuidas rõhkude vahe süsteemis tekitatakse, jagunevad seadmed:

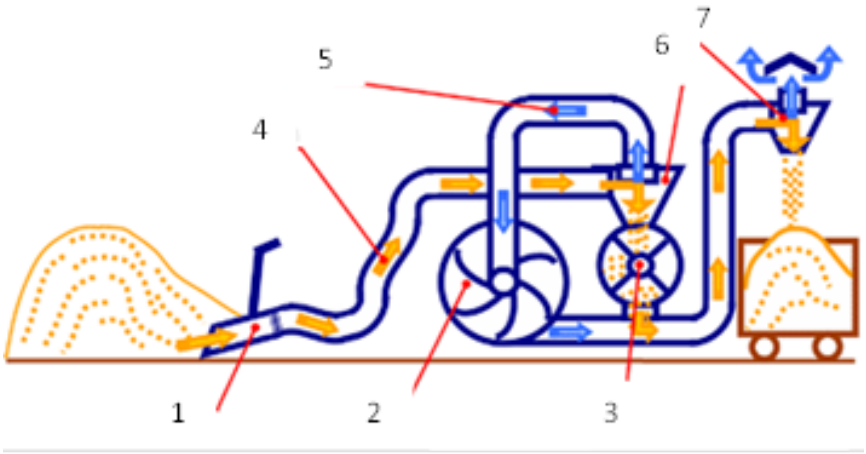
1) imipneumoseadmeteks;
2) survepneumoseadmeteks;
3) segapneumoseadmeteks.

Imipneumoseadme puhul imetakse õhk koos materjaliga läbi düüside torujuhtmesse. Materjal koos õhuga liigub kiirusega 16-20 m/s väljalaadimistsüklonisse, kus rõhk järsult muutub, materjal sadeneb tsükloni põhja, kust see laaditakse rootortoitjaga välja. Õhk liigub edasi tolmueraldisse ning läbi filtri atmosfääri. Imipneumoseadmega on võimalik materjali koguda (näiteks teravilja või jahu) üheaegselt mitmest kohast, kuid välja laadida ainult ühes kohas.

Survepneumoseadme puhul kompressor paigaldatakse süsteemi algusesse ja ta surub õhu läbi niiskuseeraldaja torujuhtmesse, kuhu antakse edasikantav materjal punkrist rootortoitjaga. Õhu ja materjali segu liigub mööda toru tsüklonväljalaadijasse, kus materjal sadeneb. Õhk koos tolmuga suundub tsüklonisse puhastamiseks. Seejärel väljub läbi filtri atmosfääri. Selline pneumosüsteem võimaldab materjali koguda ühest punktist kuid välja laadida üheaegselt mitmes punktis. Samuti võimaldab survepneumoseade transportida puistematerjali suurte vahemaade taha ja mitmekümne meetri kõrgusele.

Segapneumoseadme puhul kompressor paigutatakse süsteemi keskele, mis võimaldab materjali koguda imemisega üheaegselt mitmest kohast, väljalaadimine toimub aga survega mitmes punktis üheaegselt (**joonis 5.33**). Transporditava puistematerjali eraldamiseks õhuvoolust kasutatakse mitmesuguseid süsteeme, näiteks tsükloneid.

Õhu voolu suund selles kohas muutub ja selle tulemusel langeb ka tema kiirus. Materjal langeb alla ja õhk imetakse kompressori abil tsüklonist välja. Edasi antakse sama kompressoriga surve tsüklonist läbi lüüsi eraldunud materjalile ja transporditakse punkrisse.



Joonis 5.33. Segapneumotransportöör: 1- tera kogur, 2- kompressor, 3- lüüs, 4- õhk teraga, 5- õhk, 6- imitsüklon, 7- väljalaadimistsüklon.

5.4. Torustik ja armatuur

Vedelike ja gaaside (mõnikord ka puistematerjali) edasi suunamiseks kasutatakse torustikku ning voolu juhtimiseks armatuuri. Torude kaudu toimub vedelate ja viskoossete toodete – NH^3, vee, auru, suruõhu, kondensaadi, soolvee, jäävee jm. juhtimine vajalikus suunas ja ettenähtud mahutitesse või muudesse seadmetesse.

Torustikule monteeritakse armatuur, mis on vajalik vedeliku või gaasi:

- hulga või rõhu reguleerimiseks;
- liikumise suuna muutmiseks;

- jaotamiseks;
- seadmesse sisse- ja väljajuhtimiseks.

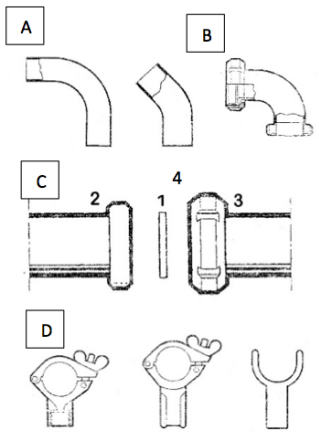
Torustikud valmistatakse roostevabast terasest. Torustiku loomiseks kasutatakse standardiseeritud tollimõõdustikus torusid.

Üldkasutatavad mõõdud on seejuures 1-4 tolli, ehk 25, 36, 50, 75 ja 100 mm. Torustiku läbimõõdud antakse sisemise mõõduna. Seinapaksus on vahemikus 1-1,5 mm. Torustiku läbimõõt valitakse vastavalt liini tootlikkusele ja arvutatakse valemiga:

D = (4V/3600 π W)1/2,

kus D – diameeter (m), V – tootlus (m3/h), W – voolamiskiirus (m/s), mis piimal, lõssil, petil ja vadakul valitakse tavaliselt vahemikust 0,5-1,5, koorel ja kondenspiimal aga 0,5.

Torustiku koostamiseks kasutatakse armatuuri, milleks on ühendusmuhvid, torupõlved 1, 2 ühendusmuhviga, torukolmikud 1, 2, ja 3 ühendusmuhviga, läbivoolukraanid, kolmikkraanid, ventiilid, distantsjuhtimisega automaatklapid, tagasivooluklapid ja kaitseklapid. Armatuur on monteeritud torustikule kas keevisliite või keermestatud ühendustega (**joonis 5.34**).



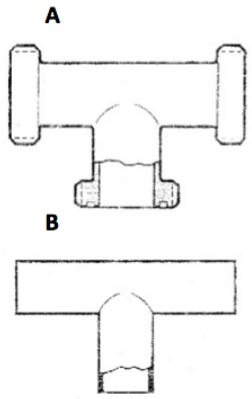
Joonis 5.34. A- erineva jämeduse ja paindega torupõlved; B- ühendusmuhviga torupõlv, C- ühendusmuhv (1- tihend, 2- keermestatud flants (tuts), 3- liikuv ühendusmutter, 4 – nippel, millel liigub ühendusmutter), D- kinnitusklambrid.

Kuna torustik ei saa koosneda ainult sirgetest lõikudest, siis on terviksüsteemide koostamiseks vaja mitmesuguseid käänukohti, millistest enamik on täisnurksed. Neid elemente nimetatakse põlvedeks. Torude keermestatud ühendamiseks kasutatakse standardiseeritud ühendusmuhve. Keermetena on seejuures kasutusel torukeerme (mitte meeterkeerme) standard. Torustike kinnitami-

seks tootmishoonetesse, samuti torude ühendamiseks, kasutatakse mitmesuguseid toeseid ja kinnitusklambreid.

Torustikule võivad olla monteeritud mõõteriistad ja andurid keskkonna temperatuuri, rõhu, läbivooluhulga jt. parameetrite kontrollimiseks ja reguleerimiseks. Mõõteriistade ja andurite kinnituskohtades kasutatakse spetsiaalseid vahetorusid või põlvi.

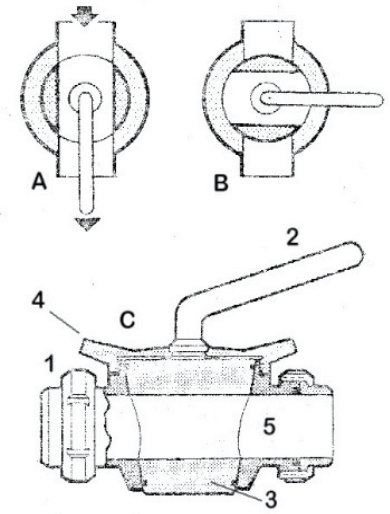
Torustike väga oluliseks osaks on selline armatuur, mis võimaldab teostada torustike hargnemist ja tootevoolu juhtimist. Hargnemiste teostamiseks on kõige levinumaks elemendiks kolmikud (**joonis 5.35**). Ka neid elemente valmistatakse keermestatud ühendusmuhvidega ja ilma.



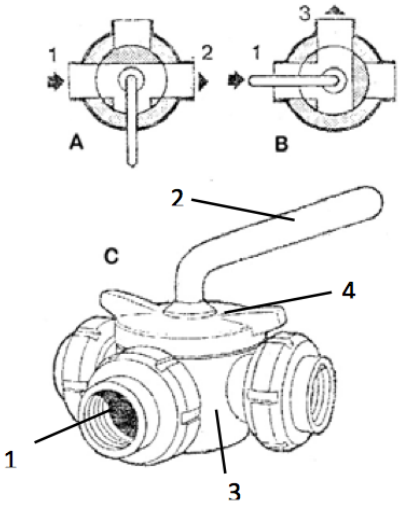
Joonis 5.35. Kolmikud: A– keermesliitega ühendamiseks, B– keevisliitega ühendamiseks.

Läbivoolu- ja kolmikkraanid koosnevad korpusest, käepidemega varustatud läbivooluavaga südamikust e korgist, kummitihendrõngast, õhukesest vaheseibist ja keermega kaanest. Pöörates südamikku läbivoolukraani korpuses vooluga ristisuunaliseks, lahutuvad kraani sisse- ja väljavooluava ning vool katkeb (**joonis 5.36**). Südamiku asendi saab fikseerida kraani ülaosas oleva ringikujulise pingutusmutri abil.

Kolmikkraani korpusel on kolm sisend-väljundava. Samuti on südamikul kolm läbivoolukanalit. Kinnitusmuhvid ja kraani fikseerimise mehhanism on sarnased läbivoolukraanile (**joonis 5.37**). Kraani käepideme pööramisega vastavas suunas asetuvad kohakuti korpuse ja südamiku avad, mis avavad või sulgevad voolu vajalike torustikeharude vahel. Ühenduste suunda näitab käepideme asend, kuid erinevate firmade kolmikkraanidel võib käepide olla siiski erineva paigutusega. Ventiile kasutatakse torustike sulgemiseks ja torustikku läbiva keskkonna läbivooluhulga reguleerimiseks. Ventiilid jaotatakse püstspindliga ja kaldspindliga ventiilideks.



Joonis 5.36. Läbivoolukraan: A – avatud asendis, B- suletud asendis, C – kraani elemendid: 1 – ühendusmuhv, 2- südamikuga jäigalt ühendatud käepide, 3- läbivooluavaga südamik, 4 – fikseerimismutter, 5- voolukanal.



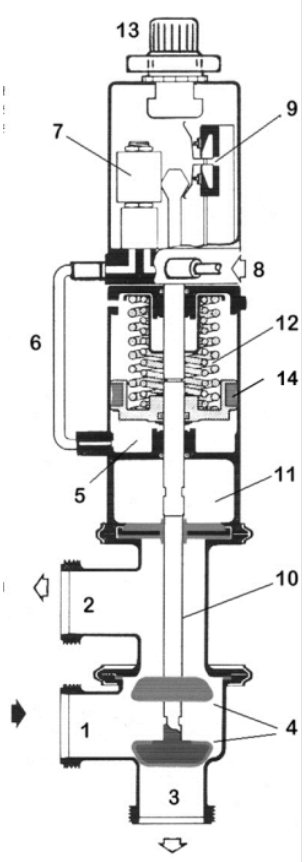
Joonis 5.37. Kolmikkraani lülitused: A – vool läbib kraani otse, B – vool läbib kraani vasakult ülesse, C- kolmikkraani üldvaade: 1- läbivooluava, 2- käepide, 3- kraani korpus, 4- kinnitusmutter.

Automaatklapid

Automaatklappides (distantsjuhtimise klapid) on käsitsi juhtimise kraan asendatud automaatsüsteemiga. Automaatklapid võivad olla elektrilise, pneumaatilise ja hüdraulilise juhtimisega. Klapi varras pannakse liikuma vastavalt kas elektrimootori või magneti vahendusel. Toiduainetööstused on väga kõrge elektrilise ohuga ettevõtted ning neis on seetõttu loobutud otsesest täiturite juhtimisest elektrivooluga. Pneumaatilisel juhul pannakse klapivarras liikuma suruõhu abil. Suruõhu juhtimine klappi toimub solenoidventiili vahendusel. Hüdraulilise juhtimisega klappidel pannakse klapivarras liikuma hüdrauliliselt vedeliku abil kas veega või õliga. Pneumaatiliste klappide eeliseks on lihtne konstruktsioon ja vähesem tundlikkus niiske keskkonna suhtes. Suruõhk juhitakse klappide juurde suruõhutorustiku abil. Klapid jagunevad vedruga ja vedruta klappideks. Mõlemad klapid võivad olla läbivoolu- või jaotusklapid.

Vedruga klapid on rohkem levinud. Vedruga sulgurklapp koosneb klapi korpusest toruotsikutega, suruõhusilindrist, milles asetseb kolb, vedrust kolvi taga ja sulgurist. Sulgur on varda abil kinnitatud kolvi külge. Sulgur kujutab endast ketast, mis on varustatud tihendrõngaga. Klapi korpuses on ava, mille serv on lihvitud ja millele klapi sulgumise korral toetub sulguri ketas. Suletud asendis surub kolvi taga olev vedru kolvi varda ja sulguri alumisse asendisse, sulgur surutakse tihedalt klapi sadulale ja vedeliku läbivool lakkab. Klapi avamiseks juhitakse suruõhk läbi solenoidklapi kolvi alla. Õhk tõstab kolvi üles, surub vedru kokku, tõstab varda ja sulguri üles ja avab toote läbivoolu.

Vedruga jaotusklapi (**joonis 5.38**) puhul on juhtvardal kaks sulgurit, klapi korpusel kolm otsikut. Vedelik siseneb keskmisest torust ja olenevalt varda asendist liigub kas ülemisse või alumisse torusse. Kui vedelik liigub

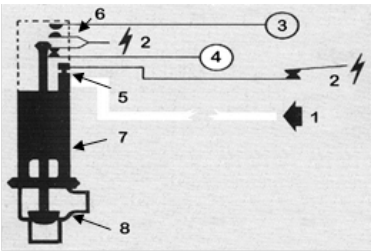


Joonis 5.38. Vedruga pneumaatiline jaotusklapp: 1- toote sisestusotsik, 2, 3- toote väljutuse otsikud, 4- klapi sulgurid, 5- suruõhusilinder, 6- suruõhu toru, 7- solenoidklapp, 8- suruõhu sisestusotsik, 9- mikrolüliti, 10- juhtvarras, 11- eralduskamber, 12- vedru, 13- klemmliistu kate, 14- kolb

ülemisse torusse, siis juhtvarras paikneb alumises asendis ning alumine sulgur sulgeb läbipääsu alumisse torusse. Kui soovitakse vedelikku suunata alumisse torusse, siis juhitakse suruõhk kolvi alla, vedru surutakse kokku ja kolviga ühenduses oleva juhtvarda abil tõstetakse sulgurid ülemisse asendisse, ülemine sulgur sulgeb vedeliku voolu ülemisse torusse ja avatakse vedeliku vool alumisse torusse.

Klapi töö juhtimine toimub elektriliselt (**joonis 5.39**). Klappi tüüritakse madalapingelise alalisvoolu signaaliga (2), mis rakendab klapi korpuse ülaossa paigutatud solenoidi (5). See oma-

korda avab samas paikneva pneumoventiili, mille kaudu suruõhk torustikust (1) pääseb korpuses (7) olevasse suruõhusilindrisse. Suruõhk surub kolvi üles ja tõstab ka juhtvarda ülemisse asendisse. Lülititest (6) väljutatavad tagasisidesignaalid (3 ja 4) suunatakse juhtkontrollerisse, et anda edasi informatsioon klapi rakendumise või ennistumise kohta. Nende signaalide analüüs võimaldab kontrolleril jälgida ka klapi korrasolekut.

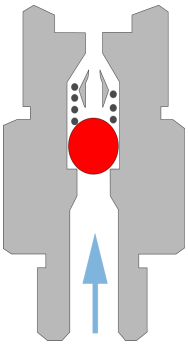


Joonis 5.39. Pneumaatilise klapi juhtimine: 1- suruõhu toru, 2- täituri ja tagasiside vooluring, 3- tagasisidesignaal "suletud", 4- tagasisidesignaal "avatud", 5- elektromagnetiline juhtklapp, 6- mikrolüliti kontaktid, 7- suruõhusilinder, 8- klapi sulgur.

Vedruta klapid koosnevad klapi korpusest ja suruõhusilindrist, milles liigub kolb, kolvi külge on kinnitatud sulguri varras ning sulgur. Vedruta klapi töö juhtimisel suunatakse suruõhk pneumosilindris mõlemale poole kolbi. Vastavalt sellele, kummale poole kolbi suruõhk juhitakse, muutub kolvi ja sulguri asend.

Tagasivooluklapp

Tagasilöögiklapp (**joonis 5.40**) kindlustab toote liikumise ühes suunas. Tagasilöögiklapid võivad olla erineva ehitusega ja paikneda nii vertikaalselt kui horisontaalselt. Kasutatakse mehhaanilise sulguriga ja vabalt liikuvate sulguritega tagasilöögiklappe. Vabalt liikuvate sulguritega tagasilöögiklapid paiknevad reeglina vertikaalsel torustikul.



Joonis 5.40. Tagasivooluklapp: 1- klapi korpus, 2- klapi sulgur, 3- torustik.

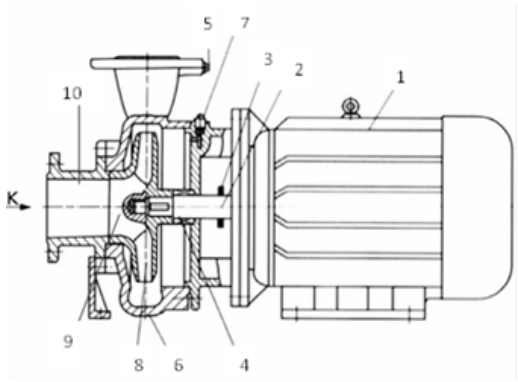
Vedeliku surve tõttu lükatakse sulgur voolu suunas ja vedelik pääseb sulgurist mööda. Vedeliku voolu katkemisel asetub sulgur kas raskusjõu mõjul või vedru abil oma kohale tagasi, et takistada vedeliku tagasivoolu.

5.5. Pumbad

Vedelike pumpamine on üks enimlevinum tehnoloogilistel liinidel kasutatav operatsioon. Pumbatavad tooted, vahe- ja pooltooted võivad väga oluliselt üksteisest erineda viskoossuse, temperatuuri, komponentide sisalduse jms poolest. Sellepärast tuleb rakendada ka konstruktsioonilt erinevaid pumpasid.

Tsentrifugaalpumbad

Tsentrifugaalpumbad (**joonis 5.41**) on kõige levinum pumbatüüp toiduainetetööstuses. Sobib kasutamiseks väheviskoossete vedelike pumpamiseks (vesi, soolvesi, piim, koor, õlu jt.).



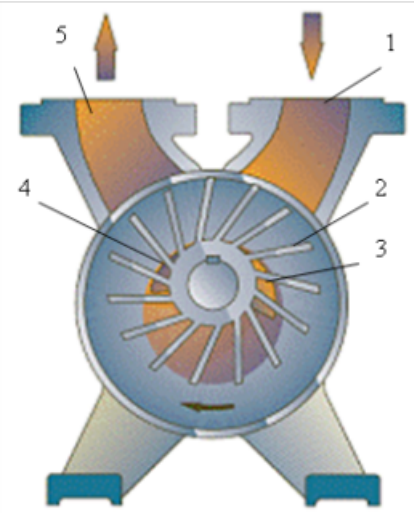
Joonis 5.41. NP-ISW tsentrifugaalpump: 1- elektrimootor, 2- pumba rootori võll, 3- tihend, 4- pumba ja elektrimootori võlli kinnitus, 5- survetoru, 6- pumba korpus, 7-kinnitusmutter, 8- tööorganina kasutatava ketta kanal, 9- pumbakorpuse ja võlli kinnitusmutter, 10- imitoru.

Vedeliku vool läbi pumba toimub pidevalt tööelemendi pöörlemisel tekkiva vaakumi tõttu pumba korpuse tsentris, mille tõttu imetakse vedelik pumba korpusesse. See vaakum on suhteliselt väike, mistõttu nende imikõrgus pole kuigi suur. Pumba käivitamisel on esialgse vaakumi tekkeks vajalik vedeliku olemasolu pumba korpuses. Tööorganiks võivad olla sirged või painutatud labad, labadega tiivik või spiraalkanalitega ketas, mis on kinnitatud elektrimootori võlli pikendusotsiku külge. Tööorgani pöörlemisel tekkiva tsentrifugaaljõu mõjul surutakse vedelik pumba korpuse perifeeriasse, sealt edasi survetorusse. Tsentrifugaalpumba tõstekõrgus võib ulatuda 30 meetri kõrgusele ja enam. Ketastsentrifugaalpumbad võivad olla ühe või mitmeastmelised. Üheastmelise ketaspumba korpuses pöörleb

ketas, mis on kinnitatud elektrimootori võlli pikendusotsiku külge. Ketas on kokku pandud kahest taldrikukujulisest plaadist, mille vahele jäävad spiraalselt õõnsad kanalid läbimõõduga 10-15 mm. Kaheastmelised ketaspumbad koosnevad kahest järjestikusest pumbakambrist. Kummaski kambris pöörleb samal võllil ketas. Toode imetakse esialgu esimesse pumbakambrisse, ketta spiraalsetest kanalitest liigub see esimese pumbakambri perifeeriasse, siis üleminekukambri kaudu teise kambri tsentrisse, sealt kettasse ja surutakse survetorusse. Sellise pumba tõstekõrgus võib ulatuda 100 meetrini ja enam.

Iseimevates tsentrifugaalpumpades on survetoruga ühendatud õhueralduse kamber, millesse liigub pumba korpusesse sattunud õhk, soodustades toote sisseimemiseks vajaliku vaakumi teket. Need pumbad ei ole nii lekketundlikud kui tavalised tsentrifugaalpumbad.

Vesirõngaspumpade tööorganiks on sirgete või painutatud labadega rootor (**joonis 5.42**). Rootor paikneb korpuses ekstsentriliselt. Vesirõngaspump ei ole tundlik õhule ja gaasile. Käivitamisel täidetakse pumba korpus vedelikuga. Rootori pöörlemisel paisatakse vedelik tsentrifugaaljõu mõjul korpuse seina suunas ning moodustub vesirõngas. Rootori labad ulatuvad kord vedelikku, kord vedelikust välja, kord on pumbakambris surve, kord vaakum.



Joonis 5.42. Vesirõngaspump **Dolphin**, tootja **Busch**: 1- toote sissevool, 2- rootor, 3- sissevooluava, 4- väljavooluava, 5- toote väljavool.

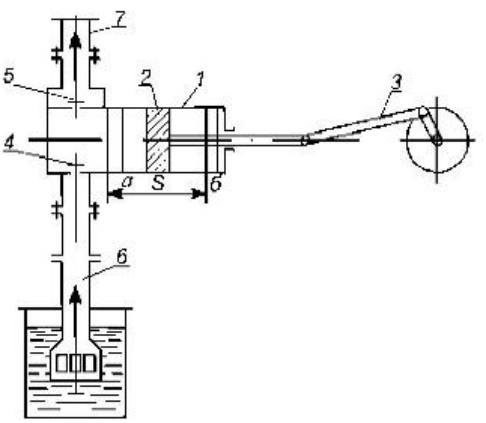
Töö algul pumpab pump korpusest välja õhu, mille tagajärjel vedelik voolab korpusesse. Iseimev pump tootlikkusega 13 m^3/h, temperatuuril 80 °C võib imeda vedelikku 3 meetri kõrgusele ja suruda 9-11 meetri kõrgusele.

Mahtpumbad

Mahtpumpades toimub pumpamine kindlate ühikmahtude läbiviimisega pumba korpusest. Mahtpumpadeks on kolb-, plunser-, membraan-, rootor-, siiber- (ehk lamellpumbad), kruvi- ja voolikpumbad. Mahtpumpasid võidakse kasutada ka toodete doseerimiseks. Erinevalt tsentrifugaalpumpadest, sobivad nad hästi ka suurema viskoossusega toodete, nagu koor, hapukoor, kohupiim, või jt, pumpamiseks. Mahtpumpade tootlikkust reguleeritakse pumba tööorgani liikumiskiiruse muutmisega reduktori juures oleva käigukasti või variaatori abil. Samuti kasutatakse selleks ajami mootori kiiruse muutmist, näiteks asünkroonmootorite puhul toitepinge sagedust muutes.

Mahtpumpadest kõige tuntumad on **kolb-** ja **plunžerpumbad**. Nad koosnevad silindrist, milles liigub edasi-tagasi tihedalt vastu silindri seina liibuv kolb. Kolvi liikumisel ettepoole tekitatakse surve ja tagasiliikumisel hõrendus. Selleks, et see vahelduv hõrendus ei kanduks survetorusse ja surve ei mõjutaks imipoolt, kuuluvad pumba sisenemis- ja väljutusavade juurde vastavad klapid (**joonis 5.43**). Selleks, et tekitada reduktori pöördliikumisest kolvi kulgliikumist, kasutatakse vänt-kepsmehhanismi.

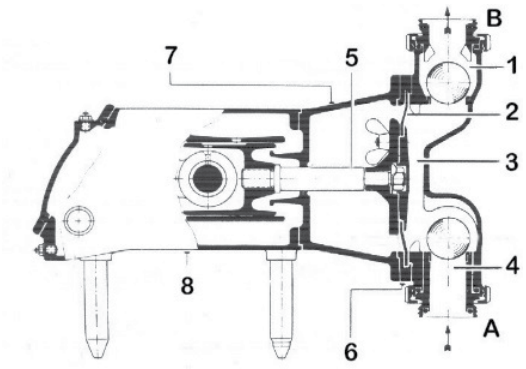
Toiduainetööstuses on kasutusel sageli mitmesilindrilised pumbad, mis võimaldavad tekitada väga suure vedeliku surve (kasutusel nt homogenisaatorites). Suurem arv silindreid kindlustab ühtlasema toote voolu torustikku. Kolvid või plunžerid töötavad järjestikku.



Joonis 5.43. Kolbpump: 1- silinder, 2- kolb, 3- väntkeps mehhanism, 4- vedeliku sisselaskeklapp, 5- vedeliku väljalaskeklapp, 6 – vedeliku imitoru.

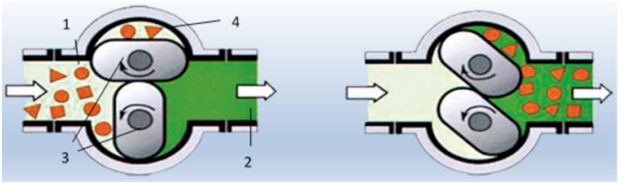
Membraanpumbad on eriti sobivad õrna konsistentsiga toodete ja vaheproduktide pumpami-

seks. Nendeks on näiteks juustukalgend (-tera) ja mitmesugused jogurtid. Ka membraanpumpades toimub pumpamine pumba korpuse (silindri) aktiivmahu muutmisega ja neis tuleb kasutada surve- ja imiklappe. Ühikmahu muutmine toimub pumbakambri üheks seinaks oleva membraani koolutamisega sisse ja väljapoole. Seda võidakse teha vänt-kepsmehhanismiga (**joonis 5.44**) või rakendatakse membraani juhtvarda liigutamiseks surutõhuga töötavat silindrit.



Joonis 5.44. Membraanpump: A- imipool, B- survepool, 1- surveklapp, 2- membraan, 3- membraani koolutusketas, 4- imiklapp, 5- juhtvarras, 6- membraani kinnitus korpusega, 7- käigukamber, 8- ajamimehhanism.

Rootorpumbad on eriti sobivad viskoossete toodete nagu koor, kondenspiim jt. pumpamiseks. Samuti saab nendega pumbata mitmesuguseid pastasid, võid, rasva ja muid poolplastilisi tooteid. Mitmed rootorpumbad on kasutatavad toodete täpseks doseerimiseks või pumbatavate koguste mõõtmiseks. Neil on kaks tööorganit, mis pöörlevad sünkroniseeritult teineteisele vastassuundades (**joonis 5.45**).



Joonis 5.45. Rootorpumba ALBIN MG korpus: 1- imitoru, 2- survetoru, 3- rootorid, 4- pumbatava toote ühikmahud.

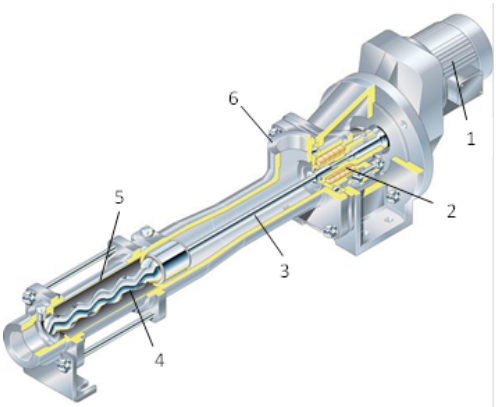
Pumba ovaalse korpuse küljes on imi- ja survetoru otsikud. Korpuses pöörleb rootorite paar. Üks neist on vedav, see on ühendatud ajamimehhanismiga, teine veetav (pöörleb pumbakambri esi- ja tagaseinas olevatel liuglaagritel).

Pumba korpus suletakse tihendi ja kaanega poltide abil. Imitoru tsoonis rootorid eralduvad üksteisest, imitsoonis tekib vaakum. Toode imetakse rootori süvendi ja kambriseina vahele, kantakse rootori poolt ühikmahuna

survetoru tsooni. Survepoolel rootorid hambuvad uuesti, tekib surve, toode liigub survetorusse. Toode kantakse edasi vaheldumisi kummagi rootori pöörlemisel. Rootorpumba üks liike on hammasrataspump. Selle tööorganiks on hammasrattad, mille hammaste vahelised ruumiosad määravad pumbatavad ühikmahud.

Kruvipumba korpus on pika horisontaalse silindri kujuline (**joonis 5.46**). Silindri siseseina on töödeldud keere. Pumba korpuses pöörleb roostevaba terasest kruvi. Toode imetakse imitorust pöörleva kruvi ja korpuse sisekesta vahele, kruvi pöörlemisel kantakse edasi survetoru piirkonda ja surutakse survetorusse.

Joonis 5.46. Firma NOV Mono kruvipump: 1- elektrimootor, 2- laagrid, 3- ühendusvõll, 4- rootor, 5- pumba korpus, 6- väljavooluotsik.

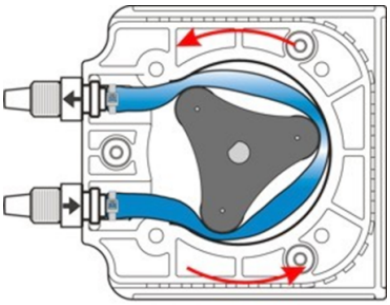


Olenevalt kruvirootori sammude arvust on pumbad kas ühe või mitmeastmelised. Astmelisusest oleneb pumba tõstekõrgus.

Lamell- ehk **siiberpumpa** kasutatakse väga õrnade toodete või vaheproduktide (nagu juustukalgend) pumpamiseks. Selles toimub ühikmahu siirdamine läbi pumba korpuse labadest koosneva tööorganiga, mis on paigutatud pumba korpusesse ekstsentriliselt. Labade kinnitus tööorgani raami külge on selline, et võimaldab nende radiaalset liikumist, mistõttu neid nimetatakse lamellideks või siibriteks. Selle tulemusena liibuvad nad pöörlemisel tihedalt vastu pumba korpust ning nende vahele moodustuvad ühikmahtude siirdamiseks vajalikud ruumiosad. Labadena kasutatakse kulumiskindlaid plastmasse nagu ftoroplast jt.

Voolikpumbad (peristaltilised pumbad) võimaldavad samuti käsitleda pumbatavat toodet selle struktuuri oluliselt rikkumata. Voolikpumba töökambriks on elastne voolik, mida mööda välise tööorgani poolt surutak-

se pumbatavat toodet imipoolelt survepoolele (**joonis 5.47**). Voolikpumba tööorganiks on vedavale võllile kinnitatud kolmnurkse kujuga rootor. Selle igas tipus paikneb elastse kattega tugiratas, mis kokkupuutel voolikust töökambriga surub selle kokku vastu pumba kaarja korpuse siseseina. Rootori edasisel pöörlemisel veereb ratas piki voolikut ja surub toote survetorusse. Korraga siirdatav ühikmaht on määratud kahe tugiratta vahele jääva voolikuosaga.



Joonis 5.47. *Blue-White Industries* voolikpump.

Voolikpumpasid on otstarbekas kasutada olulist steriilsust nõudvate tööprotsesside puhul, kus pumbatav vedelik ei välju voolikust ja ei puutu kokku ümbritseva keskkonnaga.

5.6. Mahutid

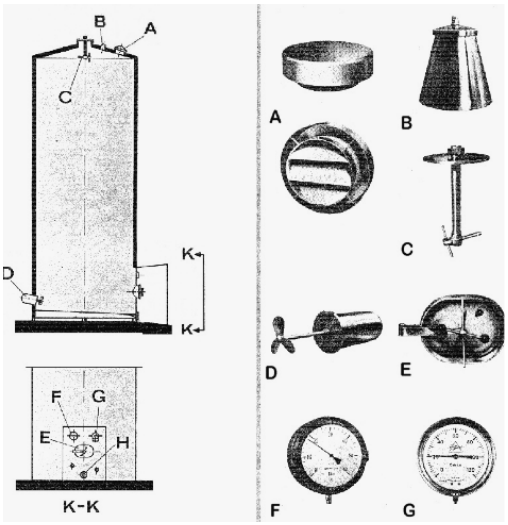
Mahutid jagatakse kasutamise otstarbe järgi:

- hoiutankideks;
- tehnoloogilisteks e protsessi tankideks;
- eriotstarbelisteks mahutiteks.

Hoiutankid. Hoiutanke iseloomustab lihtne konstruktsioon ja suur mahutavus. Hoiutankid on ette nähtud toote säilitamiseks kindlatel temperatuuridel. Kasutusel on vertikaalsed ja horisontaalsed sise- ning vertikaalsed välistankid. Välistanke nimetatakse ka veel silotankideks. Sisetankid on enamasti mahuga kuni 30000 liitrit, välistankide maht võib ulatuda kuni 400 000 liitrini (**joonis 5.48**).

Hoiutankide sise- ja väliskest on valmistatud roostevabast terasplekist, nende vahel paikneb enamasti vahtplastist termoisolatsiooni kiht. Tanki alaosas, vahel ka laes, paikneb hermeetiliselt suletav luuk (E), mida kasutatakse tanki teenindamiseks ja hooldamiseks, kui see on tühi. Põhjas paikneb sisse- ja väljavoolutoru otsik.

Osakeste settimise ärahoidmiseks on tank varustatud propeller- või labaseguriga (D), mis käivitatakse elektrimootori abil. Segamist võib teostada ka õhujoa juhtimisel läbi vedeliku, mida küll ei soovitata, sest sel juhul ka õhusisaldus tootes suureneb. Tankide lae alla on paigaldatud veel ringpesupihusti (C), valgusti (B), õhuklapp (A). Tanki teenidusosas paiknevad tavaliselt temperatuuri (G) ja koguse (F) manomeetrilised näiturid. Väiksemate tankide puhul saab koguse määramiseks kasutada ka kalibreeritud, ühendatud anumate printsiibil töötavat mõõtetoru või tensomeetrilisi jõuandureid. Tanki armatuuri elementidest võivad olla veel nivooandurid, happesuse andur, vaateaken, proovivõtukraan jm. Silotankid paigaldatakse üldjuhul gruppidena, nii et nende teenindussõlmed jääksid tööstuse ruumidesse või spetsiaalselt selleks ehitatud ruumi.



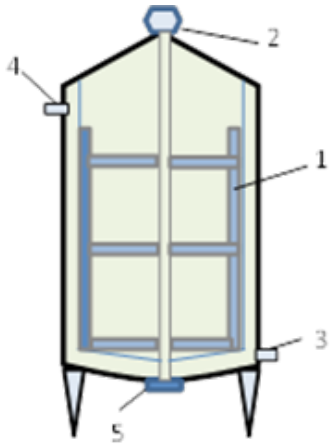
Joonis 5.48. Silotank ja selle elemendid: A- õhutusava, B- valgusti, C- ringpesu pihusti, D- segisti, E- luuk, F- manomeeter piimakoguse määramiseks, G- temperatuurimõõtur.

Tehnoloogilised tankid. Tehnoloogilised tankid on mõeldud teatud tehnoloogilise protsessi läbiviimiseks, mille käigus toimuvad muutused toote omadustes. Neid tanke kasutatakse kas toodete valmitamise, laagerdamise, fermenteerimise vm läbiviimisel. Oluliseks erinevuseks võrreldes hoiutankidega on:

- soojusvahetussärgi olemasolu;
- raamseguri kasutamine.

Soojusvahetussärgi abil on võimalik muuta või hoida toote temperatuuri pikema aja vältel, juhtides soojusvahetussärki sooja või külma vett või muud agensi. Tehnoloogiliste tankide maht ei ulatu tavaliselt üle 20

000 liitri. Neid toodavad enamik seadmete tootmisele spetsialiseerunud firmasid nagu: APV, GEA, TETRA LAVAL jpt. Tehnoloogilised tankid on peamiselt vertikaalse silindrilise kujuga (**joonis 5.49**). Nende alumises osas paikneb väljavooluava, mille suunas on tanki põhi kaldu. Tankide sise- ja väliskest valmistatakse roostevabast terasest. Reguleeritavate temperatuurirežiimide tagamiseks paikneb välis- ja sisekesta vahel soojusvahetussärk. Välimise kesta all on mõnedel tankitüüpidel veel isolatsioonikiht.



Joonis 5.49. Tehnoloogiline tank. 1- segur, 2- segisti ajam, 3- vee sisestusava, 4- vee väljutusava, 5- toote väljutusava.

Olenevalt toote viskoossusest ja protsessi iseärasusest kasutatakse erineva kujuga segureid. Selle näiteks on firma HACKMANi kooretankid, kus rakendatakse spiraalikujulist torusegurit. Selle seguri sisse on võimalik juhtida soojendus- või jahutusvedelikku. Koos soojusvahetussärgiga tagab see võte väga hea soojusülekande tootele.

Viskoossete toodete puhul peavad segurid suutma liigutada ka tanki seinalähedast kihti. Segurid käivitatakse tanki lael paikneva ajamiga (elektrimootori ja vastava reduktoriga), mille pöörlemiskiirus on mõnest mõnekümne pöördeni minutis. Kaasaegsed tehnoloogilised tankid võivad olla varustatud mitmesuguste anduritega parameetrite automaatregistreerimiseks ning täituritega segisti kiiruse, soojusvahetussärki juhitava vee liikumise intensiivsuse muutmiseks ja lisandite doseerimiseks. Lisaks kuuluvad kõikide tankide komplekti ringpesusüsteemi ühendamiseks vajalikud seadmed.

Omaette rühma moodustavad aseptilised tehnoloogilised tankid. Nende juures kasutatavad meetmed välistavad toote töötlemisel ja säilitamisel võõrmikrofloora sattumise tanki väliskeskkonnast või koos tootele lisatavate lisanditega. Nende tankide omapäraks on hermeetiline konstruktsioon.

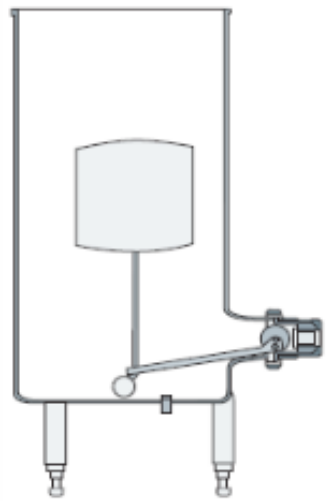
Välisõhu tanki pääsemise takistamiseks teenindamise ajal või võimalike ebatiheduste kaudu, tekitatakse mahuti sisemusse steriilse õhu abil ülerõhk. Aseptilised tehnoloogilised tankid steriliseeritakse auruga ja seejärel jahutatakse steriilse õhu või lämmastikuga. Aseptiliste tankide kasutamine õigustab end just juuretiste, pärmide kultiveerimisel.

Eriotstarbelised mahutid. Sellistes mahutites ei toimu tavaliselt toote pikaajalist säilitamist ega ka mingeid muutusi toote koostises ja omadustes. Eriotstarbelise mahuti näiteks võib olla nivoopaak (**joonis 5.50**).

Nivoopaak (ujukipaak) paigutatakse pumba imipoolele näiteks enne kuumtöötlemise seadmeid ja seda mitmel põhjusel:

- vähendada õhu ja teiste gaaside sisaldust tootes, mis mõjutab seadmete tööd;
- ära hoida kavitatsiooni teket vedelikus;
- tagada kuumtöötlemata piima mittesattumine töödeldud tootesse;
- tagada vedeliku pealevool kuumtöötlemisseadmesse konstantsena.

Ujukipaagis ujub vedeliku pinnal kergest roostevabast lehtmetallist valmistatud ujuk (1). Ujuk on ühendatud vedeliku sisselaskeklapiga (2). Vedeliku nivoo (3) alanemisel ujukipaagis avaneb vedeliku sisselaskeklapp ja rohkem vedelikku pääseb ujukipaaki. Seega vedeliku nivoo tõuseb ja sellega koos ka ujuk. Ujukiga ühendatud sissevooluklapp muudab asendit ja vedeliku sissevool sulgub. Ujukipaagi vastaspoolel olevast väljavooluavast (4) imetakse toode pumpa.



Joonis 5.50. Nivoopaak.

Mõnedesse nivoopaakidesse on asetatud nivooandur, mille kaudu juhitakse vedeliku sisselaskeklapi asendit.

5.7. Separaatorid

Tänapäeval on separaatorite kasutusala lai. Neid kasutatakse peale piimatööstuse veel õlle-, veini-, mahla-, pärmi-, õli-, jt. toiduainetööstuse harudes, samuti keemia-, farmaatsia-, nafta- jt. saaduste tootmisel tahkete osakeste või erineva tihedusega vedelate fraktsioonide eraldamiseks.

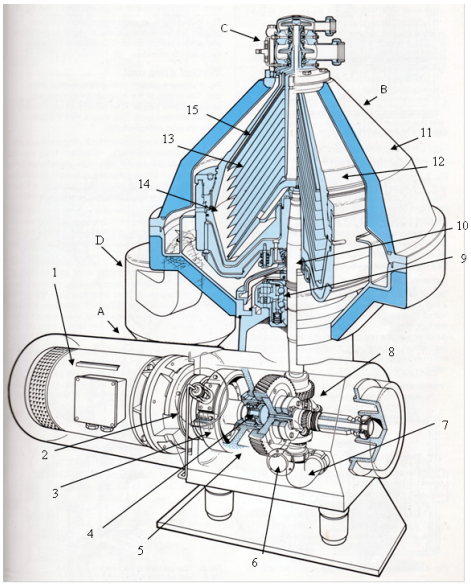
Separaatoreid võib klassifitseerida nende kasutusala järgi alljärgnevalt:

- separaatorid–koorelahutajad piima lahutamiseks kooreks ja lõssiks. Täidavad ka piima puhastamise funktsiooni;
- puhastusseparaatorid - vedelike puhastamiseks mehaanilistest lisanditest, pärmidest, veini settest, jt osakestest;
- kooreseparaatorid 30-40% koore separeerimiseks, et saada kõrgrasvasisaldusega (kuni 85% rasva) koor;
- kohupiimaseparaatorid – kalgendunud piimast kohupiimapasta ja vadaku eraldamiseks;
- rasvaseparaatorid puhta rasva (rasva 99,3%) saamiseks piimast või muust rasvast;
- selitusseparaatorid (dekantrid). Tahkema materjali eraldamiseks vedelikust, näiteks vadaku puhastamiseks peenest juustuterast;
- baktofuugid - bakterirakkude ja spooride eraldamiseks vedelikust.

Tsentrifugaaljõul töötava pidevtoimelise separaatori leiutas Rootsi insener Carl Gustaf Patrik de Laval 1878. aastal. Separaatori leiutamisega kiirenes piimatööstuse areng. Kui muudes toiduainetööstuse harudes kasutatakse eraldamisprotsesside läbiviimiseks ka muid võimalusi, siis piimatööstuses rasva eraldamiseks on tsentrifugaalseparaator asendamatu seade.

Ehituselt võivad separaatorid olla poolhermeetilised või hermeetilised. Põhiline erinevus nende vahel on toote sisenemisel ja fraktsioonide väljutamisel seadmest. Separaatori põhisõlmedeks on aluses paiknev ajamimeh-

hanism, trummel ja sisend-väljundsõlm ning kõntsa sterilisaator (**joonis 5.51**). Mõõteriistad, lülitid ja automaatjuhtimisseadmed on paigutatud juhtimispulti. Separaatori alus toetub jalgadega põrandale või vundamendile, kinnitatakse mittejäigalt ankurpoltidega.



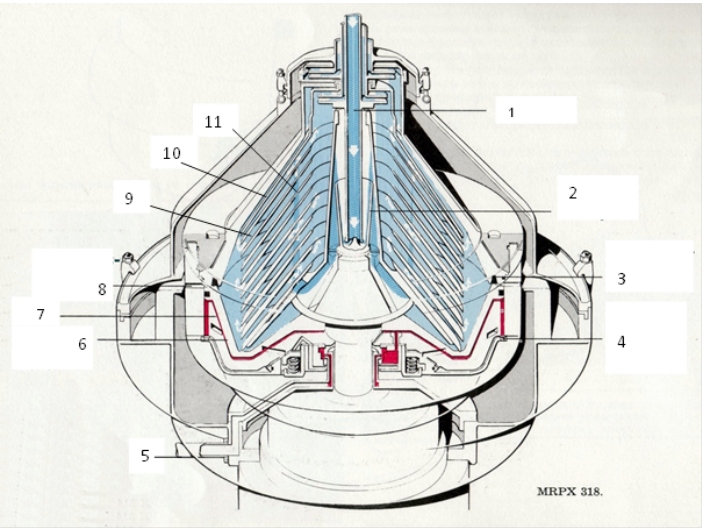
Joonis 5.51. TETRA LAVAL isepuhastav hermeetiline separaator-koorelahuti. A- ajamimehhanism: 1- elektrimootor, 2- sidur, 3- pidur, 4- horisontaalvõll, 5- õlivann e karter, 6- õlinivoo näit, 7- piima sissevool, 8- reduktor, 9- vertikaalvõlli kaelalaager, 10- õõnes vertikaalvõll; B- separaatori trummel: 11- kuppel, 12- trumli kaas, 13- taldrikupakk, 14- kõntsaruum, 15- jaotustaldrik; C- väljundsõlm; D- kõntsa sterilisaator.

Isetsentreerimise soodustamiseks paigutatakse jalgade alla kummimuhvid (seibid). Aluse põhi (karter) on õlivanniks kõikide ajamimehhanismi detailide määrimiseks tsentraalselt õli laialipaiskamise teel. Aluses on hermeetiliselt suletud avad ajamimehhanismi detailide monteerimiseks ja demonteerimiseks, avad määrdeõli sisse- ja väljalaskmiseks; õlinivoo näitur (vaateaken), trumli kinnituskruvid ja pidurid. Alusele toetub trumlit kaitsev kuppel, mis kinnitatakse poltidega või klambritega aluse külge. Ajamimehhanism koosneb elektrimootorist, tsentrifugaalhõõrdsidurist (mõnedel hüdrosidurist), horisontaalvõllist, kruviratasülekandest ja vertikaalvõllist. Viimase otsa on jäigalt kinnitatud trummel. Elektrimootori võlli või selle pikenduse külge on kinnitatud tsentrifugaal-hõõrdsiduri klotsidega ketas.

Elektrimootori käivitamisel kumerad friktsioonkattega klotsid, millel üks ots on lahti, surutakse tsentrifugaaljõu toimel vastu sama siduri kausikujulise pöia sisepinda. Viimane on monteeritud horisontaalvõlli otsa külge. Pöörlemise edasiandmine toimub sujuvalt: algul klotsid libisevad,

järk-järgult need aga surutakse järjest tihedamalt vastu pöida, kuni see koos horisontaal- ja vertikaalvõlliga ning trumliga saavutab normaalkiirusega pöörlemise. See toimub olenevalt separaatori margist 7-10 minuti jooksul ning sellega hoitakse ära elektrimootori ülekoormamine. Horisontaalvõllilt antakse pöörlemine edasi reduktori kaudu vertikaalvõllile. Vertikaalvõll on konstrueeritud isetsentreerimise põhimõttel. Selle ülemise otsa juures on horisontaalsete radiaalsete vedrude vahele paigutatud kaelalaager. Vertikaalvõlli alumine ots pöörleb samuti vertikaalsete vedrude vahel (põhjalaager). Vertikaalvõlli ja selle otsa kinnitatud trumli pöörlemisel võtavad need vertikaalse asendi vurri põhimõttel.

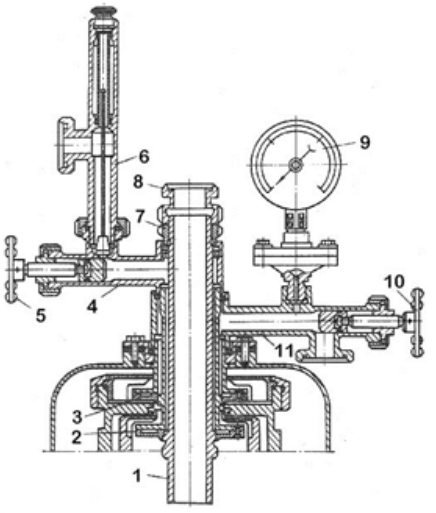
Separaatori trumlis (**joonis 5.52**) toimub keskkonna lahutumine fraktsioonideks. Piim siseneb kesktorust ning liigub taldrikuhoiduri avadest taldrikupaki vertikaalkanalitesse, nendest taldrikute vahele, kus toimub rasvakuulikeste eraldumine ja liikumine koorena tsentri suunas. Siin tõuseb koor taldrikupaki ja taldrikuhoiduri vahelt jaotustaldriku tsentris asetsevasse koore survekambrisse.



Joonis 5.52. Poolhermeetilise separaator-koorelahuti MRPX trummel: 1- kesktoru, 2- taldrikuhoidur, 3- tihendusrõngas, 4- vee väljutusdüüs, 5- vee sissevool, 6- rõngaskolb, 7- veekanal, 8- kõntsa väljutusava, 9- taldrikud, 10- jaotustaldrik, 11- taldriku aukudest moodustunud kanal.

Lõss liigub taldrikute vahelt trumli perifeeriasse, kuhu sadestub ka piimas olev kõnts. Sealt tõuseb lõss trumlikaane ja jaotustaldriku vahelt lõssi survekambrisse.

Hermeetilistes separaatorites-koorelahutites siseneb piim altpoolt, vertikaalvõlli alumise otsa küljes asetseva pumbakambri kaudu, liigub vertikaalvõllis oleva kanali kaudu trumlisse. Eraldunud koor ja lõss liiguvad trumlist üles analoogiliselt poolhermeetilisetle separaatoritele. Kõntsa eraldamist separaatori töö käigus reguleerib trumli põhjas asetsev rõngaskolb. Tööasendis on kõntsapilud suletud. Siis on kolvialune ruum täidetud klappide kaudu siseneva veega, mis hoiab kolvi ülemises asendis. Puhastusmomendiks, mis kestab 0,3-0,4 s, peatatakse veevool kolvi alla, lastakse vesi klappide kaudu kolvi alt välja, kolb laskub alla ja vabastab kõntsapilud. Kõnts paiskub välja trumlit ümbritsevasse kõntsa kogumise ruumi ja läheb sealt kõntsasterilisaatorisse või kanalisatsiooni. Kõntsa väljapaiskumine toimub tsentrifugaaljõu toimel ja seda soodustab trumli kooniline sein. Puhastustsükli järel juhitakse vesi klappide ja kanalite kaudu uuesti kolvi alla, kolb tõuseb üles ja sulgeb kõntsapilud. Vee juhtimine separaatorisse toimub hüdrosüsteemist, milles on filter, ventiilid ja automaatklapid ning manomeetrid. See võib toimuda käsitsi või automaatrežiimil.



Joonis 5.53. Poolhermeetilise separaator-koorelahuti sisend-väljundsõlm: 1- kesktoru; 2- koore survekambris asetsev surveketas; 3- lõssi survekambris asetsev surveketas; 4- kooretoru; 5- koore reguleerimisventiil; 6- koore rotameeter; 7- kinnitusmutter; 8- torustiku kinnitusmutter; 9- lõssi manomeeter; 10- lõssi reguleerimisventiil; 11- lõssitoru.

Poolhermeetilise separaator-koorelahuti sisend-väljundsõlm (**joonis 5.53**) koosneb kesktorust, mille kaudu siseneb piim, koore- ja lõssi survekambritest koos surveketastega, koore ja lõssi väljutustorudega ning reguleerimisventiilidega. Koore koguse orienteerivaks mõõtmiseks on sellel torul rotameeter, lõssi rõhu kontrollimiseks manomeeter.

Koore väljutamisel separaatorist tõuseb see koore survekambrisse, kus tsentrifugaaljõu mõjul surutakse kambri perifeeriasse ja sealt liikumatu surveketta spiraalkanalite kaudu koore väljumiskambrisse. Sellest liigub koor läbi reguleerimisventiili ja rotameetri survega 0,2-0,3 MPa torustikku. Lõss tõuseb pealevoolava piima surve mõjul lõssi survekambrisse, kus liikudes läbi liikumatu surveketta tsentri suunas saab surve 0,3-0,4 MPa ning väljub läbi väljumiskambri ja reguleerimisventiili lõssi torustikku. Poolhermeetilistel separaatoritel asetseb koore survekamber lõssi survekambri all.

Hermeetilistes separaator-koorelahutajates siseneb piim alt, läbi pumbakambri, liigub vertikaalvõllis oleva kanali kaudu trumlisse. Eraldunud koor liigub kesktoru lähedalt koore survekambris asetseva pöörleva surveketta tsentrist perifeeriasse ja sealt koore torustikku. Eraldunud lõss liigub samuti läbi survekambris pöörleva surveketta lõssi torustikku. Hermeetilistel separaatoritel asetseb koore survekamber ülalpool, kui lõssi survekamber.

Puhastusseparaatorites, mis võivad olla nii poolhermeetilised kui ka hermeetilised, puuduvad taldrikutes avad, taldrikud on väiksema läbimõõduga kui koorelahutitel, neid on ka väiksem arv. Sisenemisel liigub vedelik taldrikuhoidja välisservas olevatest avadest trumli perifeeriasse, kus eraldub kõnts trumli seinale (kõntsaruumi). Taldrikute vahelt satub puhastatud toode tsentrisse, tõuseb taldrikupaki ja taldrikuhoidja vahelt üles survekambrisse, kus läbib liikumatu surveketta ja väljub surve all 0,3-0,4 MPa läbi reguleerimisventiili torustikku. Hermeetilistel puhastusseparaatoritel on survekambris pöörlev surveketas. Kasutatakse lisaks piimale veel õlle, veini, õli ja muude toiduainete puhastamiseks.

Baktofuugid on ette nähtud bakteriaalse ja mehhaanilise mustuse eemaldamiseks vedelast keskkonnast. Baktofuugimisel on võimalik vähendada keskkonna bakterite sisaldust 8-9 korda ning spooride sisaldust 95-98%. Baktofuugid võivad olla kas ühe- või kaheastmelised. Üheastmelisel baktofuugil toimub vähendatud bakterisisaldusega toote väljutamine bak-

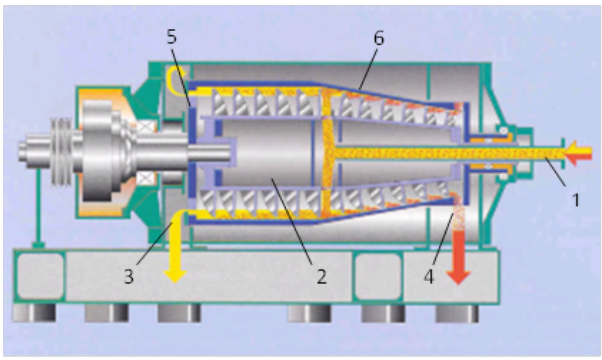
tofuugi ülaosast, baktofugaat koguneb kõntsa kogumise ruumi ja väljutatakse sealt perioodiliselt baktofuugi töö käigus. Kahefaasilise baktofuugi puhul väljutatakse nii vähendatud bakterisisaldusega toode kui baktofugaat seadme ülaosas paiknevate torustike kaudu.

Toote liikumine trumlis ja sisend- väljund sõlm on analoogiline separaator-koorelahutajale. Hulgaliselt piimast eraldunud bakterirakke sisaldav bakteriofugaat (umbes 1,5% - 3% piimast) steriliseeritakse ja suunatakse pastöriseeritud piima hulka tagasi.

Dekanter

Dekantreid (**joonis 5.54**) kasutatakse kõrge kuivainesisaldusega materjalidest vedeliku eraldamiseks, näiteks sadestatud kaseiini, kristalliseeritud suhkrute valmistamisprotsessis, sojaubadest sojapiima, jm toodete valmistamisel. Dekantri kasutamise eeliseks on setitamine voolus, millega saab seadet paigutada pidevtoimeliste liinide komplekti. Omadus, mis eristab dekantrit muud tüüpi tsentrifuugidest on see, et ta on varustatud teljesuunalise tigukonveieriga, mis pöörleb samas suunas kui trummel, kuid veidi erineva kiirusega. See tekitab nn "kerimise" efekti.

Suspensioon sisestatakse trumlisse silinderkoonilise teo keskosast, kus antakse suspensioonile pöörlev liikumine. Suspensiooni tahkem osa, mille erikaal on suurem paiskub tsentrifugaaljõu mõjul vastu trumli siseseina ja kantakse silinderkoonilise teo poolt trumli kitsamasse ossa. Vedelik eraldub teo tsentri suunas ja valgub trumli laiemasse ossa, kust väljutatakse läbi survekambris paikneva ketta.

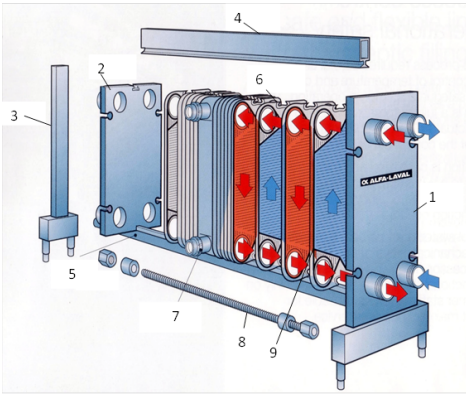


Joonis 5.54. Lochtec ApS DZ tüüpi dekanter: 1- suspensiooni sisestus, 2- silinderkooniline tigu, 3- vedela faasi väljutus, 4- tahke faasi väljutus, 5- survekamber ja surveketas, 6- trummel.

5.8. Termilise töötlemise seadmed

Termilise töötlemise seadmeid kasutatakse eelkõige soojendamiseks, regenereerimiseks, pastöriseerimiseks, steriliseerimiseks ja jahutamiseks. Seadmed võivad olla erineva ehituse ja tööpõhimõttega. Ehituselt kõige enam leiavad kasutust plaat- ja torusoojusvahetid. Mõlemal juhul toimub soojusläbikanne soojuskandjalt tootele läbi aparaadi konstruktsioonielemendi seina. Toruaparaatides on selleks toru sein, plaataparaatides spetsiaalse konstruktsiooniga plaadi sein. Neis kasutatavad materjalid peavad olema temperatuurikindlad ja hügieenilised. Põhimaterjaliks on roostevaba teras. Lisaks soojuse läbikandele, kasutatakse teatud tüüpi kuumtöötluse seadmetes ka puhastatud auru otsejuhtimist tootesse. Sel juhul tuleb arvestada sellega, et tootesse lisandub täiendav hulk vett.

Plaatsoojusvahetid on tänapäeval peamisteks soojusvahetusseadmeteks piima-, joogi- ja õlitööstuses. Soojusvahetid koosnevad mitmest erineva funktsiooniga sektsioonist (näiteks regeneratiiv-, pastöriseerimise, jahutamise jt sektsioonid). Soojusvaheti koosneb roostevabast terasplekist plaatide pakettidest (**joonis 5.55**). Plaatide gofreeritud pind moodustab plaatide vahel vedelike lindikujulise (voolu kihi paksus konstantne) või võrgukujulise (kihi paksus muutub) turbulentse voolamise. See intensiivistab soojusülekannet. Plaatide paksus on 0,8-1,5 mm, vahekaugus 3-6 mm. Plaatide vahele on kleebitud või kummiklambritega kinnitatud kummitihendid.



Plaatsoojusvahetite ökonoomsust suurendab regeneratiivsektsioonide (1-2) kasutamine, kus külma toote ettesoojendamiseks kasutatakse kuni 85-97% jahtuva toote soojusest.

Joonis 5.55. ALFA LAVAL plaatsoojusvaheti. 1- otsaplaat, 2- pingutusplaat, 3- tugipost, 4- kandetala, 5- juhttala, 6- plaadipakett, 7- ühendusplaat, 8- pingutuspolt, 9- kummitihend.

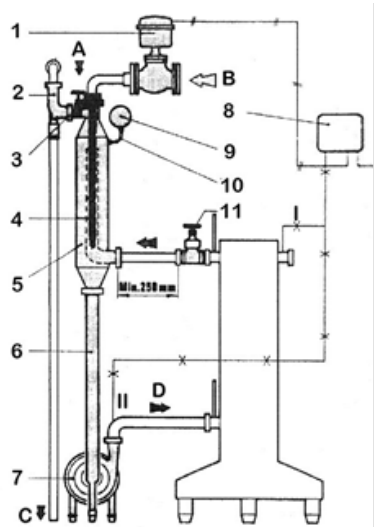
Soojusvahetite kasutamisel tehnoloogilistes liinides võib nende juurde kuuluda veel terve rida üksikseadmeid ja sõlmi. Selleks võivad olla:

1) tsentrifugaalpump, ujuki- ehk nivoopaak (vt.eespool) ja voolu stabilisaator tootele stabiilse läbivoolu kindlustamiseks;

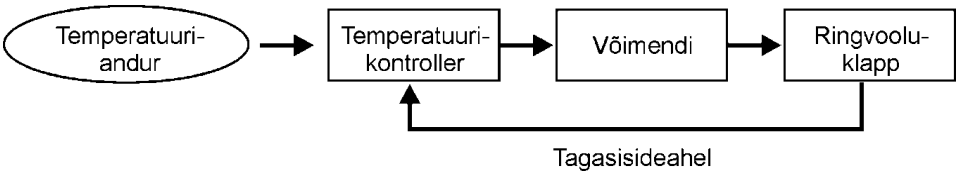
2) kuumaveesõlm pastöriseerimissektsiooni soojusvahetusagensi tootmiseks (**joonis 5.56**);

3) termorakk pastöriseerimisaja pikendamiseks, enamasti 15-25 sekundit, mõnedel aparaatidel kuni 5 minutit. Termorakk kujutab endast teatud läbimõõdu ja pikkusega (vahel ka spiraalset) toru, mille läbimiseks kulub tootel kindel aeg. Sellega määratakse ühtlasi aeg, mille kestel toodet pastöriseerimistemperatuuril hoitakse;

4) automaatringvooluklapp - enamasti pneumaatiline kolmikklapp puudulikult pastöriseeritud toote tagasijuhtimiseks ujukipaaki uuesti pastöriseerimiseks. Klapi automaatseks juhtimiseks peab olema vastav juhtsüsteem (**joonis 5.57**), mille põhielementideks on termoandur, kontroller ja võimendi juhtklapi (täituri) rakendumiseks vajaliku võimsusega elektrisignaali formeerimiseks. Termoanduri signaali võrreldakse kontrolleris etteantud lävisignaaliga. Kui andu-



Joonis 5.56. Auruga töötava kuumaveesõlme ehitus: A– täiendava veevärgivee sisestus, B– auru sisestus, C– vee ülejäägi väljutus, D– kuuma vee sisestus pastörisaatorisse, I– piima temperatuuriandur, II – kuuma vee temperatuuriandur, 1– auru automaatklapp, 2– veevärgivee toru, 3 – vee ventiil, 4 – perforeeritud toru, 5– kuumaveesõlme korpus, 6– kuuma vee pumba imitoru, 7– kuuma vee pump, 8– juhtkontroller, 9– manomeeter, 10– manomeetri toru, 11–pastörisaatorist vee väljutustoru ja reguleerimisventiil.



Joonis 5.57. Ringvooluklapi juhtimise põhimõtteline skeem (V. Poikalainen).

ri signaal ei ületa läve, edastab kontroller võimendile käsu klapi rakendamiseks, mis suunab pastöriseerimiselt tuleva piima tagasi nivoopaaki. Klapi tegelikust rakendumisest annab kontrollerile klapi vastava lüliti kaudu teada tagasisidesignaal. Ringvooluklapid töötavad samal põhimõttel kui tavalised piimavoolu suunamise automaatklapidki (vt eespool);

5) kontroller termogrammiga või spetsiaalse mäluseadmega pastöriseerimistemperatuuri kontrollimiseks, registreerimiseks ning reguleerimiseks. Sama kontroller võib registreerida ka teisi vajalikke parameetreid, reguleerida kuuma vee tootmist ja automaatringvooluklapi tööd;

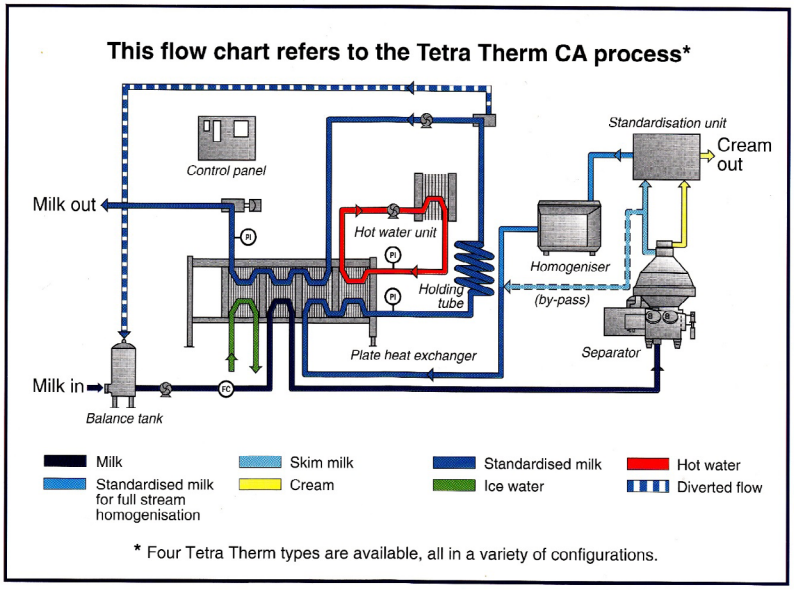
6) deaeraator e desodoraator tootest maitse- ja lõhnavigu põhjustavate ainete eemaldamiseks vaakumis. Desodoraatoris juhitakse kuum toode (kas regeneratiiv- või pastöriseerimise sektsioonist) õhukese kihina tangentsiaalselt vastu desodoraatori vertikaalse silindri kujulise korpuse seina või pihustatakse. Vaakumpumba poolt tekitatud alarõhu mõjul hakkab toode intensiivselt keema ning koos sekundaarse veeauruga eralduvad ka ebasoovitavad gaasid. Selleks, et toote veesisaldus väljaaurutatava vee koguse arvel ei muutuks, on uuematüübilistesse desodoraatoritesse sisse ehitatud veeauru kondensaator. Tootest eralduv veeaur kondenseerub, puutudes kokku külma, veega jahutatava kondensaatori soojusvaheti pinda, ning veeldub, kukkudes tagasi tootesse. Lendunud gaasilised ühendid aga eemaldatakse desodoraatori korpusest vaakumpumba abil koos õhuga. Desodoraatorist pumbatakse umbes 8 °C võrra jahtunud toode regeneratiiv- või pastöriseerimissektsiooni. Selle

kondensaatoris soojenenud jahutusvett võidakse samuti kasutada toote eelsoojendamiseks või pastöriseerimissektsiooni jaoks vajaliku kuuma vee tootmiseks;

7) automaatne standardiseerimissõlm. Standardiseerimissõlm on ühendatud separaatoriga ja võimaldab reguleerida rasvasisaldust tootes, juhtides voolus osa koort tagasi lõssi hulka;

8) homogenisaator (piima eeltöötlemise liini komplektis).

Soojusvaheteid koos lisaseadmetega kasutatakse tavaliselt toorme eeltöötlemiseks mahla, piima või muude vedelate toiduainete valmistamisel. Seadmed paigutatakse tehnoloogilisse liini kindlas järjekorras (**joonis 5.58**).



Joonis 5.58. Termilise töötlemise liin Tetra Therm CA: 1- piima sissevool, 2- nivoopaak, 3- deaeraator, 4- plaatsoojusvaheti, 5- separaator, 6- standardiseerimissõlm, 7- koore ülejääk, 8- homogenisaator, 9- termorakk, 10- automaatringvoolu klapp, 11- kuuma vee süsteem, 12- eeltöödeldud piim, 13- juhtimispult.

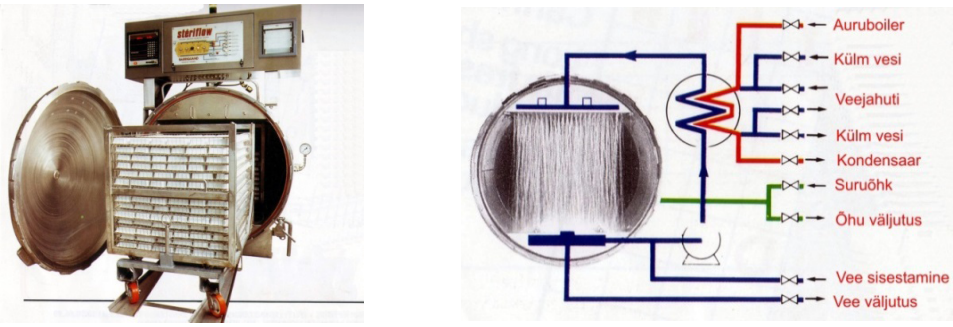
Koore termiliseks töötlemiseks kasutatakse eraldi seadmeid. Koore plaataparaadid on enamasti 3-4 sektsioonilised. Nendel on regeneratiivsektsioon, pastöriseerimis- ja veevärgivee- ning jääveejahutussektsioonid. Kasutatakse momentpastöriseerimist ja seetõttu termorakk puudub. Pastö-

riseerimissektsioon võib töötada kuuma veega, auruga või rõhu all oleva kuuma veega. Viimastel juhtudel saab koort pastöriseerida temperatuuril üle 100 °C.

Torusoojusvahetid. Torusoojusvaheteid kasutatakse samuti eelsoojenditena, regeneraatoritena, pastörisaatoritena või jahutitena. Toruaparaat koosneb soojusvahetussilindritest. Silindris võib olla kuni 30 toru, milles toode liigub tavaliselt mitmes paralleeltorus korraga. Torudevahelisse ruumi juhitakse pastöriseerimise korral kuum vesi või aur, jahutussektsioonis veevärgivesi või jäävesi. Torupastööre kasutatakse tavaliselt viskoossemate toodete ja kõrgemaid pastöriseerimistemperatuure vajavate toodete pastöriseerimiseks. Torujahuteid kasutatakse tahkemate toodete, näiteks kohupiimapasta jahutamiseks.

Sterilisaatorid ja **kõrgkuumutamise seadmed**. Toiduainete steriliseerimisprotsessi on võimalik läbi viia kas **taaras** või **voolus**. Sterilisaatorid toodete steriliseerimiseks koos taaraga võivad olla tsükkel- või pidevtoimega. Taaras steriliseerimist kasutatakse eriti konservide ja mahlade töötlemisel.

Tsükkeltoimega sterilisaatorid (autoklaavid) on vertikaalsed või horisontaalsed tugevaseinalised terasplekist mahutid. Neil on vastavalt peal või ühes otsas hermeetiliselt suletav luuk. Selle kaudu toimub toote sisse- ja väljalaadimine. **Vertikaalsterilisaatorite** puhul paigutatakse toode pärast purkidesse või pudelitesse villimist korvidesse ja korvid tõstetakse sterilisaatorisse. Autoklaav täidetakse enne sooja veega (70-75 °C). Pärast autoklaavi sulgemist lastakse sellesse aur, mis surub õhu või vee välja. Pärast steriliseerimist lastakse sterilisaatorisse jahutusvesi. **Horisontaalsed sterilisaatorid** on rohkem automatiseeritud. Temperatuuri ja aja reguleerimine toimub programmi järgi. Raamile laaditud konteiner lükatakse mööda sterilisaatori põhjas olevat rööbasteed otsaluugist seadmesse (**joonis 5.59**). Steriliseerimine toimub auruga ülekuumutatud vee juhtimisega dušiseadeldisest tootele. Samuti toimub jahutamine külma veega. Soojusagensina kasutatakse tööstuslikes sterilisaatorites vett, mida kuumutatakse või jahu-



Joonis 5.59. STERIFLOW tsükkeltoimega horisontaalsterilisaator ja selle tööpõhimõte.

tatakse soojusvahetis. Selleks, et vesi saaks kuumeneda steriliseerimistemperatuurini, tõstetakse sterilisaatorisisest rõhku suruõhu abil.

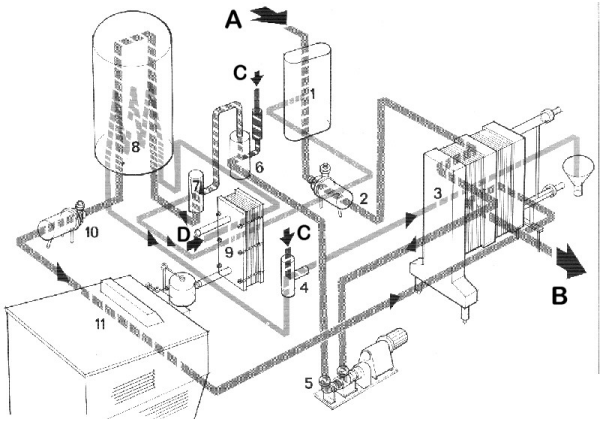
Horisontaalsterilisaatorid on levinud kala, liha, aedviljade, puuviljade töötlemisel. Pakenditena võib kasutada klaaspurke, pehmet plastpakendit, metalli jm kombineeritud pakkematerjali.

Pidevtoimega sterilisaatoritest on rohkem levinud hüdraulilise lukuga hüdrostaatilised tornsterilisaatorid ja rootorsterilisaatorid. **Tornsterilisaator** koosneb vertikaalsetest tornidest, milles toode liigub lõputu transportööri kandurite pesades pidevalt edasi (pudelid, purgid, toosid). Sisselaadimismehhanism paigutab toote kandurite pesadesse, väljalaadimismehhanism lükkab need välja eritransportöörile. Äärmistes tornides olevad veesambad tasakaalustavad keskmistes tornides oleva auru rõhu hüdraulilise luku põhimõttel. Seepärast vajab seade kõrget tootmisruumi. **Horisontaalsed** sterilisaatorid on tavaliselt 3-sektsioonilised, koosnedes horisontaalsetest eelsoojenduse, steriliseerimise ja jahutussektsioonidest. Steriliseeritavad pudelid või plekktoosid liiguvad konveieril paiknevates pesades läbi nende sektsioonide järjestikku Toote transpordiks normaalse õhurõhu käest rõhu all olevasse sterilisaatorisse kasutatakse automaatselt töötavat lüüsikambrit, auru mõju ühtlustamiseks on steriliseerimiskambrisse paigutatud ventilaator.

Valmistatakse ka horisontaalseid rootorsterilisaatoreid, milles toode liigub läbi eelsoojendus-, steriliseerimis- ja jahutussektsioonide silindri ja

selle sees pöörleva trumli vahel külili asendis ja pööreldes silindri teise otsa. Liikumist soodustavad silindri sisepinnal olev spiraal ja trumli pinnal asetsevad ribid. Toosid liiguvad silindritesse ja nendest välja sisselaadimis- ja väljalaadimismehhanismide vahendusel. Eelsoojendus- ja jahutussilindrid on 1/2 ulatuses täidetud veega, steriliseerimissilinder täielikult auruga. Steriliseerimise aega reguleeritakse trumli pöörlemiskiiruse muutmise teel.

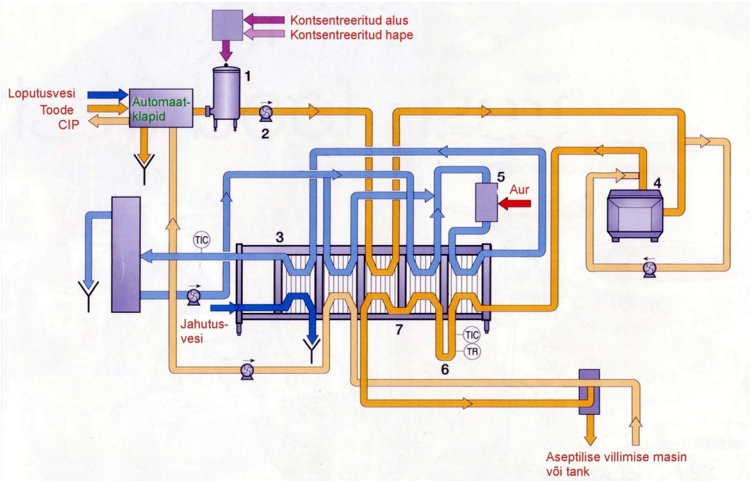
Voolus steriliseerimist kasutatakse torustikus voolavate vedelate toodete steriliseerimiseks. Toote kõrgkuumutamisega (UHT) töötavad steriliseerimisseadmed võivad olla otsese või kaudse kuumutamisega. **Otsese** steriliseerimissüsteemi puhul juhitakse puhastatud aur otse tootesse. Selliseid seadmeid toodab näiteks Rootsi firma TETRA PAK (**joonis 5.60**).



Joonis 5.60. TETRA PAK-i UHT-seade VTIS: A- toote sisestus, B- toote väljutus, C- aur, D- vesi, 1- ujukipaak, 2-tsentrifugaalpump, 3- plaataparaat (regeneraator-jahuti), 4- inžektorpump (vaakumi tekitamiseks), 5- toote survepump, 6- auru sisestusseade tootesse, 7 - ringvooluklapp, 8- vaakumkamber, 9- plaatsoojusvaheti vaakumkambri kondensaatori vee jahutamiseks, 10- aseptiline tsentrifugaalpump, 11-aseptiline homogenisaator.

UHT seadmes pumbatakse läbi ujukipaagi (1) saabuv toorpiima pumbaga (2) plaataparaati (3), kus see kuumutatakse 80 °C. Seejärel suunatakse see kõrgsurvepumbaga (5) inžektorisse (6), milles puhastatud auru tootesse juhtimise teel selle temperatuur tõstetakse momentaalselt 140 °C ja hoitakse termorakus selle juures 3-4 s. Vaakumkambris (8) aurustatakse inžektoris sisseviidud vesi tootest välja, eralduvad ka gaasid ning toote temperatuur langeb uuesti 80 0C. Seejärel toode pumbatakse pumbaga (10) aseptilisse homogenisaatorisse (11) ning jahutatakse plaataparaadi (3) jahutussektsioonis 20 °C ning villitakse aseptilises villimisseadmes.

Kaudse steriliseerimissüsteemi puhul toimub toote kuumutamine läbi soojusvahetuspinna. Soojusvahetiks võib olla nii plaat- kui torutüüpi soojusvahetid. Näiteks TETRA PAK–i poolt toodetud STERITHERM, kus soojusvahetiks on 5-sektsiooniline plaataparaat (**joonis 5.61**).



Joonis 5.61. TETRA PAK STERITHERM UHT töötlus: 1- ujukipaak, 2- tsentrifugaalpump, 3- plaatsoojusvaheti, 4- homogenisaator, 5- auruinžektor, 6- termorakk, 7- lõppjahutussektsioonid.

Toode pumbatakse ujukipaagist läbi plaatsoojusvaheti regenereerimissektsiooni, milles toode soojeneb jahutatava toote arvel homogeniseerimistemperatuurini 75 ˚C, homogeniseeritakse homogenisaatoris, kõrgkuumutatakse plaatsoojusvaheti steriliseerimissektsioonis 137 ˚C, peale termoraku läbimist jahutatakse veejahutussektsioonis jahutatud külma veega, seejärel regenereerimissektsioonis. Steriliseeritud toode väljub automaatringvooluklapi kaudu aseptilise villimise seadmesse või tanki. Normaalsest madalama temperatuuriga piim (andur peale termorakku) suunatakse automaatringvooluklapi kaudu läbi jahutussektsiooni tagasi ujukipaaki.

Kontrollküsimused

Millised seadmed valiksid toiduõli villimiseks 0,5 liitristesse pudelitesse? Miks? Kirjelda protsessi.
Koostada piima eeltöötlemise liin, paigutades seadmed õiges tehnoloogilises järjekorras.
Kirjeldada jahu transportimist silodesse.

Kasutatud kirjandus

Dairy Processing Handbook. 2003. Lund: Tetra Pak Processing Systems.

Dobrovolski, V. A., Zablonski, K. I., Mak S. L., Radtšik A. S. Erlih, L. B. 1971. Masinaelemendid. Tallinn: Valgus.

Mandel, A. 2001. Piimatööstuse seadmed. – Rmt: Olkonen, A. (koost.). Piimanduse käsiraamat. Tartu: EPMÜ Loomakasvatusinstituut, lk 196–219.

Andmed masinate ja seadmete kohta firmadelt:

ALBIN MG. Rotary Lobe Pumps.

AmbaFlex Spiral Conveyor Solutions. Holland.

ALFA LAVAL. Self Cleaning Hermetic Hot Milk Separators.

ALFA LAVAL VTIS. Direct steam injection UHT System.

BAHR PUMP. NOV Mono kruvipump.

BUSCH Dolphin: Liquid Ring Vacuum Pumps.

BRATNEY COMPANIES. Chain Conveyors. USA.

GEA. Automatic valves. Mixproof valve.

STERIFLOW THERMAL PROCESSING. Prantsusmaa.

TETRA PAK STERITHERM UHT. Indirect UHT System for Liquid Food Products.

WESTFALIA SEPARATOR MSA 160. Milchentrahmungsseparator mit selbstentleerende Trommel. Oelde.



6. TOIDUAINETE TEHNOLOOGIAD

6.1. Pagari- ja kondiitritoodete tehnoloogia

Anna Traksmaa

Katrin Laos

Sissejuhatus

Pagaritoodete klassifikatsiooni järgi on olemas kaks suurt rühma: liht- ja valikpagaritooted, mida omakorda grupeeritakse sõltuvalt retseptuurist, põhitooraine ehk jahu liigist ja tüübist, toodete kujust, netomassist, valmistamisviisist jt.

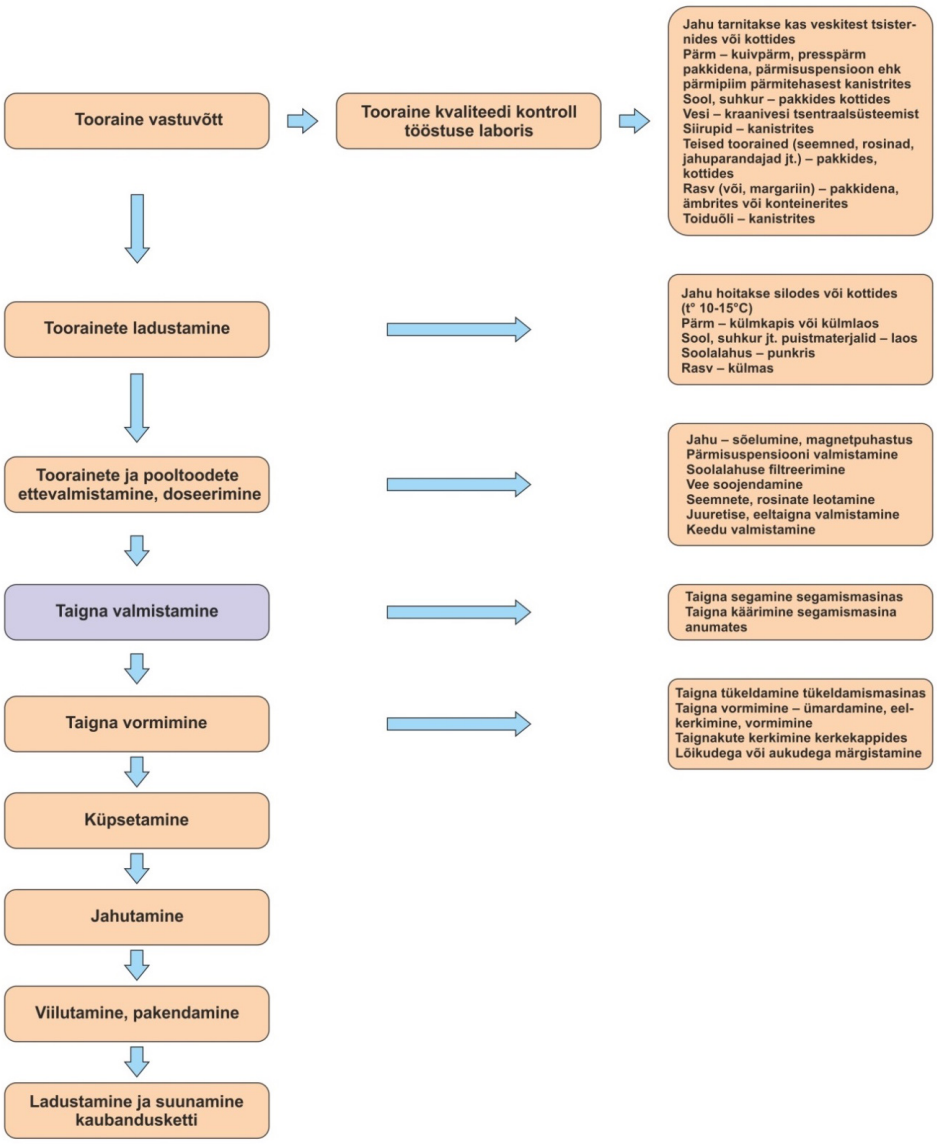
Lihtpagaritoodete põhilised esindajad on nisu- ja rukkijahust valmistatud saiad, leivad, sepikud, kuklid, erinevate rahvuste traditsioonilised tooted (lavašš, ciabatta jt.), ka eritehnoloogia järgi valmistatud kuivikud, barankad, kõrsikud jt. tooted, mille koostises on jahu üle 90% kuivainest ning suhkru- ja rasvasisaldus arvestatuna taigna kuivainele, kumbki ei ole üle 5% v.a. mõned erandid (nt. barankad).

Valikpagaritoodete suhkru- ja/või rasvasisaldus ümberarvestatuna taigna kuivainele on üle 5% (kumbki), ning siia gruppi kuuluvad väiksed saiakesed, pirukad, pitsad, kringlid, tordid, biskviidid, keeksid, küpsised ja pooltooted (taignad, tordipõhjad jt.), mille valmistamisel kasutatakse lisaks jahule ka täidiseid, kreeme, želeed jt. lisandeid.

Kondiitritoodeteks on maiustused. Kondiitritooted liigitatakse tinglikult jahulisteks kondiitritoodeteks ja suhkrulisteks kondiitritoodeteks. Teravat piiri jahuliste kondiitritoodete ja valikpagaritoodete vahel ei olegi. Pigem domineerivad need nimetused, mis on seotud piirkondlike traditsioonidega. Suhkruliste kondiitritoodete hulka kuuluva põhiliselt kommid, suhkrustatud pähklid, šokolaad, närimiskumm, pastilaa ja muud maiustused, mis on tehtud peamiselt suhkrust.

6.1.1. Leivatoodete tootmise põhietapid

Leiva ja saia valmistamise tehnoloogiline protsess (**joonis 6.1.**) koosneb mitmetest etappidest: toorainete vastuvõtt, ladustamine, doseerimine, pooltoodete valmistamine ja doseerimine, taigna segamine, käärimine, tükeldumine ja vormimine, kerkimine, küpsetamine, jahutamine, pakendamine, säilitamine, transport ja realiseerimine jaekaubanduses.



Joonis 6.1. Lihtpagaritoodete (leiva/saia) valmistamise põhietapid

Sõltuvalt tehnoloogiast võivad esineda ka lisaetapid: pooltoodete, nagu juuretise, keetude, soola- ja suhkrulahuse valmistamine, pärmide aktiveerimine, taignakute külmutamine jne. Igas etapis toimub terve kompleks keerulisi protsesse: erinevad füüsikalis-keemilised, biokeemilised, kolloidsed ja mikrobioloogilised protsesid, mis on seotud toorainete keemilise koostisega, tehnoloogiliste omadustega, mikroorganismide eluvõimega, bioloogiliste katalüsaatorite e. ensüümide aktiivsusega ning tehnoloogilise protsesi parameetrite ja tingimustega. Järgnevalt on antud ülevaade eelnimetatud etappidest ja toimuvatest protsessidest saia valmistamise näitel. Rukkileiva tehnoloogias esinevad teatud erinevused.

Sõnad leivatehnoloogia, leivavalmistamine, leiva maht, leiva saagis, leiva vananemine jt. kehtivad nii saia kui ka rukkileiva tehnoloogia puhul.

6.1.1.1. Toorained ja nende roll leivavalmistamisel

Liht- ja valikpagaritoodete põhilised toorained on jahu, vesi, pärm, sool. Ilma nendeta ei saa tooteid valmistada, v.a. teatud tüüpi taignad, nt. biskviittaigen, besee. Paljudel juhtudel kasutatakse ka suhkrut, rasva, piimatooteid, seemneid ja teisi abitooraineid ja lisandeid.

Toorainete kogused lihtpagaritoodete valmistamisel arvutatakse tavaliselt 100 kg jahu kohta (**tabel 6.1**).

Toodete lõppkvaliteet sõltub suurel määral toorainete kvaliteedist ja küpsetusomadustest. Kõik toorained peavad vastama kehtivatele standarditele. Järgneb toorainete lühikirjeldus ning mõju toote kvaliteedile.

Jahu küpsetusomadused

Jahu on pagaritoodete põhitooraine ning selle küpsetusomadused määravad lõpptoodete välimuse, sh. kooriku värvuse, sisu elastsuse, poorsuse ning lõhna ja maitse. Kõrgkvaliteetsete pagaritoodete valmistamiseks kasutatakse nisujahu tüüpidega 405 ja 550. Teatud toodete jaoks kasutatakse ka tüüpi 812, liht- või täisteranisujahu (tüübid 1050, 1600, 1700).

Tabel 6.1. Toorained pagaritoodete valmistamisel

Tooraine	**Kogus, % jahu kohta**
Jahu	100
Pärm	0,5 – 2,5
Sool	1,25 – 2,5
Suhkur	0 - 20
Rasv	0 - 15
Vesi	Arvutatakse vastavalt taigna niiskusele
Teised teraviljasaadused	0 - 10%
Lisandid (piim ja piimasaadused, muna, siirupid, rosinad, jahuparendajad jt)	0 – 5%

Nisujahu küpsetusomadusteks on:

a) jahu suhkrutekitamisvõime

b) jahu gaasitekitamis- ning gaasihoidmisvõime

c) jahu jõud

Rukkijahu tüüpidest kõige levinumad leivatööstuses on rukkipüül (tüüp 705), rukkikroovjahu (tüüp 1370) ja rukkitäisterajahu (tüüp 1800).

Rukkijahu küpsetusomadusteks on eelkõige suhkru- ja gaasitekitamisvõime. Jahu suhkrutekitamisvõime ja gaasitekitamisvõime sõltuvad jahu süsivesik-amülaas-kompleksist ehk jahus sisalduvate süsivesikute omadustest, tärklise mõjutatavusest ensüümide poolt, tärklise graanulite omadustest (suurus, kahjustatud terade arv jt) ning amülolüütiliste ensüümide ehk amülaaside aktiivsusest ja kogusest.

Kuna tärklisesisaldus jahus on suur (kuni 70% sõltuvalt jahu sordist ja tüübist), siis on tärklisel ja tärklist lagundavatel ensüümidel (amülaasidel) suur roll leiva- ja saiavalmistamisel.

Jahu gaasitekitamisvõime sõltub jahus sisalduvatest suhkrutest ja suhkrutekitamisvõimest.

Suhkrutekitamisvõime omakorda on seotud amülaaside toimega tärklisele, mille lagundamisel tekkivad suhkrud (peamiselt maltoos).

Jahu suhkrutekitamisvõime

Jahu suhkrutekitamisvõime on jahu omadus taigna valmistamisel kindlaksmääratud temperatuuri juures ja teatud aja jooksul moodustada mingi kogus maltoosi. Jahus sisalduv tärklis laguneb ensüümide toimel suhkruteks (peamiselt maltoosiks), mida edaspidi kääritatakse pärmide ja piimhappebakterite poolt, ja dekstriinideks, mida mikroorganismide poolt ei kääritata.

Nisujahu sisaldab 2-3% nn. oma suhkruid. Normaalseks käärimiseks peab nisutaignas olema aga 5% suhkruid. Puuduolev kogus saadakse jahu tärklise lagunemisel amülaaside toimel.

Gaasimoodustumisel taigna käärimise käigus osalevad nii jahus juba olnud, kui ka tärklise lagundamisel tekkinud suhkrud. Jahu oma suhkruid kääritatakse taigna käärimise alguses; tärklise lagundamisel tekkinud suhkrutel on tähtis roll käärimise lõppstaadiumis, kerkemisel ja küpsetamise algperioodil, mis määrab leiva mahu ja kooriku värvuse.

Optimaalse kooriku värvuse saamiseks on vaja, et taignal oleks enne küpsetamist 2-3% k.a. mittekääritatud suhkruid. Kui see kogus on väiksem, siis sai tuleb heleda koorikuga, isegi, kui küpsetusaeg on pikem, või küpsetustemperatuur kõrgem, sest ei moodustu melanoidiine – aineid, mis tekivad käärimata suhkrute ja valkude laguproduktide vahel ja määravad kooriku värvuse.

Jahu gaasitekkimisvõimest sõltub ka leivatoote maht, sisu poorsus, elastsus. Hea gaasitekitamisvõimega jahust valmistatud leib on optimaalse mahuga, rikkaliku maitse ja aroomiga, sisu struktuur on poorne, koorik on iseloomuliku värvusega.

Madala gaasitekitamisvõimega jahust valmistatud taignas suhkrud kääritatakse ära juba käärimise alguses. Kerkimis- ja küpsetamisprotsessi alguses on leiva maht suhkrute puudumise tõttu madal, koorik on liiga hele. Liiga kõrge gaasitekitamisvõimega nisujahu amülolüütilised fermendid on liiga aktiivsed; selline jahu sisaldab tõenäoliselt alfa-amülaasi, mis näitab, et jahu oli valmistatud kasvamaläinud teradest. Sellisest jahust valmistatud saial on liiga pruunistunud koorik, sisu on kleepuv, madala elastsusega, sisu maitse on magusavõitu (nn. „linnasemaitseline“).

Jahu gaasitekitamisvõime

Jahu gaasitekitamisvõime sõltub tema süsivesik-amülaaskompleksist, amülolüütiliste ehk süsivesikuid lagundavate ensüümide aktiivsusest ning ühtekokku suhkrutekitamisvõimest. Jahu gaasitekitamisvõime on tähtis kvaliteedinäitaja, millest sõltub kogu tehnoloogilise protsessi kulgemine, käärimise intensiivsus, käärimise produktide akumuleerumine ning aroomi- ja maitseühendite moodustumine.Käärimisel tekivad, pärmirakkude elutegevuse tulemusena tärklise lõhustumisel saadud maltoosist etanool ja süsihapegaas ehk süsinikdioksiid (CO_2), mille koguse järgi hinnatakse etanoolkäärimise intensiivsust.

Gaasitekkimisvõimet iseloomustab süsinikdioksiidi kogus, mis tekib teatud kindla aja jooksul jahu, vee ja pärmide kindlatest kogustest valmistatud taigna käärimisel.

Jahu jõud ja jahu gaasihoidmisvõime

Jahu jõud on nisujahu võime moodustada taignas kindlad reoloogilised omadused[1] (st. teatud elastsusega, venitatavusega, laialivalguvusega, sitkusega).

[1] Taigna reoloogilised omadused - tekstuuri ja käitumise kompleksnäitaja taigna segamisel ja kogu pagaritoodete valmistamise tehnoloogilises protsessis. Põhilised reoloogilised omadused on elastsus, tugevus, venitavus, veesidumisvõime. Nendest sõltub lõpptoodete iseloom ja kvaliteet.

See on väga tähtis nisujahu küpsetusomaduse parameeter, millest sõltub leiva ja saia saagis, taigna struktuur käärimisel, mehhaanilisel töötlemisel ja kerkimisel. Jahu jõust sõltub samuti gaasihoidmisvõime, taigna kujuhoidmisvõime, leiva maht ja sisu poorsus.

Jahu jõust sõltub optimaalse konsistentsiga taigna valmistamiseks vajalik vee kogus. Jahu veesidumisvõime omakorda oleneb ka jahu niiskusest ja tärklise ning jahu valkude võimest siduda endaga vett.

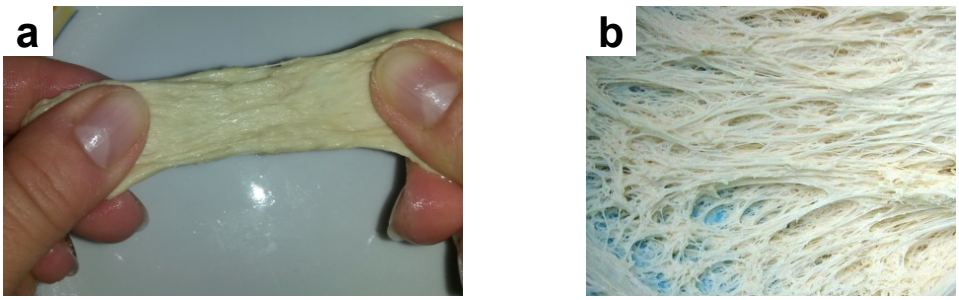
Jahu jõud sõltub peamiselt valk-proteaaskompleksi omadustest ehk valgu komponentidest, nende kogusest, atakeeritavusest, proteolüütiliste ensüümide (ehk proteaaside), mis katalüüsivad peptiidsidemete hüdrolüüsi, kogusest ja aktiivsusest, proteolüüsi ehk valkude lagundamise aktivaatoritest ja inhibiitoritest; aga ka mittevalgulistest komponentidest nagu tärklise, pentosaanide, lipiidide kogusest ja omadustest ning nendele mõjuvatest ensüümidest. Nisuteras sisaldub 6 - 25% valku (keskmiselt on 11 – 12,5%), sõltuvalt nisu sordist, mullastikust, kasvutingimustest, regioonist, koristus- ja hoidmistingimustest.

Jahu valgud

Valgud on veel üks klass tähtsamatest jahukomponentidest peale süsivesikute, mis mängivad olulist rolli leiva valmistamisprotsessis. Jahu valgusisaldus oleneb paljudest faktoritest nagu teraviljasort, kasvutingimused, jahu tüüp jt.

Tavaline küpsetusnisujahu üldine valgusisaldus on kuni 13%. Sellest umbes 15% on veeslahustuvad albumiinid (sellesse gruppi kuuluvad fermendid) ja 85% on veeslahustumatu gluteeni ehk kleepvalgu valgud. Taigna segamisel ja käärimisel need valkained paisuvad intensiivselt, veeslahustumatute fraktsioonide vahel tekivad disulfiidsidemed, tänu millele moodustub tugev, plastiline, kuid ka elastne veniv mass, nimega kleepvalk või gluteen (**joonis 6.2. A**), mis vastutab edasi kolmedimensionaalse käsnataolise taigna struktuuri (**joonis 6.2. B**) tekke eest.

Gluteenivalgud jaotuvad kaheks (**joonis 6.3**): monomeersed gliadiinid ja polümeersed gluteniinid. Gliadiini fraktsioon annab taignale plastilisuse, venivuse ning viskoossuse. Gluteniini fraktsiooni valgud on suurema molekulaarmassiga, annavad taignale elastsuse ja sidususe, kuid venivad vähem.



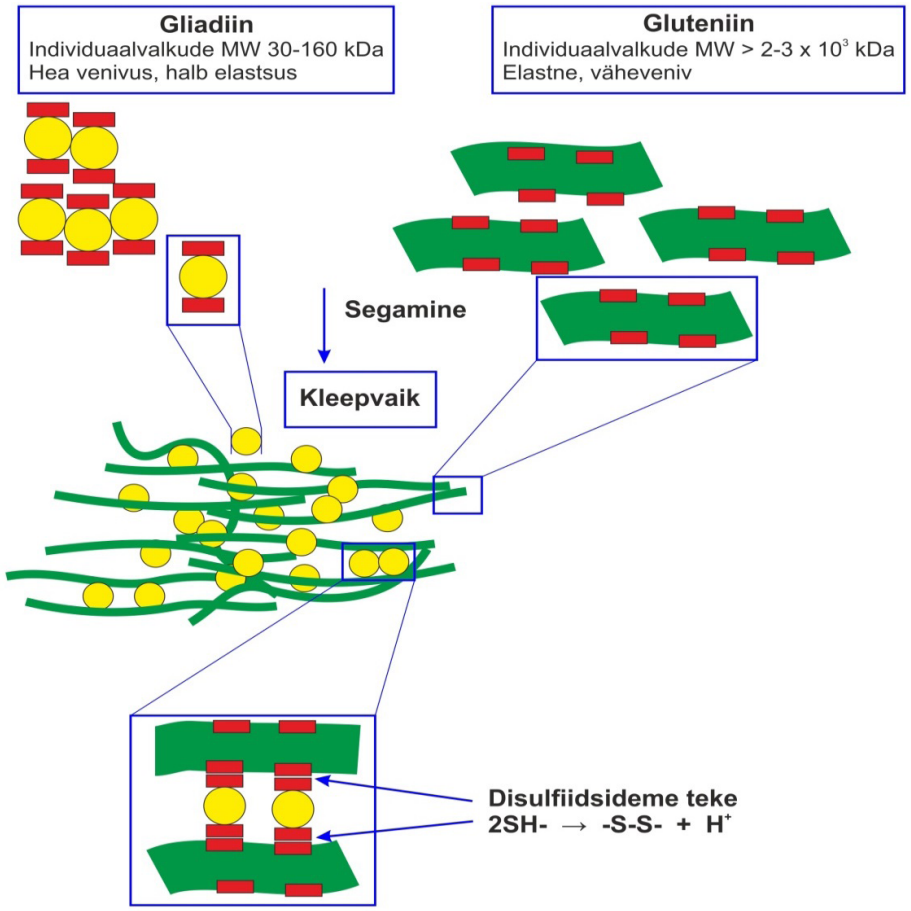
Joonis 6.2. Nisujahust väljapestud kleepvalk (A) ja nisutaigna struktuur (B)

Nisujahu sisaldab 20-35% gluteeni, mille sisaldusest ja omadustest sõltub jahu gaasihoidmis-võime, nisutoodete ruumala ja poorsus. Peale valkainete, mida on 75-90%, koosneb kleepvalk 10-25% tärklisest, väikestes kogustes sisaldub ka kiudaineid (sh. pentosaanid), tuhaelemente, suhkruid, lipiide. Mida kõrgem on nisujahu valgusisaldus, seda suurem on väljapestava kleepvalgu sisaldus. Mida rohkem on jahus kleepvalku ja mida tugevam see on, seda tugevam on jahu. Eristatakse tugeva, nõrga ja keskmise jõuga nisujahu.

Tugeval jahul on kõrge veesidumisvõime. Sellest jahust valmistatud taigen on normaalse konsistentsiga, reoloogilised omadused (konsistents, elastsus) säilivad segamisel ja käärimisel. Hea gaasihoidmisvõime, taignaku kuju säilib kerkimise ja küpsetamise ajal. Tooted on suuremahulised ja ei vaju laiali

Nõrgal jahul on madal veesidumisvõime.Taigna reoloogilised omadused halvenevad segamisel ja käärimisel. Taigen vedeldub, on väheelastne, madala gaasihoidmisvõimega. Tooted on madala mahuga, vajuvad laiali.

Keskmise "jõuga" jahu on vahepealne. Taigna struktuur on normaalne.



Joonis 6.3. Kleepvalgu moodustumine

Rukkijahu valgud erinevad nisujahu valkudest. Rukkijahu sisaldab rohkem veeslahustuvaid albumiine ning rukkitaigna segamisel elastse gluteeni karkassi ei moodustu. Struktuurset rolli taignas täidavad veeslahustuvad pentosaanid.

Jahu rasvad

Nisu- ja rukkijahu rasvasisaldus on kuni 2%. Vaatamata madalale sisaldusele, mängivad jahu rasvad oma rolli jahus toimuvates prostessides, eriti jahu säilitamisel. Nisujahu rasvad lagunevad säilitamisel rasvhapeteks, mis

omakorda muutuvad rasvhapete peroksiididekse ning oksüdeerivad nisujahu valkude SH- rühmad disulfiidsidemeks.

Selle muutusega kleepvalk tugevneb, proteolüütilised fermendid inaktiveeruvad, jahu küpsetusomadused paranevad. Kuid kaua säilitamisel (eriti mitteoptimaalsetel tingimustel) toimub jahu glütseriidide ja glükolipiidide oksüdatsioon ehk lagunemine, mis põhjustab rääsumist, jahule võib tekkida ebameeldiv lõhn ja maitse, see muutub kibedamaks.

Rukkijahu rasvad erinevad nisujahu rasvadest nii keemiliselt koostiselt kui ka omadustelt. Rukkijahu säilib paremini ning kibedamaks praktiliselt ei muutu.

Jahu säilitamine

Jahu tarnitakse veskitest leivatööstusesse kas kottidesse pakendatult või jahuauto tsisternides. Tööstuses jahutsisternid tühjendatakse pneumatiliselt ehk suruõhuga leivatehase suurtesse mahutitesse (silodesse). Silodes säilitamise eelisteks saab nimetada väiksemaid kadusid ja paremaid sanitaartingimusi, kuna tegu on kinniste süsteemidega.

Optimaalne jahu säilitamistemperatuur on 10° C. Alla 10° C säilitatud jahust on taigna valmistamisel raske saavutada optimaalset taigna temperatuuri. Üle 20° C säilitatud jahus intensiivistuvad ensüümide toimel lagunemisprotsessid.

Jahuladu peab olema puhas, hea ventilatsiooniga, kuiv, suhteline õhuniiskus ei tohi olla üle 70%.

Enne doseerimist on vaja jahu sõeluda ja puhastada magnetpuhastusseadmega. Sõelumise eesmärk on võõrkehade eemaldamine ja õhuhapnikuga rikastamine, mis soodustab pärmi elutegevust ja parandab jahu küpsetusomadusi (tugevdab kleepvalku). Magnetpuhastusseadmega eraldatakse pärast sõelumist jahusse sattuda võinud metallosakesi, kuna sõelumisseadmed tehakse ferromagneetilistest materjalidest ehk terasest.

Värskelt jahvatatud nisujahust küpsetatud saiad on madala kvaliteediga: taigen vajub laiali, toote maht on väike. Kvaliteedi parandamiseks peab nisujahu „valmima“ ehk laagerduma enne küpsetamist. Jahu säilitamisel amülaaside aktiivsus langeb ning jahu suhkru- ja gaasitekitamisvõime küll väheneb, kuid kleepvalk muutub tugevamaks ning jahu „jõud“ suureneb.

Rukkijahu säilitamisel toimuvad muutused on sarnased nisujahule, kuid ei ole nii intensiivsed ning ei avalda nii suurt mõju rukkijahu küpsetusomadustele. Amülaaside aktiivsus väheneb, valkude paisumisvõime suureneb, väheneb tärklise mõjutatavus ensüümide poolt.

Tavaliselt rukkijahu ei pea valmima ning peale jahvatust on kohe valmis leiva küpsetamiseks.

Vesi

Pagaritööstuses kasutatakse ainult joogivett, mis peab vastama kehtivatele standardnõuetele. Karedama vee kasutamine on soovitatav taignatoodete valmistamiseks, sest seostub paremini jahuga. Kleepvalk tugevneb ning paranevad taigna reoloogilised omadused, mis on eriti tähtis nõrgast jahust valmistatud taigna puhul. Taignasse lisatava vee kogus arvutatakse vastavalt valemitele 1 ja 2:

$$1)\ X = \frac{K_k \bullet W_t}{100 - W_t} - V_{toorainetes}\ \text{, kus}$$

X – vee kogus, kg
K_k – tooraine summaarne kuivkaal, kg
W_t – soovitav taigna niiskus, %
$V_{toorainetes}$ – toorainetes sisalduv summaarne veekogus, kg

$$2)\ X = \frac{100 \bullet K_k}{100 - W_t} - M_{tooraine}\ \text{, kus}$$

X – vee kogus, kg
K_k – tooraine summaarne kuivkaal, kg
W_t – soovitav taigna niiskus, %
$M_{tooraine}$ – summaarne toorainete kogus, kg

Summaarse tooraine kuivkaalu (Kk) arvutamiseks arvestatakse iga tooraine kuivkaalu:

$$K_k = \frac{(Tooraine\ \ kaal, kg \bullet Tooraine\ \ kuivkaal, \%)}{100\%}$$

Toorainetes sisalduv summaarne veekogus (Vtooraine) on toorainete-kogukaalu ja summaarse tooraine kuivkaalu vahe.

$$V_{tooraine} = M_t - K_k$$

Vee lisamisel taignasse tuleb ka arvestada, et mida suurem on jahu väljatulek või mida väiksem on jahu niiskus, seda rohkem vett seob jahu; mida rohkem on taignas suhkrut või rasva, seda vähem seob vett. Tugevast jahust taigna valmistamisel suurendatakse vee kogus, nõrga jahu puhu – vähendatakse.

Vee kogus mõjub valkude paisumise intensiivsusele, taigna reoloogilistele omadustele, ensüümide omadustele, mikroorganismide elutegevusele ja käärimise intensiivsusele. Mida rohkem vett taignas, seda intensiivsemalt toimuvad bioloogilised, biokeemilised jm. protsessid.

Sool

Pagaritööstuses kasutatav söögisool peab vastama kehtivatele standardnõuetele. Tavaliselt kasutatakse tüüpi „Ekstra“, mis sisaldab 99,7% NaCl. Pagarikotta sattub sool pakkides või kottides. Taignasse lisatakse soola tavaliselt 0-2,5% jahumassist kas lahustamata kujul või soolalahusena (suurtes leivatehastes).

Soola lisamisega väheneb amülaaside aktiivsus ja tärklise atakeeritavus, suureneb valkude peptisatsioon. Sool suurendab kleepvalkude hüdratatsiooni, veeimamisvõimet ja paisumist, mille tõttu nende reoloogilised omadused halvenevad – suureneb venitatavus ja laialivalguvus.

Optimaalse soola koguse lisamisega taigna käärimise alguses taigna struktuur võib nõrgeneda, kuid käärimise lõppfaasis tugevneb. Taigna aroomi komponendide intensiivsus suureneb. Suur soola kontsentratsioon taignas mõjub negatiivselt gaasi- ja happetekkimisele, kuna suurendab taigna vedela faasi osmootset rõhku ning kutsub esile pärmi- ja bakterirakkude plasmolüüsi.

Pärm

Pagaripärm (*Saccharomyces cerevisae*) peab olema hele, ühtlase konsistentsiga, pärmile iseloomuliku lõhna ja maitsega. Pagaripärmi lisatakse tavaliselt 0,5- 5% jahu massist sõltuvalt tehnoloogiast ja pärmitüübist.

Pagaripärmid võivad olla kas presspärmi kujul, kuivatatud või vedelal kujul (n.ö. pärmipiim), mis on paremini doseeritav. Pärmipiim (k.a. 20%) valmistatakse leivatehases või tarnitakse otse pärmitehaselt.

Pärmid säilitatakse külmas, t = 0 - 4°C, kuivatatud pärmid – kuni 35°C. Kuivatatud pärm kas lisatakse otse taignasse enne taigna segamist või segatakse kuni 40°C soojendatud veega.

Pärmi kvaliteedi põhiparameetriks on tõstejõud (aeg minutites), mis näitab, kui kiiresti kerkib teatud retseptuuri järgi valmistatud taigen spetsiaalsetes vormides kuni 70 mm. Kvaliteetse pärmi tõstejõud peab olema mitte üle 50-70 min.

Pärmi peamine ülesanne leivavalmistamisel on etanoolkäärimine ja CO_2 moodustamine. Disahhariidid (sahharoos, maltoos) lagunevad monosahhariididekseks (peamiselt glükoosiks) ning järgnevalt tekkib etanool ja eraldub CO_2. Neid reaktsioone katalüüsib pärmi fermentide kompleks nimega sümaas.

$$(C_6H_{12}O_6)_2 \quad \rightarrow \quad 2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4C_2H_5OH + 4CO_2$$

Sahharoos / maltoos

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

Glükoos

Suhkur

Suhkur ja teised puistmaterjalid tarnitakse leivatööstusse kottidena või pakkidena. Neid hoitakse hästi ventileeritavates ja kuivades laoruumides. Suhkru lisamine vedeldab tainast, kuna taigna vedela faasi osa suureneb valkudes osmootselt seotud vee sisalduse vähenemise tõttu.

Suhkru lisamine pagaritoodetesse tõstab toiteväärtust, parandab maitset, koorik tuleb pruun ja krõbe. Kuni 10% (jahu kohta) suhkrut stimuleerib etanoolikäärimist ja gaasitekkimisvõimet, soodustab pärmseente tegevust, rohkem kui 30% suhkrut vähendab ning üle 40% suhkrut kutsub esile pärmirakkude lagunemist ehk plasmolüüsi.

Rasvad

Pagari- ja leivatoodete valmistamiseks kasutatakse toiduõlisid, võid, margariini. Toiduõlisid säilitatakse tavalised kanistrites ja pudelites ning ladustatakse kuivas laoruumis temperatuuril kuni 15/20°C; margariin ja või on pakkides ning hoitakse külmas.

Tänu rasvaine lisamisele taigna gaasihoidmisvõime paraneb – taigen ei rebene gaasimullide suurenemisel, pooriseinad venivad, lõpptoote maht suureneb. Rasvad vedeldavad taigna konsistentsi, kuid taigna kleepuvus väheneb ning taigen muutub paremini töödeldavaks. Polüküllastamatuid rasvhappeid sisalduvad rasvad parendavad taigna reoloogilisi omadusi.

Rasva lisamine taignasse mõjub pärmi gaasitekitamisvõimele: rasva sisaldus rohkem kui 10% (jahu kohta) vähendab pärmide käärimis- ja gaasitekkimisvõimet ning kerkimine on aeglasem. Rasva lisamine parandab ka toote maitset ja aroomi ning pikendab säilitusaega.

Siirupid

Siirupeid kasutatakse pagari- ja kondiitritoodetes suhkrule lisaks või lausa asemel. Kõige tuntumad siirupid on glükoosisiirup, fruktoosisiirup, tärklise siirupid.

Tärklisesiirup saadakse kartuli või maisitärklise hüdrolüüsil. Maltoosisiirup valmistatakse linnastest. Siirupi lisamisega valmistatud toodetel on intensiivsema värvusega koorik, sisu on pehmem ning värskus säilib kauem.

Linnased

Linnased on idandatud ja kuivatatud teravili (tavaliselt oder, rukis). Leivavalmistamisel kasutatakse tavaliselt valget ja punast rukkilinnast või odralinnast, rukkilinnasejahusid, linnaseekstrakte ja linnasesiirupeid.

Linnaseid nimetatakse ka naturaalseteks jahuparendajateks ning lisatakse leiva valmistamisel küpsetusomaduste ning lõhna- ja maitseomaduste parandamiseks.

Valget linnast nimetatakse veel aktiivseks või fermenteerimata linnaseks, mis sisaldab aktiivseid ensüüme (eelkõige amülaasid), kuna kuivatatakse madalal (58-59°C) temperatuuril. Tänu aktiivsele amülaasile toimub kliisterdunud tärklise kiire hüdrolüüs, moodustub palju maltoosi. Lisatakse keetu või taignasse 1-2% kogu taignasse minevast jahust.

Punane ehk fermenteeritud mitteaktiivne linnas kuivatatakse kõrgeml temperatuuril (70°C). See ei sisalda aktiivseid ensüüme, on punaka värvusega ning seda lisatakse peamiselt värvuse, aroomi ja maitse andmiseks ja parandamiseks. Lisatakse keetu või taignasse kuni 6% (kogu jahu kogusest). Punase linnase ekstraktid ja siirupid lisatakse taignasse taigna segamise käigus.

Piimatooted

Piimatoodete (piim, koor) lisamine taignasse prandab kleepvalgu omadusi ja aeglustab vananemist tänu selles sisalduvale piimarasvale. Piimasuhkur laktoos parandab kooriku pruunistamist, kuna osaleb küpsetamisel melanoidiinide moodustamisel.

Muna

Muna lisamine parandab taigna struktuuri ja töödeldavust – taigen muutub plastilisemaks, suureneb käärimisstabiilsus ja kääritatavus. Ka tooted säilivad kauem värskena, kuna munakollased sisaldavad palju rasva, mis takistab tärklisest vee vabanemist. Pagaritoodete valmistamisel kasutatakse mune või munamelanži (ühtlane pastoriseeritud munamass), vahustatud munavalget ja munakollast, ka munapulbrit (on olemas täismunapulber, munakollasepulber, munavalgepulber).

Jahu parendajad

Jahuparendajad on lisaained või lisaainete segud, mida kasutatakse pagaritoodete valmistamisel tehnoloogilise protsessi reguleerimiseks ja lõpptoote kvaliteedi ühtlustamiseks ja parandamiseks; nad kompenseerivad toorainete kvaliteedi kõikumist, töötlemisel tekkinud muutusi. Parendajad lisatakse vastavalt jahu küpsetusomadustele ja toote retseptuurile.

Mõned parendajad on fokuseeritud parandama taigna mehaanilisi omadusi, teised kerkivust, tekstuuri või toote säilivust, kolmandad intensiivistavad lõhna- ja maitseomadusi.

Valmissegude tootjad teevad jahuparendajate segud vastavalt sellele, mis toodele see on mõeldud. On olemas spetsiaalsed jahuparendajate segud pärmiga kergitatud pagaritoodete valmistamiseks, röst- ja nisuleibade küpsetamiseks, raskendatud kerkimisega toodete jaoks, säilivusaja pikendamiseks, keeksidele ja biskviitidele jt.

Nisutaignates kasutatavate jahuparendajate põhilisteks koostisosadeks on ensüümid, emulgaatorid, oksüdeerivad agendid (nt. askorbiinhape) ja suhkrud. Rukkitaigna valmistamisel lisatakse tihti nisujahu või nisugluteeni taigna struktuuri parandamiseks, hüdrokolloide paksendaja ja stabilisaatorina ning emulgaatoreid taigna töödeldavuse parandamiseks ning toodete säilivusaja pikenemiseks.

Ensüümid

Ensüümide kasutamine leivatööstuses parandab jahu, taigna ja lõppprodukti kvaliteeti. Lisaks parandavad ensüümid taigna töödeldavust ja stabiilsust.

Ensüümide allikatena kasutatakse kas nn. naturaalseid aineid ehk aktiivseid ensüüme sisaldavaid linnaseid või linnasejahusid ja –ekstrakte; või amülolüütilise ja proteolüütilise aktiivsusega mikrobioloogilisi ensüümpreparaate.

Amülolüütiliste ensüümide lisamisega parandatakse jahu suhkrutekitamisvõimet, saavutatakse taigna parem käärimine, suurem toote maht, tumedam kooriku värv. Tärklise lagundamisel tekkivad dekstriinid takistavad tärklise retrogradatsiooni ja tooted vananevad aeglasemalt.

Proteolüütilisi ensüüme ehk proteaase kasutatakse liiga tugevat gluteeni sisaldavate jahude puhul gluteenitugevuse vähendamiseks. Taigen muutub pehmemaks, siledamaks ja paremini segatavamaks ning vormitavamaks. Nende ensüümidega liialdamisel muutub tainas kleepuvaks, kergesti rebenevaks ning hoiab endas halvasti gaasimulle.

Emulgaatorid, paksendajad ja stabilisaatorid

Emulgaatorid

Emulgaatoreid teatakse kui pindaktiivseid aineid ning kasutatakse taigna reoloogiliste omaduste parandamiseks. Paraneb taigna töödeldavus –

taigen on elastsem, voolavam, paremini vormitav ja transporditav. Emulgaatorid võimaldavad rasva taignas ühtlaselt jaotada, samuti mõjutavad need ka kleepvalgu omadusi – kleepvalk pehmeneb ja muutub elastsemaks, toote poorsus paraneb ja maht suureneb.

Kõige levinumad emulgaatorid pagaritoodete valmistamiseks on rasvhapete mono- ja diglütseriidid (tuntud kui E471), rasvhapete mono-ja diglütseriidide äädikhappe estrid (E472), rasvhapete mono-ja diglütseriidide viinhappe estrid (E472e), naatrium stearoüül-2-laktülaat. Kasutatakse ka Na-stearoüül-laktaati (E481) ja Ca-stearoüül-lakaati (E482).

Hüdrokolloidid

Kõige tuntumad hüdrokolloidid, mida kasutatakse leivatööstuses, on guarkummi (E412, saadakse guar-taime ubadest), ksantaankummi (E415, toodetakse bakteri *Xanthomonas campestris* poolt). Kasutatakse ka taimse päritoluga E410 ehk jaanileivapuu jahu ning modifitseeritud tselluloose (karboksüülmetüültselluloos *Carboxy methyl cellulose*, *Sodium carboxy methyl cellulose*, *Cellulose gum* – E466, hüdroksüpropüülmetüültselluloos *Hydroxypropylmethylcellulose* – E464).

Need ained parandavad veesidumisvõimet taignas, mis teeb taigna töödeldavamaks. Kõrge niiskus soodustab tärklise geelistumist ja leib säilib kauem värske. Rukkileiva valmistamisel kasutatakse neid taigna viskoossuse suurendamiseks ja nisutaigna-taolise struktuuri moodustamiseks. Gluteenivabade toodete valmistamisel lisatakse hüdrokolloide E412 ja E415 taigna karkassi moodustamiseks.

Kergitusained

Kergitusaineid kasutatakse taigna keemilise kobestajana sellistes taignates, kuhu pole lisatud pärmi (biskviittaigen, keeksi taigen).

Kõige tihedamini kasutatav kergitusaine leiva-ja pagaritööstuses on küpsetuspulber. Selle koostises on naatrium-bikarbonaat (E500) ja mõnede

orgaaniliste hapete soolad. Ka sisaldab küpsetuspulber difosfaate (E450) ja happesuse regulaatoreid (sidrunhape E330, Na-tsitraat E332.

Askorbiinhape (E300) ja **Na-askorbaat (E301)** on kasutusel nende oksüdeeriva toime tõttu, mis parandab gluteeni omadust ja taigna stabiilsust.

6.1.1.2. Taigna valmistamine ja küpsetamine

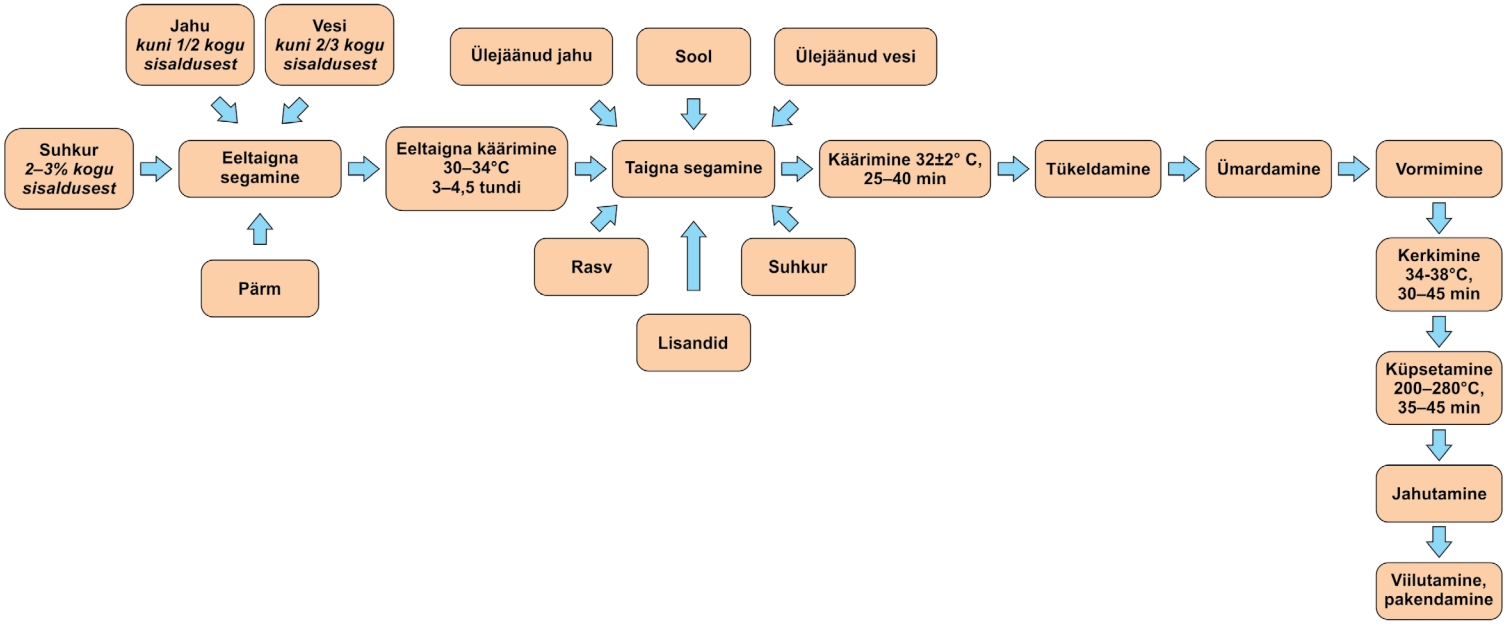
Taigna valmistamine algab toorainete doseerimise ja kokkusegamisega. Valmissegatud taigen lastakse käärida. Segamise ja käärimise käigus moodustub gluteenivõrgustik, aga ka maitse- ja aroomikomponendid. Valmis taigen jaotatakse võrdseteks osadeks massi järgi, vormitakse ning asetatakse kerkima. Edasi toimub kerkinud taignakute küpsetamine, mille alguses jätkub veel käärimine ning lõplik struktuuri fikseerimine.

Järgevalt on detailsemalt kirjeldatud parameetrid ja protsessid, mis toimuvad leiva ja saia valmistamise igal etapil. Skeemidel antud toorainete kogused ja parameetrid sõltuvad konkreetsest tehnoloogiast ja retseptuurist.

Nisutaigna valmistamine

Kõige levinumad nisutaigna valmistamisviisid on eeltaignaga ja eeltaignata (**joonis 6.4**). Ka on teada erinevad kiirvalmistamismeetodid, kus taigna segamiseks kasutatakse intensiivsema toimega segamismasinaid ja teised režiimid.

Eeltaigna valmistamise eesmärk on taigna käärimise aktiveerimine ehk pärmirakkude paljundamine (eriti pärmi kerkejõu vähesuse tõttu). Tavaliselt lisatakse eeltaignasse väike kogus suhkrut; ei panda aga rasva ega soola, mis takistavad pärmseente paljunemist. Kui eeltaigen on valmis segatud, pannakse see käärima. Käärinud eeltaignale lisatakse ülejäänud jahu ja vesi, retseptuuri teised toorained ning segatakse.



Joonis 6.4. Saia valmistamine eeltaignaga meetodil

Antud meetodit kasutatakse taigna liiga suure suhkru- ja rasvasisalduse tõttu, mis segab taigna käärimist. Pärmikulu on väiksem, taignal on paremad reoloogilised omadused: valmistoodetel on suurem maht, pehmem koorik, parem ja intensiivsem iseloomulik aroom, pikem säilivusaeg. Miinusteks võib nimetada aja ja energia kulu, suurenevad kaod.

Eeltaignata meetodi puhul tehakse taigen valmis ühe võttega, kõik tooraained segatakse koos läbi ning saadud taigen pannakse käärima. Eeliseks on resursside (aja, energia, tööjõukulu) kokkuhoid ning tooted valmivad kiiremini.

Taigna valmistamine

Taigen moodustub taignasegamismasinas jahu, vee, soolalahuse, pärmide ja teiste toorainete ja pooltoodete segamisel teatud kogustes sõltuvalt taigna valmistamisviisist. Taigna segamisel ja valmistamisel toimuvad erinevad füüsikalis-keemilised, biokeemilised, kolloidsed ja mikrobioloogilised protsesid.Taignasegamismasinad on kas perioodiliselt või pidevalt töötavad; horisontaalsed või vertikaalsed sõltuvalt segamiskangi ehitusest.

Tüüpiline taignasegamismasin (perioodiline, vertikaalne) on toodud **joonisel 6.5**. Taigna komponendid doseeritakse segamisanumasse, asetatakse segamiskangiga varustatud kaane alla ning segatakse määratud aja jooksul. Valmissegatud taigen lastakse katlas käärima ning suunatakse edasi tükeldamiseks ja vormimiseks.

Taigna segamisaeg on väga tähtis parameeter optimaalsete reoloogiliste omadustega taigna valmistamiseks. Optimaalse aja jooksul segatud taignal paranevad reoloogilised omadused, moodustub taignakarkass. Kuid liiga kaua segamisel kaotab taigen oma struktuuri: taignakarkass laguneb, elastsus kaob, venivus ja kleepuvus suurenevad.

Pärast taigna segamist algab pärmide elutegevusest tingitud etanoolkäärimine. Selle käigus tekkib etanool ja eraldub CO_2, mis kobestab taigna, mille tulemusena taigna maht suureneb.

Joonis 6.5. Taigna segamismasin



Teatud määral toimub ka piimhappekäärimine, mis rukkileiva valmistamisel on rohkem intensiivne ja mängib suurem rolli kui nisutaigna puhul (vt. Punkt Rukkileiva valmistamine).

Valmiskäärinud taigna reoloogilised omadused (gaasihoidmisvõime, kujuhoidmisvõime) peavad olema optimaalsed edasisteks vormimiseks ja küpsetamiseks.

Taignal peab olema optimaalne ka kääritatud suhkrute sisaldus, aminohapete sisaldus, mis on eriti tähtis kooriku värvuse moodustamiseks. Samuti peavad tekkima ka teatud etanool- ja piimhappekäärimisproduktid aroomi ja maitse moodustamiseks. Taigna valmidus edasisteks töötlemiseks määratakse kas organoleptiliselt või tiitritava happesuse järgi.

Taigna väljatulek

Taigna väljatulek ehk saagis on tähtis taigna konsistentsi parameeter, mis väljendab taigna kaalu suhet jahu kohta ning arvutatakse protsentides järgmise valemi järgi:

$$V_{taigen} = \frac{G_{taigen}}{G_{jahu}} \bullet 100\% \quad \text{,kus}$$

V_{taigen} – taigna väljatulek, %
G_{taigen} – taigna kaal, kg
G_{jahu} – jahu kaal, kg

Taigna väljatulek sõltub retseptuurist, valmistamistehnoloogiast, jahu sordist, tüübist ja omadustest. Mida rohkem on taignas mune, suhkrut, rasvainet, seda vähem lisatakse vett ja rohkem pärmi.

Masinaga töödeldavad taignad peavad olema tugevama konsistentsiga, kui käsitsi töödeldavad taignad.

Tüüpilise rukkitaigna saagis on 160 – 170%, nisutaigna väljatulek on 145-165% sõltuvalt retseptuurist ja toote tüübist.

Taigna tükeldamine

Käärinud taigen viiakse taigna tükeldusmasina punkrisse (**joonis 6.6**), kus toimub taigna tükeldamine massi järgi. Massi määramisel arvestatakse vajalikku taignaku/toote massi ja kadusid (küpsetus-, jahtumiskaod). Maksimaalne lubatud kõikumine taigna tükkide vahel on ±1,5%.

Taigna ümardamine

Tükeldatud taignakud ümardatakse ümardamismasina ehk taignaümardaja abil (**joonis 6.7**).

Ümardamise eesmärk on taigna struktuuri parandamine:

- tükeldamisel rebitud või kahjustatud taignatükkide pinna taastamine ja silumine;
- õhumullide väljasurumine ja valmistoote poorsuse ühtlustamine. Ühtlane sfääriline kuju lihtsustab taigna edasist töötlemist.

Peale ümardamist lastakse taignal umb. 5-8 min „puhata“. Antud etappi nimetatakse **eelkerkimiseks**, kus toimub tükeldamisel ja ümardamisel kahjustatud taigna karkassi taastumine; kaovad taigna sisemised pinged ja taigna struktuur taastub. Samuti parenevad eelkerkimise jooksul taigna reoloogilised omadused, struktuur, gaasihoidmisvõime ja valmistoote maht.

Vormimine

Vormimine toimub vormimismasina abil, kus taignakutele antakse valmistootele iseloomulik kuju. Saia ja leiva puhul taignakud rullitakse vormimismasinas võrgu ja võllide või lintide vahel silindrikujuliseks.



Joonis 6.6. Taigna tükeldamismasin. Tükeldatud taignakud viiakse transportöörlindil ümardamismasinasse.



Joonis 6.7. Ümardamismasin

Kuna antud etapil surutakse praktiliselt kõik CO_2 välja, on vajalik järelkerkimine.

Kerkimine

Kerkimine on vormitud taignatüki käärimisaeg enne küpsetusahju panemist. Kerkimise eesmärk on taastada taigna struktuur, mis vormimisega rikuti. Kerkimisel toimub taignakute lisakäärimine, eraldub CO_2, suureneb maht ja poorsus.

Vormitud taignakute kerkimine toimub kerkekappides (**joonis 6.8. A** ja **B**) kindlal temperatuuril ja suhtelisel õhuniiskusel. Kõige levinum kerkimistemperatuur on 35-45°C ja suhteline õhuniiskus - 75-85%. Kõrge õhuniiskus on vajalik taignakul kuiva kooriku vältimiseks. Enne küpsetusahju asetamist tooted markeeritakse ja vajadusel kaunistatakse (lõikamisega, määrimisega jne) sõltuvalt toote tüübist.

Kerkimise aeg võib olla 25 kuni 120 min, ning kerkimistemperatuur – 35-45°C, sõltuvalt retseptuurist, tootekaalust, jahu omadustest jt. faktoritest). Saia puhul on see tavaliselt 30-40 min, 35-38°C. Väga tähtis, et kerkekapis oleks optimaalne suhteline õhuniiskus (70-80%).

Mida kõrgem on kerkimiskambri õhutemperatuur, seda väiksem võib olla suhteline õhuniiskus kambris.

Mida tugevam on jahu, seda pikem on kerkimine. Kerkimisaega pikendatakse ka siis, kui taigna niiskus on madal; rasva ja suhkrut on lisatud suuremates kogustes või taigna tugeva mehaanilise töötlemise korral.

Küpsetamine

Küpsetamist loetakse kõige tähtsamaks protsessiks leivavalmistamisel. Küpsetamise parameetrid (küpsetamistemperatuur, aeg) sõltuvad toote tüübist, massist, ka küpsetusahju konstruktsioonist ja tehnilisest seisundist.



Joonis 6.8. Konveierkerkekapp (A) ja vertikaalne (B) kerkekapp

Tavaliselt küpsetatakse tooteid küpsetuskambris muutuva temperatuurirežiimiga.

Küpsetamisel toimub taignaku üleminek valmispagaritooteks. Moodustub elastne leivasisu, moodustuvad aroomi- ja maitseühendid, tekib iseloomuliku värvuse ja paksusega koorik.

On olemas eri tüüpi küpsetusahjud: vertikaalsed küpsetusahjud, kus saab programmeerida erinevaid küpsetustemperatuure ja aegu, ja horisontaalsed konveierahjud, kus on erinevad tsoonid kahanevate temperatuuridega.

Saia valmistamisel kasutatakse kolmeastmelist küpsetusrežiimi: alguses on lühike (kuni 5 min) kuumutamine temperatuuril kuni 260°C, siis järgneb küpsetusfaas kuni 280 °C juures. Mõnedes tehastes kasutatakse ka kõrgemaid temperatuure kuni 300° C. Viimase faasi temperatuur on madalam – 180-190° C.

Mida kõrgem on küpsetuskambri temperatuur, seda kiiremini tulevase leiva sisu soojeneb. Leiva ja saia pinna temperatuur tõuseb kiiresti kuni 100°C-ni, siis edasi kuni 180°C-ni – moodustub koorik. Sisu temperatuur küpsetamise lõpuks on 98-100°C.

Küpsetamise alguses kuni mikrofloora elutegevuse lõpuni (60°C) toimuvad veel käärimisprotsessid: moodustuvad etanool, orgaanilised happed, tekib CO_2, mille tõttu pätsi maht võib suureneda. Toimub ka tärklise hüdrolüüs kuni amülaaside inaktiveerumiseni. 70°C juures toimub valkude denaturatsioon, taigna poorne struktuur fikseerub. Tekivad värskele saiale/leivale iseloomulikud aroomi- ja maitseühendid.

Kooriku ja sisu tumenemine toimub kuumenemisel melanoidiinide moodustumise tõttu aminohappe ja suhkru vahelisel reaktsioonil (Maillard'i reaktsioon).

6.1.2. Rukkileiva tehnoloogia

Rukkitaigna valmistamine

Traditsioonilise rukkileiva valmistamistehnoloogia erineb nisutaigna ja saia valmistamise tehnoloogiast eelkõige rukki- ja nisujahu keemilise koostise ja küpsetusomaduste erinevuste tõttu:

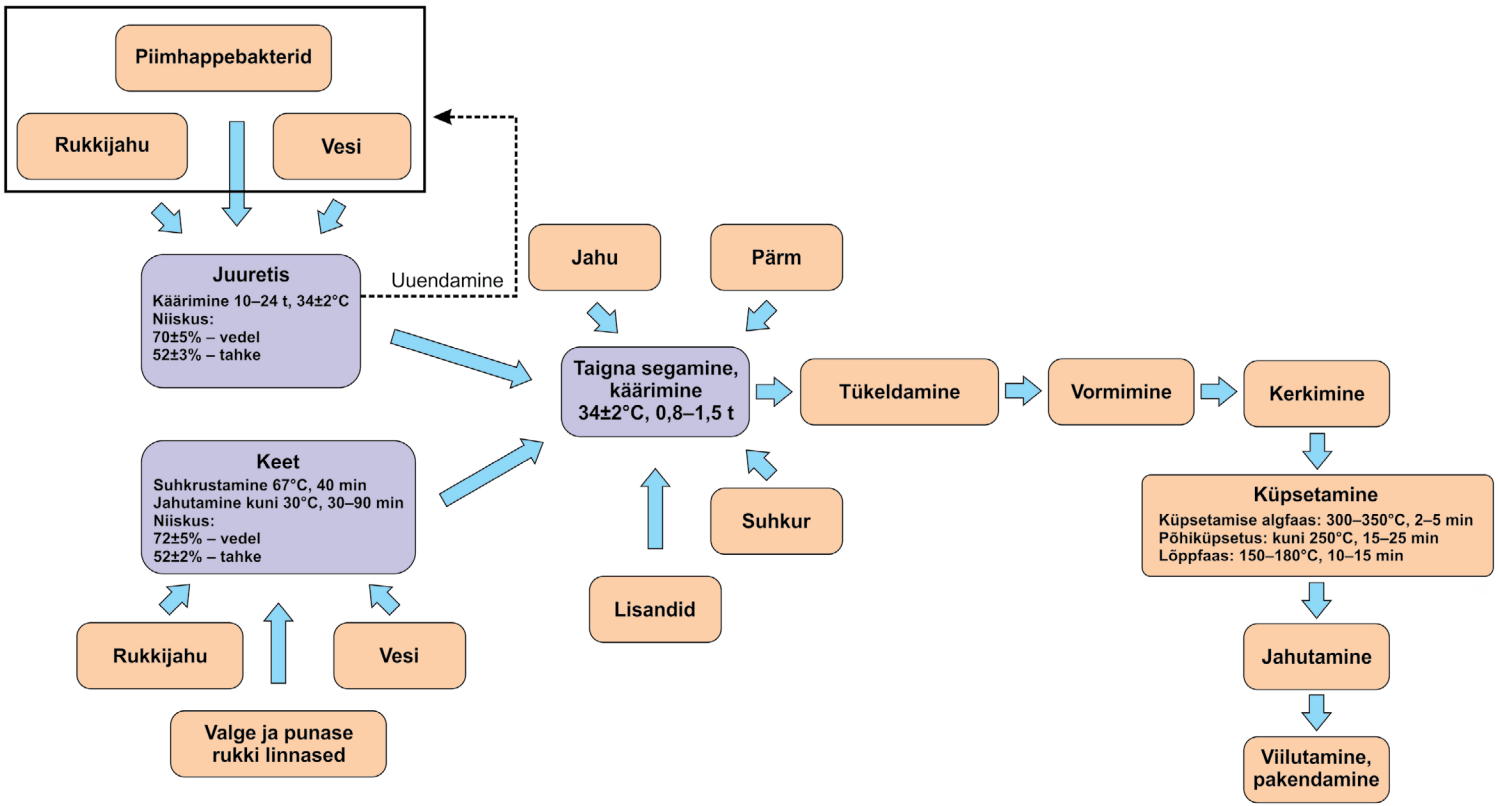
- tärklisesisaldus rukkijahus on madalam kui nisujahus (65% vs. 70%);
- rukkitärklis kliisterdub madalamal temperatuuril (53-57 °C) kui nisutärklis (58-65°)

- veeslahustuvate suhkrute sisaldus on rukkijahus kõrgem
- rukkijahu ensüümide aktiivsus on kõrgem. Rukkijahus sisaldub alati mingi kogus aktiivset alfa-amülaasi; nisujahus on ainult beta-amülaas.
- rukkijahus on rohkem vees ja nõrkades soolalahustes lahustuvaid valke (peamiselt albumiinid ja globuliinid)
- rukkitaigna segamisel kleepvalku ei moodustu, puudub taigna elastne karkass
- struktuurset rolli rukkitaignas täidavad pentosaanid
- rukkitaigen on viskoosne, plastiline, vähe veniv, madala elastsusega
- soola lisamine rukkitaignasse tõstab rukkitärklise kliisterdumistemperatuuri, mille tõttu paranevad rukkitaigna reoloogilised omadused
- rukkitaignas on väga tähtis taigna kõrge happesus (pH $\leq$ 4) ensüümide inaktiveerimiseks ja tärklise lagundamise pidurdamiseks; ka pentosaanide lahustuvus, veesidumisvõime ja paisumisvõime on optimaalsed happelistes tingimustes. **Joonisel 6.9** on toodud rukkileiva valmistamise tüüpiline skeem.

Erinevalt nisutaigna valmistamisest, kasutatakse traditsioonilise rukkileiva tegemisel kaht vajalikku pooltoodet: juuretist ja keetu.

Juuretis

Rukkileiva küpsetamise alguses tekib olukord, kus beeta-amülaas on juba inaktiveeritud, aga alfa-amülaas on veel aktiivne ja lagundab kliisterdunud tärklist dekstriinideks, mis omakorda teeb leivasisu nätskeks ja kleepuvaks. Hapendamise põhiline funktsioon on inaktiveerida amülaasid, et vältida tärklise liigset lagunemist.



Joonis 6.9. Rukkileiva valmistamise skeem

Taigna kõrge happesus alandab amülaaside inaktiveerimistemperatuuri, ülemineku periood küpsetamisel lüheneb ning tärklise degradatsioon pidurdub. Leiva sisu on ühtlane ja kuiv. Rukkitaigna kõrge happesuse saavutamiseks lisatakse juuretist.

Juuretis on segu jahust ja veest, mis on kääritatud piimhappebakterite ja teatud juhtudel ka pärmidega.

Juuretise eesmärk on aidata kujundada rukkitaigna reoloogilisi omadusi tänu kõrgele happesusele, parandada leiva tekstuuri, suurendada leiva mahtu. Juuretis parandab ka aroomi- ja maitseomadusi, suurendab toodete toiteväärtust; pikendab toote säilivusaega, kuna madal pH pidurdab riknemist põhjustavate mikroorganismide (*Bacillus subtilis*, hallitusseened) arengut. Ka piimhappebakterite poolt toodetavad antimikroobse toimega ühendid (piimhape, äädikhape, diatsetüül, erinevad bakteriotsiinid), mõjuvad patogeensete mikroorganismide kasvule pärssivalt.

Juuretise valmistamine

Juuretise valmistamine tööstuses toimub tavaliselt spetsiaalsetes anumates – fermenterites. Valmistoodete kvaliteedi tagamiseks peab juuretise valmistamisprotsess olema kontrolli all – täpsed toorainete kogused, konstantne temperatuuri- ja ajaline režiim.

Suurem osa valmisjuuretisest kasutatakse taigna valmistamiseks. Teatud allesjäänud portsjon segatakse uuesti jahu ja veega ning kääritatakse uueks juuretiseks. Seda protsessi nimetatakse juuretise uuendamiseks (ingl. k. *backslopping*). Juuretise uuendamiseks võetakse tavaliselt 10% valmisjuuretisest, kuid sõltuvalt tehnoloogiast võib see osa olla suurem (20%, 30%), segatakse uute jahu- ja veeportsjonitega ning jäetakse uuesti käärima.

Kui vajalik happesus on saavutatud, jääb üks portsjon juuretise uuendamiseks, suurem osa juuretist kasutatakse taigna valmistamiseks. Juuretise igapäevast uuendamist taigna valmistamisel saab leivatööstuses kasutada

päris pika perioodi jooksul (kuni 4-6 kuud), peale seda tuleb juuretis starterist otsast peale valmistada.

Juuretise starterina kasutatakse isoleeritud piimhappebakterite jahuga segatud puhaskultuure või eelnevalt ettevalmistatud ja sügavkülmutatud ehk lüofiliseeritud juuretist.

Sõltuvalt võimest kääritada suhkruid jagunevad piimhappebakterid homo- ja heterofermentatiivseteks bakteriteks (**Tabel 6.2**). Optimaalse juuretise saamiseks on vaja nii homo- kui ka heterofermentatiivseid tüvesid, piimhappebakterid peavad olema aktiivsed ning võõrmikrofloorat minimaalsetes kogustes. Sellisest juuretisest valmistatud leival on täiuslikum välimus, sisu struktuur, aroom ja maitse.

Juuretise tüübid

Sõltuvalt fermentatsiooni tingimustest ja tehnoloogiast jaotatakse juuretised/haputaignad kolmeks tüübiks:

I tüüp – traditsiooniline juuretis/haputaigen, kääritatakse toatemperatuuril (20-30°C), pH 4,0. Uuendatakse iga päev. Kasutatakse rohkem väikestes pagaritööstustes. Selles juuretises domineerivad *Lb. sanfransiscensis* ja *Lb. pontis* liikidesse kuuluvad piimhappebakterid; isoleeritud on ka *Lb. fructivorans*, *Lb. fermentum*, *Lb. brevis* ja *Lb. farciminis* liikidesse kuuluvaid piimhappebaktereid.

II tüübi juuretise kääritamine toimub kõrgemal temperatuuril (> 30°C), et kiirendada fermentatsiooni ehk käärimisprotsessi. pH on < 3,5, kestus on 2-5 päeva. II tüüpi juuretis on tavaliselt poolvedel subtants, mis on paremini doseeritav suurtes leivatööstustes, valmistamise ja käärimise protsessid on paremini kontrollitavad. Antud tüübi juuretises domineerivad termofiilsed ja hapet taluvad laktobatsillid nagu *Lb. acidophilus*, *Lb. delbrueckii*, *Lb. amylovorus* ja *Lb. frumenti*, ka *Lb. brevis*, *Lb. reuteri*, *Lb. fermentum*, *Lb. panis*, *Lb. pontis* liikidesse kuuluvaid piimhappebakterid.

Tabel 6.2. Juuretise piimhappebakterite klassifikatsioon

Piimhappe-bakterid	**Kirjeldus**	**Tüüpilised esindajad**	**Mõju leiva kvaliteedile**
Homo-fermentatiivsed	Kääritavad glükoosi piimhappe moodustumisega. Süsinikdioksiidi ei tekki. Glükoos → 2Piimhapet	*Lb. plantarum* *Lb. delbrueckii* *Lb. amylovorus* *Lb. casei* *Lb. sakei*	Mõjutavad eelkõige leiva poorsust ja elastsust
Hetero-fermentatiivsed	Kääritavad glükoosi piimhapeks, etanooliks või äädikhappeks ja CO2-ks, ning pentoosi - piimhapeks ja äädikhappeks. Samuti moodustub palju aroomiühendeid (aldehüüde, ketoone jt) Glükoos → 2 Piimhapet + Etanool/ äädikhape + CO2 Pentoosid → piimhape ja äädikhape	*Lb. brevis* *Lb. panis* *Lb. pontis* *Lb. fermentum* *Lb. sanfranciscensis*	Toodavad mitmeid lõhna- ja maitsekomponente ning neil on oluline roll leiva aroomi ja maitse kujundamisel

III tüübi juuretist valmistamiseks kasutatakse kuivatamist taluvaid starterkultuure, nt. *Lb. brevis* ja *Lb. plantarum*. Käärimisprotsessi initsieerimiseks lisatakse vee-jahu segule eelnevalt kuivatatud või kuivkülmutatud ehk lüofiliseeritud juuretist või starterkultuuride preparaate. Antud tüübi juuretist on mugav kasutada ning valmistooted on kindla kvaliteediga. Miinuseks võib nimetada starterkultuuride preparaatide kõrget hinda.

Viskoossuse järgi liigitatakse juuretisi vedelateks (niiskusesisaldus on 70±5%) või tahketeks (niiskus 50±5%). Vedelaid juuretisi valmistatakse suurtes leivatööstustes spetsiaalsetes suurtes mahutites pideva uuendamistsükliga, seda on lihtsam transportida torustiku kaudu ning paremini

käärimisprotsessi kontrolli all hoida. Tahked juuretised on kasutusel perioodilise aretamistsükliga protsessis.

Keet

Keet on peale juuretise veel üks väga oluline pooltoode rukkitaigna valmistamiseks. Selleks segatakse teatud osa jahust kuuma veega, mis kutsub esile jahus oleva tärklise kliisterdumise. Kliisterdunud tärklis on paremini mõjutatav ensüümide poolt ning taigna suhkrusisaldus suureneb, mis omakorda intensiivistab kooriku värvumist melanoidiinide tekkimise tõttu Maillard reaktsiooni käigus; ka aroom ja maitseomadused parenevad. Sisu poorsus pareneb ja leiva maht suureneb tänu CO_2 moodustamisele piimhappe- ja etanoolkäärimisel, mille käigus tarvitatakse keedu suhkrustamisel moodustunud suhkruid. Keet on ka vananemisvastane komponent, kuna suhkrustamisel tärklise retrogradatsioon aeglustub ning leib kõveneb aeglasemalt.

Keet on hea substraat pärmidele ja piimhappebakteritele taigna käärimisel. Samuti parandab selle lisamine taignasse taigna füüsikalisi omadusi ja leiva kvaliteeti, parandab leiva lõhna- ja maitseomadusi, pikendab säilivusaega. Toote värvumine intensiivistub suurendatud suhkru sisalduse tõttu.

Keedu valmistamiseks läheb tavaliselt kuni 10% kogu taignasse minevast jahust. Jahu-vee suhe keedus on tavaliselt 1:3 või 1:2 sõltuvalt retseptuurist. Keetu lisatakse ka ensümaatiliselt aktiivset valget ja värvuse ning lõhna ja maitse jaoks mitte aktiivset punast linnast.

Traditsioonilise rukkileiva valmistamisel keetu suhkrustatakse, mis toimub kas jahu oma ensüümide toimel (isesuhkrustunud keet); või lisatud linnaseensüümide või ensüümpreparaatide toimel.

Jahu segatakse kuuma veega (95-98°C) ning jäetakse suhkrustama tavaliselt 2 – 4 tundi optimaalsel temperatuuril 62 – 65°C. Veega segamine jahuklompide vältimiseks võib toimuda kahes faasis: alguses segatakse

jahu ja 50-60°C soe vesi võrdsetes kogustes, siis lisatakse ülejäänud kuni 98°C kuumutatud vesi, segatakse ning jäetakse suhkrustuma.

Enne taignasse panemist peab keet jahtuma vähemalt kuni 35°C, vastasel juhul juuretises ja taignas olevad mikroorganismid (bakterid ja pärmid) hävivad.

Konsistentsi järgi jaotatakse keetusid paksudeks ja vedelateks. Paksude keetude niiskusesisaldus on 55 ±5%, neid valmistatakse tavaliselt segamiskatlates. Suhkrustamine ja jahutamine toimub toatemperatuuril.

Vedelad keedud (niiskusesisaldus 75 ±5%) on paremini doseeritavad ning neid on mugavam valmistada spetsiaalsetes labadega paakides. Peale kuuma vee lisatakse ka auru, ning jahutamine toimub kiiremini tänu veesärgis olevale külmale veele. Vedela keedu valmistamiseks kuluv vesi tuleb arvestada kogu taigna valmistamiseks vajaliku vee arvutamisel.

Rukkitaigna tükeldamine ja vormimine

Rukkitaigen on kleepuv, niiske ning vähe elastne. Selle tõttu rukkitaigna mehhaaniline töötlemine peaks olema minimaalne. Erinevalt nisutaignast, tükeldatud rukkitaigna ümardamist ja eelkerkimist ei toimu, ning peale vormimist taignakud koheselt kergitatakse ja küpsetatakse.

Rukkileiva küpsetamine

Rukkileiva küpsetamisel kasutatakse ahjus kõrgemaid temperatuure võrreldes saia küpsetamisega: 300 – 350°C algfaasis, kuni 250°C põhifaasis, ning kuni 150-180°C - küpsetamise lõppfaasis. Rukkileiva küpsetamise alguses jätkub veel tärklise hüdrolüüs. Kuna happelises keskkonnas amülaaside inaktiveerimise temperatuur langeb, toimub tärklise happeline hüdrolüüs peale amülaaside inaktiveerumist edasi. Samuti toimub ka pentosaanide osaline hüdrolüüs. Seega rukkileivasisu on alati niiskem ja kleepuvam, kui saiasisu.

Küpsetuskaod ja jahutamiskaod

Küpsetuskaod (%) on massivahe taigna ja valmisleiva vahel. Arvutatakse valemi abil:

$K_{küps}$ – küpsetuskadu, %
G_{taigen} – taignatüki kaal vahetult enne ahju panemist, kg
G_{leib} – valmisleiva kaal peale küpsetust, kg

Küpsetuskaod on tingitud vee väljaaurumisest, CO_2 ja lenduvate orgaaniliste ühendite (aldehüüdid, lenduvad orgaanilised happed jt.) eraldumisest küpsetamisel. Ka kooriku kuivaine kadu söestumisel võib olla küpsetuskadude põhjuseks.

Optimaalseks loetakse küpsetuskadusid 6 -14% piirides (sõltuvad ka toote kujust). Vormileiva küpsetuskaod on väiksemad kui sama kaaluga põrandaleiva puhul, kuna põrandaleiva lahtine pindala on suurem. Mida suurem on taignaku mass, seda väiksem küpsetuskao %.

$$K_{küps} = \frac{(G_{taigen} - G_{leib})}{G_{taigen}} \cdot 100\%$$

Küpsetuskambri auruõhu suhtelise niiskuse suurendamine vähendab küpsetuskadusid. Toimub auru intensiivne kondenseerumine ja vedel tärklisekliister koos lahustuvate dekstriinidega „täidab“ toote pinna siledamaks. Ka määrimine munamäärdega küpsetamise eel aitab vähendada küpsetuskadusid.

Peale küpsetamist tooted jahutatakse kas kastides toatemperatuuril või jahutamisliinil, kus jahutamine toimub jahutatud õhu abil. Jahutamisel võivad ka kaod olla. Neid nimetakse jahutamiskadudeks, mis arvutatakse järgmise valemi abil:

$$K_{jahtumis} = \frac{(G_{kuum} - G_{jahtunud})}{G_{kuum}} \cdot 100\% \text{ , kus}$$

$K_{jahtumis}$ – jahtumiskadu, %
G_{kuum} – kuuma toote kaal, kg
$G_{jahtunud}$ – jahtunud toote kaal, kg

Jahtumiskadu mõjutavad mitu faktorit nagu toote niiskus, toote pind, kooriku paksus, mahajahutamise kiirus. Mida suurem on toote niiskus ja pind, seda suurem tuleb jahtumiskadu. Paksema koorikuga toodete jahtumiskadu on väiksem. Samuti tuleb arvestada, et jahutamiskadu saab vähendada, kui tooteid kiiresti maha jahutada.

Leiva saagis

Leiva saagis on suhe valmistoote kaalu ja kulunud jahu vahel ning väljendatakse protsentides:

$$S_{leib} = \frac{G_{leib}}{G_{jahu}} \cdot 100\% \text{ , kus}$$

S_{leib} – leiva saagis, %
G_{leib} – valmisleiva kaal, kg
G_{jahu} – kulunud jahu kaal, kg

Täpsemaks arvutuseks arvestatakse ka tegelik jahu niiskus, kuna on teada, et mida väiksem on jahu niiskus, seda suurem võib olla leiva saagis. Ka mõjuvad sellele jahu küpsetusomadused, tooraine kogused, taigna ja valmisleiva niiskusesisaldus ning kaod valmistamisel (tehnoloogilised, mehhaanilised tooraine ja taigna kaod, küpsetuskaod, jahutamiskaod jt.)

Leiva vananemine

Leivatoodete kvaliteedi muutumine ja halvenemine algab kohe peale küpsetamist ja jätkub säilimisel. Leiva vananemiseks (ingl. bread staling) nimetatakse leivatoodete struktuur-mehhaaniliste omaduste muutumised:

1) kooriku omaduste muutumine niiskuse migratsiooni tõttu - sile, murduv koorik muutub pehmeks, elastseks

2) leiva sisu mikrostruktuuri muutumine - väheneb kokkusurutavus, elastsus väheneb, suureneb sisu kõvadus, murenevus

3) Iseloomulikk aroomi ja maitse insensiivsus väheneb lenduvate ühendite arvel; tekib vananenud leivale iseloomulik, spetsiifiline lõhn oksüdeerimisprotsesside tõttu, maatriksi efekt

4) Semikristallilised tärklisegraanulid muutuvad leiva küpsetamisel amorfseks. Vananemisel toimub tärklise struktuurelementide ümberpaigutus, tekivad täiendavad vesiniksidemed, tärklise kristallilisus taastub teise vormi (toimub tärklise ümberkristalliseerumine ehk retrogradatsioon).

6.1.3. Valikpagaritoodete tehnoloogia

Valikpagaritoodete all mõistetakse tavaliselt peamiselt nisujahust, aga ka teistest jahudest valmistatud pagaritooteid, mille suhkru- ja rasvasisaldus taigna kuivainele on üle 5%. Need on pirukad, väikesaiad, struudlid, kuivikud, tordid, koogid, keeksid, plaadikoogid, muffinid ja küpsised. Ka küpsetatud ja küpsetamata pooltooted nagu tordipõhjad, külmutatud valmistaignad (muretaigen, lehttaigen jt.), vahvlilehed.

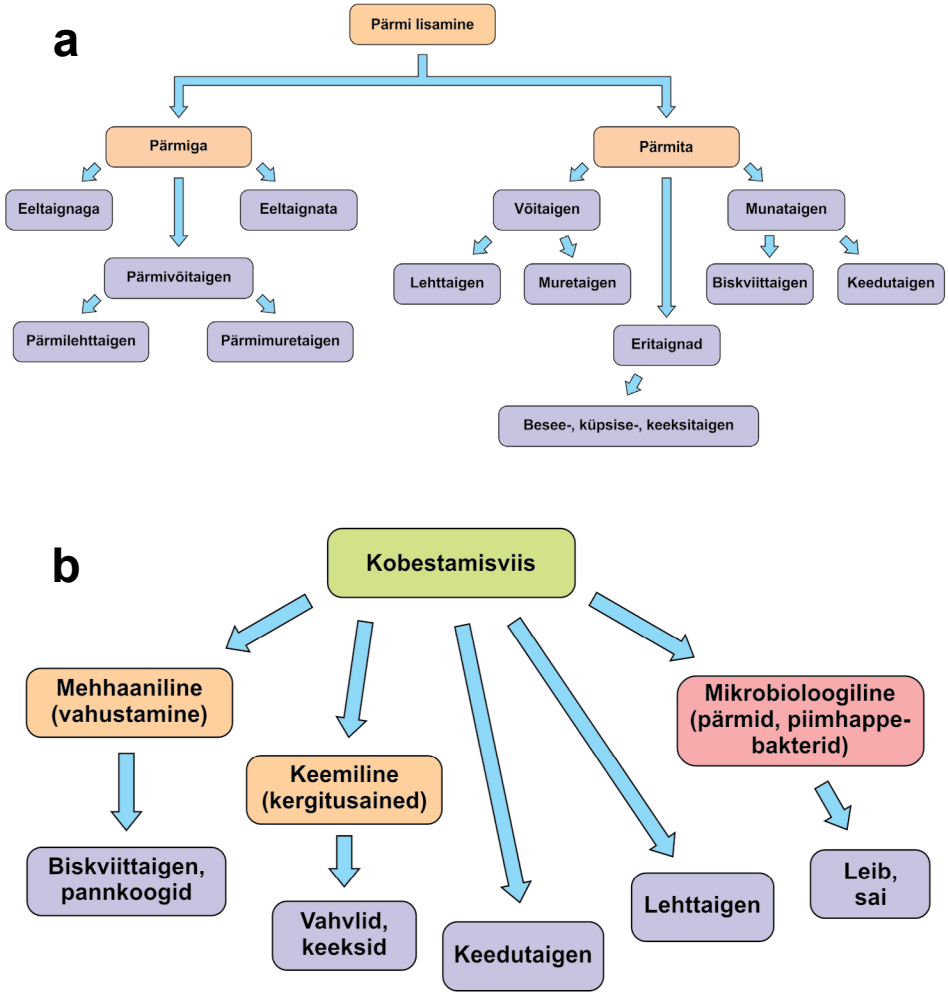
Taignaid on võimalik klassifitseerida kahel viisil: kas pärmi lisamise järgi (pärmitaigen, pärmita taigen; **joonis 6.10, A**) või kobestamisviisi järgi (**joonis 6.10, B**) – keemilise kobestamisega (kergitusaine lisamisega), füüsikalise kobestamisega (vahustamine), mikrobioloogilise kobestamisega (pärmide ja piimhappebakterite elutegevusega).

Mikrobioloogilise kobestamisviisiga taigna valmistamine on päris pikk protsess (3 – 6 tundi). Kuivaine kadu on 2-3% lenduvate ühendite (lenduvad orgaanilised happed, etanool) arvel. Samuti ei saa tõsta suhkru- ja rasvasisaldusi, kuna need komponendid pärsivad mikroorganismide elute-

gevust. Vaatamata eeltoodule on kõige suurem eelis mikrobioloogilise kobestamisviisiga taignal, millega saavutatakse lõpptoodete kõrge kvaliteet.

6.1.3.1. Erinevatest taignatest valmistatud tooted

Pärmitaignast valmistatakse tavaliselt soolased ja magusad stritslid, kringlid, pirukad. Stritsel (saksa kl. *Strietzel*) on traditsiooniline saksa ja austria köögi pärmitaignast küpsetis mooni või õuna- ja teiste puuviljade



Joonis 6.10. Taignate klassifikatsioon pärmi lisamise järgi (a) ja kobestamisviisi järgi (b)

täidistega. Taigen rullitakse, täidis asetatakse taigna peale ning rullitakse kõik koos pikliku rullkoogi saamiseni.

Kringel (saksa k. *kringeln* 'keerutama') on tavaliselt 8-kujuline pärmitaignast saiatoode.

Lehttaigen sobib rohkem pirukate, küpsiste ja saiakeste küpsetamiseks. Muretaignat ja liivataignat kasutatakse küpsiste, korvikeste, tordi- ja koogipõhjade valmistamiseks. Erinevalt muretaignast on liivataigen kuivem ja magusam.

Biskviittaigen valmistatakse suure rasva- ja suhkrukogusega ning see taigen sobib rohkem tordipõhjade ja rullbiskviitide valmistamiseks.

Oma valmistamisviisilt ja kobestaja tüübist teistest taignatest erinevat keedutaignat kasutatakse ekleeride ja profitroolide ehk tuuletaskute küpsetamiseks.

Lehttaigen

Lehttaigna (**Joonis 6.11**) põhikomponendid on jahu, vesi, sool, rasvaine, muna. Tehakse nii pärmiga kui ka pärmita lehttaignat. Kasutatakse külma (mitte üle 18°C) vett. Hapet lisatakse võiga valmistatud taignasse kleepvalgu paisumise ja elastsuse suurendamiseks. Kergitusainega margariini kasutades hapet ei lisata.

Komponendid segatakse kokku ning rullitakse 1-2 cm paksune kiht. Kaks kolmandikku taignatükist kaetakse pehmendatud võiga või spetsiaalse kihistusmargariiniga, 1/3 taignast asetatakse peale, volditakse kokku, rullitakse. Korratakse protseduuri vähemalt 8 korda. Valmisrullitud taigen asetakse 0,5 - 1 tunniks külma, siis rullitakse uuesti 2-3 korda ning vormitakse. Vormimisel ja lõikamisel kasutatakse väga teravaid nuge. Küpsetatakse (220-250°C) juures 25-30 min.

Tööstuses kasutatakse taigna rullimiseks spetsiaalseid rullimismasinaid (**joonis 6.12**).



Joonis 6.11. Lehttaigen

Lehttaigna näidisretsept

Jahu - 1 kg

Vesi – 0,5 kg

Rasvaine – 0,15 kg

(margariin/sulatatud või)

Või rullimiseks – 0,6 kg

Sool – 0,02 kg

Muna – 2 tk

Liivataigen

Liivataignast (**joonis 6.13**) küpsetatakse küpsiseid, tordi ja koogi põhjasid.

Liivataigna omapäraks on pehmendatud rasvaine vahustamine suhkruga. Jahu ja maitseained lisatakse viimasena. Taigen hakitakse ning pannakse külma.

Liivataigna põhikomponendid on jahu (3 osa), suhkur (1 osa), rasvaine (või/margariin, 2 osa). Mõnikord lisatakse ka muna. Maitseainetena kasutatakse soola, kardemoni, vanillsuhkrut, kaneeli, riivitud sidruni- või apelsinikoort, purustatud pähkleid, kakaod, kohvi.



Joonis 6.12. Lehttaigna rullimisliin

Joonis 6.13. Liivataigen



Valmistaigen võetakse külmast, rullitakse, vormitakse ning küpsetatakse 200-220 °C 10-15 min.

Muretaigen

Muretaignat kasutatakse küpsiste, pirukate, korvikeste, tordi- ja koogipõhjade, ka lahtiste prantsuse pirukate *quiche*'ide valmistamiseks.

Erinevalt liivataignast sisaldab muretaigen vedelikku (vett, piima), mille tõttu on muretaigen sitkem; ka sisaldab vähem suhkrut ja rasva. Veel lisatakse muna, küpsetuspulbrit (kui on vaja 1 cm paksemat taignatükki) ja maitseaineid.

Komponendid segatakse, jahu lisatakse viimasena, taigen hakitakse, ning pannakse külma.

Valmistaigen võetakse külmast, rullitakse, vormitakse ning küpsetatakse 200-220 °C 10-15 min.

Keedutaigen

Keedutaigen sai oma nimetuse keetmise protsessist taigna valmistamisel. Toorained (jahu, sool, vesi, rasv) segatakse ning keedetakse paar minutit, peale seda jahutatakse kuni 65°C –ni muna valkude denatureerumise vältimiseks, ning segatakse korralikult munamassiga. Valmis keedutaigen on läikiv, hästi läbisegatud ja homogeenne.

Küpsemisel tekkiv veeaur kobestab taigna; toote maht suureneb, tooted on seestpoolt õõnsad ning sobivad hästi erinevate täidiste jaoks.

Keedutaignat valmistatakse ka valmissegudest, millele on vaja ainult veett lisada ja korralikult segada. Valmistaigen pannakse kondiitrikoti sisse, mille külge on kinnitatud **tülle** – rikujuline metallist otsik kondiitrikotile

Keedutaigna näidiskoostis

Jahu – 1 kg

Rasvaine (või/margariin) – 0,67 kg

Vesi – 1,67 kg

Muna – 1,0 – 1,03 kg (20-26 tk)

Sool – 0,02 kg

taignate ja kreemide vormimiseks. Sellega vormitakse keedutaignast piklikud, 11-12 cm, ekleerid või ümmargused profitroolid (**joonis 6.14.**).

Plaadid asetatakse niisutamisrežiimiga eelnevalt soojendatud ahju. Valmisküpsetatud ekleerid või profitroolid jahutatakse toatemperatuurile, lõigatakse pooleks, kohupiimakreem või keedukreem asetakse vahele, kaunistatakse tuhksuhkruga ja pakitakse. Keedutaignast valmistatakse pooltooted ka soolaste suupiste jaoks ning täidetakse vastava soolase täidisega (kalapasteet, toorjuustu kreem jt).



Joonis 6.14. Keedutaignast profitroolid

Biskviittaigen

Biskviittaigen kuulub munataignate hulka ning koosneb põhiliselt munadest, suhkrust, jahust, rasvainest ning seda kasutatakse tordipõhjade, rullbiskviidi, keekside valmistamiseks. On olemas ka rasvavaba biskviittaigen.

Kobestamisviis on kas mehhaaniline (vahustamine) või lisatakse keemilise kobestajana küpsetuspulber.

Muna vahustatakse suhkruga, küpsetuspulber segatakse jahusse ning lisatakse vahustatud munad. Segada hoolikalt, asetada plaadile, küpsetada 6-8 min 225 °C juures.

Tordipõhjaks mõeldud biskviittaigen küpsetatakse vormis kauem ja madalamal temperatuuril (175-180°C, 40 min).

Küpsised

Ingliskeelne sõna *biscuit* ehk küpsis tuleneb ladinakeelsetest sõnadest *bis* (kaks) ja *coquere* (küpsetama) ja tähendab kaks korda küpsetatud leiba. Selliste kuivikutega varustati vanasti meremehi kauakestvateks reisideks. Kuna taigen koosnes ainult veest, jahust ja soolast, olid esimeste küpsiste maitseomadused väga tagasihoidlikud.

Biskviittaigen, näidisretsept

Jahu – 1 kg

Muna – 1,5 kg (28-30 tk)

Suhkur – 1,3 kg

Küpsetuspulber – 0,15 kg

Tänapäeva küpsiste retseptuuris on peale jahu ka teised teraviljasaadused, suhkur, rasv, muna; šokolaadi-, kreemi- jm. lisandid. Küpsiseid valmistatakse ka liiva-, muretaignast.

Küpsiseid iseloomustab madal niiskusesisaldus (10-15%), mille tõttu säilivusaeg on päris pikk (kuni 6-9 kuud), kõrge rasvasisaldus, väiksed mõõtmed, kiire küpsetusaeg (8-15 min).

Allpool on antud mõnede küpsiste näidisretseptid.

Margariin sulatada, kõik komponendid segada. Ilma tüllita kondiitrikotti kasutades vormida pätsikesed küpsetusplaadile. Küpsetada 205 °C, 10-12 min

Kaeraküpsis

Jahu – 1,0 kg

Hapukoor – 0,44 kg

Kaerahelbed – 1,3 kg

Margariin – 1,0 kg

Vesi – 0,15

Suhkur – 0,74 kg

Vanilje ekstraktstrakt -0,01 kg

Soola – 0,02 kg

Valeri küpsis

Klassikalise Valeri küpsise (**Joonis 6.15**) valmistamisel kasutatakse vahustatatud võid suhkruga, vahustatud munavalget ning hakitud rosinaid ja mandleid.

Mandlid leotada kuumas vees ning kestad koorida, siis hakkida koos rosinatega. Toatemperatuuril sulanud/soe või vahustada suhkruga, lisada hakitud mandlid ja rosin, hästi segada. Lisada sõelutud jahu, segada, kahes osas hoolikalt lisada vahustatud munavalged (esiteks üks portsjon, siis segada, siis teine munavalgete portsjon), hoolikalt segada. Jälgida, et taigen oleks õhuline, mitte üle segada.

Taigen peab olema ühtlane, kohev, konsistents hapukooresarnane. Plaadile asetada 3-5 cm diameetriga ümmargused küpsised. Võib kasutada kondiitrisüstalt/kotti. Kuna küpsised vajuvad hästi laiali, peab küpsiste vahel olema ruumi, et nad ei kleepuks kokku. Plaat asetada eelnevalt 180-200 °C ni soojendatud ahju ning küpsetada 9-10 min kuni küpsised muutuvad pruuniks.

Retsept (kg):

Jahu – 1 kg

Suhkur – 0,85-1,15 kg

Munavalge – 0,52 kg

Rosin – 0,17 – 0,2 kg

Purustatud kooritud mandel – 0,13 kg

Või – 1 kg

Vaniljesuhkur – 0,02 kg



Joonis 6.15. Valeri küpsised

Besee küpsis

Besee (*baiser* – pr k suudlus) sai nimetuse tänu oma õhukesele struktuurile. Besee küpsised ja ka beseest tordipõhjad valmistatakse vahustatud munavagetest. Ka on teada munavahust valmistatud maiuste teine nimetus - *meringue*.

Beseed (**Joonis 6.16**) küpsetatakse kaua ning madalal temperatuuril (80-110 °C). Koorik peab olema hele. Kookide ja tortide kaunistamiseks kasutatav besee küpsetatakse kõrgemal temperatuuril (175-200 °C). Suhkur peab olema peenkristalliline/tuhksuhkur. Parema vahtu saamiseks peavad munavalged olema soojendatud toatemperatuurini.



Joonis 6.16. Beseeküpsised

Kõva besee retsept:

Munavalge – 6 tk

Tuhksuhkur – 4 dl

Pehme besee valmistamiseks lisatakse ka sidrunihapet; suhkrukogus on aga 2 korda väiksem, kui kõvas besees.

Munavalged vahustatakse tuhksuhkruga läikivaks stabiilseks vahuks, lisatakse ka vaniljesuhkur. Vahustatud munavalgemass pritsitakse plaadile ning asetatakse eelnevalt kuni 75-80°C-ni soojendatud ahju 2-3 tunniks. Kohvi- või kakaomaitselise besee saamiseks lisada suhkru sisse 2 tl kohvi- või kakaopulbrit.

Säilitada tuleb beseed kuivas kohas. Külmkapis neid hoida ei saa, sest nad imavad niiskust. Hermeetilises pakendis on säilitusaeg kuni üks nädal.

6.1.3.2. Külmutatud valikpagaritoodete tehnoloogia

Pagaritoodete ja -pooltoodete külmutamine muutub tänapäeval üha populaarsemaks ja nõutavamaks tänu oma mugavusele nii tootjatele kui ka tarbijatele.

See tehnoloogia võimaldab optimeerida tootmist, logistikat, tagada kvaliteedi stabiilsust ning vähendada kulusid ja praaki. Külmutatud valikpagaritoodete (taignad, leivatooted, saiakesed, pirukad jt.) valmistamisel on vaja arvestada madalamate temperatuuride mõju toote kvaliteedile ning antud tehnoloogia sisaldab teatud erinevusi taigna valmistamisel. Külmutatud pagaritooted ja pooltooted klassifitseeritakse sõltuvalt tehnoloogiast: külmutatud taignad, erivalmistamisastmega külmutatud tainakud (teatud valmistamise protsessid, lõpetatakse varem võrreldes tavatehnoloogiaga)

Tabel 6.3. Külmutatud pagaritoodete tehnoloogiad

Nimetus	Protsessi kirjeldus
Kääritamata külmutatud taigen ja pooltooted	Enne külmutamist välditakse käärimise algust ning külmutatakse viivitamatult peale segamist ja vormimist. Enne küpsetamist neid sulatakse 20-30 min ning kergitatakse 2-4 tunni jooksul temperatuuril 20-25°C ja suhtelise õhuniiskusega 70-75%. Peale kergitust küpsetatakse 10-25 min.
Kääritatud külmutatud taigen	Peale segamist taigen lastakse käärima, kuid käärimine lõpetatakse varem võrreldes tavatehnoloogiaga. Külmutatakse soovitavalt kiirkülmutamise meetodil.
Kergitatud pooltoodete külmutamine	Peale segamist vormitatakse taignast pooltooted, lastakse need osaliselt kerkida ning külmutatakse. Enne küpsetamist tooted sulatatakse 20-30 min toatemperatuuril ning küpsetatakse 10-30 min sõltuvalt toodete suurusest.
Osaliselt küpsetatud pagaritoodete külmutamine	Tooteid küpsetatakse kuni 70-95% valmidusastmeni või kooriku moodustumiseni ning sügavkülmutatakse -35 kuni -40°C-ni. Pärast sügavkülmutamist tooted pakitakse ning säilitakse -20° – -18°C juures. Lõppvalmistamiseks tooted sulatakse 10-15 min jooksul ning küpsetatakse 10-30 min sõltuvalt toodete suurusest.
Valmisküpsetatud toodete külmutamine	Külmutamine toimub peale küpsetamist. Kiire järelküpsetamine (5-10 min)

ja osaliselt küpsetatud ja külmutatud pagaritooted. **Tabelis 6.3** on toodud erinevate külmutatud pagaritoodete tehnoloogiad.

Külmutatud pagaritoodete valmistamise eripärad

Külmutatud pagaritoodete valmistamine ja säilitamine nõuab spetsiifilisi seadmeid. Toorainetele esitatakse samuti teatud erinõuded. Põhiliseks probleemiks valmistamisel ja säilitamisel on vee migratsioon ja jääkristallide tekke, mis mõjub negatiivselt pärmirakkude eluvõimele ja aktiivsusele, taigna reoloogilistele omadustele, valmistoodete kvaliteedile.

Külmutamisel veemolekulid muutuvad jääkristallideks ja mida kiirem on külmutamise protsess, seda väiksemad kristallid tekivad ja toote mikrostruktuur kahjustub vähem. Tulemusena külmutatud toote sulatamisel tekib väiksem veekadu, konsistents ja maitseomadused ei muutu. Kiirkülmutamine (*blast freezing*) võimaldab saavutada toote sees −18°C vähem kui 240 min jooksul, organoleptilised omadused säilivad paremini. Kiirkülmutatakse mahajahutatud õhuga spetsiaalsetes kambrites.

Ka teatud jahuparendajate ja külmutamisttaluvate pärmide kasutamine aitab parandada toodete kvaliteeti (mahu kadu, organoleptiliste omaduste halvenemine jt.) peale sulamist, järelkerkimist ja küpsetamist.

Külmutamine peaks olema võimalikult kiire suurte jääkristallide tekke vältimiseks. Külmutamine alla −30°C ehk alla taigna klaasistumistemperatuuri (Tg) võimaldab säilitada nii optimaalset pärmi aktiivsust kui ka taigna reoloogilisi omadusi. Vee migratsiooni takistavad taignasse lisatud hüdrokolloidid, mis aeglustavad ka leiva vananemist.

Sügavkülmutamisel ja säilitamisel muutub vaba vee : seotud vee suhe, sest suureneb vaba vee kogus maatriksi dehüdreerimise ehk vee väljakristalliseerimise tõttu ning taigen muutub venivamaks.

Taigna intensiivsel ja pikal segamisel moodustub elastsem kleepvalgu karkass, mis on parema gaasi- ja vormihoidmisvõimega külmutamisel ja sulatamisel. Kombineeritud jahuparendajate kasutamine (askorbiinhape,

alfa-amülaas) annavad parema tulemuse mahu suurenemisel. Taigna käärimisprotsessi tuleks minimiseerida ning külmutada kiiresti peale vormimist. Taigna temperatuur segamisel peab olema 12-20°C käärimisprotseeside aeglustamiseks. Mida madalam on taigna segamistemperatuur, seda paremini talub taigen külmutamist ja sulatamist.

Külmutamine peab tagama temperatuuri −12...−18°C toote keskel. Suhkru lisamine taignasse alandab vee kristallisatsiooni temperatuuri ja vee üleminek vedelast olekust tahkesse toimub madalamal temperatuuril.

Külmutamiskiirus mängib suurt rolli taignatoodete kvaliteedile. Liiga aeglasel (0,1°C/min) külmutamisel toimub rakkude plasmolüüs osmootse rõhu tõusu tõttu rakuväliste jääkristallide tekkimisel. Liiga kiirel külmutamisel (10°C/min) tekivad pärmirakkude sees peened jääkristallid, mis võivad pärast grupeeruda ja suureneda sulatamisel. See viib pärmiraku membraani purunemisele. Optimaalne külmutamiskiirus on 1°C/min.

Külmutatud toodete pakendamisel kasutatud materjalid peavad olema niiskus- ja õhukindlad, külmataluvad, kergesti hermeetiliselt suletatavad.

Säilitamine ja ülessulatamine

Külmutatud taigna koostises on tavaliselt sool ja suhkur, mis alandavad vee kristallisatsiooni temperatuuri kuni −12 – −14°C. Seega optimaalne säilitamistemperatuur on −18° – −20°C.

Külmutatud taignapooltooteid säilitatakse tavaliselt 6 kuud. Võid sisaldavaid külmutatud pooltooteid säilitatakse kuni 3 kuud rääsumise vältimiseks.

Ülessulatamine (ingl. *defrostation*) peab olema õrn, muidu jääkristallide kasv kutsub esile pärmirakkude membraanide kahjustusi. Optimaalne sulatamine toimub kas toatemperatuuril edasise kerkimise ja küpsetamisega või kerkekapis spetsiaalse sulatamisrežiimi programmiga, kus toimub mitmefaasiline õrn sulatamine, esimene faas 0°C juures, ning järgmisel faasil temperatuur kasvab aeglaselt kuni 20°C-ni.

Toorained ja retseptuur

Toorainete omadused mõjutavad samuti külmutatud toodete kvaliteeti.

Külmutatud pagaritoodete valmistamiseks kasutatud jahu küpsetusomadused peavad olema paremad kui tavajahul. Valgusisaldus peab olema 12-14% k.a., kleepvalgu sisaldus ja kvaliteet samuti kõrgem, langemisarv 300 s ja suurem, kahjustatud tärklise sisaldus väike. Soovitatakse kasutada kõrge kleepvalgu sisaldusega nisujahu või lisada juurde gluteeni. Vee temperatuur taigna valmistamisel on jääkülm (0 - −4°C). Taigna konsistents peab olema tugevam.

Kasutatakse ka spetsiaalselt aretatud külmutamisttaluvaid pärmitüvesid või lisatakse suuremad pärmikogused pärmirakkude madala aktiivsuse kompenseerimiseks.

Soola lisamine (2% jahu kohta) tugevdab taigna struktuuri, kujuhoidmisvõimet sulatamisel ja järelküpsetamisel.

Ka on olemas spetsiaalsed jahuparendajate segud just külmutatud pagaritoodete ja pooltoodete valmistamiseks, mis sisaldavad amülaase, nisugluteeni, askorbiinhapet, ka hüdrokolloide, emulgaatoreid.

Amülaasid soodustavad vabade suhkrute moodustamist; askorbiinhape ja lisatud gluteen teevad taigna külmutamist paremini taluvamaks, tugevdades selle struktuuri. Hüdrokolloidid takistavad vee migratsiooni külmutamisel ja säilitamisel, mis omakorda aeglustab toote vananemist; emulgaatorid parendavad taigna töödeldavust, venitatavust ja gaasihoidmisvõimet.

6.1.4. Pagaritoodete defektid, valmistamisel tekkivad vead ja nende kõrvaldamisvõimalused

Tabelis 6.4 on antud pagaritoodete valmistamise kõige levinumad probleemid, nende põhjused ja probleemide lahendused. Teatud meetmetega saab kõrvaldada korraga mitu probleeme ja defekti. Näiteks juuretise ja taigna koostise ja valmistamisrežiimi optimeerimine ja selle stabiilsu-

se jälgimine aitab parendada leiva kvaliteediomadusi nagu sisu poorsust, elastsust, leiva mahtu, lõhna ja maitset.

Jahuparendajate kasutamine võimaldab valmistada tooteid stabiilse kvaliteediga partiide lõikes – tugevdada kleepvalku, parandada jahu suhkrutekitamisvõimet ja sellega ka gaasitekitamisvõimet, parandada taigna töödeldavust, pikendada säilivusaega jne. Tuleb aga arvestada, et leiva ühe või teise kvaliteedidefekti järgi on üsna raske määrata selle põhjust, kuna iga defekti taga võib olla mitu põhjust. Defekti põhjuse leidmiseks ja kõrvaldamiseks tuleb alati analüüsida kõiki valmistamisetappe.

Tabel 6.4. Pagaritoodete valmistamisel tekkivad vead ja defektid

Toote defekt	Põhjused	Lahendamine
Lihtpagaritooted		
Valmisleival ei ole iseloomulikku maitset ja lõhna	Juuretis või taigen ei ole piisavalt käärinud	Juuretise/taigna retsepti ja käärimisrežiimi optimeerimine
Leivasisu on mitteelastne, nätske ja kleepuv. Esineb veerant kooriku all	1. Jahu kõrge ensümaatiline aktiivsus. 2. Madal veesidumisvõime 3. Liiga suur taigna niiskus 4. Lühike küpsetamisaeg	1. Tugeva jahu kasutamine. 2. Juuretise käärimisrežiimi optimeerimine. 3. Juuretise koguse suurendamine taignas. 4. Vee koguse muutmine/ümberarvestamine 5. Küpsetusaja optimeerimine
Jahu tükid leiva sisus	Ebapiisav taigna segamine	Segamisaja optimeerimine
Poorsus ebaühtlane	1. Kerkimine ebapiisav/ebaühtlane. 2. Liiga pikk juuretise ja taigna käärimisaeg	Käärimis- ja kerkimisrežiimi (t°, aeg, suhtelise õhuniskuse %) optimeerimine
Tihe poorsus	1. Liiga tugev taigna konsistents. 2. Käärimine ebapiisav (alakerkinud toode)	1. Jahuparendajate kasutamine taigna konsistentsi pehmendamiseks. 2. Vee koguse optimeerimine 3. Pikendada kerkimisaega

1. Leiva maht on väike. 2. Leib vajub ahjus kokku	1. Madal taigna niiskus. 2. Nõrgast jahust valmistatud toode – kleepvalk nõrk, gaasihoidmisvõime on madal 3. Liiga pikaaegne taigna segamine 4. Kerkimine on ebapiisav. 5. Lühike küpsetusaeg	1. Taigna vee koguse suurendamine. 2. Tugeva jahu kasutamine. Juuretise koostise ja valmistamisrežiimide optimeerimine (käärimis t°, aeg, kogus) 3. Lühendada segamisaega 4. Pikendada kerkimisaega. 5. Emulgaatoreid sisaldav jahuparendaja või rasvaine jaotub taignas ühtlasemalt ja suurendab kleepvalgu venivust (saia puhul)
Leiva organoleptilised omadused erinevad märgatavalt partiide lõikes		Juuretise ja taigna valmistamisrežiimid, käärimistemperatuur, aeg, juuretise kogus uuendamisel peavad olema konstantsed ja kontrolli all
Põrandatoodetel liiga ümmargune kuju	Vähe kerkinud	Pikendada kerkimisaega ja/või suurendada kerkimistemperatuuri
Sisu lööb kooriku küljest lahti	Lühike käärimis- või kerkimisaeg. Küpsetamise alguses liiga kõrge küpsetamistemperatuur.	Optimeerida käärimis-, kerkimis- ja/või küpsetamisrežiimi
Korbane koorik, kergelt rebenenud	Ülekerkinud tooted	Optimeerida käärimis-, kerkimis- ja/või küpsetamisrežiimi
Põrandatoodetel lame kuju	Ülekerkinud tooted Liiga suur taigna niiskus	Kerkimisrežiimi optimeerimine Vee koguse ümberarvutamine
Sisu poorid on liiga suured	Liiga pikk segamisaeg (õhumullid suurenevad kerkimisel) Liiga pikk taigna käärimis- ja kerkimisaeg Nisutaigna ümardamine ja/või vormimine ebapiisav	Segamisaega optimeerida Käärimis- ja kerkimisaega optimeerida

Liiga hele koorik valmissaial	Madal jahu suhkru- ja gaasitekitamisvõime. Liiga intensiivne taigna käärimine (liiga kõrge taigna temperatuur või liiga pikk taigna käärimisaeg)	Käärimis-, kerkimisrežiimi optimeerimine, suhkru lisamine. Pärmi koguse suurendamine
Liiga paks ja tume koorik	Liiga pikk küpsetusaeg Liiga kõrge küpsetustemperatuur	Optimeerida küpsetusrežiimi
Toode vananeb liiga kiiresti		1. Keedu kasutamine. 2. Jahuparendajate (ensüümide ja hüdrokolloididega) kasutamine
Hallituse teke kinnises pakendis enne säilivusaja lõppemist	Vale säilitamisrežiim (kõrge niiskus, ruumi temperatuur); lao ja tootmisruumide/toorainete saastumine	Hea tootmistava jälgimine, tootmispindade ja ladude desinfektsioon ja hallituse profülaktika, kinnised viilutamis- ja pakendamissüsteemid
Valikpagaritooted		
Taignad		
Biskviit		
Tihe poorsus	Kasutatud liiga tugeva kleepvalguga jahu	„Nõrga“ jahu või jahuparendajate kasutamine
Liiva/Muretaigen		
Taigen on kõva, tooted deformeerunud	Pikk segamisaeg	Optimeerida segamisaega
Rasvaine voolab välja, taigen pole plastiline, mureneb rullimisel	Rasvaine sulanud, ja teised toorained liiga soojad	Kasutada jahutatud tooraineid
Lehttaigen		
Kihid puuduvad	Liiga kõrge ahju temperatuur Liiga tugev rullimine – kihid on katkenud	Optimeerida rullimis- ja küpsetusrežiimi

Toote sisu kuiv	Vähe võid. Madala ahjutemperatuuri tõttu kihistusvõi/ margariin välja valgunud	Optimeerida retseptuuri ja/ või küpsetustemperatuuri
Taigen on kokku tõmbunud	Külmas vähe seisnud	Optimeerida jahutamisaega
Keedutaigen		
Tootes puudub tühimik	1. Taigna konsistents liiga vedel 2. Kasutatud jahu madala kleepvalgu sisaldusega 3. Munad olid enne segamist liiga jahutatud	1. Optimeerida retseptuuri 2. Enne segamist lasta munadel soojas seista toatemperatuuril
Besee		
Toode on laialivalgunud, madal	1. Munavalge oli enne vahustamist liiga soe 2. Munarebude jäägid 3. Liiga palju suhkrut 4. Liiga pikk periood vormimise ja ahju panemise vahel	1. Kasutada jahutatud munavalgeid. Hästi eraldada muna valged- ja munarebud. 2. Optimeerida retseptuuri ja valmistamisrežiimi
Liiga tume värvus	Liiga kõrge küpsetamistemperatuur	Optimeerida küpsetustemperatuuri
Külmutatud pagaritooted		
Osaliselt küpsetatud külmutatud pagaritoodete kooriku kihistumine ja/või eraldumine järelküpsetamisel		1) Optimeerida küpsetus- ja jahutamisrežiimi enne külmutamise. 2) Jahuparendajate (ensüümide) lisamine taigna valmistamisel

6.1.5. Suhkruliste kondiitritoodete tehnoloogia

6.1.5.1. Karamell

Karamell on suhkrust ja glükoosisiirupist valmistatud kõva klaasise välimusega kompvek, mille niiskussisaldus on 2±1%. Karamelli **põhitooraineks** on sahharoos. Kuid ainult sahharoosist karamellmassi valmistada ei ole võimalik, kuna suhkrulahuse küllastatuse tekkel algaks kohe suhkru väljakristalliseerumine. Selle vältimiseks kasutatakse siirupeid, milles leiduvad lihtsuhkrud soodustavad sahharoosi lahustumist, kolloidsed ühendid

võimaldavad aga omakorda tõsta karamellmassi viskoossust. Peamiselt kasutatakse glükoosisiirupit, kuid kasutamist leiab ka invertsiirup.

Karamelli lisatooraineteks on toiduvärvid, orgaanilised happed, aroomained, mõningal juhul ka piimasaadused. Karamellkompvekkide täidiste valmistamiseks kasutatakse erinevaid puuviljade-marjade püreesid, kakaotooteid, mett, pähkleid, rasvu jne.

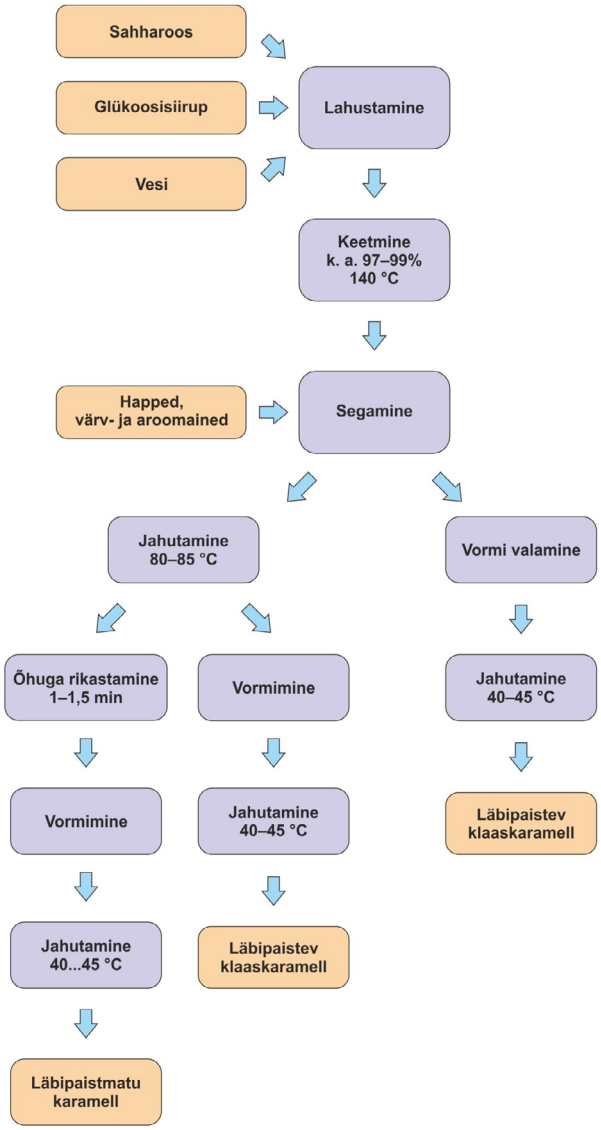
Karamelli valmistamiseks **lahustatakse** sahharoos ja glükoosisiirup vees ning **keedetakse** vaakumkateldes kuivaine sisalduseni 97–99% (**joonis 6.17**). Sellise kuivainesisalduse saavutanud karamellmassi temperatuur on ca 140°C.

Suhkru kristalliseerumise vältimiseks tuleb mass kiiresti **jahutada**. Jahutamise ajal viiakse sisse värvained, orgaanilised happed ja aroomained ning karamellmassi **segatakse**. 80–85°C-ni jahtunud karamellimass on plastiline – võimeline säilitama talle antud vormi.

Läbipaistmatu ehk venitatud kestaga karamelli saamiseks rikastatakse karamellmassi õhuga. Selleks venitatakse massi mitmeid kordi ja pakitakse kokku või puhutakse spetsiaalsete seadmetega massi õhku. Karamellmassi tihedus väheneb, mass muutub läbipaistmatuks ja rabedaks.

Edasi juhitakse karamellmass **vormimiseks** (**joonis 6.18**) nn. keegelmasinatesse, kus karamellmassile antakse koonuse kuju. Koonuse peenemast osast väljub 2–3 cm diameetriga karamellinöör. Batooni keskele jääb täidise doseerimisautomaadi toru. Nöör antakse üle kalibreerimisrullikute, mis annavad lõpliku soovitud läbimõõduga (ca 1 cm) karamellnööri.

Plastiline karamellnöör viiakse vormimismasinasse, vormimise hetkel lisatakse täidis ja nöör pressitakse vormi üksikuteks kommideks. Vormitud karamelli temperatuur on 65–70°C. Edasi toimub **jahutamine** 40–45°C-ni jahutuslindil või spetsiaalsetes kappides. Karamellkompvekke on võimalik valmistada ka vormivalamise teel. Vormis ei toimu venitamist, mistõttu kommid on alati läbipaistvad. Jahutatud kompvekid **pakendatakse** ja **säilitatakse**.



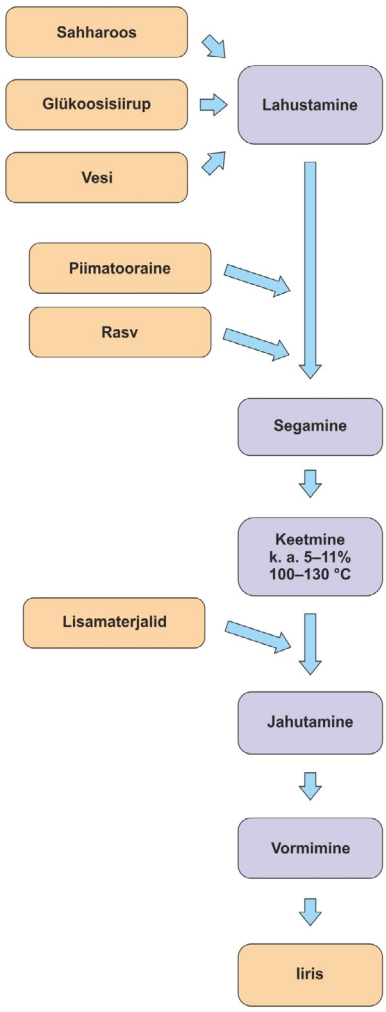
Joonis 6.17. Karamellkompvekkide tootmisskeem

6.1.5.2. Iirised

Iiriste **põhitooraineteks** on suhkur, glükoosisiirup, piimatooraine (kondenspiim) ja rasv (või). Lisatoorainetena kasutakse maitse- ja aroomaineid ning emulgaatoreid. Iiriste **valmistamiseks** suhkur ja glükoosisiirup **lahustatakse** vees, lisatakse piimatooraine ja vajadusel rasv ning segu **keedetakse** soovitud niiskussisalduseni (5–11%) (**joonis 6.19**).



Joonis 6.18. Karamellmassi vormimine (http://www.toreuse.com/wp-content/uploads/2011/01/hard-candy-forming.jpg)



Joonis 6.19. Iiriste tootmisskeem

Iiriste struktuur ja konsistents sõltuvad retseptuurist. Mida enam on glükoosisiirupit, seda venivam ja kleepuvam toode saadakse. Suurem suhkrukontsentratsioon muudab iirise aga rabedamaks. Kõrgema niiskussisaldusega kompvekid on pehmed, madalama niiskussisaldusega kompvekid aga kõvad. Mureda struktuuriga iiriste saamiseks lisatakse tootesse piimapulbrit või massi segatakse jahutamisel väikeste kristallalgete tekkimiseks.

Keetmine võib toimuda avatud katel des temperatuuridel 117–130°C või vaakumaurutusseadmetes 100–110°C. Kõrgete temperatuuride juuresolekul toimub redutseerivate suhkrute ja piimavalkude vahel Maillard'i reaktsioon, mis annab iirisele iseloomuliku maitse ja värvi.

Peale keetmist kompvekimass **jahutatakse** ja **vormitakse** kas keegelmasinates nagu kirjeldatud karamelli tootmise juures või vormides. Tükeldatud kompvekid **pakendatakse** ja **säilitatakse**.

6.1.5.3. Pähklitäidisega kompvekid

Pähklimassist kompvekid ehk **pralineed** omavad meeldivat pähklimaitset ning nad sisaldavad peale süsivesikute ka olulisel määral valku ja rasvu. Tehnoloogiliselt eristatakse külm- ja keedupähklitäidisega masse. Külmpähklitäidisega massid jagunevad omakorda kakaovõi baasil valmistatavateks massideks ja muu taimse rasva baasil valmistatavateks massideks.

Pähklitäidisega kompvekkide valmistamiseks pähklid **röstitakse**, **jahutatakse** ning **purustatakse** valtsveskis (**joonis 6.20**). Seejärel **hõõrutakse** peenestatud pähklimass tuhksuhkru, rasva ja maitselisanditega ühtlaseks massiks.

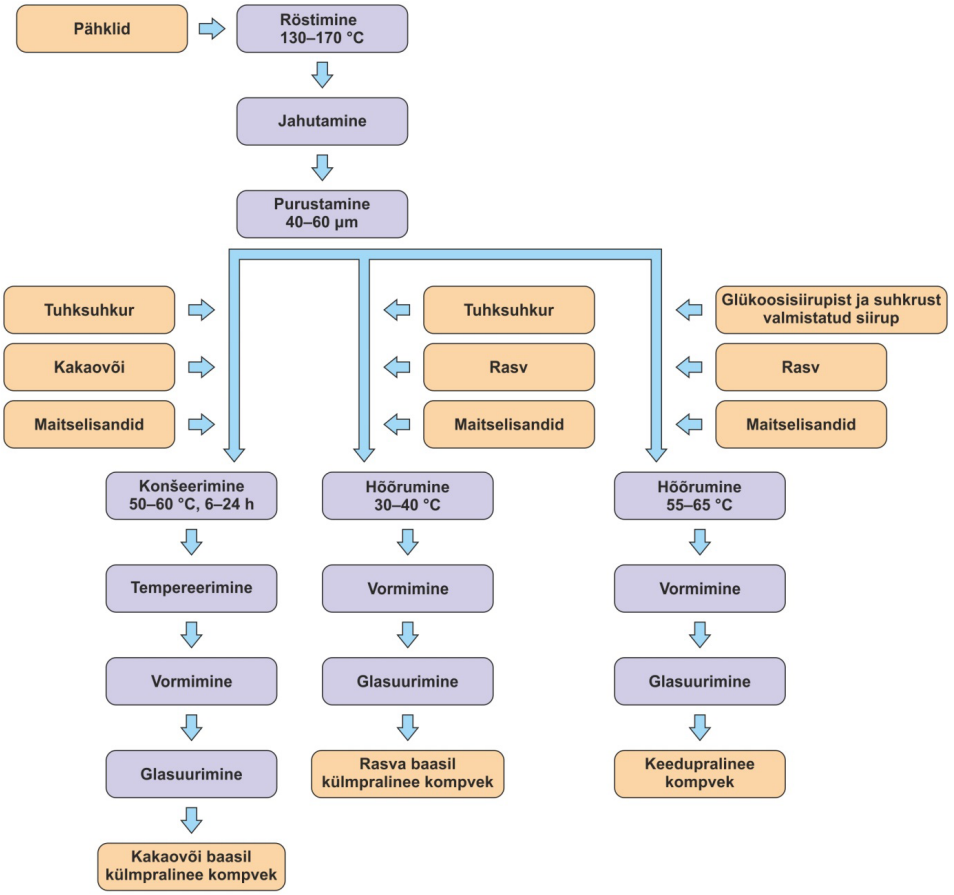
Rasva baasil külmpralineemasside segamine toimub 30–40°C juures, kakaovõi kasutamisel toimub täiendavalt massi **konšeerimine**, kus massi segatakse-hõõrutakse pikaaegselt 6–24 tundi temperatuuril 50-60°C ning **tempereerimine**, mille raames massi jahutatakse ja soojendatakse. Seejärel külmpralineed **vormitakse** temperatuuril 24–28°C, **glasuuritakse** ja **pakendatakse**.

Keedupralineemassi puhul segatakse-hõõrutakse peenestatud pähklimass, suhkrust ja glükoosisiirupist valmistatud siirup, rasv ja maitselisandid ning massi kuumutatakse 55–65°C juures. Seejärel mass **vormitakse** sobiva suurusega kompvekkideks, **glasuuritakse** ja **pakendatakse**.

6.1.5.4. Martsipan

Traditsiooniliselt on martsipan mandlitest ja suhkrust valmistatud maius. Tihti kasutatakse mandlite asemel ka muid kuivatatud pähklimasse ning lisaks suhkrule kasutatakse siirupeid ja maitselisandeid. Martsipanimassid jaotuvad tehnoloogiliselt toormartsipanideks ja keedumartsipanideks.

Toormartsipanide valmistamiseks kasutatakse hinnalisemaid pähkleid (magusmandel, aprikoosi seemned, pähklid), mis **blanšeeritakse**, **kuiva-**



Joonis 6.20. Pralineekompvekkide tootmisskeem

tatakse niiskuseni 3–5% ja **peenestatakse** kuni 30 µm suurusteks osakesteks. Pähklimass **segatakse** tuhksuhkruga vahekorras 1:1 ja saadud massist **vormitakse** mitmesuguse kujuga maiused, mida kaunistatakse toiduvärvidega.

Keedumartsipani valmistamiseks kasutatakse odavamaid peenestatud pähklimasse, mis **segatakse** kuuma suhkrusiirupiga vahekorras 1:1,2 ning **lisatakse** maitselisandid. Saadud segu **jahutatakse**, **vormitakse** ja **glasuuritakse**.

6.1.5.5. Pumat

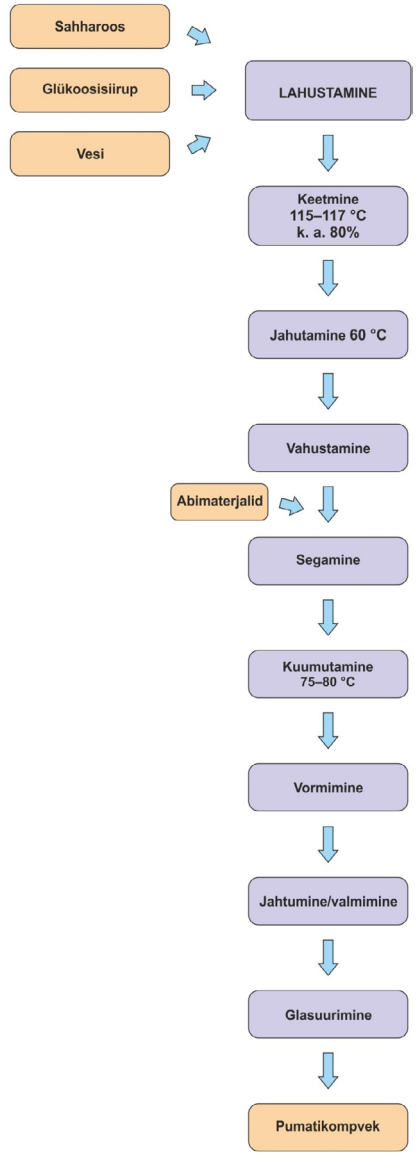
Pumatid kujutavad endast osaliselt kristalliseerunud suhkru-glükoosisiirupi segu, mida on aurutades tihendatud ja jahtumisel vahustatud.

Pumatite **põhitooraineks** on suhkur, glükoosisiirup ja vesi. Lisamaterjalidena kasutatakse piimatoorainet, puuviljade-marjade ekstrakte, munavalku, pähklimassi, kakaopulbrit, piiritust, maitse-, värv- ja aroomaineid.

Pumatimassi valmistamiseks suhkur ja glükoosisiirup vahekorras 3(4):1 **lahustatakse** vees ja keedetakse vaakumaurutis temperatuuril 115–117°C kuivaine sisalduseni 80% (**joonis 6.21**). Kontsentreeritud siirup **jahutatakse** ca 60°C-ni ja **vahustatakse**. Jahtunud siirup on üleküllastatud sahharoosilahus ning selle vahustamine põhjustab väikeste kristallide teket (10–20 µm). Peale vahustamist viiakse siirupisse lisandid ja massi segatakse.

Pumatimassi **vormimiseks** tuleb see esmalt soojendada 75–80°C-ni, tihti lisatakse samal ajal ka veidi glükoosisiirupit. Kuumutamisel kristallid osaliselt lahustuvad ja mass muutub voolavamaks. Kuumutamise käigus lisatakse massi aroom- ja värvained ning happed. Kuum pumatimass valatakse vormidesse.

Vormimine toimub tihti tärklise vormidesse kasutades **moogulmasinat**. Moogulmasin on automaatseade, kus



Joonis 6.21. Pumatikompvekkide tootmisskeem

alused täidetakse tärklisega, millesse pressitakse sobiva kujuga vormid. Õige kogus pumatimassi valatakse tärklisevormidesse, massil lastakse tahkestuda ning seejärel eemaldatakse tärklis kompvekkidelt sõelumis- ja harjamissüsteemiga. Eraldatud tärklis kogutakse, kuivatatakse ja kasutatakse uuesti aluste täitmiseks. Tärklisest puhastatud kompvekid viiakse **glasuurimisele**.

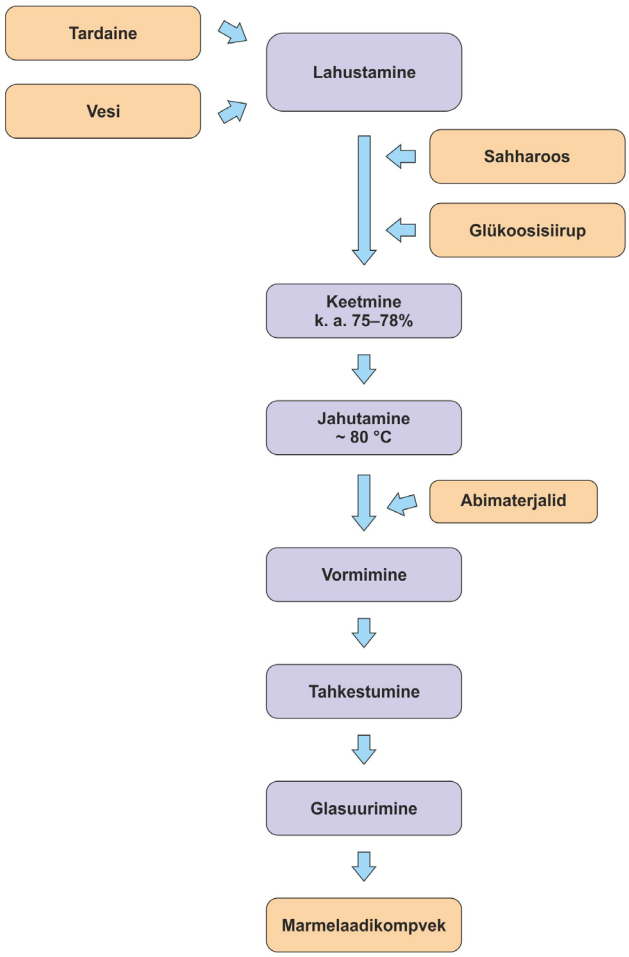
Pumatimassi jahtumisel toimub tahke ja vedela faasi ühtlane ümberjaotumine tahke faasi kasuks – sellega kaasneb ka pumatimassi muutumine elastseks ja plastiliseks. Seda protsessi nimetatakse pumati **valmimiseks**. Suhkur rekristalliseerub olemasolevatele kristallidele ja moodustub kõva kristallstruktuur. Väga oluline on tekkivate suhkrukristallide suurus, kuna sellest sõltuvad pumati maitseomadused. Kristallide suurus peaks jääma vahemikku 8–40 µm, üle 40 µm suurused kristallid annavad tootele tükilise tekstuuri ja terava magusa maitse. Glasuuritud kompvekid pakendatakse ja säilitatakse.

Marmelaadikompvekid

Marmelaad on pehme želeetaolise konsistentsiga toode, mis omab marjade-puuviljade aroomi ning magushaput maitset. Želeemarmelaadide **põhitooraineks** on suhkur, glükoosisiirup ja tardaine. Tardainena võib kasutada mitmesuguseid geelistuvaid komponente, igaüks neist annab sellele ainele iseloomuliku tekstuuri. Enamkasutatavad tardained on pektiinid, želatiin, agar ja tärklis. Eestis kasutatakse tardainena ka kohalikust punavetikast *Furcellaria lumbricalisest* eraldatud furtsellaraani. Marmelaadide abitooraineteks on kontsentreeritud puuviljade- ja marjade püreed, happed, aroom- ja maitseained ning toiduvärvid.

Marmelaadi valmistamine sõltub kasutatavast tardainest. Üldjuhul lahustatakse tardaine vees, lisatakse suhkur ja glükoosisiirup, enamasti vahekorras 1:1 ning mass keedetakse 75–78% kuivaine sisalduseni (joonis 6.22). Massil lastakse jahtuda ca 80 ºC-ni ja seejärel lisatakse hape ja muud

abiained. Mass vormitakse moogulmasinas või tarretatakse plaatidel, mis hiljem lõigatakse tükkideks. Marmelaadikompvekid **glasuuritakse**, **pakendatakse** ja **säilitatakse**.



Joonis 6.22. Marmelaadikompvekkide tootmisskeem

6.1.6. ŠOKOLAADITEHNOLOOGIA

Kakaoubademassi, kakaovõi ja kakaopulbri tootmine

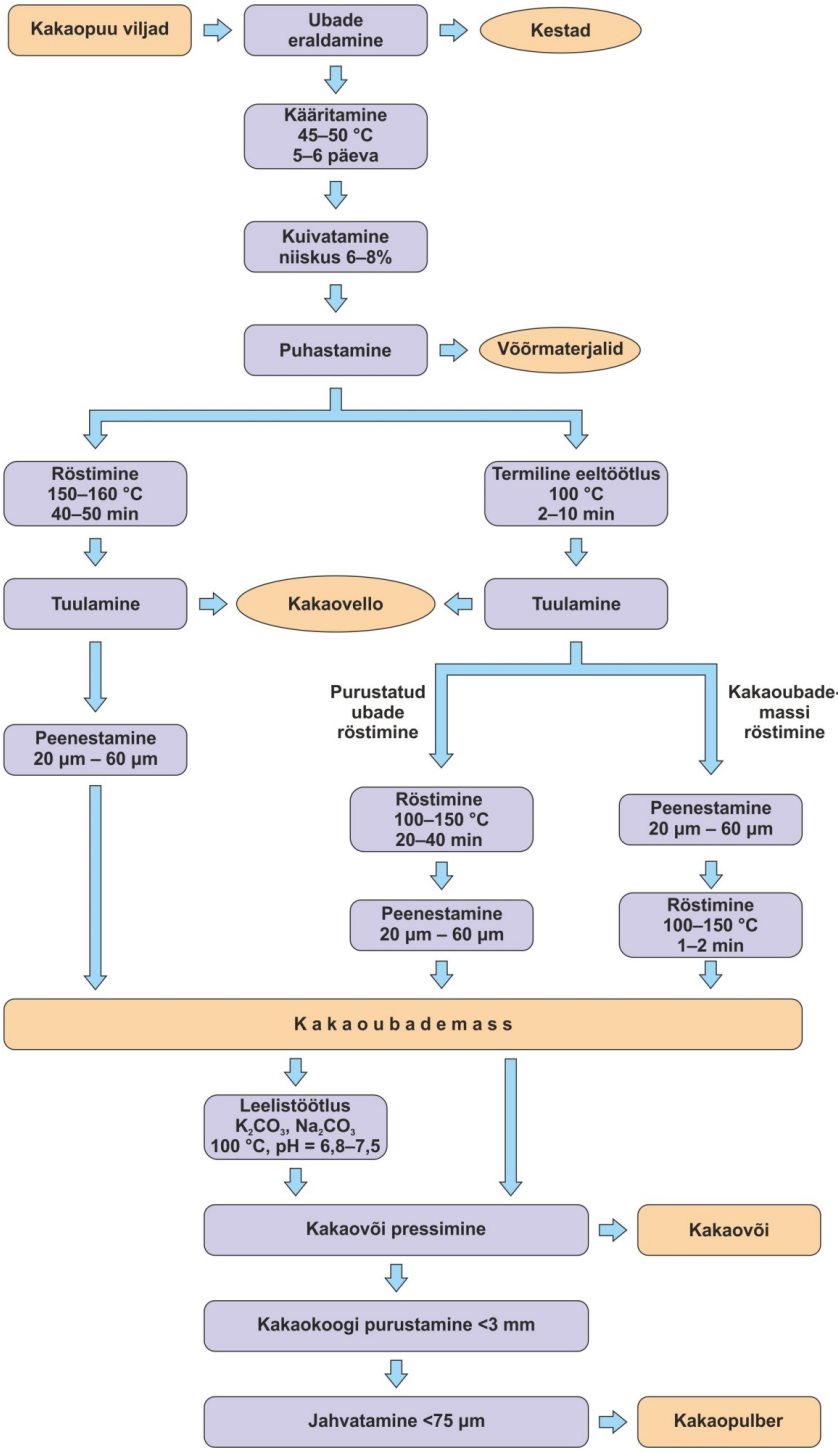
Kakaod ja šokolaadi valmistatakse kakaopuu (*Theobroma cacao*, L.) viljadest (**joonis 6.23**). Kakaopuu vili sisaldab viljaliha e. säsi, mille sees

on ridadena 25–50 seemet ehk **kakaouba**. Valminud viljad lüüakse puutüve küljest lahti, viljad avatakse, oad eemaldatakse ja viiakse **kääritamisele**. Kääritamine on oluline etapp, et lõpptoode omandaks šokolaadile iseloomuliku maitse ja aroomi. Kääritamine toimub enamasti 5–6 päeva. Esimese 24–36 tunni jooksul muudavad anaeroobsed pärmid madala hapniku sisalduse ja pH < 4 juures viljalihas oleva suhkru etanooliks. Temperatuur tõuseb 45°C-ni. 48–96 tunni möödumisel muutuvad dominantseks piimhappebakterid, mis muudavad suhkru ja mõned orgaanilised happed piimhappeks. Viljaliha laguneb ja voolab ära. Kakaoubade segamisel puutuvad oad kokku hapnikuga, mis põhjustab äädikhappebakterite kasvu. Alkohol muudetakse äädikhappeks ja temperatuur tõuseb 50°C-ni.

Käärimisel toimuvad muutused ka oas. Esimestel päevadel imavad kakaooad endasse viljaliha niiskust ja idanevad, kuid see protsess katkeb temperatuuri tõusu ja happelisuse suurenemise tõttu. Kakaooa rakuseinad ja membraanid lagunevad ja võimaldavad erinevate ühendite omavahelise reageerimise. Valgud lagunevad proteaaside toimel polüpeptiidideks ja aminohapeteks ning ensüüm invertaas lagundab sahharoosi redutseerivateks suhkruteks – tekivad Maillard'i reaktsiooni eelühendid. Ubade kootav ja kibe maitse väheneb.

Peale kääritamist toimub ubade **kuivatamine** päikese käes või kuivatusahjudes niiskuseni 6–8%, et vältida hallituste teket. Seejärel oad **puhastatakse** võõrmaterjalidest ja transporditakse kakao- ja šokolaaditööstustesse. Tööstustes puhastatakse oad veelkord ning suunatakse **röstimisele**. Ubade röstimine on vajalik, et moodustuks šokolaadile iseloomulik maitse ubade kääritamisel tekkinud maitse eelühenditest. Röstimisel kasutatavad kõrged temperatuurid (100–160°C) ja niiskuse eraldumine põhjustavad lenduvate ühendite, eelkõige äädikhappe eraldumise, mistõttu oad muutuvad vähem happeliseks. Kõrge temperatuur koos ubades sisalduva niiskusega hävitab ka mikroorganismid.

Traditsiooniliselt röstitakse ubasid tervetena. Kakaooad ei ole aga ühesuurused, mistõttu võivad suuremad oad jääda piisavalt röstimata, väikse-



Joonis 6.23. Kakaoubademassi, kakaovõi ja kakaopulbri tehnoloogiline skeem

mad võivad samal ajal aga kõrbeda. Seetõttu röstitakse tänapäeval eelnevalt purustatud kakaoube või peenestatud kakaoubademassi. Mõlemal juhul tuleb enne röstimist ubadelt eemaldada kest e. kakaovello. Seda viiakse läbi **tuulamise** protsessiga. Kest vabaneb, kui oad põrkavad suurel kiirusel vastu metallplaate. Sõelumisel eemaldatakse kerged kestad tuumadest tiheduse alusel. Enne tuulamist töödeldakse purustatud kakaoube ja peenestatud kakaoubademassi termiliselt kesta paremaks eraldumiseks. Peale röstimist kakaooad **jahutatakse** ja **peenestatakse** 20 μm – 60 μm osakeste suurusega **kakaoubademassiks**, mida kasutatakse šokolaadi toorainena. Peenestamisel vabaneb tahketest oatükikestest osa kakaovõist, mis katab rasvavabad osakesed ja muudab massi voolavamaks. Enamasti viiakse läbi massi kahekordne peenestamine. Esimene peenestamine toimub haamerveskis, mis sulatab kakaovõi ja mass peenestatakse mõne mm suurusega tükikesteks. Teine peenestamine toimub kuul- või kiviveskis.

Alkaliseeritud kakaopulbri ja kakaoubademassi valmistamiseks **töödeldakse** kakaoube **leelisega**. Leelisega võib töödelda kakaoubasid enne röstimist, kakaoubademassi või kakaopulbrit. Selleks pritsitakse töödeldavale massile leelislahust (peamiselt kasutatakse kaalium või naatrium karbonaadi lahust), mis seejärel kuivatatakse aeglaselt < 100°C juures. Leelistöötluse käigus tõuseb massi pH 5,4-lt 7,1-ni. Protsessi kasutatakse kakaopulbrile ja šokolaadile tumeda värvi andmiseks, samuti väheneb kibe maitse ja aroom ning pulber muutub paremini vees ja piimas lahustuvaks, mis on oluline jookide, jäätiste ja küpsetiste valmistamisel.

Järgnevalt toimub kakaoubademassist **kakaovõi eraldamine**. Kõrgeima kvaliteediga kakaovõi saadakse kakaomassi hüdraulilisel pressimisel. Kasutatakse horisontaalseid presse, mis koosnevad kõrvuti asetsevatest, metallfiltri ja kuumade plaatidega varustatud anumatest. Kuum kakaoubademass viiakse anumasse, mis suletakse ja millele rakendatakse 40–50 MPa rõhku. Protsess lõpetatakse kui sobiv hulk kakaovõid on eraldatud. Anumatesse jääb kõva **kakaokook**, mis sisaldab 8–24% kakaovõid. Anumate avamisel kukuvad kakaokoogid transportöörlindile, mis viib need pu-

rustamisele. Kakaokook purustatakse < 3 cm suurusteks tükikesteks, mis seejärel jahvatatakse jahutusega haamerveskis või desintegraatoris peeneks (< 75 μm osakese suurusega) **kakaopulbriks**.

Šokolaadi tootmine

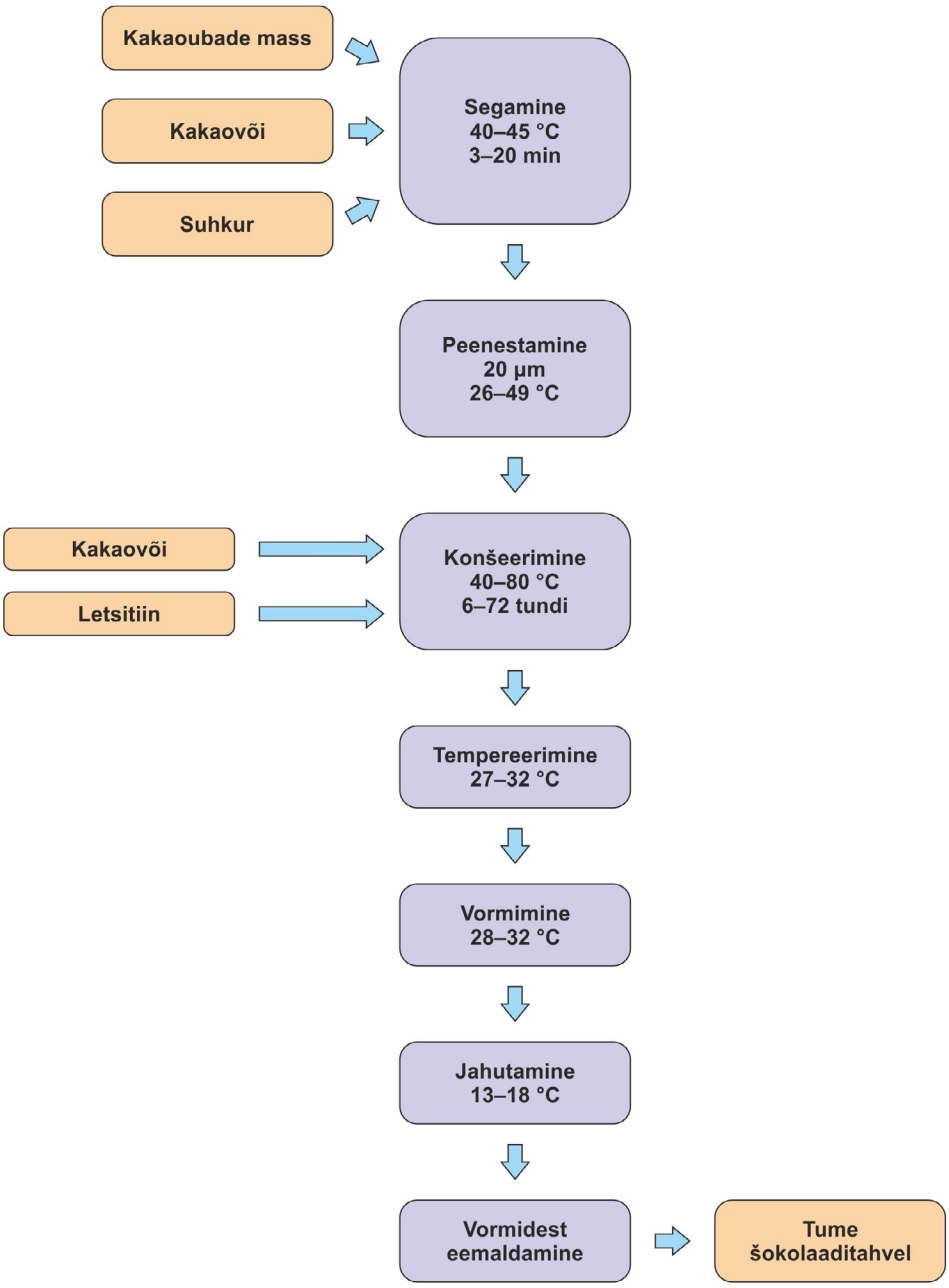
Šokolaadi põhitooraineteks on kakaoubademass, kakaovõi, suhkur ja letsitiin. Piimašokolaadi puhul kasutatakse põhitoorainena lisaks ka piimapulbrit. Valge šokolaadi põhitooraineteks on desodoreeritud kakaovõi, suhkur ja piimapulber. Lisatoorainetena kasutatakse šokolaadides maitse- ja aroomaineid, pähkleid, rosinad jne.

Šokolaadi valmistamisel **segatakse** toorained ja osa kakaovõist ühtlaseks plastiliseks massiks (joonis 6.24). Kuna toorainete osakesed on erineva suurusega, toimub seejärel massi peenestamine 20 μm osakesteks. Peenestamine võib toimuda üheetapiliselt 5-valtsveskis või kaheetapiliselt, kus enne 5-valtsveskit toimub eelpeenestamine 2-valtsveskis.

Peale peenestamist mass **konšeeritakse** - massi segatakse-hõõrutakse pikaaegselt 6–72 tundi. Konšeerimise käigus eraldub massist niiskus ja soovimatud lenduvad ühendid, kakaoosakestest vabaneb osaliselt rasv ning toimub toormeosakeste segunemine ja maitse ühtlustumine. Konšeerimise lõpul muudetakse mass vedelamaks ja saavutatakse sobiv viskoossus. Konšeerimine viiakse läbi 3-etapiliselt:

1. Kuiv konšeerimine. Helbeline mass viiakse konšeerimisseadmesse ning massi hõõrutakse mehaaniliselt 40–45°C juures ilma kakaovõid lisamata. Kui osakeste pinnal on vähe rasva, on niiskusel ja lenduvatel ühenditel kergem eralduda. Osakeste omavahelisel hõõrdumisel muutuvad osakeste teravad nurgad ümaramaks – mass muutub voolavamaks.
2. Plastiline faas. Teisel etapil kasutatakse suuremaid segamiskiiruseid ja temperatuur tõstetakse 50–80°C-ni. Jätkub kakaovõi eraldumine kakao osakestest ja massi struktuur muutub plastiliseks.

3. Vedel konšeerimine. Selles etapis lisatakse massile kakaovõid ja letsitiini. Massi töödeldakse kiiresti, saavutatakse sobiv viskoossus.



Joonis 6.24. Tumeda šokolaadi tootmisskeem

Peale konšeerimist toimub massi **tempereerimine**. Tempereerimisega kindlustatakse kakaovõi õiges vormis (Vorm V) olevate kristallide teke. Kakaovõi on polümorfne, st. see võib kristalliseeruda 6 erinevasse kristallvormi. Vorm I (γ) on väga ebastabiilne ja muutub kiiresti Vorm II-ks (α), mis omakorda muutub veidi aeglasemalt Vormiks III (β2') ja IV (β1'). Vorm IV on suhteliselt pehme ja šokolaad ei prõksata murdmisel ning see muutub päevade jooksul Vorm V-ks (β2). Stabiilsemad vormid on tihedamad ning šokolaad tõmbub kokku. Mittestabiilsed kakaovõi vormid on toatemperatuuril sulanud olekus ning liiguvad šokolaadi pinnale, kus toimub kristalliseerumine ja šokolaadile moodustub hallikas kiht. Seda protsessi nimetatakse šokolaadi kakaovõist tingitud hallinemiseks. Seetõttu tuleb šokolaadi valmistamisel kindlustada, et kakaovõi oleks Vormis V. Selline vorm on tugev, murdmisel hea prõksatusega, läikiv ning suhteliselt hea vastupanuvõimega hallinemisele.

Vorm VI on kõige stabiilsem kakaovõi kristallvorm, kuid moodustub peamiselt tahkes šokolaadis. See tähendab, et Vorm V kristallid muutuvad aja jooksul (kuud, aastad) Vormiks VI (β1), mis põhjustab samuti šokolaadi hallinemise. Seega kvaliteetse šokolaadi valmistamiseks tuleb kakaovõi kristalliseerida Vormi V ja seejärel säilitada õigetes tingimustes, et takistada selle üleminekut Vormi VI.

Väiketootmises võib tempereerimiseks lisada vedelale šokolaadimassile (30°C) riivitud tahket šokolaadi või väikeseid õiges vormis olevaid kakaovõikristalle. Suurtes tehastes kasutatakse šokolaadi tempereerimiseks meetodit, kus šokolaadimassi üheaegselt jahutatakse ja segatakse. Kasutatakse tempereerimisseadmeid, mis kujutavad endast pöörlevate kaabitsatega varustatud soojusvaheteid, mis on jagatud 3–4 tsooniks.

Peale konšeerimist jahutatakse šokolaadimass temperatuurini 40–45°C ning alustatakse tempereerimist. Mass viiakse seadme esimesse tsooni, kus toimub šokolaadi esmane jahutamine 28–30°C-ni. Järgmises tsoonis jahutatakse massi veelgi (27–29°C), moodustuvad nii stabiilsed kui mittestabiilsed kakaovõi kristallid ning massi segatakse tugevalt. Kolmandas tsoo-

nis tõstetakse temperatuur 30–32°C-ni, mis sulatab ebastabiilsed kristallid. Viimases tsoonis segatakse šokolaadi aeglasemalt ja kristallidel lastakse kasvada. Täpsed temperatuurid sõltuvad šokolaadis kasutatavast rasvast (kakaovõi, piimarasv, muud taimsed rasvad).

Tempereeritud šokolaadimass **vormitakse** šokolaaditahvliteks või kasutatakse glasuurimiseks. Vormid eelsoojendatakse tempereeritud šokolaadimassiga samale temperatuurile, mass valatakse vormidesse ning vorme raputatakse vormi nurkade täitumiseks ning õhu eraldumiseks.

Seejärel šokolaad **jahutatakse**. Jahutamiseks kasutatakse peamiselt pikki, jahutusõhuga jahutatavaid tunneleid, mis on jagatud erinevate temperatuuridega tsoonideks. Esimeses tsoonis toimub aeglane jahutamine, teine tsoon on kõige külmem, enamasti ≤13°C ning jahutusõhk liigub kiiresti, et eemaldada tahvlitelt kakaovõi kristalliseerumisel eraldunud soojus ja takistada niiskuse kondenseerumist šokolaadi pinnale. Kolmandas tsoonis tõstetakse temperatuur vähehaaval toatemperatuurini. Kui toote pinnatemperatuur on madalam kui ruumi kastepunkti temperatuur, kondenseerub niiskus šokolaadi pinnale ja põhjustab pinnale plekke või suhkrust tingitud hallinemise. Suhkrust tingitud hallinemine on sarnane kakaovõi hallinemisele, kuid siin lahustab niiskus osa šokolaadi pinnal olevast suhkrust, mis peale niiskuse aurustumist kristalliseerub, muutes šokolaadi pinna hallikaks.

Peale jahutamist lüüakse šokolaadid vormidest välja ja šokolaaditahvlid **pakendatakse**. Šokolaade tuleb säilitada jahedas ja kuivas kohas, temperatuuril 18 ±3°C, õhuniiskus < 75%. Pikemaajalise säilitamisel peaks temperatuur olema 15–18°C ja õhuniiskus 50–60%. Vältida tuleb temperatuuri järsku ja korduvat kõikumist ning keskkonna kõrget õhuniiskust, mis põhjustavad šokolaadide hallinemist. Tumedad šokolaadid säilivad 1-2 aastat, piima- ja valge šokolaad kuni 16 kuud, täidisega šokolaadid kuni 12 kuud.

Nõuded kakao- ja šokolaaditoodetele

Vastavalt põllumajandusministri määrusele nr. 96 (06.11.2014) „Kakao- ja šokolaaditoodete koostis- ja kvaliteedinõuded ning toidualase teabe esitamise nõuded“ peavad kakao- ja šokolaaditooted olema valmistatud kakaoubade tuumadest saadud toodetest ning peavad sisaldama kakaovõid. Teisi taimseid rasvu (kakaovõi ekvivalentrasvu) võib neis sisalduda kuni 5% toote netokogusest. Lisaks kehtestatud koostisosadele võib tootja kakao- või šokolaaditootele lisada selle netokogusest kuni 40% ka muid koostisosi. Samas ei tohi neis sisalduda loomseid rasvu (v.a piimast valmistatud toodetes) ning jahu või tärklist (v.a *chocolate a la taza* ning *chocolate familiar a la taza* puhul).

Šokolaad koosneb kakaoubade tuumadest saadud toodetest ja suhkrust. Šokolaadis peab kakaokuivaine üldkogus olema vähemalt 35%, sealhulgas kakaovõid vähemalt 18% ja kakao rasvata kuivainet vähemalt 14%.

Piimašokolaad koosneb kakaoubade tuumadest saadud toodetest, suhkrust ja piimast või piimatoodetest. Piimašokolaad peab sisaldama vähemalt 25% kakaokuivainet, vähemalt 14% piimakuivainet, vähemalt 2,5% kakao rasvata kuivainet ja vähemalt 3,5% piimarasva. Rasva (kakaovõi ja piimarasv) üldkogus peab olema vähemalt 25%.

Hele piimašokolaad peab sisaldama vähemalt 20% kakaokuivainet, vähemalt 20% piimakuivainet, vähemalt 2,5% kakao rasvata kuivainet ja vähemalt 5% piimarasva. Rasva üldkogus peab olema vähemalt 25%.

Valge šokolaad koosneb kakaovõist, piimast või piimatoodetest ja suhkrust. Valge šokolaad peab sisaldama vähemalt 20% kakaovõid ja vähemalt 14% piimakuivainet (saadud näiteks piimapulbrist, lõssipulbrist või piimarasvast), mille piimarasva sisaldus on vähemalt 3,5%.

Kakaopulber peab sisaldama vähemalt 20% kakaovõid. Kui kakaopulber sisaldab kakaovõid alla 20%, nimetatakse seda vähendatud rasvasisaldusega kakaopulbriks.

Kontrollküsimused

Mis on eeltaigna eesmärk nisutaigna valmistamisel?
Mis on kleepvalk? Kleepvalgu definitsioon, roll nisutaigna valmistamisel.
Milles seisnevad ja millest sõltuvad nisujahu küpsetusomadused (suhkrutekitamisvõime, gaasitekitamisvõime, jahu „jõud“)?
Missugused on rukkileiva valmistamise tehnoloogilise protsessi põhietapid?
Selgita juuretise rolli rukkileiva valmistamisel?
Milles seisnevad homofermentatiivsete ja heterofermentatiivsete bakterite põhilised erinevused juuretise valmistamisel?
Mis on keet? (definitsioon, koostis, lisamise eesmärgid)
Missugused muutused toimuvad leivas leiva vananemisel?
Kirjelda lehttaigna ja muretaigna valmistamist – toorained, põhietapid, tooted?
Milles seisneb pehme ja kõva bežee erinevus?
Millised on karamellkompveki valmistamise etapid?
Mida nimetatakse pralineekompvekiks? Kuidas neid liigitatakse?
Mida nimetatakse pumatiks? Mis on pumati valmistamise tehnoloogilised etapid?
Mis on moogulmasin?
Mis on marmelaadi põhitoorained ja valmistamise etapid?
Millised muutused toimuvad kakaoubadega kääritamisel?
Millised on kakaoubade massi, kakaovõi ja kakaopulbri tootmise tehnoloogilised etapid?
Millised on šokolaaditahvli tootmise tehnoloogilised etapid?
Mis on konšeerimine ja mis on selle eesmärk?
Mis on tempereerimine ja mida sellega saavutatakse?



6.2. Jookide tehnoloogia

Väino Poikalainen

Joogid on väga levinud ja mitmekesised toiduained kogu maailmas. Kõige üldisemas plaanis jagunevad need alkohoolseteks ja alkoholivabadeks jookideks. Esimesed jagunevad omakorda lahjadeks (madala alkoholisisaldusega) ja kangeteks (suhteliselt suure alkoholisisaldusega) jookideks. Lahjad joogid saadakse suhkruid sisaldava toorme otsekääritamisega. Kangete jookide saamiseks destilleeritakse kääritatud segust alkohol ja sellest tembitakse sobiva kangusega (sageli ka lisanditega jook). Kangete jookide näideteks on viin, konjak, viski, liköörid jms. Tüüpilisteks lahjadeks alkohoolseteks jookideks on õlu, siider, vein jne. Alkoholivabad joogid valmistatakse vee- või mahlapõhiselt, neile vastavate koostisosade lisamisega ega sisalda alkoholi, kuid samas on nende mitmekesisus äärmiselt suur.

Kogu jookide tehnoloogia valdkonna vähegi põhjalikum kirjeldamine pole antud õpiku vähese mahu juures võimalik. Seetõttu esitatakse siin vaid veidi sisukam ülevaade õlle- ja siidritehnoloogiast, millele tuginedes võib asjast huvitatu omal käel süveneda ka teiste jookide tehnoloogiasse. Alkoholivabasid jooke ja kangeid alkohoolseid jooke käsitletakse aga suhteliselt pinnapealselt.

6.2.1. Alkoholivabade jookide tehnoloogia

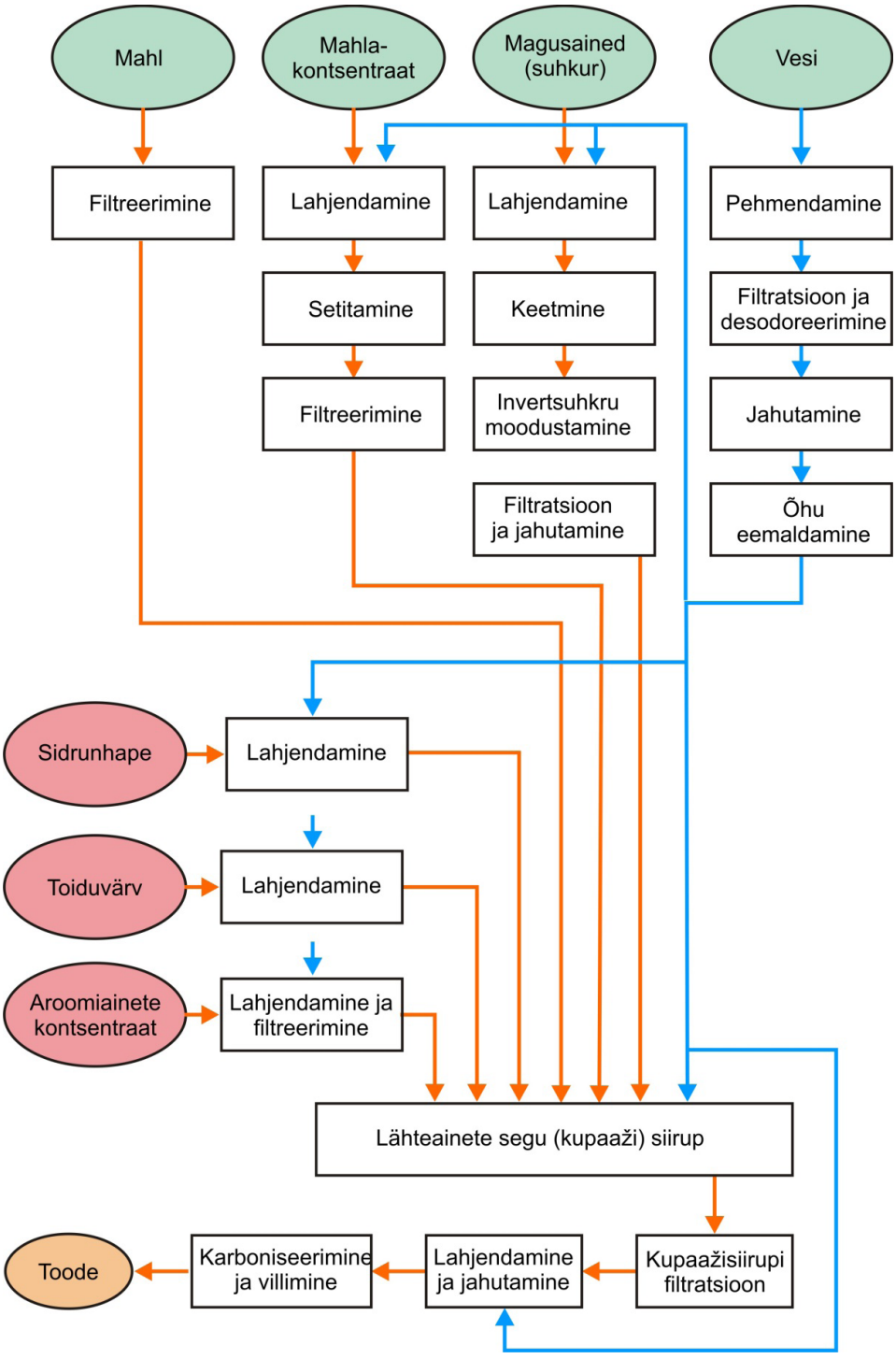
Alkoholivabadest jookidest toodetakse näiteks gaseeritud vett, mineraliseerutud vett, looduslikku mineraalvett, gaseeritud ja gaseerimata mahlajooke, erinevate puu-, juurvilja- ja marjamahlu, toniseerivad ja energiajooke, mitmesuguseid tee-, kohvi-, kakaojooke jms.

Gaseeritud vees on vesi küllastatud süsihappegaasiga (CO_2 sisaldus on 0,4-0,5%). Mineraalvete hulka kuuluvad looduslikud mineraalveed, millel on kõrge mineraalainete (ioonide) sisalduse tõttu omistatakse sageli tervistavat toimet. Ravitoimelised mineraalveed sisaldavad mineraalaineid

1-10 g/l. Nn lauavetes on mineraalainete sisaldus enamasti aga alla 1 g/l. Mahlajoogid võib samuti jaotada mitmeks eraldi rühmaks – neist suurimad on üldkasutatavad- ja dieetjoogid, mis omakorda võivad olla nii gaseeritud kui mullivabad. Gaseeritud jookidele lisatakse karboniseerimise käigus süsihappegaasi kuni sisalduseni 0,4%-ni. Nende valmistamise toormena kasutatakse suhkrusiirupit, marja- või puuviljamahla, naturaalseid ekstrakte, kontsentreeritud mahla, orgaanilisi happeid, toiduvärve jms. Seejuures lisatakse neisse sageli ka toniseerivaid lisandeid, vitamiine ja muid funktsionaalseid aineid. Väga levinud on jookidele C-vitamiini lisamine, mille sisaldus võib ulatuda kuni 150-160 mg/l. Samuti lisatakse veeslahustuvatest vitamiinidest sageli ka z (B_1 kuni 1,2 mg/l, B_2: 0,6-1,0 mg/l, B_6: 1,5-2,5 mg/l). Antud kontsentratsioonide juures katab tarbija ühe klaasi joogiga umbes poole C-vitamiini päevasest vajadusest ning B-rühma vitamiinide vajadust umbes 20% ulatuses.

Kuigi alkoholivabade karastusjookide mitmekesisus on suur, toimub nende valmistamine siiski teatud kindlapiirilise süsteemi kohaselt (**joonis 6.25**). Karastusjookidest limonaadide, karboniseeritud jookide jms tootmine toimub üldjuhul lähteainete segust ehk kupaažist, mis segatakse kokku vastavalt joogi retseptile. Kupaaž valmistatakse enamasti siirupina, milles magusainete kontsentratsioon on suhteliselt kõrge. See võimaldab vältida suurte mitme lähtekomponendiga segude suurtes kogustes töötlemist. Töötlemismaht suureneb alles turustatava joogi valmistamise faasis, mille tehnoloogiliste operatsioonide arv piirdub kupaažile vee lisamise, karboniseerimise ja villimisega jaemüügi pakendisse.

Iga lähteaine vajab enne kupaaži valmistamist oma eeltöötlust. Orgaanilised happed, aroomiained, toiduvärvid ja muud kontsentreeritud lisandid lahjendatakse enne kasutamist. Vajadusel toimub ka neist valmistatud töölahuse eelnev puhastamine sademest või hõljest (näiteks filtratsiooniga). Samuti viiakse üldjuhul läbi kupaaži põhikomponentide filtratsioon. Kontsentreeritud põhikomponendid (mahlakontsentraat, suhkur) seejuures eelnevalt lahjendatakse. Sahharoosi kasutamisel selle lahus keedetakse



Joonis 6.25. Karastusjookide tehnoloogia üldskeem

ning tihti kuumutatakse kuni invertsuhkru moodustumiseni, mis suurendab fruktoosi osakaalu valmistatavas joogis ja takistab ebasoovitavat kristallisatsiooni säilitamisel.

Kuna vesi moodustab karastusjoogi koostisest põhiosa, siis sooritatakse sellelegi põhjalik eeltöötlus. Veele pööratakse erilist tähelepanu, kuna seda lisatakse ka enamikule kupaaži moodustamiseks vajalikele lähteainetel lahustamiseks või lahjendamiseks.

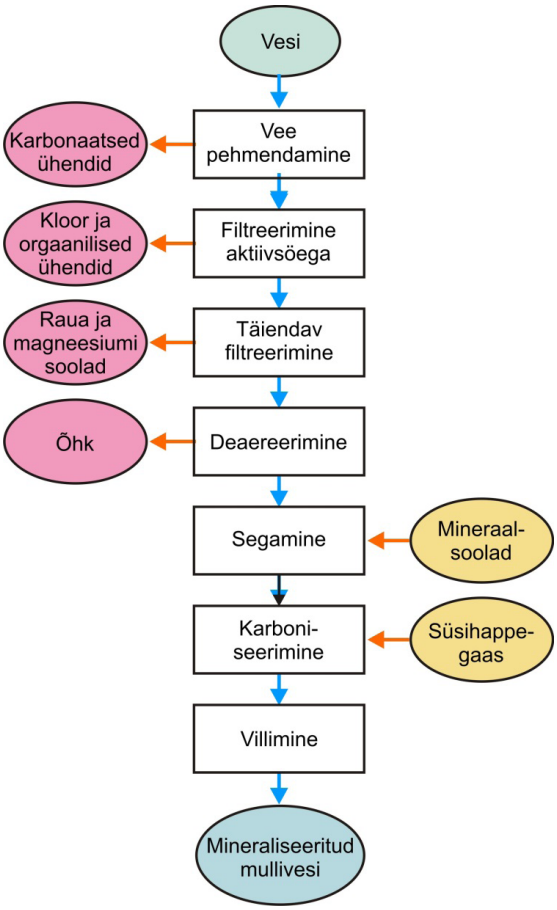
Nii näiteks võib kareda vee kasutamine tekitada soovimatuid ühendeid ning sadet, raskendada kuumtöötlust jms. Mikrobioloogiliselt saastunud vesi aga võib põhjustada toote riknemist ja tarbijale terviseriske. Töötlemise käigus võidakse veele lisada mh teatud mineraalaineid.

Karastusjoogid sageli karboniseeritakse süsihappegaasi lisamisega vastava surve all . Mida madalam on seejuures temperatuur, seda enam gaasi joogis lahustub. Süsihappegaasi lisamiseks kasutatakse spetsiaalseid padruneid või düüsisüsteeme. Sageli toimub see toote jahutamise või jahutatud toote ümberpumpamise faasis.

Karboniseeritud jookide villimine toimub samuti süsihappegaasi keskkonnas. Suurtootmises viiakse villimine läbi aseptiliselt. Taarana kasutatakse seejuures mitmesuguse mahu ja kujuga plastikpudeleid, kartongpakendit või klaastaarat.

Mahlajookide, laua- ja mineraalvee valmistamise tehnoloogia on ülaltoodud karastusjookide üldise tehnoloogiaga sarnane, kuid mõnevõrra lihtsam. Mahlajookides kasutatakse üldjuhul lisandeid vähem. Lauavee puhul neid peaaegu ei kasutata (välja arvatud karboniseeritud veele süsihappegaasi lisamine).

Mineraliseerutud vee puhul lahustatakse neis eeltöötluse järgselt vaid ettenähtud kogus mineraalsoolasid ja karboniseerimisel ka süsihappegaasi. Üks võimalikest mineraliseerutud vee tootmise tehnoloogiatest on esitatud **joonisel 6.26**.



Joonis 6.26. Mineraliseeritud ja karboniseeritud vee tootmise tehnoloogia

Sageli nimetatakse karastusjookideks ka mitmesuguseid kääritamata alkohoolseid jooke, mis on saadud maitsestatud vee või mahla ning alkoholi segamisega. Samuti peetakse tihti karastusjookideks õlut ja siidrit. Tegemist siiski pole karastusjookidega, vaid lahjade alkohoolsete jookidega, mille hulka arvatakse ka erinevad veinid ning marjaveinid. Veini alkoholisisaldus ületab üldjuhul märgatavalt õlle ja siidri oma, mistõttu seda tuleks käsitleda omaette joogitüübina. Seda enam, et toodetakse ka kangestatud veine, sh portveini, šerrit jt, mille alkoholisisaldus võib ulatuda kuni 20%-ni. Veini, siidri ja õlle valmistamise põhiliseks eripäraks on joogis sisalduva alkoholi saamine toorme (õunamahla, õllevirde) otsese kääritamisega, kusjuures kääritatav substraat moodustab põhiosa joogi koostisest.

6.2.2. Õlletehnoloogia

Õlle klassifitseerimiseks on mitmeid erinevaid süsteeme. Tuntuimad neist on tüüpidesse jaotamine toorme, kääritusviisi, värvuse ja kanguse alusel. Toormepõhiselt jaotatakse õllesid odra, nisu-, rukki- kaera jt õlledeks. Traditsiooniliselt valmistatakse õlut odralinnastest ning tavaliselt sellise õlle puhul toorme nimetust ei lisata. Viimasel ajal on tarbija hakanud

eriliselt soosima nisuõlut, mida eristab tavaõllest veidi pehmem maitse ja mõningane hägusus. Haruldased pole enam ka kaera- ja rukkiõlu. Kaug-Ida maades valmistatakse aga riisiõlut.

Kääritusviisi järgi eristatakse eelkõige põhja- ja pinnakäärimisega õllesid. Seejuures tehakse vahet ka vastavatel pärmidel. Pinnakäärimise korral koguneb pärmimass elutegevuse lõpul virde pinnale, põhjakäärimisel aga kääritusnõu põhjale. Mõlemad pärmid kuuluvad siiski samasse perekonda (*Saccharomyces*) ning nende ainevahetus on kaunis sarnane. Mõningane erinevus on selle intensiivsuses ja gaasihoidmise võimes. Pinnakäärimisel jäävad eralduvad CO_2 mullikesed pärmimassi kinni ning muudavad selle ujuvaks.

Värvuse põhjal tehakse eelkõige vahet tumedal ja heledal õllel. Hele õlu valmistatakse pruunistamata linnastest. See on suhteliselt hea läbipaistvusega ja kergelt kollaka värvusega. Tumeda õlle põhitoormeks kasutatakse osaliselt pruunistatud linnasejahu. Pruunikas värvus tekib seejuures linnasesuhkru karamelliseerumise ja osalt ka Maillardi reaktsiooni tulemusena. Tumeda õlle eripäraks on muuhulgas rikkalikumad maitsenüansid ning sageli ka suurem viskoossus. Olenevalt tootmistehnoloogilistest protsessidest, on mõlemal õllerühmal väga mitmeid värvusnüansse.

Kanguse järgi on õllede liigitamine kõige selgem, põhinedes alkoholisisaldusel. Kangete õllede korral ületab see 6%. Keskmise kangusega õlle alkoholisisaldus jääb vahemikku 4,5-6%. Lahjad on õlled, mille alkoholisisaldus ei ületa 4,5%. Samasse ritta võib lisada ka alkoholivaba õlle, millest alkohol on tootmisprotsessi käigus eemaldatud.

On ka paljusid muid õllede eristamise viise. Nii näiteks oli Eesti teatud piirkondades omal ajal kaunis levinud koduõlu, mida valmistati käsitööndusliku ja väikeses mahus kodustes tingimustes. Seda tehti üldjuhul vaid oma tarbeks või pidulike sündmuste puhul. Tööstusliku õlle tootmisüksuste kõrvale on nüüdseks taas tekkinud väikesed pruulikojad, mille eripäraks on eksklusiivsete õlletüüpide ehk nn käsitööõllede valmistamine. Neid

toodetakse sageli kindlasuunaliselt orienteeritud tarbijatele ja turustatakse eelkõige toitlustusasutustes. Tarbijate kõnepruugis eristatakse õlut ka pakendus- või serveerimisviisi järgi. Nii näiteks räägitakse pudeliõllest, purgiõllest, kannuõllest jne. Samuti on levinud tootjamaade põhine eristamine: näiteks tšehhi, saksa, inglise jne õlu.

Õlletoore

Õlletoormena kasutatakse vett, õlleotra (teatud õlleliikide puhul ka muid teravilju), sellest valmistatud linnaseid, humalat ja õllepärmi. Võimalik on ka linnastamata teraviljade, suhkru, siirupi jm materjalide kasutamine, mida pärmirakud on võimelised kasutama alkoholi kääritamisel.

Kõige enam kulub õlle tootmiseks vett, seda on õlle koostises keskmiselt 93-96%. Olenevalt tehnoloogiast, kulub ühe liitri õlle valmistamiseks 4-10 liitrit vett. Vett loetakse üheks oluliseks õlle kvaliteedi mõjutajaks ning seetõttu esitatakse sellele ka väga kõrgeid nõudeid. Kasutatav vesi peab vastama vähemalt joogivee standardile. Vee mikrobioloogiline puhtus kindlustab eelkõige toiduohutuse. Samas on see vajalik ka kääritamisel kasutatava pärmi saastumise vältimiseks võõrmikroflooraga. Mikrobioloogilist puhtust saab tagada vee vastava töötlusega: membraantehnoloogilise filtratsiooni, kloreerimise, osoneerimise, ultraviolettkiirtega kiiritamise või nende kombineerimisega.

Lisaks mikrobioloogilisele puhtusele on seejuures oluline ka vee mineraalainete (ioonide) sisaldus, mida iseloomustatakse eelkõige vee kareduse näitajate kaudu. Nendeks on jääv karedus, mööduv karedus ja üldkaredus. Jääv karedus on vee mineraalainete sisaldus pärast vee keetmist, mööduv karedus iseloomustab keetmisel katlakivina sadestuvat mineraalainete sisaldust ja üldkaredus on jääva ja mööduva kareduse summa. Mööduvat karedust põhjustavad peamiselt karbonaatsed magneesiumi- ja kaltsiumiühendid, mistõttu seda nimetatakse ka karbonaatseks kareduseks. Jääv karedus seostub eelkõige sool-, väävel- ja lämmastikhappe soolade esine-

misega vees. Vee karedust mõõdetakse õlletehnoloogias milligramm-ekvivalendiks nimetatud ühikuga, mis on taandatav 28 g CaO või MgO sisaldusele ühes liitris vees. Seejuures tuleb arvestada sellega, et riigiti võivad vee kareduse ühikud olla väga erinevate väärtustega. Kareduse skaala on enamasti 6-astmeline, mille kõige väiksema mineraalainete sisaldusega on väga pehme vesi ja kõrgeima mineraalainete sisaldusega vett nimetatakse väga karedaks.

Vees leiduvad soolad mõjutavad eelkõige ensüümide aktiivsust meskimisel, humala kibeainete eraldumist virde keetmisel ning pärmide elutegevust kääritamisel. Eriti tuntav on nende toime humalale: pehmest veest tehtud õlles avaldub humala kibedus õrnema nüansina, kareda vee puhul on humalast põhjustatud õlle kibedus teravam. Pehme vesi sobib paremini heledate õllede, karedam vesi aga tumedate ja kangete õllede valmistamiseks. Teatud juhtudel võidakse vee karedust ka reguleerida vastava eeltöötlusega, mis sisaldab ioonide eemaldamist membraantehnoloogia abil ning seejärel vajaliku koostise tagamiseks vastavate soolade lisamist.

Käärimise seisukohast on eriti oluliseks toormeks teravili, millest valmistatakse linnaseid. Kõige enam kasutakse seejuures otra, millest on aretatud rohkesti spetsiaalseid õlleodra sorte. Nende sortide põhiliseks eripäraks on kõrge tärklise- ja madal valgusisaldus. Võrreldes teiste teraviljadega, on odra eeliseks lihtne ja kiire linnastamine ning odralinnaste piisav ensüümide sisaldus tärklise ja valkude lõhustamiseks.

Kolmandaks oluliseks toormeks on humalad, milleks on humala emastaimede viljastamata käbid. Neist ekstraheeritavad ained tagavad õllele iseloomuliku kibeka maitsenüansi ja meeldiva aroomi. Humal soodustab ka õlle säilimist, õllevahu moodustamist ja püsivust seismisel. Humala kibekuse määrab vaikude (humuloonide, lupuloonide jm) sisaldus, mis mh takistavad mikroobide kasvu. Nende sisaldus sõltub väga suurel määral humala sordilisusest ning vaikudega toimuvatest muutustest temperatuuri ja niiskuse toimel. Muudeks õlle kvaliteeti mõjutavateks humala koostis-

osadeks on eeterlikud õlid (tagavad teatud maitse- ja lõhnanüansse) ja valgud (osalevad pärmide ainevahetuses). Kõige olulisemaks eeterlike õlide komponendiks on humuleen, mille olemasolu on põhiliseks eelduseks hea aroomi tekkel. Selle aine lendumist püütakse virde keetmisel igati piirata. Mürtseenina tuntud eeterlik õli soodustab aga koos humuloonide ja lupuloonidega kibeda maitse teket. Vastavalt kibe- või aroomiainete domineerimisele, jagunevad humalad kahte suuremasse klassi: kibe- ja aroomihumalaks.

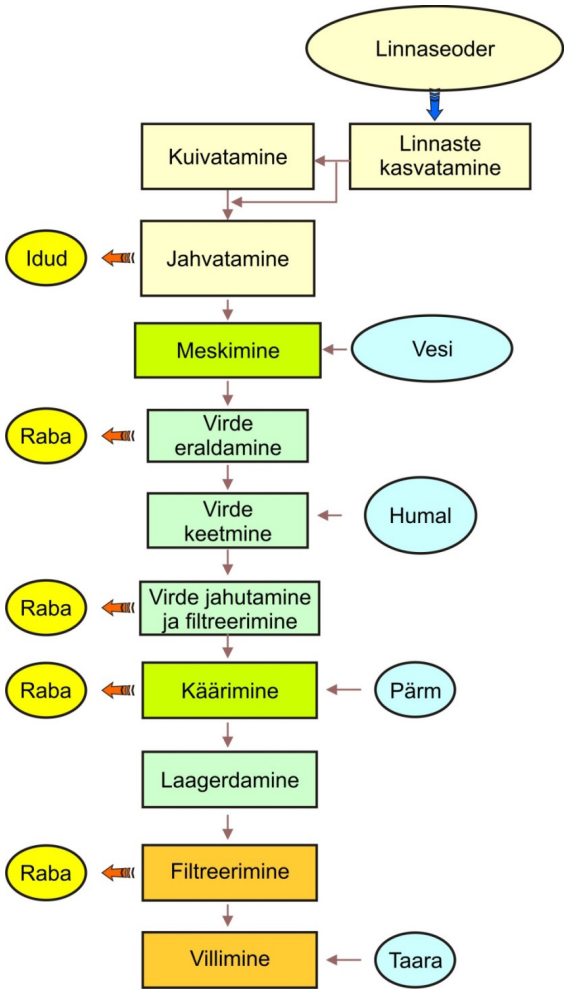
Humalate kasutamise hõlbustamiseks valmistatakse ka mitmesuguseid humalatooteid, millistest on kõige levinumad presshumal, pellethumal ja mitmed humalaekstraktid. Naturaalse humalaga võrreldes, on neid märgatavalt mugavam transportida, säilitada ja kasutada. Õlle tootmisel on humala kulunorm keskmiselt 2 g/l. Kääritatavat virret valmistatakse enamasti linnastatud õlleodrast. Traditsiooniline õllevalmistamine sisaldaski varemalt ka linnaste kasvatamist, nende kuivatamist ja jahvatamist. Virde moodustab seejuures linnasejahu ja vee segu termilise ja mehhaanilise töötluse ehk meskimise tulemusena vette eralduv ekstrakt.

Meskimine on ka õlletehnoloogia esmaseks põhiprotsessiks (**joonis 6.27**). Teiseks põhiprotsessiks on suhkruid sisaldava virde kääritamine pärmiga. Virdes leiduva suhkru käärimise käigus tekib alkohol ja kõrvalsaadusena süsihappegaas. Seejuures tuleb arvestada sellega, et pärmitüved on selektiivsed ega suuda kääritada kõiki lihtsuhkruid. Õlle alkoholikäärimisel on põhisuhkruks maltoos, mille molekulid moodustuvad kahest glükoosijäägist.

Traditsiooniline õlletootmine koosneb kümnest etapist: odraterade linnastamisest, linnaste jahvatamisest, meskimisest, virde eraldamisest, virde keetmisest, virde filtreerimisest, virde kääritamisest, õlle laagerdamisest (valmimisest), õlle filtreerimisest ja villimisest. Neile võib enne villimist lisanduda veel pastöriseerimine.

Linnastamine

Linnaste valmistamine ehk linnastamine on protsess, kus niiskes ja soojas keskkonnas lastakse teral idaneda ning idul kasvada teatud suuruseni. Turustatavas linnaseodras on keskmiselt 14% vett. Tera idanemiseks peab selle niiskusesisaldus tõusma üle 40%, milleks lisatakse vett ja lastakse teradel leotuda. Mikroobide liigse arengu pidurdamiseks kasutatakse enamasti suhteliselt madalat leotusvee temperatuuri (11-16 °C). Leotus kestab 2-3 ööpäeva, mille järel ilmuvad terade idupoolsetes otstes nähtavale idujuure alged.

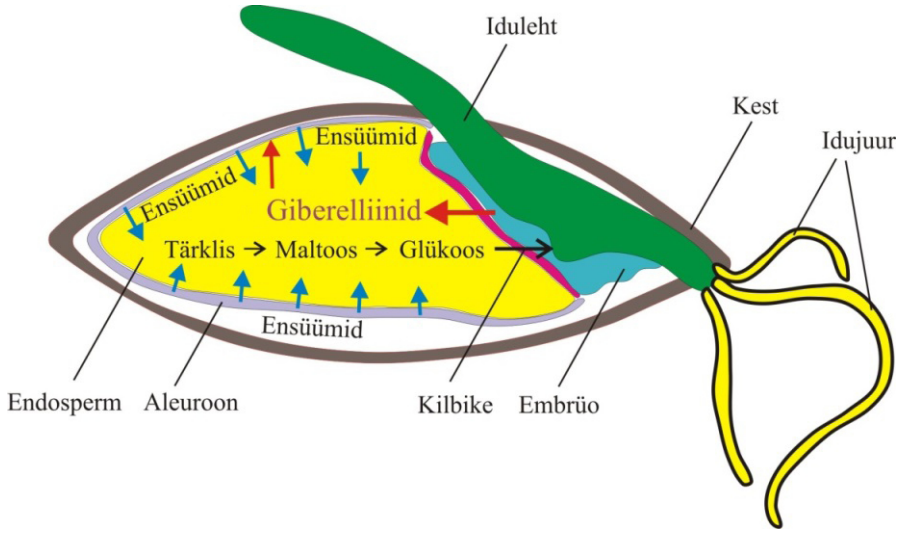


Joonis 6.27. Õllepruulimise üldine tehnoloogiline skeem

Idude kasvatamisega kaaneb teras intensiivne ensüümide teke. See vallandab giberelliinide eraldumise embrüost, mis läbivad kilbikese ning difundeeruvad endospermi. Need taimsed hormoonid käivitavad tsüto-, proteo- ja amülolüütiliste ensüümide (amülaaside) produktsiooni tera endospermi ümbritsevas aleuroonkihis.

Tsütolüütiliste ensüümide ehk tsütaaside (olulisim neist on β-glükanaas) toimel lõhustatakse tärkliseteri ümbritsevad kestad, võimaldades proteolüütilistele ja glükolüütilistele ensüümidele ligipääsu sisule. Glükolüütilised ensüümid (eelkõige α- ja ß-amülaas) muundavad tärklise järk-järgult

glükoosiks, maltoosiks ja sahharoosiks, mida idu vajab energiaallikana (**joonis 6.28**).



Joonis 6.28. Idu kasvuga seotud biokeemiliste muutuste skemaatiline esitus

Ka dekstriinid lõhustatakse teatud osas glükoosiks. Hiljem on linnastumisel endospermi tärklisest tekkivad lihtsuhkrud omakorda õllevirde käärimisprotsessis pärmirakkude põhiliseks toitaineks. Proteolüütilised ensüümid omakorda lõhustavad ja muudavad lahustuvaks endospermi varuvalgu. Proteolüüsi käigus tekkivatest aminohapetest sünteesikse seejuures idu kasvuks vajalik valk.

Linnastamist tuleb suunata nii, et ensüüme tekiks võimalikult palju, aga samas ei kulutataks kuigi oluliselt tärklist, mida vajatakse hilisemal käärimisel. Üldjuhul lõhustub linnastamisel vaid ca 3-6% tärklisest, millega tagatakse idu kasvuks vajalik energia. Valkudest lõhustub seejuures märgatavalt suurem osa: keskmiselt 60%. Linnastamise protsessi peatamiseks linnased kuivatatakse. Pärast kuivatamist jahvatatakse need linnasejahuks, mida siis kasutatakse õllevirde saamiseks meskimise käigus. Linnaste jahvatamist püütakse teha selliselt, et terade kesti peenestataks võimalikult vähe. Seda võimaldab näiteks märgjahvatuse kasutamine spetsiaalsetes valtsveskites. Jahvatamisel on põhiliseks jälgitavaks parameetriks saadava jahu jämedus.

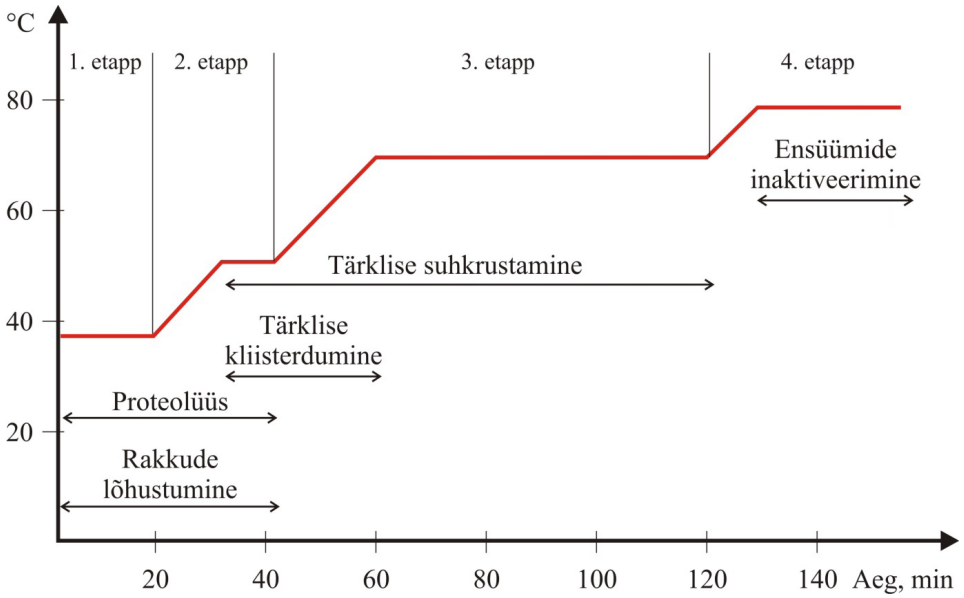
Varemalt valmistasid õlletööstused ise ka linnaseid. Nüüdseks on enamik neist linnaste valmistamise jätnud selleks spetsialiseerunud ettevõtetele ning toormena soetatakse valmis linnased või linnasejahu. Linnaste kulu ühe liitri õlle tootmiseks jääb keskmiselt 160 g piiresse.

Meskimine virde valmistamiseks

Virre on õlletehnoloogias käärimise substraadiks. Selle valmistamine toimub linnaste ja vee segust meskimiseks nimetatud protsessi käigus. Linnaste (linnasejahu) ja vee kindlas vahekorras segu nimetatakse seejuures meskiks. Heleda õlle tootmisel segatakse linnaseid veega keskmiselt vahekorras 1:4-5, tumeda õlle puhul aga keskmiselt vahekorras 1:3-3,5. Meskile võidakse lisada ka nn linnastamata tärklist ja valkaineid sisaldavat toorainet. Kuna vee karedus mõjutab ensümaatilisi reaktsioone, siis tähelepanu tuleb pöörata vee kaltsiumi- ja vesinikkarbonaatioonide sisaldusele.

Meskis jätkuvad linnastamisel alanud ensüümatilised protsessid, mis muudavad linnasejahus oleva tärklise lihtsuhkruteks, eriti kahest glükoosijäägist koosnevaks maltoosiks. Seda protsesside ahelat nimetatakse suhkrustamiseks. Suhkrustamise temperatuur valitakse võimalikult lähedaseks amülaaside toime optimaalsele temperatuurile, et vajalikud biokeemilised protsessid kulgeksid kiiremini. Samas ei tohi temperatuuri mingil juhul suurendada selliseks, mis linnase ensüümid inaktiveeriks.

Ensüümide toimel lahustuvaks muutunud endosperm eraldub suhkru- ja peptiidainete (ka aminohapete) ekstraktina vette, moodustades õllevirde. Tärklise ensümaatilist lõhustamist suhkruteks soodustab temperatuuri tõstmisega kaasneb kliisterdumine, mis lagundab tärkliseterad ja muudab tärklisemolekulid amülaasidele paremini ligipääsetavaks. Meskimise tehnoloogilised parameetrid (temperatuur ja aeg) optimeeritakse selliselt, et linnastest eralduva ekstrakti saagis oleks võimalikult suur. Seejuures muudetakse temperatuuri etapiviisiliselt, vastavalt meskimisel üksteisele järgnevatele etappidele (**joonis 6.29**).



Joonis 6.29. Meskimise etappide skemaatiline esitus: 1. etapp – sissemeskimine (vee ja linnasejahu segamine), 2. etapp – valgu lõhustumine (peptiidide ja aminohapete moodustumine), 3. etapp – suhkrustamine, 4. etapp – väljameskimine (jääktärklise lõhustumine ja ensüümide inaktiveerimine)

Esimese etapil (ca 20 min) viiakse läbi nn sissemeskimine, kus temperatuuri hoitakse 40 °C lähedal. Teises etapis (mis kestab ligikaudu kaks kolmandikku tundi) tõstetakse see veidi üle 50 °C. Esimese ja teise atapi jooksul lõhustuvad rakuseinad ja valgud. Proteolüütiliste ensüümide ja rakuseinu lõhustavate tsütolüütiliste ensüümide aktiivsus on kõrgeim temperatuurivahemikus 30-55 °C. Tsütolüütilistest ensüümidest on olulisimaks β-glükanaas, mille temperatuuri optimum jääb vahemikku 45-55 °C. See ensüüm inaktiveerub 60 °C juures, seega kindlasti meskimise kolmandal etapil. Kui β-glükanaasi toimeaeg on liialt lühike, jääb rakuseinte tugistruktuuri glükaan lõpuni lahustamata. See võib hiljem geelistuda ning tekitada virde filtreerimisel probleeme. Samuti kannatab siis ka edaspidine tärklise suhkrustamine.

Teise etapi lõpus algab tärklise kliisterdumine ja selle suhkrustamine. Kliisterdumisel tärkliseterad lõhustuvad, mis soodustab ensüümide ligipääsu tärklisele ja sellega intensiivistab suhkrustamist. Samuti soodustab

kliisterdumine valgu eraldumist ja selle lõhustumist proteolüütliste ensüümide poolt. Kliisterdumisele aitab omakorda kaasa rakukestade lõhustamine tsütolüütiliste ensüümide poolt.

Kolmas etapp kestab keskmiselt 1,5 tundi ja selle kestel tõstetakse temperatuur 70°C lähedale. Etapi algul jätkub tärklise kliisterdumine, kuid eelkõige on see etapp vajalik tärklise (amüloosi ja amülopektiini) suhkrustamiseks. Suhkrud (maltoos ja glükoos) tekivad β-amülaasi toimel. Kuigi α-amülaas lõhustab tärklist ainult pikemateks dektriiniahelateks, aitab ka see ensüüm kaasa tärklise sukrustamisele, sest tekkinud dekstriinid on β-amülaasi poolt pikkadest tärklisemolekulidest märgatavalt lihtsamini lõhustatavad. Kolmanda etapi suhteliselt kõrge temperatuur on lähedane suhkrustamist läbi viivate ensüümide α-amülaasi ja β-amülaasi toime optimaalsele temperatuurile (vastavalt 72-75 ja 62-65°C).

Temperatuuri reguleerimisega on seega võimalik soodustada kas intensiivsemat dekstriinide teket või täiuslikumat suhkrustamist. Kõrgemal temperatuuril (70 - 75°C) on α-amülaas aktiivsem, mis tagab suurema dekstriinide sisalduse õlles. See aga omakorda kindlustab madalama alkoholisisalduse, täidlasema maitse ja parema vahustatavuse. Kangem ja nn õhukese maitsega õlu saadakse aga madalamatel temperatuuridel (60 - 65°C), mis soodustab β-amülaasi kõrgemat aktiivsust ja intensiivsemat lihtsuhkrute teket virdesse.

Neljas etapp kestab umbes kolmandiku tunnist. See algab meski temperatuuri tõstmisega veelgi kõrgemaks – ligikaudu 80 °C lähedale. Selle jooksul lõhustub ka jääktärklis ja suures osas denatureeritakse suhteliselt termoresistentsed amülaasid (inaktiveeruvad 80 °C juures). Viimaste etappide temperatuuriväärtuste ja nende mõju kestvusega ensüüme inaktiveerides, saab muuta õllevirde koostist ja selle kaudu ka valmistatava õlle omadusi ning kvaliteeti. Suhkrusaagist mõjutab ka virde pH, seda eelkõige samuti ensüümide toime soodustamise või pärssimisega. Meskimisel toimivate ensüümide optimaalne pH jääb enamasti vahemikku 4,0-6,0.

Meskimisel on kõige olulisemaks tärklise suhkrustamise protsess. Kui suhkrustamine on ebapiisav, siis virre käärib hiljem halvasti, tekivad probleemid õlle filtreerimisega, sellel ei kujune välja korralikku maitset ega lõhna ning kannatab õlle säilivus. Suhkrustamise efektiivsuse ekspressmääramiseks kasutatakse joodiproovi. Kui suhkrustamine pole olnud täielik, siis värvub virdeproov joodi lisamisel siniseks, kui protsess on olnud piisav, siis virde värvus ei muutu. Mitteküllaldasel suhkrustamisel tekkiv kõrge dekstriinide sisaldus avaldub valmistootes tärklise häguks nimetatud veana.

Kui virre on valmis, siis sellest eraldatakse tahke jääk ehk raba. Selleks on eelkõige kaks põhimõttelist võimalust. Üks neist põhineb setitamisel, teine filtreerimisel. Setitamiseks kasutatakse enamasti spetsiaalset lameda põhjaga mahutit – filterkatelt, millesse meski sisetatakse tangensiaalselt. Seejuures kogunevad tsentrifugaal- ja raskusjõu mõjul linnased või linnasejahu jääk ehk õlleraba põhja keskele kuhilaks. Pärast algvirde eraldamist toimub tavaliselt teise astmena veel ka linnastesse jäänud ekstrakti väljapesemine veega, mis mõningal määral vähendab virde kuivainesisaldust. Filtreerimisel suunatakse meski läbi filtri, mis õlleraba osakesed kinni püüab.

Virde järeltöötlus

Virde järeltöötluseks suunatakse see keedukatlasse, kus toimub keetmine koos humalatega, seejärel virre selitatakse, jahutatakse käärimistemperatuurini ja aereeritakse. Järeltöötluse operatsioonidest on olulisim keetmine, mille tulemusena saadakse nn humaldatud virre. Keetmise käigus ekstraheeritakse virdesse humalas olevaid ühendeid ning inaktiveeritakse meskimise järgselt aktiivsuse säilitanud ensüümid. Kõrge temperatuuri toimel käivituvad virdes suhkrute karamelliseerimise ja Maillardi reaktsioonid, mis mõjuvad soodsalt õlle maitsele ning kujundavad selle värvust. Samuti hävitab virde keetmine selles leiduvad mikroorganismid, mis võivad hilisemat käärimist ebasoovitavalt suunata. Olenevalt konkreetsest tehnoloogiast ja humalate kvaliteedist, võib keetmine kesta 1-2 tundi. Selle

aja jooksul 5-10% veest aurustub (kandes ühtlasi virdest välja ebasoovitavaid lenduvaid ühendeid) ja virde kuivainesisaldus suureneb taas ligikaudu meskimise järgse algvirde tasemeni.

Humalat võidakse virdesse lisada kas naturaalsete käbidena, graanulite või humala ekstraktina. Kõige olulisemateks humalast virdesse ektraheeritavateks komponentideks on kibeained (tagavad õllele iseloomuliku kibeka maitsenüansi) ja eeterlikud õlid (tagavad õllele iseloomuliku humala aroomi). Kibeained on vaigud, mis sisaldavad humuloone (α-happeid), lupuloone (β-happeid) ja mittelahustuvaid vaigufraktsioone. Õlle maitset määravad põhiliselt humuloonid, mis keetmise käigus võivad isomeriseeruda ning sellega omakorda maitset mõjutada. Ka lupuloonid võivad keetmisel muunduda, nende isomeerid võivad koguni kaotada kibeduse ning muuta õlle maitset mahedamaks. Olenevalt kibeainete sisaldusest klassifitseeritakse humalad kahte suuremasse rühma: kibe- ja aroomihumalateks.

Eeterlike ühendite arv võib humalas ulatuda mitmesajani. Nende hulka kuuluvad mh mitmesugused alkoholid, ketoonid, orgaanilised happed, aldehüüdid jms. Keetmisel väga paljud neist lenduvad, eriti sellised ühendid, mis tekitavad ebameeldivat lõhna ja maitset. Olenevalt eeterlike õlide koostisest ja sisaldusest, võidakse humalaid virdele lisada keetmise erinevates faasides. Ebakvaliteetsed humalad, mis sisaldavad rohkesti väga halva lõhnaga mürtseeni, lisatakse keetmise algul. Kõrge kvaliteediga humalaid, mis sisaldavad rohkesti healõhnalist humuleeni, võidakse aga keedukatlasse lisada keetmise lõpufaasis. Enamasti soovitatakse humalaid keetmisel virdele lisada mitmes jaos, sest osa kibeaineid sadestub protsessi alguses koos valguga välja.

Virde keetmine mõjutab lisaks aroomi- ja kibeainete sisaldusele ka selles leiduvaid valkaineid. Suure molekulmassiga valgud (näit albumiinid, globuliinid) sadenevad välja nn kuuma sademena. See välistab valkude hilisema väljasadenemise turustatavas õlles, mis vähendaks toote kvaliteeti. Sadenemist soodustab happeline pH (enamasti 5,2-5,4), mille saavutamiseks võidakse virdele lisada piimhapet), virde madalam tihedus, humalatest

eralduvad polüfenoolsed ühendid ja intensiivne keemine. Pärast valkude sadenemist jäävad virdesse aga meskimise algfaasis proteolüüsil tekkinud aminohapped ning peptiidid, mida nimetatakse ka amiinseks lämmastikuks. Neid vajavad käärimisel paljunevad pärmirakud oma valkude loomeks.

Amiinse lämmastiku vajadus on kaetud siis, kui selle sisaldus virdes ulatub 10-14 mg%-ni. Vastasel juhul käärimine aeglustub ja laagerdumisel ei teki õllele tüüpilist maitset ja lõhna. Samuti osalevad virdes lahustunud valguühendid hiljem õllevahu moodustumisel.

Virde kõige olulisem näitaja on selle suhkrusisaldus, mis määrab käärimisprotsessis tekkiva alkoholisisalduse. Suhkrusisaldust saab kiirelt ja edukalt hinnata refraktomeetriliselt murdumisnäitaja kaudu. Vastava mõõtühikuna kasutatakse Brixi kraadi (1 °Bx = 1%).

Keedetud virre sisaldab kääritatavataid suhkruid keskmiselt 8,5%, neist 5,5% maltoosi, 1,5% maltotrioosi, 0,9% glükoosi, 0,4% sahharoosi, 0,2% fruktoosi. Mittekääritatavaid suhkruid (eelkõige dekstriine) on virdes 2,4%. Aminohappeid on virdes keskmiselt 0,7% ja peptiide 0,03%. Suhkrud ja valgulised lämmastikühendid mõjutavad kõige enam ka virde kuivainesisaldust ja tihedust. Kvaliteetne virre peab veel sisaldama pärmide elutegevuseks vajalikke mineraalaineid (Ca, Mg, Na, K, Cl, PO_4 jt ioone) ning vitamiine. Täiendavaks virde kvaliteedinäitajaks on viskoossus, mida eriti tugevalt mõjutab suure molekulmassiga glükaanide sisaldus. 12% kuivainesisaldusega virret loetakse kvaliteetseks siis, kui selle viskoossus jääb vahemikku 1,7-2,2 mPa•s.

Keetmisel tekkiva sademe eemaldamiseks (selitamiseks) kasutatakse enamasti hüdrotsüklonina toimivat mahutit, kuhu kuum virre suunatakse tangentsiaalselt. Sellistes selituseadmetes toimub siis ka virde järelkeetmine. Sade koguneb seejuures mahuti põhja keskossa koonusetaoliseks kuhikuks. Samal põhimõttel toimub ka meskimise järgne raba eraldamine. Viimasel ajal on hakatud suurtootmises selitamiseks rakendama spetsiaalseid selitusseparaatoreid. Käbihumala eemaldamiseks kasutatakse vastavat

sõela, mille läbi virret kurnatakse. Sademe eemaldamisega tagatakse õllele õige maitse ja säilivus ning soodustatakse käärimist (sademe osakeste kleepumine pärmirakkude külge takistab suhkru omastamist virdest).

Selitamise järgselt virre jahutatakse käärimise temperatuurini, mis olenevalt õlle liigist ja valmistamise traditsioonidest, jääb enamasti vahemikku 6-12 °C. Nii suur-, kui väiketootmises jahutatakse virret kõige enam plaatjahutite abil, läbi mille see käärimistanki suunatakse. Jahutusagensiks on seejuures vesi, mis virde jahtumise käigus ise vastavalt kuumeneb. Jahutamiseks kuluva vee kogus ületab enamasti virde kogust 2-3 korda. Kuna tegemist on väga suure soojushulgaga, siis kasutatakse kuumenenud jahutusvett tööstuses põhilise kuuma vee allikana.

Pärast jahutamist virre aereeritakse, mis tähendab õhu (hapniku) segamist sellesse. Aereerimine on vajalik pärmirakkude esmase kasvu kindlustamiseks käärimise eelfaasis. Kuigi peakäärimine toimub anaeroobsetes tingimustes, on pärmirakkude paljunemine märgatavalt intensiivsem hapniku manulusel.

Aereerimiseks suunatakse tankis olevasse virdesse steriilset õhku või hapnikku vastava pihustusotsiku või poorse padruniga. Samuti võib neid suunata ka torustikus voolavasse (näiteks ümberpumbatavasse) virdesse. Kaasaegsed virde plaatjahutid võivad olla ühtlasi varustatud aereerimiseks vajalike vahenditega. Soovitavalt peaks virde hapnikusisaldus pärast aereerimist olema vähemalt 6 mg/l (tegelikkuses 6-14 mg/l). Hapniku lahustuvus virdes on seda suurem, mida madalam on virde temperatuur. Samuti parandab aereerimise efektiivsust virde madalam tihedus. Juhul kui virde aereerimist läbi ei viida, siis jääb käärimine puudulikuks, halvimal juhul surevad pärmirakud välja ning arenema võib hakata võõrmikrofloora.

Virde käärimine

Virde käärimine on meskimise kõrval teine õlletootmise põhiprotsess. See jaguneb kaheks osaks: 5-15 päeva kestvaks pea- ja 1-6 kuuliseks järel-

käärimiseks ehk laagerdamiseks. Peakäärimine on anaeroobne, kuid see algab aeroobse faasiga, mis kestab seni, kuni virdes aereerimisel lahustunud hapnik on täielikult ära kasutatud.

Aeroobses faasis toimub intensiivne pärmirakkude paljunemine. Siis alkoholi ei teki ning virdes olev glükoos muundatakse energiaks, veeks ja süsihappegaasiks. Aeroobsele faasile järgneva anaeroobse käärimise faasis kasutavad pärmirakud ära suurema osa virdes leiduvatest suhkrutest, muutes selle alkoholiks ja süsihappegaasiks. Ka selles faasis tekib energiat, kuid umbes kolm korda vähem kui aeroobses faasis. Pärmirakkude poolt kasutamata energiaosa eraldub keskkonda ning tõstab mõningal määral kääritatava virde temperatuuri.

Meskis olevaid suhkruid kääritab pärm kindlas järjekorras. Esimesena kasutatakse ära glükoos, mida seetõttu nimetatakse ka startersuhkruks. Seejärel jõuab järg maltoosi ja teiste disahhariidide kätte. Maltoos (mis koosneb kahest glükoosijäägist) ongi käärimisprotsessi põhiliseks suhkruallikaks, mistõttu maltoosi nimetatakse ka peakäärimise suhkruks. Maltoosi käärimine kestab enamasti kuni järelkäärimise ehk valmimiseni. Valmimisel kasutavad pärmirakud energiallikana juba maltotrioosi, mille molekulid koosnevad kolmest glükoosijäägist.

Glükoosi, fruktoosi, maltoosi, sahharoosi ja maltotrioosi nimetatakse õlletehnoloogias käärivateks suhkruteks. Virdes lõhustamata jäänud dekstriinid on aga mittekäärivateks suhkruteks. Neid suudavad pärmirakud ära kasutada vaid siis, kui virdes leidub inaktiveerimata jäänud ß-amülaasi.

Käärivate suhkrute sisalduse suhet virde ektraktisisaldusse nimetatakse käärimise astmeks, mis määrab ära loodetava alkoholisaagise käärimise lõpul. Alkoholisisaldus on ühtlasi käärimise kõige olulisemaks näitajaks.

Lisaks süsihappegaasile ja alkoholile, tekivad käärimisel ka mitmed kõrvalproduktid: mitmesugused estrid, aldehüüdid, nn puskariõlid ehk kõrgmolekulaarsed alkoholid jms. Need mõjutavad oluliselt õlle maitse- ja lõhnaomadusi. Üheks käärimise kõrvalproduktiks, mis õlle maitset ja lõhna

kujundab, on diatsetüül. Kui piimatoodete tehnoloogias on kõrge diatsetüüli sisaldus soovitud, siis õlle maitset mõjutab see ühend ebasoovitavas suunas. Õlle laagerdamisel diatsetüül redutseerub, mistõttu diatsetüüli sisalduse järgi on võimalik hinnata õlle valmimise astet.

Käärimine algab koheselt pärast pärmi lisamist virdele, mis jahutatakse traditsiooniliselt temperatuurivahemikku 6-8 °C (peakäärimise käigus eralduva soojuse toimel virde temperatuur mõnevõrra suureneb: 10-12 °C). Madalamaid käärimistemperatuure soositakse enam, sest need takistavad võõrmikrofloora arengust põhjustatud õllevigade teket. Kõrgemate käärimistemperatuuride kasutamise (mis kiirendab käärimist) põhieelduseks on kõrgetasemeline tootmishügieen, mis välistab mikrobioloogilise sekundaarse saatumise. Selles suunas arendatakse tehnoloogiat eelkõige suurettevõtetes.

Virdele lisatav pärmi kogus mõjutab intensiivse käärimise algust ja käärimise kiirust. Mida suurem on pärmi kogus, seda varem algab käärimine, seda intensiivsem see on ja seda lühem on käärimise kestvus. Arvestada tuleb aga sellega, et liiga suure pärmikoguse doseerimine virdesse vähendab pärmi juurdekasvu käärimise käigus. Pärmi lisatakse suspensioonina vähemalt 0,5% ulatuses kääritatava virde mahust. Tumeda ja kange õlle valmistamisel peab see olema ligikaudu kaks korda suurem. Lisatud pärmikoguse piisavust kontrollitakse enamasti virde hägususe mõõtmise kaudu. Pärmisuspensiooni doseerimiseks virdesse kasutatakse spetsiaalset sisestusventiili või dosaatorit. Käärimine käivitub normaalselt siis, kui pärmirakkude sisaldus virdes jääb vahemikku 10-15 miljonit/ml.

Pärast peakäärimise lõppu eemaldatakse pärmimass kääritusmahutist. Käärimisjärgselt mahuti põhjale settivaid pärme nimetatakse põhjapärmideks, mis kuuluvad liiki *Saccharomyces uvarum* (varemalt *S. carlsbergensis*). Põhjapärme on võimalik pärast eraldamist kasutada uue õlleteo kääritamiseks. Sellist protseduuri saab umbes 5 korda korrata, enne kui võõrmikroflooraga saastumine seda enam ei võimalda. Suur osa tänapäeval õlletootmises kasutatavatest pärmidest ongi põhjapärmid. Varem olid

õlle valmistamisel põhikasutuses pinnapärmid (mida praeguseni rakendatakse veini ja piirituse kääritamisel). Nende eripäraks on pärast käärimise lõppu virdest flokuleerununa pinnale tõusta. Tegemist on pagaripärmi *Saccharomyces serevisiae* erinevate tüvede ja nende modifikatsioonidega. Pinnapärmidega kääritatud õlut tuntakse maailmas *ale*- või *alt*-õllena ning need on eriti soositud inglisekeelsetes maades. Põhjapärmide kasutamisel aga saadakse *lager*-õlu, mis on enam levinud saksakeelsetes piirkondades, Ida-Euroopas ja Põhjamaades. Põhjapärmiga kääritatakse virret suhteliselt madala temperatuuri juures 10-15 päeva. Pinnapärmide puhul on temperatuur kõrgem ja käärimise aeg jääb märgatavalt lühemaks ning kestab keskmiselt 3-5 päeva.

Õllepärm on elusorganismina väga tundlik käärimistehnoloogiliste parameetrite ja virde koostise muutuste suhtes. Konkreetse õlle jaoks sobilik pärm selekteeritakse õlletootjate poolt välja pikaajalise katsetamise käigus. Enamasti säilitatakse seda tehase pärmipangas ning selle tüvesid ja vastavat kääritustehnoloogiat hoitakse ranges saladuses.

Üldjuhul viiakse peakäärimine läbi silinderkoonilistes roostevabast terasest tankides, mille koonuselise osa nurk on ligikaudu 70°. See võimaldab käärimise lõppedes õlut (mida siis nimetatakse ka roheliseks õlleks) sujuvalt väljutada ega vähenda seejuures oluliselt tanki mahtuvust. Pärmimassi eemaldamiseks on kääritustankid varustatud spetsiaalse ava ja väljutusklapiga koonuse põhjas. Käärimise käigus eralduva süsihappegaasi toimel tekib kinnisesse kääritustanki küllaltki suur rõhk. Ohutuse tagamiseks on tankidele seetõttu monteeritud ka automaatselt rakenduvad ülerõhu ventiilid. Pinnapärmiga kääritusel saab kasutada lahtiseid mahuteid, mis on eriti soositud nisuõlle tehnoloogias. Sellisel juhul tagab käärimise anaeroobsuse pinnale tekkiv vahu- ja pärmikiht. Samas aga tuleb lahtiste kääritusmahutite korral arvestada märgatavalt tõsisema sekundaarse mikrobioloogilise saastumise ohuga.

Peakäärimise lõppedes, mis avaldub pärmide intensiivse settimisena, jahutatakse õlu 5-6 °C ning suunatakse laagerdamisele (valmimisele), kus

toimub järelkäärimine. Klassikaliselt viiakse laagerdamine läbi peakääritamisest eraldi seadmes. Selleks rakendatakse roostevabast terasest vertikaalseid või horisontaalseid mahuteid, mis on varustatud jahutussärgiga. Kaasajal kasutatakse ka selliseid tehnoloogilisi lahendusi, kus nii pea- kui järelkäärimise faasi saab sooritada samas tankis.

Laagerdamisel toimub peakäärimisel tekkinud ebasoovitavate kõrvalproduktide redutseerimine, valkude, polüfenoolsete jt mittelahustunud ühendite sadestumine koos flokuleerunud pärmirakkudega. Selle tulemusel õlu selgineb ning stabiliseerub, mis tähendab, et edasisel seismisel ei teki sadet. Sadenemist kiirendab omakorda laagerdamiseelne õlle jahutamine suhteliselt madalale temperatuurile. Valmimisel moodustub ka lõplik õlle maitse- ja lõhnabukett. Kuna valmimine toimub peakäärimisest madalamal temperatuuril (laagerdumise lõpul isegi 1-2 °C) ja 0,4-0,5 baarisel ülerõhul, siis rikastub õlu täiendavalt süsihappegaasiga (karboniseerub). Olenevalt õlle tüübist, võib laagerdamine kesta 1-6 kuud.

Õlle järeltöötlus

Laagerdatud õlle järeltöötlus koosneb filtreerimise ja villimise operatsioonidest. Filtreerimist on vaja selge ja säilitamiseks stabiilse õlle saamiseks. Õlle filtreerimise efektiivsust hinnatakse selle hägususe mõõtmise kaudu. Selgeks loetakse õlut, mille hägusus jääb vahemikku 0,5-0,8 EBC ühikut. Enamasti rakendatakse filtreerimisel mitmeastmelist protsessi, mille esimeses astmes eemaldatakse makroskoopilised osised jämefiltriga.

Teises astmes eemaldatakse valminud õllest peenfiltratsiooni abil pärmirakud, mille suurus jääb vahemikku 2-10 μm. Edasi järgneb bakteritsiidne filtratsioon, mis eemaldab bakterid (0,1-2 μm) ja nn külma sademe osakesed, mille suurus jääb bakteritega samasse vahemikku. Nii väikeste osakeste eraldamine pole võimalik tavaliste filtritega, vaid kasutada tuleb spetsiaalseid surve alla töötavaid membraantehnoloogilisi mikro- ja ultrafiltratsiooni seadmeid. Kaunis laialt on kasutusel ka nn aktiivfiltratsioon,

mille käigus lisatakse õllele pulbrilist või poorset adsorbenti, mis mikroosakesed endaga seob. Adsorbendi hilisema eemaldamisega õllest, eemaldatakse sellest siis ka hägusust tekitavad osakesed. Veel üheks võimaluseks hägususe kõrvaldamiseks on rakendada õlle selitamise separaatoreid.

Filtreerimine kindlustab õlle bioloogilise stabiilsuse. Täiendavalt võidakse rakendada veel pastöriseerimist, mille käigus mikroobid hävitatakse kuumtöötlusega. Tegelikult tagab hügieenilise õlletootmise puhul ka filtreerimine praktiliselt steriilse toote. Efektiivset selitamist (filtreerimist) takistavad enamasti kõrgest viskoossusest tingitud õlle vead, mida põhjustavad tärklise ebapiisav suhkrustuse aste, glükaanide geelistumine, mikroobide ülemäärane sisaldus jms. Selituse järgselt suunatakse õlu vahemahutisse, kus seda hoitakse kuni villimiseni madalal temperatuuril ja surve alla oleva süsihappegaasi keskkonnas.

Villimise käigus satub õlu pakendisse, milles jõuab tarbijani. Väga oluline on, et see toimuks vastavalt hügieeninõuetele, eelkõige aseptilise protsessina. Aseptilisuse tagab steriilne pakend ja seadmestik, mis ei lase keskkonna mikroobidel sattuda villitavasse tootesse ega pakendisse. Teiseks põhinõudeks on see, et villimise käigus ei satuks tootesse hapnikku, mis võib märgatavaltt alandada õlle kvaliteeti selle edasisel käitlemisel, turustamisel ja tarbimisel.

Õlut võidakse villida väga erineva ehituse, suuruse, otstarbe ja kujuga pakendisse. Kõige enam kasutatakse seejuures klaaspudeleid, fooliumist purke, plastikpudeleid ja õllevaate. Viimased on eelkõige mõeldud õlle müügiks toitlustusasutustes, restoranides, baarides ja tänavakioskites nn kannuõllena. Pikemaks transpordiks võidakse suuremaid koguseid villida ka auto- või raudteetsisternidesse. Neist toimub väikepakendisse villimine juba sihtkohas.

Valmisõlle kvaliteeti hinnatakse koostisosade sisalduse, organoleptiliste omaduste (maitse, lõhna ja värvuse), hägususe, vahu püsivuse ja stabiilsuse järgi. Kõige olulisemaks on seejuures organoleptilised omadused:

maitse, lõhn ja värvus, vähesel määral ka suuaisting. Õlle maitset ja lõhna kujundavad toormes leiduvad, virde valmistamisel ja käärimisel ning laagerdamisel tekkivad ühendid. Värvust mõjutavad enim virdes leiduvad värvained, mida tuntakse melanoididena. Kuna osa värvainetest sadeneb või pleegitub tehnoloogiliste protsesside käigus, siis valmisõlu on virdest veidi heledam. Värvuse hindamiseks kasutatakse spetsiaalset skaalat, mis riigiti võib olla erinev.

6.2.3. SIIDRITEHNOLOOGIA

Eesti põhiliseks puuviljaks on õun, mis sobib meie kliimas kasvatamiseks, talub hästi kohati esinevat karmi talve ja annab ka korralikku saaki. Kahjuks ei valmistata meil õuntest veel piisavas koguses kõrgema väärtusega tooteid ning enamasti piirdutakse töötlemisel õunte müügiks pakendamise, õunamahla, -moosi ja -kompottide valmistamisega. Samas võiks märgatavalt enam toota õunapõhiseid kääritatavaid jooke (mh siidrit), mille tarbimine on ka Eesti elanikkonna seas muutumas üha populaarsemaks.

Siider on väga vana ja maailmas laialt levinud kääritatud alkohoolne jook. Inglismaal valmistatakse siidrit umbes 500, Prantsusmaal ja Saksamaal kummaski umbes 125 miljonit liitrit aastas. Siidrivalmistamise traditsioon on Euroopas levinud veel Hispaanias (eelkõige Püreneedes), Iirimaal, Belgias, Austrias ja Šveitsis. Selle toormena kasutatakse eelkõige õunamahla. Küllalt levinud on ka pirnisiider (*perry*), mille puhul õunamahlale lisatakse pirnimahla. Maitse ja lõhna mitmekesistamiseks võidakse lisada veel ka muid, näiteks metsamarjade, karusmarja-, viinamarja- jms mahlu. Lisaks toormele, eristatakse siidreid veel valmistusviisi, alkoholi- ja süsihappegaasi sisalduse järgi.

Valmistusviisidest tehakse vahet eelkõige naturaalsel ja kontrollitud tehnoloogial. Naturaalse siidrivalmistamise puhul lähtutakse traditsioonillisest nn talutootmisest, mille korral kääritamine toimub looduslike mikroobidega ja keskkonnast mõjutatud temperatuuride juures. Kontrollitud

tehnoloogiat rakendatakse suuremates spetsialiseeritud joogitööstustes, kus kääritus sooritatakse reguleeritud näitajatega tootmiskeskkonnas spetsiaalselt aretatud mikroobide abil.

Suhkru- ja alkoholisisalduse ehk kanguse alusel jaotatakse siidrid põhiliselt kuivadeks ja poolkuivadeks. Kuiva siidri korral on kogu toormes olev suhkur kääritatud alkoholiks. Poolkuivade siidrite saamiseks peatatakse käärimisprotsess enne, kui kogu suhkur on pärmide poolt ära kasutatud. Kuivade siidrite alkoholisisaldus võib ulatuda kuni 8%-ni, kuid enamasti jääb 5-6% vahele. Poolkuivade siidrite kangus on alla 4,5%.

Teatud kogus süsihappegaasi paneb pudeli avamisel siidri kihisema ja juues tekitab meeldiva suuaistingu. Selleks tuleb siider enne pakendamist karboniseerida (gaseerida). Naturaalsel karboniseerimisel tekitatakse siidrisse vajalik süsihappegaasi kogus järelkääritusega. Muudel juhtudel karboniseeritakse jook süsihappegaasi lisamisega surve all.

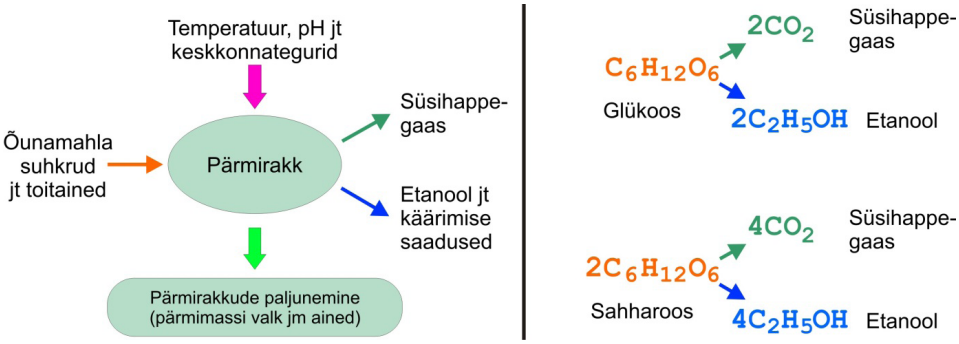
Siidreid turustatakse väga erineva väljanägemisega pakendis. Pakendi välimuse määrab eelkõige joogi turustamiseks loodud kaubamärk, kuid osalt tingib seda ka siidri tüüp. Nii näiteks meenutavad paljud naturaalselt gaseeritud siidri pudelid vahuveinide turustamiseks kasutatavaid. Samuti võidakse toitlustusasutustes müüdavat siidrit villida vaatidesse, kust seda saab surve all kannu või klaasi doseerida.

Siidrite üldnimetuse all toodetakse ka suures valikus ja massiliselt alkohoolseid jooke, mille puhul kääritamist läbi ei viida. Siis segatakse selle kõik komponendid (vesi, alkohol, täiendavad maitse- ja lõhnaained omavahel kokku, segul lastakse lühiaajaliselt valmida ning karboniseeritakse vahetult villimise eel. Selliste toodet siiski siidriks nimetada pole õiglane, vaid kasutada võiks nimetust „siidrilaadne jook“.

Siidrivalmistamise põhiprotsess

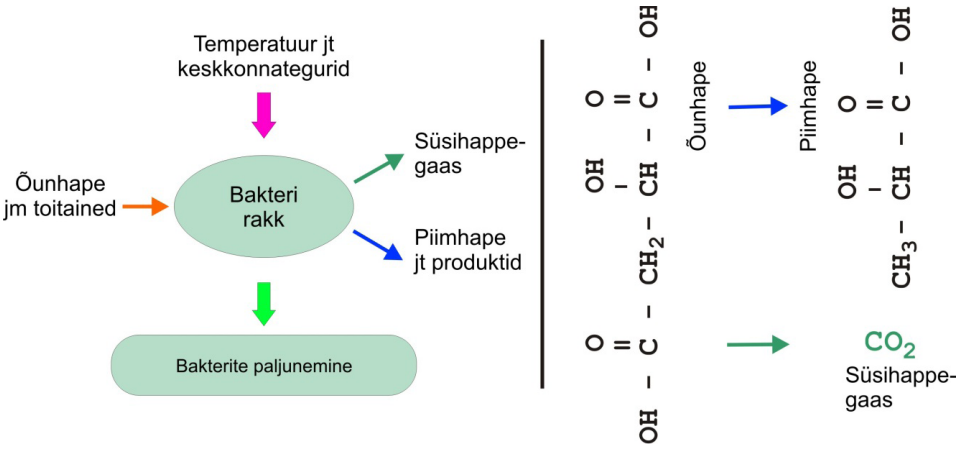
Siidrivalmistamise põhiprotsessiks on käärimine, mis kõrgekvaliteetse toote saamiseks peab toimuma kahes faasis. Mõlemas neis eraldub süsi-

happegaasi – esimeses enam ja teises tagasihoidlikumalt. Esimene käärimisfaas toimub kas looduslike või lisatud pärmide toimel ning selle käärimise käigus tekib mahlas leiduvast suhkrust etanool ja mõningal määral ka kõrgemaid alkohole ehk nn puskariõlisid. Etanool annab joogile vajaliku kanguse ja puskariõlid mõjutavad selle maitse- ja lõhnabuketti. Olenevalt sellest, kas kääritatav suhkur on mono- või disahhariid, moodustub ühest suhkrumolekulist kas kaks või neli etanoolimolekuli ja samapalju ka süsihappegaasimolekule. Vastavad keemilised valemid on aluseks käärimise teoreetilise saagiste arvutamisel (**joonis 6.30**).



Joonis 6.30. Mono- ja disahhariidi kääritamine etanooliks pärmidega

Teises etapis toimub õunhappe käärimine piimhappeks, mida viivad läbi piimhappebakterite tüved (**joonis 6.31**).



Joonis 6.31. Õunhappe muundamine piimhappeks bakterite poolt siidrikäärimise teisel etapil

Teatud juhtudel võib kumbki käärimine toimuda samaaegselt, kuid enamasti algab piimhappeline käärimine pärast alkoholikäärimise lõppu. Seda soodustab temperatuuri tõus üle 14-15 °C, mistõttu naturaalse siidri tootmisel (kui värske mahl on pandud käärima sügisel) algab see hiliskevadel või suve hakul.

Siidrivalmistamise tehnoloogilised etapid

Siidrivalmistamise põhilised tehnoloogilised etapid on: õunte (toorme) korje ja valmitamine, mahla valmistamine, mahla kääritamine, siidri valmimine, puhastamine, karboniseerimine ja villimine. Enamik siidritootmise kõrvalsaadustest on omakorda samuti väärindatavad – õunte pressimise jääk pektiiniks, kompostiks või loomasöödaks, käärimise tahked jäägid loomasöödaks, süsihappegaas süsihappejää valmistamiseks vms (**joonis 6.32**).

Siidri toormena kasutatakse küpseid õunu, mida lastakse pärast korjamist umbes nädala jooksul valmida. Pikaajaliste traditsioonidega siidrimaades kasutatakse spetsiaalselt aretatud õunasorte, mida on teada umbes 200 ümber. Erinevatele siidriõunte liikidele esitatavateks nõueteks on kõrge suhkrusisaldus (kuni 15%), küllaldane orgaaniliste hapete sisaldus (kuni 1,0%), piisav tanniinide sisaldus (0,2%), kiuline viljaliha (mis muudab mahlapressimise efektiivsemaks) ning pikaaegsel (näiteks kahenädalasel) valmimisel säiliv tekstuur. Eestis siidriõunte kasvatamisega alles alustatakse, kuid õiges vahekorras kombineerituna on ka kohalikud õunasordid kõlblik siidritoore. Siidriõunu jaotatakse maitse järgi nelja suuremasse klassi: hapudeks, kibekas-hapudeks, kibekas-magusateks ja magusateks (**tabel 6.5**).

Kibekas on õun siis, kui selle tanniinide sisaldus ületab 0,2%, hapukas aga siis, kui see sisaldab üle 4,5% orgaanilisi happeid. Siidrikõlbliku mahla saamiseks tuleb kasutada vähemalt kolme tüüpi õunu. Neist 1/3 peavad olema magusad (tagamaks mahla vajaliku suhkrusisalduse), 1/3 peavad olema

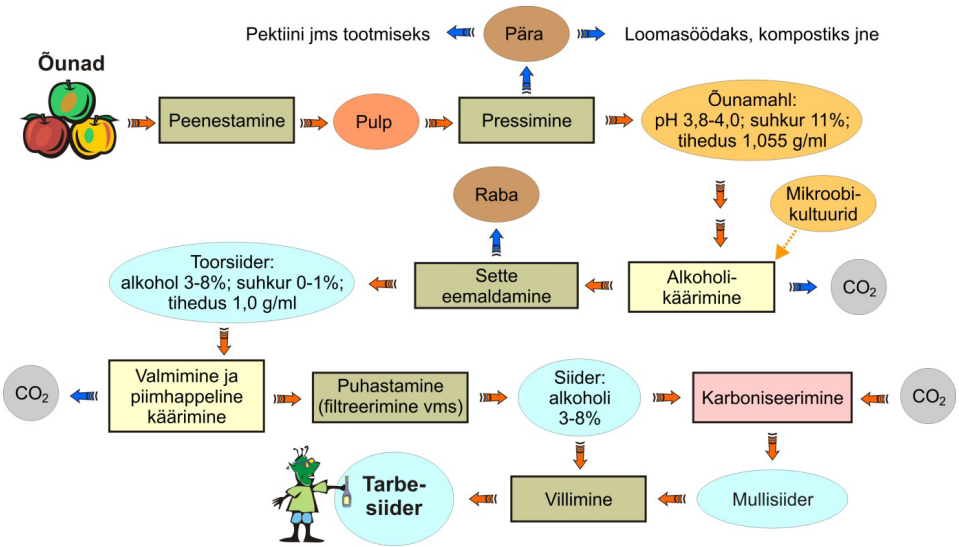
Tabel 6.5. Siidriõunte liigitus sõltuvalt maitsest ning selle seos orgaaniliste hapete ja tanniinide sisaldusega

Õuntüüp	Hapete sisaldus (%)	Tanniinide sisaldus (%)
Hapud	>0,45	<0,2
Kibekas-hapud	>0,45	>0,2
Kibekas-magusad	<0,45	>0,2
Magusad	<0,45	<0,2

hapukad (kindlustamaks mahla vajaliku happesuse) ning 1/3 peavad olema kibekad (soodustamaks joogile spetsiifiliste aroomi- ja maitseomaduste teket). Paljud naturaalse siidri valmistajad ei soovita õunu enne purustamist pesta, mis vähendaks õunte pinnal leiduvate looduslike mikroobide arvu. Suurtootmisel on õunte pesemine enne nende mahlaks valmistamist siiski üldlevinud.

Õunamahla pressimine

Pressimine on õunte töötlemise põhioperatsiooniks, mille eel need purustatakse vastavate peenestusseadmete abil. Saadavat peenestatud produkti nimetatakse pulbiks, mis õhu käes kiirelt oksüdeerub, omandades



Joonis 6.32. Siidrivalmistamise tehnoloogia skemaatiline esitus

pruunika värvuse. Üldiselt peetakse oksüdatsiooni ebasoovitavaks, sest see võib rikkuda ka mahla värvuse, mis kandub veana üle siidrisse. Seetõttu eraldatakse mahl pulbist võimalikult kiiresti, kasutades erineva konstruktsiooniga presse. Üliväikeste mahlakoguste valmistamiseks sobivad ka köögi mahlaseadmed (näiteks pöörlev trummelriiv), milles vili peenestatakse ja mahl eraldatakse tsentrifugaaljõu abil.

Naturaalse siidri väiketootmisel võib mahla valmistada mitmesuguste käsi- või mehhaaniliste purustite ja pressidega. Eestis laialt levinud õunamahla pressimine pressriidesse mähitud pulbist sobib väga hästi ka siidriks kasutatava mahla valmistamiseks. Selleks virnastatakse pressriidesse mähitud ja vaherestidega eraldatud pulbipadjad mahlakoguja kohale paigutatud rakisele ja virnale avaldatakse survet pressplaadiga (**joonis 6.33 a**). Pressriie ja puidust restid soodustavad ühtlasi ka naturaalse mikrofloora levikut ja jaotumist kääritatavasse mahla.

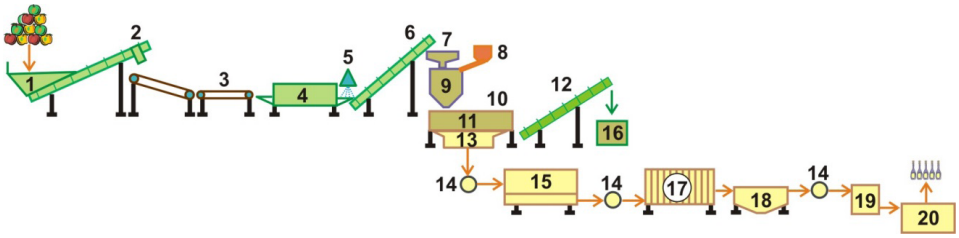
Mugav on kasutada väikepressi, milles riidesse mähkimise asemel paigutatakse pulp spetsiaalsest materjalist silindrilisse kottfiltrisse, mis survestatakse pneumaatiliselt või hüdrauliliselt filtri sisese elastse tööorganiga. Filtermaterjalist voolab mahl kogujasse läbi pressi perforeeritud toese (**joonis 6.33 b**). Ka kaubanduses pakutakse väga laia valikut mitmesuguseid komplekte mahla kodu- ja väiketootmiseks.



Joonis 6.33. Väikemahuliseks mahlatootmiseks sobilikke vahendeid: a – traditsiooniline mahlapress, b – väike filterpress

Keskmisel ja suurtootmisel rakendatakse sageli spetsiaalseid plaat- või ekspellerpresse, mis võivad olla integreeritud eelpeenestaja, filtratsioonisõlme ja muude vajalike seadmetega. Pulbist pärast mahla pressimist järele jääv viljaliha on kasutatav toormena sööda- ja pektiinitootmisel või muudel otstarvetel. Selle säilivuse tagab kuivatamine vähemalt 12% veesisalduseni.

Õunamahla tööstusliku tootmise liini (ca 1000 l/h) skeem on toodud **joonisel 6.34**. See toimib pidevtoimelise konveiersüsteemina, mis sisaldab mh õunte sorteerimislauda, pesemistrumlit, loputuse süsteemi, peenestit, sõela, pastörisaator-jahutit (lisaseadmena), tanki mahla säilituseks ja filtriga varustatud väljutusseadet.



Joonis 6.34. Õunamahla tööstusliku tootmise liin: 1 – õunte transportööriga varustatud vastuvõtukolu, 2 – prahieemaldaja, 3 – sorteerimislaud, 4 – pesuseade, 5 – loputussüsteem, 6 – elevaator, 7 – kogumiskolu, 8 – lisatoorme doseerimisseade, 9 – peenesti, 10 – pulbikogur, 11 – press, 12 – viljalihaväljuti, 13 – mahlakogur, 14 – mahlapump, 15 – kurnamisseade, 16 – mahlapump, 17 – pastörisaator-jahuti (lisaseadmena), 18 – säilitustank, 19 – pump, 20 – filterseade

Õunamahla koostis

Õunamahla koostis sõltub suurel määral õunasordist, kasvukohast, kasvuaja temperatuurist, koristusajast ja paljudest muudest tingimustest. Keskmiselt on õunamahlas 20-24% kuivainet, millest umbes poole (11-12%) moodustavad suhkrud (**tabel 6.6**). Suhkrud on ka siidrivalmistamise seisukohast õunamahla kõige olulisemad koostisosad, sest neist tekib käärimise käigus etüülalkohol ja jooki gaseeriv süsihappegaas. Suhkruist umbes 75% (mahlas 4,5-8,5%) on fruktoos ehk puuviljasuhkur. Sahharoosi osakaal on keskmiselt 15% (mahlas 1,5-4,5%) ja glükoosi ehk viinamarja-

suhkrut on keskmiselt 10% (mahlas 1,2-2,0%). Muid suhkruid leidub vaid tühisel määral ja neil mahla käärimisel erilist rolli pole. Rasva (lipiide) ja valgulisi ühendeid (proteiine) on õunamahlas suhteliselt võrdses koguses, kumbagi keskmiselt 0,25%. Valgulisteks komponentideks on eelkõige aminohapped (asparagiin-, aspartaam- ja glutamiinhape). Lämmastikühendite vähese sisalduse tõttu kestab siidri käärimisprotsess (võrreldes näiteks õlle kääritamisega) suhteliselt kaua. Osa siidrivalmistajatest on hakanud lahustuvate lämmastikühendite sisalduse suurendamiseks mahlale lisama ammooniumsulfaati või -fosfaati.

Küllaltki palju sisaldab õunamahl orgaanilisi happeid, eriti õunhapet (0,15-1,1%). Seetõttu on mahlal sageli ka suhteliselt tugev hapu maitse. Happesus on tavapärasest suurem külma ja pilvise kasvuperioodi korral, kusjuures pikemal õunte küpsemisel happesus väheneb.

Tabel 6.6. Õunamahla olulisimate näitajate suurused

Tihedus g/ml	pH	Fruktoos %	Sahharoos %	Glükoos %	Õunhape %	Pektiinid %	Kiudaine %
1,055-1,01	3,3-4,2	4,5-8,5	1,5-4,5	1,2-2,0	0,15-1,1	0,25-0,75	0,5

Peale õunhappe, leidub mahlas vähesel määral ka muid orgaanilisi happeid. Happesust hinnatakse enamasti aktiivhappesuse ehk pH järgi, mille optimaalseks suuruseks käärituseelses mahlas loetakse väärtuste vahemikku 3,8-4,0. Aktiivhappesuse mõõtmist teostatakse enamasti vastava elektroonilise seadme ehk pH-meetriga. Kui see puudub, siis on happesust võimalik hinnata lakmuspaberite abil. Pektiine leidub õunamahlas 0,25-0,75% ja kiudaineid 0,5%. Pektiinid määravad õunamahla viskkoosust ja põhjustavad selle hägusust.

Õunamahla koostisest sõltub suurel määral selle maitse ja aroom. Teadaoleval osaleb maitse- ja aroomi kujundamisel üle 80 erineva ühendi, nende seas ka mahlas toimuvate ensümaatiliste reaktsioonide saadused. Ensüümidest mõjutavad aktiivselt õunamahla maitset ja lõhna polüfenooloksüdaas ja peroksüdaas, mis katalüüsivad tanniinide ja looduslike maitse- ja lõh-

nakomponentide oksüdatsiooni. Viskoossust aga kujundab galakturoonesteraas, mis lõhustab pektiine, vähendades sellega ühtlasi siidri hägusust. Need ensüümirühmad inaktiveeruvad õunamahla kuumtöötlusel (pastöriseerimisel).

Mikroobid õunamahlas

Naturaalsel käärimisel on otsustav roll õunamahlas leiduvatel mikroorganismidel. Õunamahla mikroobide sisaldus on märgatavalt suurem siis, kui selle valmistamiseks on kasutatud puudelt maha langenud või vigastatud koorega õunu. Küpsetel õuntel on leitud ligi 500 erinevat mikroorganismi tüüpi. Käärimise seisukohast on neist eriti olulised mitmesugused alkoholi kääritavad pärmiliigid ja bakterid, mis võtavad osa õunhappe kääritamisest piimhappeks.

Pärmide olulisimad esindajad on, *Hanseniaspora*, *Metschnikowia*, *Kloeckera apiculata*, *Aureobasidium pullulans*, *Rhodotorula*, *Torulopsis* ja *Candida*. Need kanduvad üle ka valmistatavasse õunamahla, eriti siis, kui pressimise eel õunu ei pesta. Seetõttu naturaalsel siidrivalmistamisel on need ka esmased mikroobid, mis käärimise käivitavad. Suhkrukääritajate ehk *Saccharomycese* erinevaid liike leidub õuntel suhteliselt vähe, kuigi käärimisel omavad need väga otsustavat tähtsust. Õunamahlas on traditsioonilisel siidritootmisel suhkruid kääritavaid pärmirakke juba märgatavalt enam kui õuntes, sest neid kandub sinna täiendavalt mahla pressimiseadmetelt. Eriti rohkelt levitavad neid traditsiooniliste presside puitrestid ja pressriided.

Rohkesti on õunamahlas happetolerantseid baktereid, eriti *Acetomonase* liike, kuid piimhappebaktereid on nende seas vähe. Siidri valmimisel on olulisteks õunhapet piimhappeks kääritavateks mikroobideks eelkõige *Leuconostoc mesenteroidese* ja *Lactobacillus collinoidese* tüved. Väga harva võtab sellest osa ka *Pediococcus cerevisiae*. Traditsioonilisel siidrivalmistamisel käivitub piimhappelise käärimise faas enamasti alles poole aas-

ta möödumisel siidrivalmistamise algusest, siis kui keskkonna temperatuur on tõusnud umbes 15 °C-ni. Samuti hilineb see käärimise faas kontrollitud tehnoloogia kasutamisel, sest loodusliku mikrofloora elutegevuse allasurumiseks rakendatav vääveldioksiid surub pikaks ajaks maha ka piimhappeliset käärimist tekitavad bakterid, eriti need, mida kasvatatakse laboratoorsete kultuuridena.

Käärimine

Värskelt pressitud mahla võib kohe käärima panna. Selleks on vaja kinnist mahutit, mis välistab õhuhapniku ligipääsu ja alkoholi edasise käärimise äädikhappeks.

Traditsioonilisel siidrivalmistamisel võidakse kääritamiseks rakendada ka puidust mahuteid või tünne, mille eeliseks on puidu võime teatud määral läbi seina „hingata“. See omakorda soodustab mikroaereerimist ja selle tulemusel moodustuvate meeldivate maitsenüansside teket. Tänapäeval ollakse siiski ka traditsioonilisel tootmisel üha enam siirdumas roostevabast terasest mahutite kasutamisele. Naturaalne käärimine ehk fermentatsioon käivitub 1-5 päeva möödudes mahla pressimisest ja seda iseloomustab süsihappegaasi mullikeste üha intensiivsem kogunemine mahla pinnale ja vahu teke.

Nähtava käärimise ilmnemise aeg sõltub eelkõige alkoholi kääritavate mikroobide sisaldusest ja nende elutegevust soodustavate tingimuste olemasolust. Kui pärmirakkude sisaldus ühes grammis pressitavates õuntes on 5 x 104 ja temperatuur ületab 10 °C, siis võib käärimine käivituda juba mõne tunni jooksul. Naturaalse käärimise algul domineerivad *Hanseniaspora* spp., *Metschnikowia pulcherrima* ja *Kloeckera apiculata*. Neist viimase puudumisel ei avaldu naturaalsele siidrile tüüpilist maitse- ja lõhnapaletti. Seda ei esine ka kontrollitud tehnoloogia kasutamisel juhul, kui *K. apiculata* pärm juuretise koostisse ei kuulu. Mõne päeva möödudes areneb kõige intensiivsemalt juba *Sacchamomyces bayanus* ja kui alkoholisisaldus

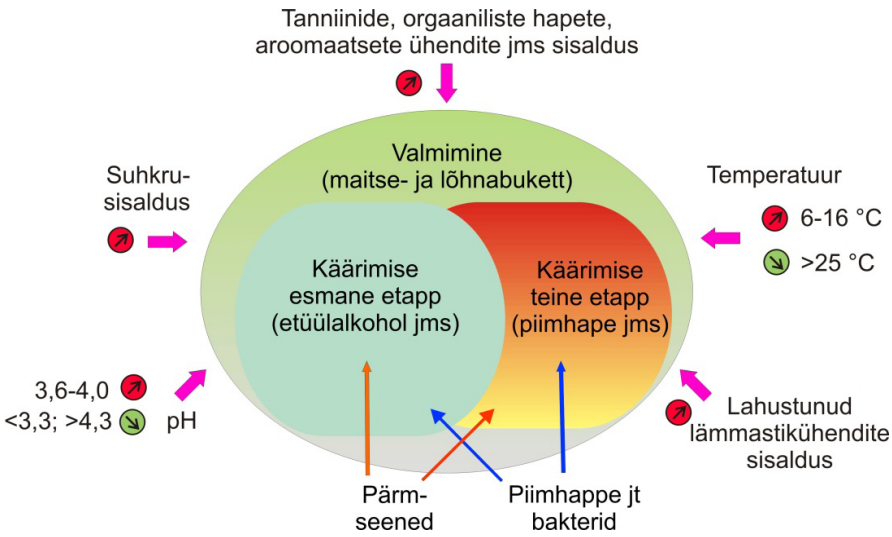
tõuseb üle 2%, siis käärimise lõpupoole muutub domineerivaks pärmiks *Saccharomyces uvarum* või *S. cerevisiae* ehk nn pagaripärm.

Umbes kuu või paari möödudes alkoholikäärimine lakkab (käärimise kestvus oleneb seejuures paljudest teguritest – temperatuurist, mahla koostisest, eriti suhkrusisaldusest, kääritavatest mikroobidest jne). Käärimise lõppedes lastakse pärmirakkudel mõnda aega settida, misjärel siider eemaldatakse puhtasse mahutisse, kus sel lastakse vähemalt 5 kuud valmida.

Üldjuhul käivitub valmimisel käärimise teine (piimhappeline) etapp, mille käigus mahlas olevast õunhappest tekib piimhappebakterite elutegevuse tulemusel piimhape. Õunhappe dekarboksüleerimisega kaasneb ka süsihappegaasi eraldumine (vt ka joonis 2). Siidri happesus väheneb ning selle maitse ja lõhn muutuvad vähem teravaks. Samuti toimuvad siis ka mitmed muud biokeemilised muutused, mis annavad siidrile omapärase maitse ja aroomi. Kokkuvõtlikult on siidri käärimise etappe ja valmimist mõjutavad olulisimad tegurid esitatud **joonisel 6.35**. Soodsalt mõjuvad käärimisele suhkru, lämmastikühendite, tanniinide, orgaaniliste hapete ja aromaatsete ühendite suurem sisaldus, suhteliselt madal temperatuur (6-16 °C) ning pH vahemik 3,6-4,0. Vältima peaks happesust, mille korral pH<3,3 või pH>4,3 ning üle 25 °C ulatuvat temperatuuri.

Suurtootmisel mahl kääritatakse kultuurpärmiga ning siis tuleb naturaalsed pärmid mahlas kas hävitada või nende kasv maha suruda. Üldjuhul kasutatakse toiduainetööstuses naturaalse ja võõrmikrofloora hävitamiseks kuumtöötlust (näiteks 70-80 °C temperatuuriga pastöriseerimist). See moodus siidrivalmistamiseks aga hästi ei sobi, sest siis toode valmimise käigus ei selgine ja jääb hägusaks. Samuti võib toote hilisemal säilitamisel tekkida pakendisse sade, mille põhjus on biokeemiline. Nimelt inaktiveeritakse kuumtöötlusega õunamahlas leiduvad ensüümid (pektiinesteraasid), mis siidrivalmistamise käigus lõhustavad hägusust tekitavaid pektiine.

Loodusliku mikrofloora allasurumiseks on seega otstarbekas kasutada pastöriseerimise asemel vääveldioksiidi, mida saadakse seda tekitavate



Joonis 6.35. Siidri käärimist ja valmimist mõjutavad tegurid

ühendite (näiteks naatrium- või kaalium-metadisulfiidide, sulfiidide, jne) vajalikus koguses lisamisega mahlale. Neist eralduv vääveldioksiid hävitab looduslikud pärmid ja bakterid ilma, et kannataksid mahla maitse- ja lõhnaomadused. Vajalik vääveldioksiidi kontsentratsioon sõltub mahla aktiivhappesusest: pH vahemikus 3,0 – 3,3 peab see olema 75 ppm, vahemikus 3,3 – 3,5 on vaja 100 ppm ja 3,5 – 3,8 150 ppm.

Arvestada tuleb aga sellega, pressimisele ei satuks liigselt mädanenud ja plekilisi õunu, sest siis kandub mahla selliseid aineid, mis neutraliseerivad vääveldioksiidi antimikroobse toime. Lisaks mikroobide elutegevuse allasurumisele mõjub vääveldioksiid antiosküdandina, mis tagab siidrile puhtamad maitse- ja lõhnaomadused. Samas tuleb aga mainida, et naturaalsete siidrite korral seda ei peetagi sageli eeliseks, sest siidri maitse muutub siis magusamaks ja sageli kaob ka õunapõhine lõhnapalett.

Pärast 1-2 ööpäevast sulfiididega töötlemist, lisatakse mahlale mõni veinipärmi puhaskultuur või juuretis, milles domineerivateks pärmideks on *Saccharomyces uvarum* ja *Saccharomyces bayanus*. Selleks valmistatakse kuivast veinipärmist väiksemas koguses soojendatud õunamahlas suspensioon, mis seejärel segatakse korralikult mahlaga.

Suurtes siidritööstustes on kultuurpärmi kasutamine üldlevinud. Sellega vähendatakse suurte partiide ebaõnnestumise riski ja tagatakse ühtlase kvaliteediga toode. Sulfiidide lisamisele on kehtestatud riigiti erinevad piirnormid ning nende täpsema doseerimise võimaldamiseks toodetakse veini ja siidri kodu- ning väiketootjate jaoks vastavaid tablette (Inglismaal näiteks *Campden*-tabletid).

Nii kodusel valmistamisel kui suurtootmisel eemaldatakse pärast alkoholikäärimise lõppemist sademelt toorsiider kas ümbervalamise (joonis 6.36) või tsentrifuugimisega või mõlemat tegevust kombineerides. Pärast seda paigutatakse toorsiider valmismistankidesse, kus sellel lastakse madalal temperatuuril 0,5-1,5 aastat valmida.

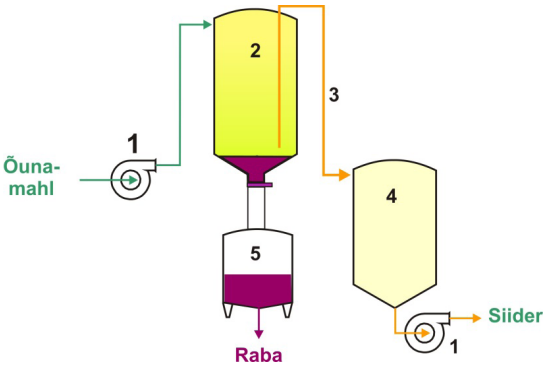
Stabiilse maitse- ja lõhnaomaduste tagamiseks suurtootmisel, segatakse valminud siidripartiisid enne villimist vajalikus vahekorras kokku. Seejuures kasutakse tavaliselt erineva valmimisastmega tegusid. Pärast maitse- ja lõhnaomaduste sellist timmimist, segu selitatakse tsentrifuugimise või filtreerimisega, seejärel kas steriliseeritakse või kõrgpastöriseeritakse ning karboniseeritakse. Paljudel juhtudel lisatakse toote mikrobioloogiliseks stabiliseerimiseks ka vääveldioksiidi.

Villimiseks kasutatav taara valitakse vastavalt otstarbele ja siidri liigile. Massiliselt toodetav laiatarbesiider villitakse sageli plekkpurkidesse või plastiktaarasse aseptilises keskkonnas. Nn margisiidrite puhul kasutatakse aga eelkõige klaaspudeleid. Tugevalt karboniseeritud naturaalseid siidrid turustatakse nagu vahuveinigi, spetsiaalselt korgitud pudelites.

Siidri fermenteerimisel ja valmimisel toimuvad muutused

Olenemata sellest, kas siidrit valmistatakse tradistsioonilise või kontrollitud tehnoloogiaga, on käärimisel ja valmimisel toimuvad muutused põhiolemuselt sarnased. Siidri käärimise jälgimiseks on mugav kasutada kääriva mahla tiheduse mõõtmist kas areomeetri või teadaoleva mahu kaalumisega.

Joonis 6.36. Toorsiidri eemaldamine (dekanteerimine) käärituspanuma settekihilt sifooni abil (1 – pumbad, 2 – käärituspahuti, 3 – sifoon, 4 – valmimise mahuti, 5 – kääritusspära mahuti)



Kuna mahla tihedust suurendav suhkur käärib veest kergemaks etüülalkoholiks, siis käärimise käigus tihedus pidevalt väheneb. Seda mõjutab omakorda ka süsihappegaasi sisalduse suurenemine. Õunamahla tihedus jääb käärimise algul vahemikku 1,050-1,047 g/ml, pärast esimest päeva 1,037-1,020, neljanda päeva järel 1,020-1,010 ja alkoholikäärimise lõpuks saavutab vee tiheduse (1,000 mg/ml) või väheneb veidi alla selle.

Lisaks alkoholisisaldusele suureneb pärmidega kääritamise käigus mõningal määral ka happesus. Seda tingib täiendav õunhappe teke. Samuti tekib alkoholikäritusel mõningal määral ka glukoon-, piim- ja suktsiinhapet. Käärimisega kaasneb veel kõrgemate alkoholide teke, mida tuntakse puskariõlidena. Need on ebasoovitavad ühendid näiteks õlle ja viina tootmisel, kuid siidri lõhna- ja maitseomaduste kujundamisel omavad positiivset rolli. Puskariõlide sisaldus sõltub seejuures kasutatavast pärmitüübist, kuid seda mõjutavad tugevalt ka õunasordid ja kääritustingimused. Enim oleneb see pärmitüübist ja rohkem tekib puskariõlisid siis, kui pH ja vees lahutuvate lämmastikühendite sisaldus on madal. Puskariõlide sisaldust vähendab mahla käärimiseelne aereerimine. Ka vääveldioksiidi kasutamine ja mahla selitamine (näiteks tsentrifuugimisega) enne kääritust vähendavad puskariõlide sisaldust.

Alkoholikäärimise lõppfaasis eraldub pärmidest siidrisse lämmastikühendeid (aminohappeid ja peptiide), mitmesuguseid fosforühendeid ja vitamiine, eriti pantoteenhapet ning riboflaviini. Need ühendid ja vitamiinid on olulised toitained, käivitamaks bakteriaalset õunhappe käärimist piimhappeks. Traditsioonilisel siidrivalmistamisel toimub see üljuhul pärast al-

koholikäärimise lõppemist, enamasti alles hiliskevadel või varasuvel siis, kui temperatuur on tõusnud 15-16 °C-ni. Lisaks piimhappele ja süsihappegaasile tekib siis teatud hulgal ka siidri aroomi- ja maitsebuketti olulisel määral mõjutavaid kviin- ja šikiimhapet. Piimhappelise käärimise kulgu määrab suuresti keskkonna pH. Mida lähemal on pH väärtusele 3, seda enam lükkub selle kääritusfaasi käivitumine hilisemaks. Kui selle väärtus jääb 3,6 lähedale, moodustub enam piimhapet ja vähem suktsiinhapet. Kõrgemate pH väärtustel on suktsiinhappe moodustumine intensiivsem ja alates väärtusest 4,8 tekib peaaegu eranditult suktsiinhapet.

Lühikokkuvõte koduse siidri valmistamisest

Kodusel siidrivalmistamisel tuleks esmalt otsustada, kas lähtuda traditsioonilisest või kontrollitud kääritusviisist. Traditsioonilisel käivitub käärimine looduslike mikroobitüvede (pärmide ja piimhappebakterite) abil ning vältida tuleks loodusliku mikrofloora kahjustamist. Kontrollitud kääritusel kultuurpärmide ja -bakteritega on eesmärk aga vastupidine: looduslik mikrofloora tuleb hävitada või elutegevus tugevalt alla suruda ning vajalikud mikroobid istutada (inokuleerida) kääritatavasse mahla. Enamlevinud moodus selleks on mahla töötlemine vääveldioksiidi eraldavate ainetega, sest kuumtöötlus muudab siidri hägusaks. Seejuures peab tagama istutatud mikrofloora kasvuks vajalikud tingimused (temperatuuri, happesuse, toitainete sisalduse jms). Tavaliselt saab sellekohast teavet mikroobikultuure hankides. Looduslike mikroobidega kääritamist viiakse enamasti läbi loomulikes tingimustes (näiteks keldris), mida mõjutab mh väline ilmastik.

Kääritusviisi valikust sõltub teatud määral ka õunte kogumine ja pressimine. Looduslikuks kääritamiseks sobiliku õunamahla saamiseks võiks vähemasti osa hästi küpsenud õunu olla kogutud puude alt. Soovitavalt võiksid õunad pärineda aiast, mille puid pole õunakahjurite ja haiguste vastu pritsitud, sest neil võib sobilik looduslik mikrofloora puududa. Õunte pesemist enne pressimist tuleks samuti vältida, sest sellega pestaks õunakoorelt maha ka looduslikud pärmirakud. Puhastamiseks võib neilt mustuse püh-

kida näiteks kuiva ja puhta lapi või majapidamispaberiga. Tugevalt vigastatud ja juba mädanenud õunu pole mõistlik mahlaks pressida. See rikub naturaalse siidri maitse ja takistab ka kultuurmikrofloora kasutamist, sest ei võimalda looduslike mikroobide elutegevust vääveldioksiidiga peatada. Kui kiiret pole, siis võib õuntest mädanenud ja tugevasti vigastatud kohad enne purustamist välja lõigata. Osa traditsioonilise siidri valmistajatest ei loe vigastatud kohtade eemaldamist vajalikuks, pigem peetakse neid käärimist soodustavaks teguriks. Küll aga soovitavad nad õuntel lasta enne pressimist mõnda aega seismisel valmida. Valmimisel suureneb õuntes suhkrusisaldus ja see aitab kaasa ka naturaalse mikrofloora kasvule. Oluline on veel õunasortide valik. Kõige sobilikum mahl saadakse magusate, hapude ja kibekate (metsikute) õunte segu pressimisel. Kõiki neid võiks seejuures olla võrdsetes kogustes.

Mahla valmistamiseks saab kasutada kõikvõimalikke mahlapresse. Mõneliitriste koguste korral aitab köögiseadmest, kuid kümnetesse või sadadesse liitritesse ulatuvate koguste saamiseks tasub mõelda tootlikumate vahenditele või vastava teenuse kasutamisele. Õunte eelnev purustamine võimaldab mahla saagist oluliselt suurendada. Pärast purustamist aga tuleb tekkinud pulp võimalikult ruttu mahlaks pressida, sest viljaliha hakkab õhuga kokkupuutel väga kiiresti oksüdeeruma, muutub värvilt pruunikaks ning rikub valmistatava siidri värvuse. Looduslike mikroobidega kääritatava mahla valmistamisel tasub ikka ja jälle arvestada sellega, et õunapurusti, mahlapress jm selleks vajalikud vahendid on ka olulised mikroobide allikad. Vältida tuleks hallitusseentega saastunud seadmestiku kasutamist, kuid kasutamiste vaheaegadel seda ülemäära desinfitseerida pole samuti mõtet. Aitab veega pesemisest ja korralikust kuivatamisest.

Käärituse õnnestumiseks on oluline, et õunamahl oleks sobiliku happesuse ja suhkrusisaldusega. Happesust saab edukalt reguleerida õige õunasortide valikuga, suurendades hapude õunte osakaalu juhul, kui õunamahla pH on liiga kõrge (ületab 4,0). Happesuse vähendamiseks peab aga vähendama hapude õunte osa mahla pressimisel. Kui mahl on liiga hapu

(pH väärtus jääb 3,5 madalamaks), siis võidakse mahlale lisada happesust alandavat lisandit, milleks üldjuhul kasutatakse jahvatatud kriiti. Suhkrusisaldust kajastab küllalt hästi tihedus, mis siidrikõlbulikul puhtal mahlal peaks olema vähemalt 1,047 g/ml. Mahla tihedust aitab tõsta magusate õunte osakaalu suurendamine pressitavas toormes. Osa siidrivalmistajaid kasutab selleks täiendava suhkru lisamist, kusjuures kõlbavad kõik jaekaubanduses müüdavad suhkrud: sahharoos (roo- või peedisuhkur), fruktoos (puuviljasuhkur) ja glükoos (viinamarjasuhkur). Mahla tiheduse suurendamiseks 0,001 g/ml võrra, tuleb lisada 0,37 g suhkrut liitri kohta. Lisatav suhkur on soovitatav eelnevalt lahustada väiksemas koguses mahlas. Seejuures ei tohiks suhkru lahustamise kiirendamiseks mahla kuumutada, muidu võib siidrile tekkida ebasoovitav küpestatud õuna maitse ja lõhn. Mahla kiiremaks selitamiseks võidakse kasutada pektiinesteraasi (pektiini lõhustavat ensüümi).

Pärast ettevalmistavaid protseduure tuleb õunamahl paigutada kääritusnõusse, mis täidetakse võimalikult ääreni ja varustatakse vesilukuga (nn mulksujaga). Nähtava käärimise alguseni võib kuluda veidi aega, sõltuvalt sellest, kui suur on mahlas pärmirakkude sisaldus. Nende aktiveerumiseks võib kuluda päevi, kuid hästi valminud õuntest pressitud mahl võib käärima minna ka ühe ööpäeva jooksul või isegi tundidega. Oluline on, et temperatuur ei langeks väga madalale (alla 8 °C).

Lääne-Euroopa traditsioonilistes siidritaludes lastakse mahlal üldjuhul käärida välistemperatuuriga varjualustes. Kultuurpärmiga kääritamisel tuleb aga looduslike pärmide elutegevuse allasurumiseks õunamahla 1-2 ööpäeva jooksul töödelda vääveldioksiidiga. Alles siis lisatakse sellele kultuurpärmi (veinipärmi) suspensioon.

Käärimise ajal on mõistlik mõõta perioodiliselt kääriva mahla tihedust, mis hakkab pidevalt vähenema ja käärimise lõpuks saavutab ligikaudu vee tihedusele vastava väärtuse (1,000 g/ml). Vajadusel kasutatakse käärimise lõpetamiseks vääveldioksiidiga töötlemist. Kui siidri soovitud tihedus on saavutatud, eemaldatakse see kääritusnõust sademe kohale ulatuva sifooni-

ga, mille kaudu lastakse siidril voolata valmimismahutisse ja jäetakse see suhteliselt madalale temperatuurile seisma. Eesti oludes on sobivaks valmimisruumiks majakelder või jahe tuba. Hiliskevade saabudes, kui siidri temperatuur tõuseb 14-15 °C-ni, algab selles õunhappe käärimine piimhappeks, mille tulemusena siidri terav maitse maheneb. Järelkäärimise käigus saab siidri maitset vajadusel teravdada, sellele õunhappe või muude orgaaniliste hapete lisamisega. Valminud naturaalse siidri näitajad on esitatud **tabelis 6.7**.

Enne villimist võidakse siidrit täiendavalt karboniseerida, lisades selle rõhu all olevat süsihappegaasi. Naturaalse karboniseerimise käivitamiseks võib kasutada vähese koguse suhkru või kontsentreeritud magusa õunamahla lisamist. Sellega taaselustatakse alkoholikäärimine, mille käigus tekkiv süsihappegaas lahustub siidris. Pudeli avamisel see eraldub peente mullikestena, tekitades meeldivalt värske suuaistingu. Naturaalsel karboniseerimisel on täiendavaks suhkruvajaduseks umbes 0,5 teelusikatäit ühe 0,75 liitrise pudeli kohta.

Tabel 6.7. Naturaalselt kääritatud siidri näitajate keskmised väärtused

Tihedus g/ml	pH	Etanool %	Piimhape %	Suktsiinhape %	Õunhape %
1,0	3,7	4,3	0,44	0,06	0,05

6.2.4. VEINITEHNOLOOGIA

Veinitehnoloogial on mitmeid ühisjooni siidritehnoloogiaga. Mõlemas neis kääritatakse alkoholiks toorme mahlas leiduvaid suhkruid ning paljude veinide puhul toimub ka piimhappeline käärimine. Samas on nendevahelised erinevused siiski suured, mis eelkõige tulenevad viinamarjadest, nende töötlemise ja veini valmimisega seotud erisustest. Kahjuks ei võimalda käesoleva õpiku maht neid pikemalt käsitleda ning piirduda tuleb lühiülevaate esitamisega. Seda puudust saab aga korvata veinide valmistamist käsitleva rohke kirjanduse abil.

Veini toodetakse vaid viinamarjamahlast. Muudest puuviljadest ja marjadest saadavat analoogset jooki nimetatakse vastava toorme nimetuse

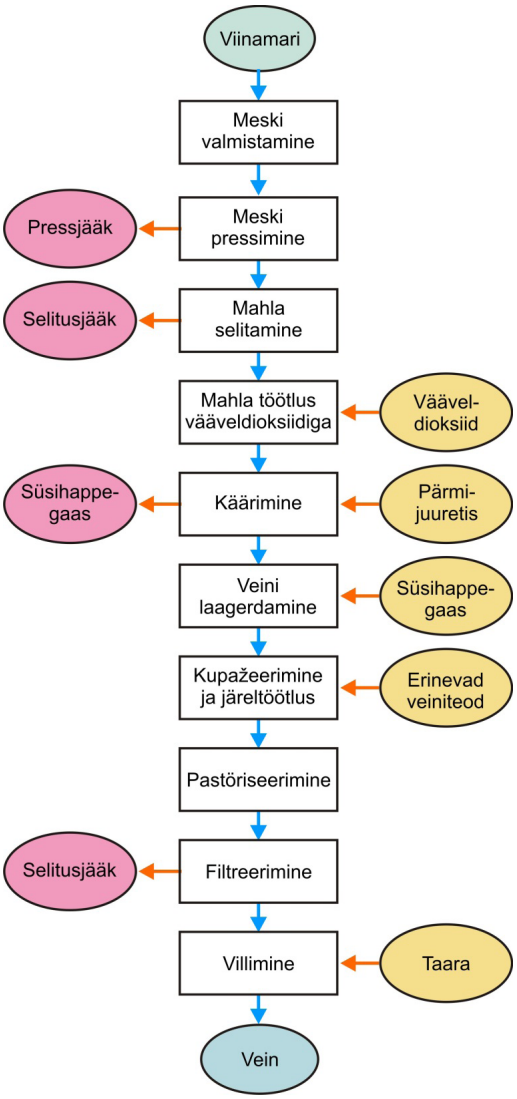
järgi (näiteks õunavein, sõstravein jne). Värvuse põhjal jaotatakse veine punasteks ja valgeteks. Veini värvuse määravad antotsüaanid ja värvilised tanniinid, mis sisalduvad eelkõige viinamarja kestas. Punaste veinide valmistamisel lastakse nende ühendite ekstraheerimiseks viinamarjade kestadel olla kontaktis kääritatava mahlaga. Kui seda ei tehta, saadakse ka punastest viinamarjadest valge vein. Turustatavaid veine tuntakse eelkõige viinamarjasortide järgi. Ülemaailmse tunnustuse on punastest viinamarjaliikidest saavutanud näiteks Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah jt. Tuntud valged veiniviinamarjad on Sauvignon Blanc, Chardonnay, Riesling jne. Veinimahla pressitakse küpsetest viinamarjadest, mis peavad vastama teatud näitajatele (**tabel 6.8.**).

Eristatakse margiveine, mis valmistatakse ühest kindlast veiniteost ja kupaaživeine, mis segatakse kokku erinevatest veiniliikidest. Ordinaarseteks veinideks on need, millistel ei lasta laagerduda. Nende vastandiks on margiveinid, mida laagerdatakse pikema aja (aastate) jooksul. Vastavalt sellele, kui suur on käärimata jäänud suhkrujääk, klassifitseeritakse veine kuivadeks, poolkuivadeks, poolmagusateks ja magusateks. Veinivalmistamise kõige üldisem tehnoloogiline skeem on toodud **joonisel 6.37**.

Protsesside rida algab viinamarjakestade purustamisest ja selle tulemusena tekkiva pulbi pressimisest. Pressimisel saadav mahl selitatakse temperatuuril 10-12 °C. Naturaalse mikrofloora hävitamiseks töödeldakse selitatud mahla vääveldioksiidiga (75-120 mg/l). Seejärel mahl kääritatakse vastavate veinipärmidega (lisades mahlale ca 2% pärmisuspensiooni), mille tulemusena saadakse toorvein (nimetatakse ka nooreks veiniks).

Tabel 6.8. Veinivalmistamiseks kasutatavate viinamarjade küpsuse kriteeriumid

Veinitüüp	Suhkrusisaldus, °Brix	pH	Tiitritav happesus g/l
Valge vein	19-22	3,0-3,3	7,5-9,0
Punane vein	22-24	3,3-3,6	7,5-9,0
Portvein	≥24	3,8	6,0



Joonis 6.37. Veinitehnoloogia üldskeem

Käärimine jaguneb seejuures nn vaikseks, intensiivseks ja lõppfaasiks. Käärimisel tekib lisaks etüülalkoholile ja süsihappegaasile ka mitmesuguseid kõrvalsaadusi (aldehüüde, orgaanilisi happeid, glütserooli, puskariõlisid jms), mis oluliselt mõjutavad veini maitse- ja lõhnapaletti. Toorveini edasine töötlus sisaldab laagerdamist (mille käigus kujuneb välja liigitüüpiline maitse ja lõhn), kupažeerimist seguveinide valmistamisel, järeltöötlust metalliioonide jt ühendite eemaldamiseks. Seejärel toimub veini mikrobioloogiliseks stabiliseerimine pastöriseerimise või vääveldioksiidi abil ja filtreerimine, misjärel toode villitakse.

Tehnoloogias tuleb sooritada täiendavaid operatsioone siis, kui toodetakse eriveine. Kangete veinide puhul on erisuseks veinist destilleeritud alkoholi lisamine kanguse suurendamiseks. Nende tuntuimaks näideteks on portugali päritolu portveini erinevad liigid. Maitsestatud veinidele lisatakse vastavaid lõhna- ja maitseessentse. Erinevad maitse- ja lõhnapaletid tekivad veinidele ka närvutuse ja mikrobioloogiliste protsesside toimumisel viinamarjades. Sellise veini näiteks on ungari päritolu tokai. Vahuveinide puhul rakendatakse täiendavat järelkäärimist, lisades selleks veinile vastava koguse suhkrut. Uuesti käivitunud käärimisel

eralduv süsihappegaas karboniseerib veini ja muudab selle pudelilt korgi eemaldamisel vahutavaks.

6.2.5. Kangete alkohoolsete jookide tehnoloogia

Kangetes alkohoolsetes jookides jääb alkoholisisaldus enamasti 40% lähedusse. Nende näideteks on brändi, konjak, viski, rumm, mitmesugused viinad. Selliste jookide valmistamise tehnoloogias on põhiprotsessiks kääritatud materjalist või lahjadest alkohoolsetest jookidest etüülalkoholi destilleerimist. Konjaki, õunaviina (*calvadosi*), viski valmistamiseks destilleeritakse alkohol vastavalt viinamarjaveinist, siidrist ja õllest. Nende jookide eripäraks on pikaajaline valmimine tammest, saarest või pöögist vaatides, millest tekib tootele omane maitse- ja lõhnabukett. Valmimise kestvus ja sellest tulenevad organoleptilised omadused muudavad need joogid märgatavalt hinnalisemaks.

Rummi, viinamarjaviina (*grappa*), ploomiviina (*slivovets*, *palinka*) jne valmistamisel kääritatakse suhkruroo, viinamarja-, ploomi- või muude puuviljade mahla pressjääke ning destilleeritakse neist alkohol. Viina tootmiseks kasutatakse toormena toidupiiritust ja vee omavahelist segamist kindlas vahekorras.

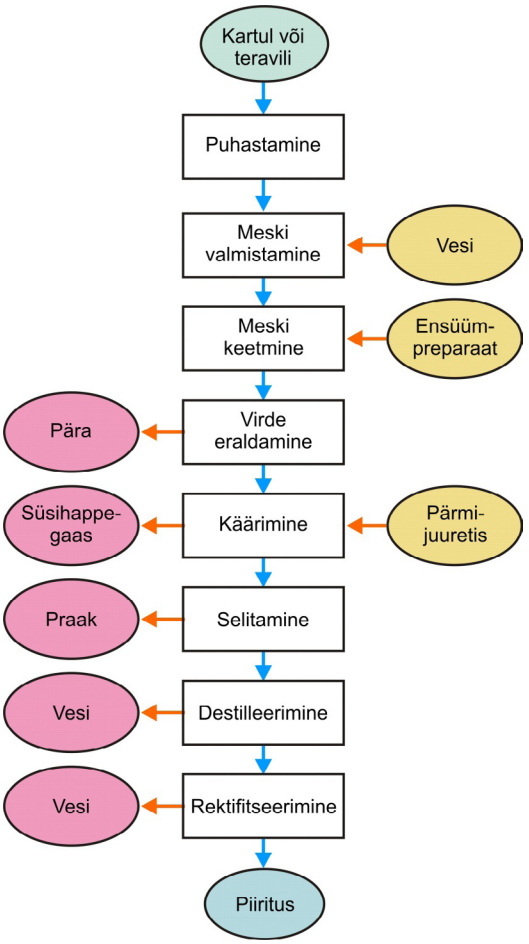
Piiritust kasutatakse peale alkohoolsete jookide valmistamise veel kaunis ulatuslikult meditsiinis desinfitseeriva vahendina, tööstuses lahusti ja ühendite sünteesi toormena ja paljudes muudes majandusharudes. Seetõttu on piirituse järele ka küllalt suur nõudlus kogu maailmas. Toidupiirituse valmistamine oli omal ajal ka Eestis väga levinud. Seejuures kasutati toormena eelkõige kartulit ja teravilja (eriti otra).

6.2.5.1. Piiritus

Etüülpiiritust toodetakse kas mikrobioloogiliselt (kääritamisega) või keemiliselt etüleeni hüdratatsiooni teel. Toiduvaldkonnas on lubatud kasutada vaid toidutoormest mikrobioloogiliselt toodetud piiritust. Seejuures

kasutatakse toormena põhiliselt tärkliserikast tooret (teravilja, kartulit jne). Kartulist on piirituse väljatulek üldjuhul suurem kui teraviljast.

Kartulist ja teraviljast piiritusevalmistamise tehnoloogia üldistav skeem on esitatud **joonisel 6.38**. Tooraine vastuvõtu järel kartul pestakse, teravili puhastatakse lisanditest. Järgneb peenestamine, mille järgselt kartuli osakeste suurus ei tohi ületada 3 mm, teravili aga peab olema jahvatatud ja sõelutud alla 1 mm osakesteks. Peenestatud toore segatakse seejärel veega: kartul vahekorras 0,2-0,5 liitrit vett ühe kilogrammi kartuli kohta, kilogrammile teraviljale lisatakse aga 2,5-3,5 l vett. Saadud meski soojendatakse 40 °C ning seejärel keedetakse.



Joonis 6.38. Piiritusetootmise tehnoloogiline üldskeem

Meski keetmine viiakse läbi mitmes etapis keedukatlas või pidevtoimelises liinis, mille eri seadmetes on võimalik muuta nii temperatuuri kui rõhku. Meskile lisatakse enne keetmist ensüüme sisaldavat preparaati või 5-6% või odralinnaste meskist eraldi valmistatud virret. Keetmise esimese etapi jooksul toimub 55-60 °C temperatuuril tärklise kliisterdamine ning järgnevatel etappidel tärklise suhkrustamine ja ensüümide inaktiveerimine. Keetmisel toimuvad biokeemilised protsessid on üldjoontes samad, mis õllelinnaste meskimisel. Suhkrustamise tulemusel tärklis muundatakse umbes 70% ulatuses

maltoosiks ja 30% ulatuses dekstriinideks. Keetmisele järgneb virde eraldamine, jahutamine ja kääritus. Kääritusek suunatakse virre spetsiaalsesse kääritustanki, kuhu lisatakse ka pärmikultuur (juuretise suspensioon). Käärituse moodustub keetmisel tekkinud suhkrutest (eelkõige maltoosist) etüülalkohol ja süsihappegaas ning kõrvalsaadustena mõningal määral metüülalkoholi, puskariõlisid jms. Umbes kolm ööpäeva jooksul tarvitatakse ära virdes olev suhkur ning siis käärimine lakkab.

Värskelt käärinud virde vedel faas sisaldab 80-90% vett ja 5-9% etüülalkoholi. See eraldatakse tahkest pärmi ja muust massist ning suunatakse destilleerimisele. Destillaatoris toimub keetmine, mille käigus lenduvad ühendid fraktsioneeruvad vastavalt keemistemperatuuridele. Esmalt lenduvad madala keemistemperatuuriga ühendid (näiteks metüülalkohol), seejärel etüülalkohol. Eraldunud aurud veeldatakse jahutamisega. Piiritusetööstustes kasutatakse alkoholi ersaldamiseks ja gaasilise faasi veeldamiseks kompleksseid ja mitmeastmelisi destilleerimise seadmeid, millest väljuv toorpiiritus sisaldab kuni 88% etüülalkoholi. See puhastatakse jääkidest ning kontsentreeritakse nn rektifitseeritud piirituseks, mille etüülalkoholi sisaldus on 98%.

Piiritusetootmise põhilisteks kõrvalsaaduseks on praak, mida töödeldakse loomasöödaks ja süsihappegaas, millest valmistatakse näiteks süsihappejääd.

Kontrollküsimused

Missugune on tööstuslikult toodetavate jookide üldlevinud klassifikatsioon?
Iseloomusta alkoholivabade jookide üldist tehnoloogiat.
Mis on kupaaž ja kuidas seda valmistatakse?
Missugused on mineraliseeritud ja karboniseeritud vee tootmise tehnoloogilised operatsioonid?
Missugused on õlle valmistamise põhilised toorained?
Missugune on tumeda ja heleda õlle valmistamise põhiline erinevus?
Kuidas mõjutab vee karedus õlle valmistamist?
Iseloomusta linnaseodra töötlemise etappe.
Milleks on õlletootmiseks vaja linnastamist?
Mis on meskimine ja missugused saadused tekkivad selle tulemusena?
Missugused on meskimise üldlevinud etapid ja režiimid ning mis nende ajal toimub tärklise, valkude ja ensüümidega?
Kirjelda virde järeltöötluse operatsioone.
Kuidas mõjutab humal õlle koostist ja kvaliteeti?
Kirjelda virde kääritamist, selle tüüpe ja faase.
Iseloomusta õlle järeltöötlemise etappe.
Missugust tooret kasutatakse siidritehnoloogias?
Missugused on siidrivalmistamise põhiprotsessid?
Iseloomusta siidrivalmistamisel toimuvat käärimist, seda põhjustavaid mikroobe ja etappe.
Missugused on siidrivalmistamise tehnoloogilised etapid?
Millised peavad olema siidrivalmistamiseks kasutatavad õunad?
Iseloomusta siidriõunte suhkru- ja tanniinisisaldust ning happesust.
Kirjelda õunamahla valmistamise vahendeid ja suurtootmises kasutatavat tehnoloogiat.
Kirjelda siidri käärimist ja valmimist mõjutavaid tegureid.
Millised on kontrollitud ja traditsioonilise siidritehnoloogia põhilised erinevused?

Kuidas reguleeritakse siidrivalmistamisel mikroobide elutegevust?
Missugused muutused toimuvad siidri fermenteerimisel ja valmimisel?
Missugused on veinitehnoloogia põhilised operatsioonid?
Kirjelda veinide üldist klassifikatsiooni.
Milleks on vajalik veini, siidri ja õlle mikrobioloogilist stabiliseerimist ja kuidas seda tehakse?
Kirjelda kangete alkohoolsete jookide üldist jaotust.
Iseloomusta toidupiirituse tootmiseks kasutatavat tooret.
Missugused on piiritusetehnoloogia põhilised operatsioonid?



6.3. Taimsete toiduõlide ja –rasvade tehnoloogia

Väino Poikalainen

Vilma Tatar

Taimsed toiduõlid ja –rasvad on taimedest ekstraheeritud triatsüülglütseroolide segud. Taimseteks toiduõlideks nimetatakse õlisid, mis toatemperatuuril on vedelas olekus, taimseteks rasvadeks aga õlisid, mis toatemperatuuril on tahked. Taimseid toiduõlisid klassifitseeritakse tooraine, füüsikalis-keemiliste omaduste, kasutusotstarbe, töötlusviisi ja mitmete muude tegurite järgi. Toorme poolest on Eestis enim tuntud toiduõlideks rapsiõli, oliiviõli, maapähkliõli, päevalilleõli, sojaõli. Kuid müügil on ka mitmesuguseid vähemtuntud õlisid. Tööstuslikult toodetakse Eestis rapsiõli (Scanola Baltic AS) ja vähesel määral ka muid eestimaisel toormel põhinevaid õlisid (näiteks linaseemneõli).

Töötlusviisi järgi eristatakse eelkõige külm- ja kuumpressitud toiduõlisid ning rafineeritud ja rafineerimata õlisid. See jaotus tuleneb tootmistehnoloogias kasutatud pressimis- ja puhastusmeetodite kasutamisest või mittekasutamisest. Sageli õlisid ka märgistatakse töötlusviisi järgi. Samas ei kata see märgistus kõiki töötlusviise ega kirjelda neid üheselt tehnoloogilise mõistetavuse seisukohast.

Füüsikalis-keemiliste omaduste poolest eristatakse toiduõlisid enamasti õlide küllastamata rasvhapete sisalduse (eriti Ω-rasvhapete sisaldus) järgi. Selle määrab kasutatava toorme liik. Monoküllastamata rasvhapete poolest on rikkad oliivi- (ca 75%) ja rapsiõli (ca 65%). Polüküllastamata rasvhappeid on rohkesti päevalille-, maisi- ja sojaõlis (neist linoleenhapet ka rapsi- ja sojaõlis).

Kasutusotstarbe järgi jagunevad toiduõlid kahte suuremasse klassi: praadimis- ja salatiõlid. Müüdava õli pakendil on siis ka vastav märge. Praadimisõlil on, võrreldes salatiõliga, suurem kuumakindlus (suitsemistäpp). Salatiõlid on sageli toodetud külmpressmeetodil ja rafineerimata, kuid praadimisõlid rafineeritud. Salati- ja praadimisõlide oluline erinevus

seisneb ka küllastatud rasvhapete sisalduses. Praadimisõlides on hüdrogeenimise või toorme valikuga vähendatud küllastamata rasvhapete sisaldust. Salatiõlides on küllastamata rasvhappeid märgatavalt enam.

Taimeõlide märgistusi (tähistusi) töötlemisviisi järgi:

- **Desodoreeritud (D) õli *Deodorized*** (D) – vaakumkambris kuumtöödeldud õli, millest on eemaldatud vabad rasvhapped koos lõhnaainetega. Selle tulemusena saadakse tuimamaitseline õli.
- **Ekspellerpressitud *Expeller Pressed* õli** – ainult pressimisega (mehaanilise ekstraheerimisega) peenestatud toormest või meskist eraldatud õli.
- **Integreeritud (I) õlisegu *Integrated (I) Mix*** – õlisegu, mis saadakse ekspellerpressimise ja keemilise (heksaaniga) ekstraheerimisega.
- **Vinteriseeritud (W) õli *Winterized (W)*** – külmfiltreerimisel eemaldatakse kristalliseerunud vahad ja steariinid, mis tekitavad jahutatud õlides hägusust.
- **Külmpressitud (CP) *Cold Pressed (CP)* õli** – alla 50 °C temperatuuril ainult pressimisega (mehaanilise ekstraheerimisega) või tsentrifuugimisega meskist eraldatud õli.
- **Pleegitatud maheõli (OGB) *Organic Bleach (OGB)*** – hapestamata aktiivfiltritega puhastatud maheõli, mille tulemusel eemaldatakse õlist värvipigmendid ja osa lõhnaainetest.
- **Pleegitatud (B) õli *Bleached (B)*** – hapestatud aktiivfiltritega puhastatud õli, millest on kõrvaldatud värvipigmendid ja osa lõhnaainetest.
- **Rafineerimata õli *Unrefined Oil*** – rohkete maitsenüanssidega filtreeritud õli, mida pole rafineeritud, pleegitatud ega desodoreeritud.

- **Rafineeritud õli *Refined Oil*** – maitse- ja värvainetest puhastatud (salati)õli.
- **Rafineeritud (R) õli *Refined (R)*** – leelisega rafineeritud õli, mille tulemusena toorõlist eemaldatakse kummivaigud, rasvavaba kuivaine ja happelised pigmendid.

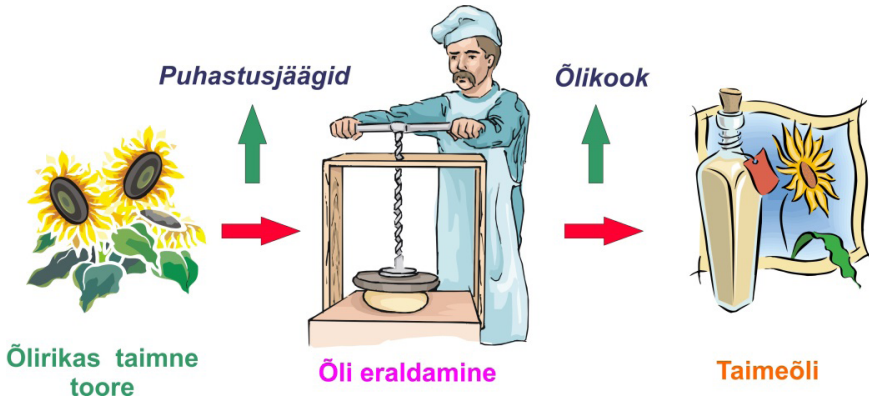
6.3.1. Toiduõli valmistamise etapid ja põhiprotsessid

Kuna õlisid valmistatakse väga erinevatest toorainetest, siis võib ka nende tootmise tehnoloogia suures ulatuses erineda. Sellele vaatamata on tootmistehnoloogilised põhiprotsessid oma olemuselt sarnased ja nende eesmärgiks on eelkõige õli eraldamine toormest, mille käigus tekib teatud koguses ka kõrvalsaadusi: toorme puhastusjääke, õlikooki jm sellist. Viimaseid saab omakorda kasutada mitmesugustel eesmärkidel. Taimeõlide tehnoloogia põhietapiks on õli eraldamine taimsest materjalist (**joonis 6.39**). Selleks rakendatav põhiprotsess on kas mehhaaniline pressimine või ekstraheerimine orgaanilise lahustiga.

Toiduõli valmistamise tootmistehnoloogilised operatsioonid jagunevad kolme põhietappi:

1) toorme puhastamine ja eeltöötlemine;
2) õli eraldamine toormest;
3) toorõli puhastamine lisanditest.

Töödeldavaid õliseemneid säilitatakse laos madalal temperatuuril (enamasti alla 12 °C), sest kõrge temperatuur soodustab rasvade lipolüüsi ja oksüdatsiooni. Seemnehoidlat tuleb korralikult õhutada, et vältida ülemäärast niiskumist. Hoidlast suunatakse materjal eeltöötlemisele. Toorme eeltöötlemise operatsioonid nii külmpress- kui kuumpressõli tootmisel on üldiselt samad. Seemnete eeltöötlemise põhietapid on kestatustamine, puhastamine, eelsoojendus, peenestamine või muljumine ja kuumpressõli valmistamisel ka hüdrotermiline töötlemine.



Joonis 6.39. Toiduõli valmistamise etapid (joonis: V. Poikalainen).

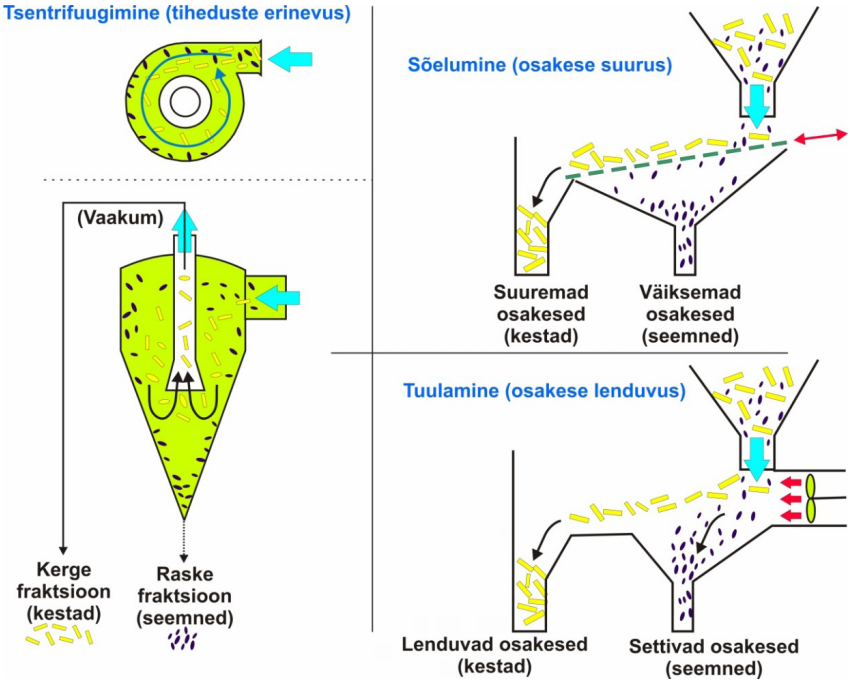
Toorme eeltöötlemine

Kui toormeks on seemned, siis nende puhastamiseks kasutatakse enamasti sõelumist, tuulamist või tsentrifuugimist. Sõelumisel eraldatakse jäätmed (koored, aganad jms) osakeste suuruse ja kuju järgi, tuulamisel lenduvuse ja tsentrifuugimisel erikaalude alusel.

Kestatustamisel eemaldatakse seemnekestad (seda tehakse eelkõige pähklite ja päevalilleseemnetega). Kestad sisaldavad rohkesti ensüüme ja nende sattumine õlisse vähendab selle kvaliteeti. Kestatustamiseks rakendatakse mitmesuguse konstruktsiooniga masinaid, kus kest purustatakse muljumise või seemnete suunamisega suurel kiirusel vastavate löögipindade vastu. Eraldatud kestad ja muu prügi lahutatakse seemnetest sõelumise, tuulamise või tsentrifuugimisega (**joonis 6.40**).

Tsentrifugaaljõuga puhastamisel pannakse seemnete ja kestade segu kinnises mahutis pöörlema. Suurema tihedusega seemned paiskuvad vastu mahuti seina ja langevad selle põhja. Kergemad jäävad ringlema ning liiguvad koos õhuga seadmest välja. Tsüklonites tekitatakse tsentrifugaaljõud segu tangentsiaalse sisseimemise või puhumisega. Aktiivseparaatorites tekitatakse pöörlemine enamasti vastava tiivikuga.

Sõelumisel suunatakse seemnete ja kestade segu vibreerivale kaldselt paiknevale sõelale. Selle avadest läbi langevad seemned kogunevad sõe-



Joonis 6.40. Kestade seemnetuumadest eraldamise meetodid (joonis: V. Poikalainen).

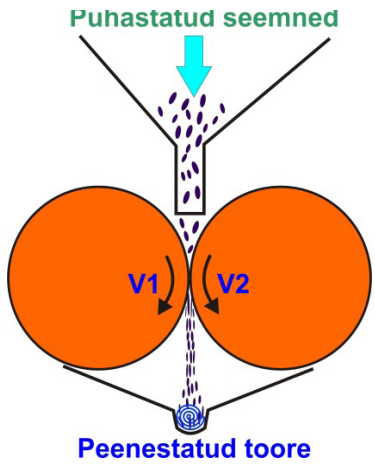
la all olevasse mahutisse. Suuremate mõõtmetega kestad aga jäävad sõela pinnale ja liiguvad kaldselt sõela otsmise servani, kust langevad kestade mahutisse.

Tuulamisel kasutatakse seemnete eraldamiseks seemnete ja kestade erinevaid aerodünaamilisi omadusi – lenduvust. Selleks puistatakse separeeritav segu külgselt suunatud õhuvoolu. Kuna kestad lenduvad paremini, siis kannab õhuvool need puistekohast kaugemale. Vähem lenduvad seemned aga langevad peaaegu otse alla ja satuvad puistamiskoha läheduses paiknevasse kogumispunkrisse.

Sageli kasutatakse kirjeldatud eraldusviise kombineeritult ühes seadmes või siis järjestikku ühendatud individuaalseadmetes, mis moodustavad ühtse töötlemise liini.

Õliviljadel, mille õlirikas viljakeha sisaldab kõva tuuma (näiteks oliivid), kuulub eeltöötluse juurde ka tuumade eemaldamine viljakehast.

Puhastamise järel tehakse seemnetele tavaliselt **eelsoojendus**, mille jooksul enne peenestamist tõstetakse nende temperatuuri (30-40 °C). Selle eesmärgiks on purusti jõudluse suurendamine ja teatud määral ka järgneva õlieralduse parandamine. Eelsoojendamist tehakse kas kuuma õhu või auruga läbi vastava soojusvaheti seina. **Purustis** või **muljumisseadmes** destabiliseeritakse mehhaaniliselt seemnete struktuur selleks, et parandada õlieraldust. Purustis seemned peenestatakse lõikamise, hõõrdumise või löökide abil. See seade töötab sarnaselt teraviljaveskitele (kuul- haamer- jm veskid). Peenestamisel vigastatakse taimerakkude seinu, mis soodustab edasist õli eraldamist ja õlikoogi moodustumist pressimisel. Samuti soodustab see ekstraheerimisel kasutatava lahusti tungimist rakustruktuuridesse ja seal õlipiisakeste lahustamist. Muljumisseadmed koosnevad kahest paralleelsest ja vastassuundades pöörlevast valtside paarist, mille vahele seemned suunatakse (**joonis 6.41**).



Joonis 6.41. Õliseemnete muljumine valtsidega.

Enamasti on valtside pöörlemiskiirused veidi erinevad, et lisaks seemnete muljumisele toimuks ka nende rebimine. Peenestatud või muljutud seemnemass kogutakse enamasti peenestusseadme all paiknevasse kogurisse, kust transporditakse konveieri või tigutransportööriga järgmisse tehnoloogilisse seadmesse.

6.3.2. KÜLMPRESSÕLI TEHNOLOOGIA

Õli eraldamine

Õli eraldamise traditsiooniline meetod on **pressimine**. Pressimisel rakendatakse peenestatud toormele või meskile tugevat survet, mille tulemusena selle piisakesed surutakse toorme rakulistest struktuuridest välja pideva õlifaasina. Pressimisel muundub pressile rakendatav mehhaaniline

energia soojuseks, mis tõstab ka pressist väljutatava õli temperatuuri. Õli **külmpressimisel** ei tohi temperatuur ületada **49 °C**. Temperatuuri piiramiseks, tuleb kasutada jahutatavaid presse.

Pressimisel eralduv õli kogus sõltub, lisaks pressimise moodusele (külm- või kuumpressimine), veel pressi tüübist (kruvi-, tigu- või muu press), toorme õlisisaldusest ja toorme liigist. Erinevad toormed annavad välja neis sisalduvast õlist vaid osa. Kui see ulatub 60-70%, siis on tegu juba hea tulemusega.

Ajalooliselt vanimad pressid on **kruvipressid**, mis on ühtlasi lihtsa ehitusega ja tsüklilise toimega (vt ka joonis 1). Neis tekitatakse surve vintkruvi keeramisega vastu surveplaati, mille alla pressitav materjal paigutatakse. Nüüdseks on need jäänud kasutusse vaid üliväikeste tootmismahtude (näiteks kodutootmise) korral. Väga mitmekesistest pressidest eelistatakse õlitööstustes pidevtoimelisi **tigupresse**, milles pressimine toimub perforeeritud või ribidega varustatud silindris pöörleva teo poolt.

Külmpressimise saagis on kuumpressimise omast märgatavalt väiksem. Samas aga hinnatakse **külmpressitud õlisid** kõrgemalt ja need maksavad enam. Seetõttu eraldatakse õli sageli mitmeastmeliselt: esmalt külmpressimisega, selle õlikoogist aga pressitakse täiendavalt õli **kuumpressimise** teel. Pressimiselt saadavat õli nimetatakse toorõliks, mis sisaldab mitmesuguseid tahkeid osiseid.

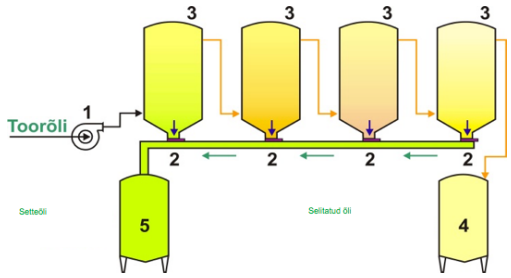
Toorõli puhastamine

Pressimiselt tulev õli sisaldab tahke faasina mitmesuguseid pressmaterjali osiseid, mis halvendavad õli kvaliteeti ja ohustavad selle stabiilsust. Eriti kahjulikud on seemnekesta osistes sisalduvad ensüümid, mis põhjustavad lipolüüsi ja rääsumist.

Samuti segavad need osised õlitöötluse edasisi protsesse ja võivad ummistada seadmeid. Puhastamise kõige lihtsamaks protsessiks on setitamine, mille käigus lastakse tahketel osakestel õlist setitusanuma põhjale

sadeneda. Selleks, et setitamist muuta pidevaks protsessiks, kasutatakse mitmeastmelist setitussüsteemi (**joonis 6.42**).

Nii näiteks, neljamahutilises setitussüsteemis suunatakse pressimiselt tulev toorõli esimesse setitusmahutisse, kus lastakse eralduda jämehõljel. Setitatud õli omakorda juhitakse pinnakihist teise setitusanuma põhjale. Selle pinnakihist aga juhitakse selginenud õli järgmise anuma põhjale. Selginenud õlikihi korduva ülevooluga saadakse teatud aja möödudes neljanda anuma pinnakihist juba suhteliselt puhas õli. Anumate põhja kogunenud sete koos jääkõliga eemaldatakse anumate põhjas olevate väljutusklappide kaudu settemagistraali ja sealt setteosakestega setteõli mahutisse. Puhastunud õli aga suunatakse peenpuhastuse filtritesse, puhastustsentrifuugi või villimisele.

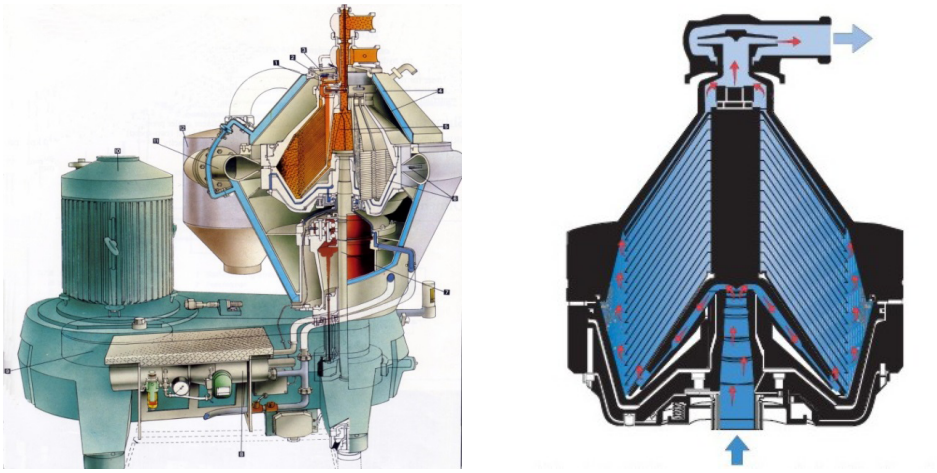


Joonis 6.42. Neljaastmelise setitussüsteemi skeem: 1 – pump, 2 – setteõli väljutusklapid, 3 – setitusmahutid, 4 – setitatud õli mahuti, 5 – setteõli mahuti

Tsentrifuugimine põhineb samadel füüsikalistel alustel nagu setitaminegi: tahke ja õlifaasi tiheduste erinevusel. Matemaatiliselt kirjeldab settimisprotsessi *Stokes*'i valem.

Erinevuseks setitamise ja tsentrifuugimise vahel on Maa raskuskiirenduse mõju asendamine tsentrifugaalkiirendusega, mis tsentrifuugis suurendab setitamiskiirust sadu või isegi tuhandeid kordi. Pöörlevas trumlis paisatakse õlist raskemad (tahked) osakesed tsentrifuugi perifeersesse **setteruumi** (slammiruumi), samas kui tsentrifuugi keskossa koguneb selitatud (puhastatud) õli, kui väiksema tihedusega ainefaas.

Tsentrifuugi on sisse ehitatud kanalid selitatud õli ja sette pidevaks eemaldamiseks (**joonis 6.43**). Joonisel parempoolsesse separaatorisse juhitakse puhastatav õli alt, õõnsa võlli kaudu. See liigub trumlis olevate kooniliste taldrikute vahele, kus pöörlemiskiiruse mõjul eemaldatakse tahked

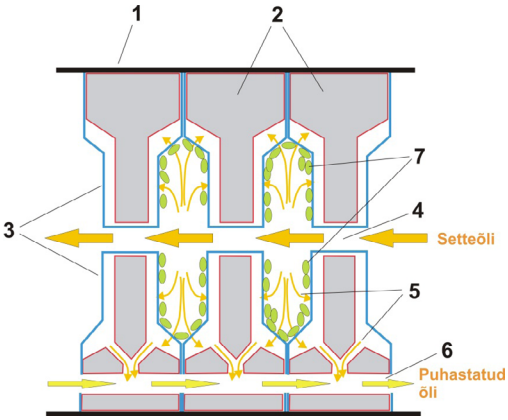


Joonis 6.43. Selitusseparaatori ehitus (vasakul) ja separeerimise põhimõte (paremal)

(suurema tihedusega) osakesed. Õli liigub taldrikute vahel trumli keskele ja eraldub separaatori ülaosas paikneva surveketta mõjul.

Separaatori perifeersesse ruumi kogunevad tahked osakesed eraldatakse sealt perioodiliselt vastava väljutussüsteemi kaudu. Vedelike puhastamiseks mõeldud separaatoreid nimetatakse puhastus- ehk selitusseparaatoriteks. Lisaks vertikaalsetele puhastusseparaatoritele võivad tsentrifuugid olla ka horisontaalsed. Nende ehitus on vertikaalsetest separaatoritest mõnevõrra erinev ja neid nimetatakse dekanteriteks. Dekanterid sobivad eriti hästi ka tahke jämefraktsiooni eemaldamiseks õlidest.

Filtreerimine. Filtrite abil toimub õlide puhastamine nende voolamisel või surumisel läbi vastava poorsusega materjali. Pooride suurus määrab ka õlist eraldatavate osakeste mõõtmed. Filterseadmed võivad olla väga erineva ehitusega. Eristatakse kamber- ja plaatfiltreid (**joonis 6.44**), kottfiltreid, pressfiltreid jne. Olenevalt filtri ava suurusest jaotatakse neid veel tava-, mikro-, ultra-, nanofiltriteks. Viimased kaks on mõeldud üliväikeste osakeste eraldamiseks kõrge surve toimel ja neid tavaliselt õlide esmaseks puhastamiseks ei kasutata. Plaatfiltrid koosnevad paralleelselt paiknevatest filterplaatidest ja nende vahele pingutatud filtreerivast materjalist. Filterplaadid paiknevad filtri korpuses pakettidena, mis on kokku monteeritud



Joonis 6.44. Plaatfiltri tööpõhimõte: 1 – filterseadme raam, 2 – filterplaadid, 3 – filtreeriv materjal, 4 – filtreeritava õli sisestuskanal, 5 – õlivool läbi filtreeriva materjali, 6 – filterseadme väljutuskanal, 7 – õlist filtreeritavad osakesed (filterkook) (joonis: V. Poikalainen).

vastavate tõmmitsatega. Õlist eraldatud filtraat moodustab plaatfiltri plaadisüvendites filterkoogi.

Puhastamata õli suunatakse filterseadmesse esiküljelt plaadi keskpunkti läbiva ava kaudu, mis kokkusurumisel tõmmitsatega moodustavad paketti läbiva kanali. Filterplaatide pealispinnad on eenduvad, et tagada filtraadi (õli) äravoolu. Filtraat eraldub seadmest pideva vooluna, plaatidevaheliste rennide ja väljutuskanali kaudu. Filterkook eemaldatakse tsükliliselt, filterseadet perioodiliselt tühjendades. Osadel seadmetest toimub tühjendus automaatselt.

Villimine ja pakkimine

Hapnik, valgus, temperatuur ja raskemetallid mõjutavad oluliselt toiduõli kvaliteeti. Neid tegureid tuleb arvestada villimismaterjali valikul. Katsed päevalilleõliga näitasid, et pudelitesse villitud toiduõli jätmine pooleks päevaks valguse kätte vähendas nende säilivusaega poole võrra. Samuti tuleb jälgida sulgemissüsteemi õhukindlust ning pudelisse jäävat õhuruumi. Toiduõli soovitatakse villida tumedatesse klaaspudelitesse. Klaas tõkestab hapnikumolekulide tungimise pudelisse, aeglustades sellega polüküllastumata rasvhapete autooksüdatsiooni õlis. Kusjuures läbipaistev klaas ei kaitse õli oksüdatsiooniprotsesside eest oluliselt. Roheline, tume klaas aga seevastu kaitseb õli valguse eest lainepikkusel 300-500 nm ning sellega pikeneb oluliselt õli säilivusaeg. Klaas ja metall on ainukesed pakkematerjalid, mis kaitsevad õli niiskuse ja gaaside eest.

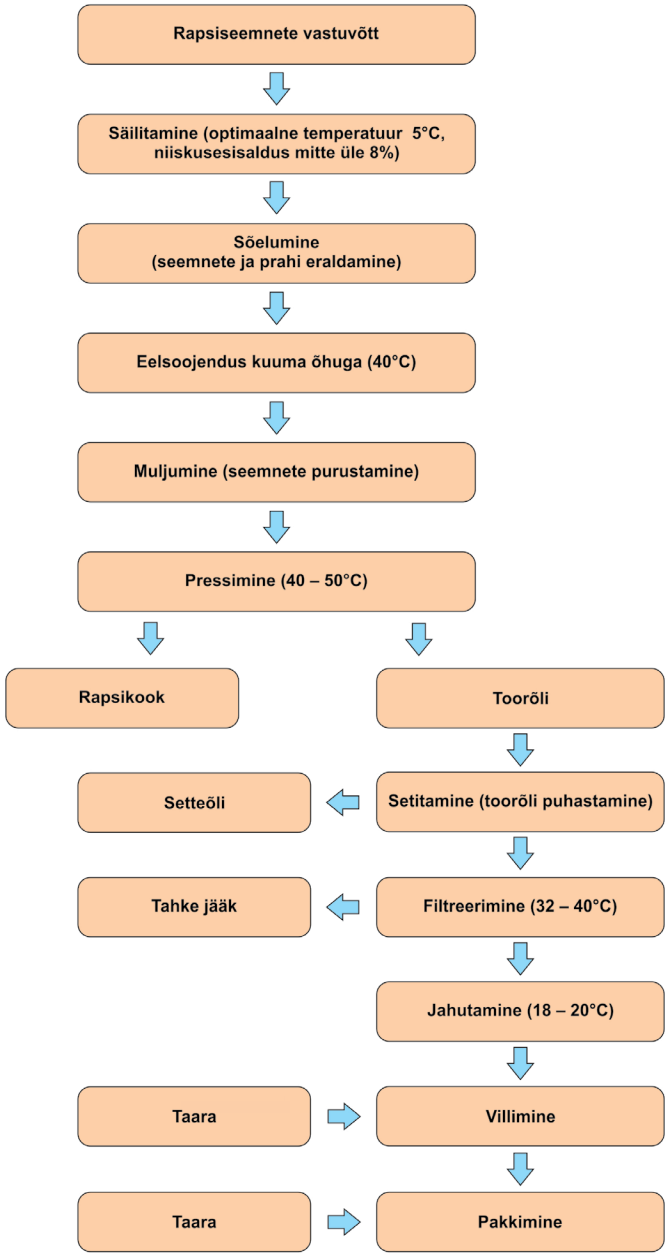
Sageli villitakse toiduõlid ja –rasvad veel metallkonteineritesse, mis on valmistatud tinutatud plekist või alumiiniumist. Seda tehakse tavaliselt tööstuslikul eesmärgil, tarbijapakendina tavaliselt metalli ei kasutata. Tänapäeval kasutatakse kuumpressitud õli ja rafineeritud õli pakendamiseks sageli ka plastpakendit ja kartongpakendit. Plastpakendi eeliseks on madal hind ja väike pakendi kaal. Polümeeride liigid, mis on sobivad õli pakendamiseks, on PET, HDPE ja PVC. Plastikpakendit on otstarbekas kasutada lühemate realiseerimisaegade puhul.

Esmalt pööratakse liinil pudelid põhjaga üles poole, et eemaldada võimalikud tahked osakesed (näiteks klaasikillud) pudelitest. Seejärel liiguvad pudelid uuesti mööda lintkonveierit doseerimissüsteemi, kus dosaator doseerib täpse koguse ning villib toiduõli pudelitesse. Toiduõli temperatuur villimise hetkel on umbes 20 ℃. Täidetud pudelid liiguvad uuesti mööda lintkonveierit korkimissõlme, kus pudelid suletakse hermeetiliselt alumiiniumist keeratavate korkidega. Seejärel suunatakse pudelid mööda linttransportööri etikettimismasinasse, kus etikettimislabad kleebivad pudelitele etiketid. Pudelid paigutatakse vaheseintega pappkastidesse. Külmpressõli valmistamise tehnoloogiline protsess on kujutatud **joonisel 6.45**.

6.3.3. KUUMPRESSÕLI TEHNOLOOGIA

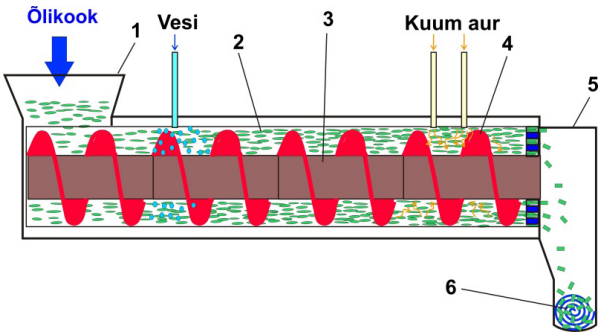
Toorme hüdrotermiline töötlemine

Toorme eeltöötlemine kuumpressitud õli valmistamisel on sama nagu külmpressõli valmistamisel. Enne pressimist või ekstraheerimist kasutatakse muljutud toorme **hüdrotermilist töötlemist**. Hüdrotermilise töötlemise puhul peenestatud toormesse juhitakse kuuma vett või auru, millega suurendatakse materjali temperatuuri õlieralduseks vajaliku tasemeni (näiteks 70-85 °C). Peenestatud või muljutud ja seejärel hüdrotermiliselt töödeldud seemnemassi nimetatakse **meskiks**. **Hüdrotermilist töötlust** teostatakse kuumutis e. ekspanderis. **Ekspander** kujutab endast kinnist termoisolatsiooniga varustatud silindrit, milles pöörleb teovõll (3). Sisestuskolust (1)



Joonis 6.45. Külmpressõli valmistamise tehnoloogiline skeem.

ekspanderisse suunatav õlikook (2) pressitakse teo (4) toimel kokku, kuid mitte nii kõrge survega, mis põhjustaks õli eraldumist (**joonis 6.46**). Pressitava materjali sisse juhitakse vastava otsiku kaudu vett ja silindri tagumises osas veel kuuma auru, mis tõstab materjali veesisaldust 5-7%. Teo surve, vesi ja aur mõjuvad materjalile kobestavalt. Ekspanderist väljumisel surve alaneb ja materjalis olev jääkvesi läheb keema, mis omakorda suurendab väljutuskolusse (5) langeva materjali urbsust. Väljutuskolust suunatakse töödeldud õlikook **ekstraktorisse**.



Joonis 6.46. Ekspanderi põhimõtteskeem: 1 – õlikoogi sisestuskolu, 2 – töödeldava õlikoogi osakesed, 3 – teovõll, 4 – teosamm, 5 – hüdrotermiliselt töödeldud õlikoogi kolu, 6 – õlikoogi väljutustigu (*joonis*: V. Poikalainen).

Hüdrotermilist töötlemist nimetatakse vahel ka peenestatud toorme **konditsioneerimiseks**. Kuumutatud meskist eraldub õli paremini (suureneb õlisaagis) kui kuumutamata materjalist. Samas tuleb arvestada sellega, et külmpressitud õli sisaldab enam bioaktiivseid komponente, on maitse ja aroomi poolest üldjuhul mitmekülgsem ja sobib seetõttu paremini kõrgelt hinnatud salatiõliks. Hüdrotermilisel töötlusel toimub valkude liitumine, mis suurendab saadava meski kleepuvust. Samuti ühinevad siis toorme rakulistes struktuurides peendispergeeritud õlipiisakesed suuremateks ja on seetõttu paremini eraldatavad. Kuumutamisel toimub ka lipolüütiliste ensüümide inaktiveerimine, mis parandab õli säilivust ja tagab selle kvaliteeti. Teatud õlide tootmisel on kuumutamine hädavajalik, et inaktiveerida ka taimses materjalis esinevaid mürgiseid ühendeid. Nii näiteks ei tohi jätta kuumtöötlust tegemata õli tootmisel puuvillaseemnetest. Selle protsessi käigus seotakse kesta mürkained ohututeks valguliste ühendite kompleksideks. Ensüümide ja tervist kahjustavate ühendite inaktiveerimiseks kasutatakse sageli ka eraldi pidevtoimelisi seadmeid, kus meskisse juhitakse

täiendavalt kuuma auru. Kui õli saadakse külmpressimisega, siis võidakse hüdrotermiliselt töödelda pressimisel saadavat õlikooki, mis omakorda kuumpressitakse täiendava õlikoguse saamiseks. Meskit ei tohi ka üle kuumutada. Nii näiteks võib 150-170 °C temperatuur muuta saadava õli kasutuskõlbmatuks.

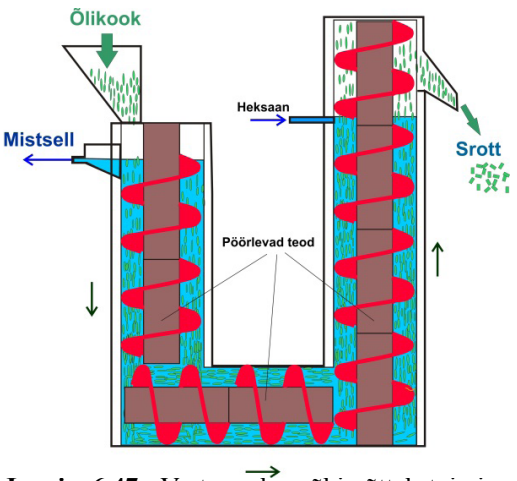
Õli eraldamine

Õli eraldatakse toormest kas pressimise või ekstraheerimisega. **Kuumpressimisel** pole temperatuuri ülempiiri määratud, kuid see võib kergesti tõusta 100 °C lähedale, sest pressi suunatav meski temperatuur on tavaliselt 70-80 °C, millele lisandub pressimisel tekkiv soojus. Kuumpressimise õlikoogis on õlisisaldus **9-17%** ja sellest on omakorda võimalik õli eraldada ekstraheerimisega.

Ekstraheerimisel eraldatakse toormest õli selle lahustamisega orgaanilise lahusti abil. Saadavat õlilahust nimetatakse **mistselliks**. Ekstraheerimisel väheneb materjali õlisisaldus **1-4%**-ni. Üldjuhul kasutatakse lahustina heksaani (ka bensiini), mis on kergesti arustuv ja seetõttu hiljem lahusest uuesti eraldatav destilleerimisega. Ekstraheerimise meetodit kasutatakse suur tootlikkusega õlitehastes, kus sooritatakse ka põhjalikku õli rafineerimist ja modifitseerimist.

Üldiselt peetakse ekstraheeritud toiduõlisid vähemväärtuslikeks kui kuumpressitud õlisid. Neist valmistatakse praadimisõli ja margariini. Rohkesti kasutatakse ekstraheeritud õlisid ka seepide, parfümeeriatoodete valmistamiseks ja mitmesuguseks tehniliseks otstarbeks. Ekstraheerimisele minev toore peab olema urbse tekstuuriga, ja selle taimsete rakkude seinad peavad olema lõhutud. See võimaldab lahustil tungida sügavale toormesse ja sealt lahustunud õli pinnale kanda. Olenevalt toormest ja eelpressimise meetodist sooritatakse ekstraktorisse sisestatavale materjalile vastav eeltöötlus. Ekstraheerimiseks kasutatakse tsükkel- ja pidevtoimelisi **ekstraktoreid**. Viimased omakorda võivad töötada vastu- või pärivoolu põhi-

mõttel. Suurte tootmismahtude korral võidakse kasutada ka spetsiaalseid silmus-ekstraktoreid, milles materjal ja lahusti ringlevad. Enamasti kasutatakse ekstraheerimisel vastuvoolu printsiipi, kus vastavate tigutransportööridega liigutatavale õlikoogile suunatakse vastu voolavat lahustit (**joonis 6.47**). See võte suurendab lahustatava õli hulka, sest vähemküllastunud lahusti puutub esmalt kokku õlikoogiga, millest suur osa õlist on juba välja lahustunud ja protsessist väljuv (õliga enam küllastunud) lahusti satub kokkupuutesse kõrge õlisisaldusega toormega.

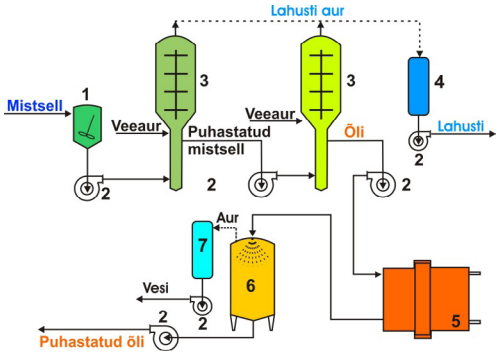


Joonis 6.47. Vastuvoolu põhimõttel toimiva vertikaalse ekstraktori skeem (joonis: V. Poikalainen).

Seadmest väljub õlirikas (25-30% õlisisaldusega) lahus **mistsellina**, millest järeltöötluse käigus lahusti (heksaan) välja destilleeritakse ja taaskasutusse suunatakse. Ekstraktorist väljutatavat tahket materjali nimetatakse **srotiks**, mida pärast lahustijääkide eemaldamist ja täiendavat töötlust saab kasutada loomasöödana. Õlikook sisestatakse ekstraktori sisestuskolonni ülemise sisestuskolu kaudu. Tigu transpordib materjali mistselli sees allapoole, seda ühtlasi mehhaaniliselt segades. Teist vertikaalset kolonni nimetatakse ekstraheerimiskolonniks, mille ülaosast suunatakse liikuvale õlikoogile vastu lahusti. Kolonnides pöörlevad teod on konstrueeritud selliselt, et need küll kannavad õlikoogi osakesi edasi väljutuse suunas, kuid ei pressi neid kokku ühtseks plastiks. Väljutatav srott suunatakse vastava kolu kaudu transportöörile ja sealt edasisele töötlusele, mille käigus kuumutatakse sellest välja lahustijäägid, kuivatatakse ja pressitakse näiteks pelletiteks.

Mistselli **destilleerimisel** tuleb arvestada sellega, et mida enam mistsellist lahustit välja on aurustunud, seda aeglasemaks muutub lahusti eraldumine. Seetõttu kasutatakse mitmeastmelist (näiteks kolmeastmelist)

vaakumaurutust. Aurutisse pumbatud mistselli temperatuuri tõstmiseks suunatakse sellesse kuuma veeauru. See lisab küll mistselli koostisse vett, kuid samas alandab viskoossust ja muudab lahusti aurustumise efektiivsemaks. Auruga lisatud vee eraldamiseks õlist kasutatakse vaakumkuivatust. **Joonisel 6.48** on esitatud mistselli kaheastmelise destilleerimisliini põhimõtteskeem. Ekstraktorist suunatakse mistsell mahutisse (1), kust see pumbatakse destillaatori esimesse astmesse (3), lisades sellele eelnevalt kuuma veeauru. Veeauru soojuse toimel mistsell keeb ja sellest eralduvad lahusti aurud. Eelpuhastatud mistsell pumbatakse seejärel destillaatori teise astmesse (3), lisades temperatuuri tõstmiseks samuti kuuma veeauru.



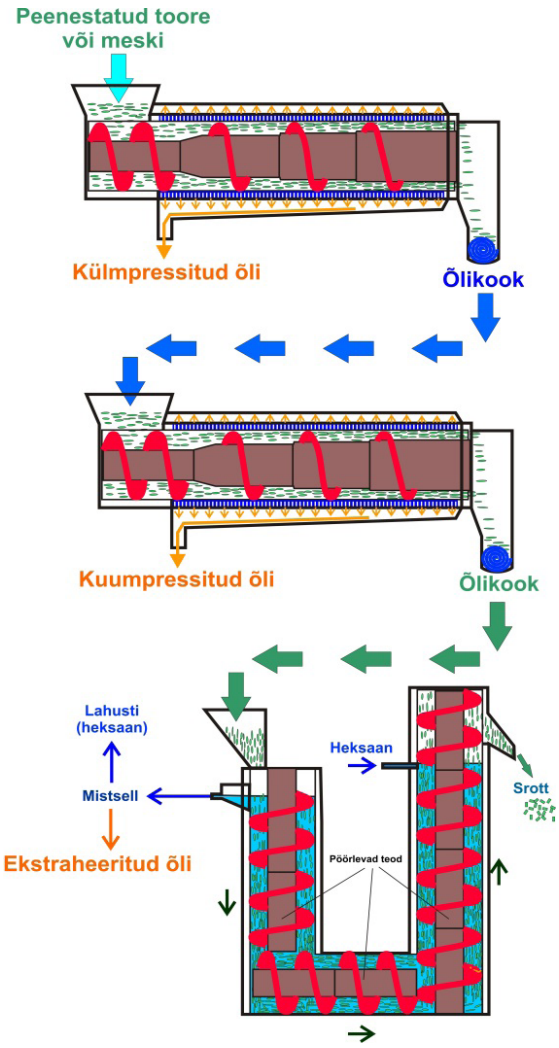
Joonis 6.48. Kaheastmelise destilleerimisega mistselli töötlemisliini lihtsustatud skeem: 1 – mistselli mahuti, 2 – pumbad, 3 – destillator-aurutid, 4 – lahusti kondensaator, 5 – soojusvaheti, 6 – vaakumaparaat, 7 – vee kondensaator (joonis: V. Poikalainen).

Võidakse sooritada veel kolmaski destillatsioon. Destillaatorist väljutatavas õlis on lahusti sisaldus vähenenud ettenähtud piirini (näiteks 25 ppm). Lahusti aurud kondenseeritakse kondensaatoris (4) ja veeldatud lahusti suunatakse taaskasutuseks ekstraktorisse. Õli aga läbib soojusvahetit (5), kus selle temperatuur tõstetakse umbes 90 °C-ni. Kuum õli pihustatakse vaakumkambrisse, kust sellest aurustuvad veejäägid, mis kondenseeritakse kondensaatoriga (7) ja eemaldatakse süsteemist pumba (2) abil. Vee- ja lahustivaba õli aga suunatakse edasisele töötlusele.

Sageli kasutatakse õli eraldamise protsesse järjestikku (**joonis 6.49**). Kõigepealt teostatakse külmpressimine, tekkinud õlikoogist eraldatakse õli kuumpressimise teel ja selle käigus tekkinud õlikoogist eraldatakse õli veel ekstraktoris ekstraheerimise teel.

Toiduõli rafineerimine

Kui õlist eraldatakse ka hägusust põhjustavat peenhõljet, teatud lahustunud lisandeid, värvaineid jms, siis on tegemist **rafineerimisega**, ja selle tulemusena saadud produkti nimetatakse **rafineeritud õliks**. Rafineerimisel puhastatakse õlisid selles lahustunud lõhustumisproduktidest, satelliitainetest, veest jms.



Joonis 6.49. Õli etapiviisiline eraldamine toormest: külpressimine – kuumpressimine – ekstraheerimine (joonis: V. Poikalainen).

Üldlevinud rafineerimine tehnoloogilised protsessid on: **degummeerimine** (eemaldatakse kleepained, letsitiinid), **neutraliseerimine**, **pleegitamine** (värvainete eemaldamine), **desodoreerimine** (lõhnavigade eemaldamine), **kuivatamine** (eemaldatakse liigne vesi) ja **vinteriseerimine** (vahade ja steariinide kristalliseerimine ning filtreerimine) (**tabel 6.9**).

Traditsiooniliselt sooritatakse rafineerimist keemiliste ja füüsikaliste meetodite kombineerimisega pidevtoimelistes liinides, mida on võimalik seadistada õliliigile vastavaks. Toorme, toote ja jääkproduktide transpordiks seadmete vahel kasutatakse torustikke ja pumpasid. Soojusvahetus toimub kas plaat- või torusoojusvahetite abil.

Tabel 6.9. Õlide rafineerimiseks kasutatavad meetodid ja nende mõju substraatainetele.

Substraatained	**Operatsiooni nimetus**	**Keemiline protsess**	**Füüsikaline protsess**
Kleepained (kummivaik), fosfolipiidid	Degummeerimine	Reaktsioon hapetega sadestamiseks	Kuumtöötlus veega ja filtreerimine aktiivfiltritega
Vabad rasvhapped	Neutraliseerimine	Reaktsioon leelisega	Aurustamine
Pigmendid, metallid	Pleegitamine	Reaktsioon pleegitajaga	Pigmentide filtreerimine
Vahad ja steariinid	Vinteriseerimine	Keemiline sadestamine	Kristalliseerimine ja kristallide filtreerimine
Lenduvad ühendid	Desodoreerimine	Reaktsioon leelisega	Aurustamine

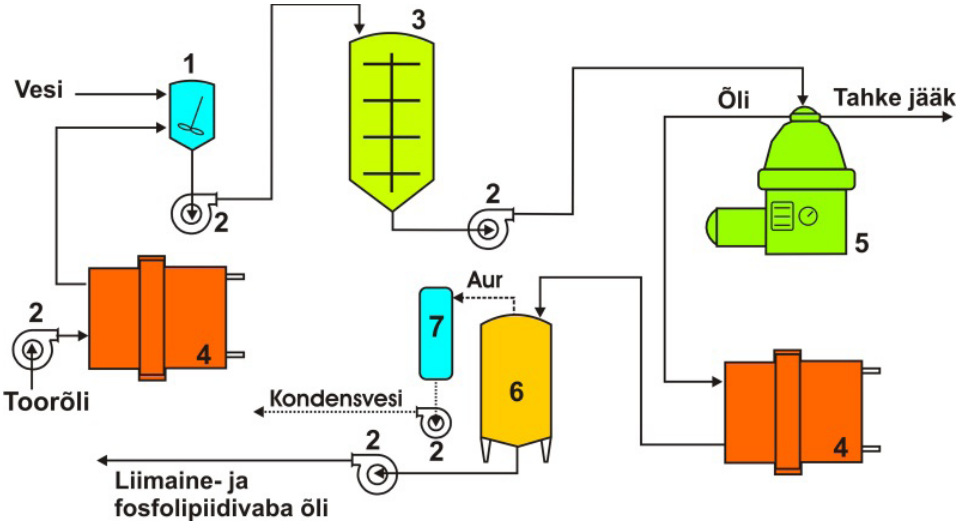
Kummivaikude (liimainete) ja fosfolipiidide sisaldus võib toorõlis ulatuda kuni 2%-ni. Nende füüsikalise **degummeerimise** liini põhimõtteskeem on toodud **joonisel 6.50**.

Selles suunatakse toorõli läbi pumba (2) soojusvahetisse (4), kus see kuumutatakse 85-95℃-ni. Kuum õli segatakse segistis (1) veega ja juhitakse sealt reaktorisse (3). Reaktoris toimub kergesti hüdratiseeritud kummivaigu ja fosfolipiidide sadestumine.

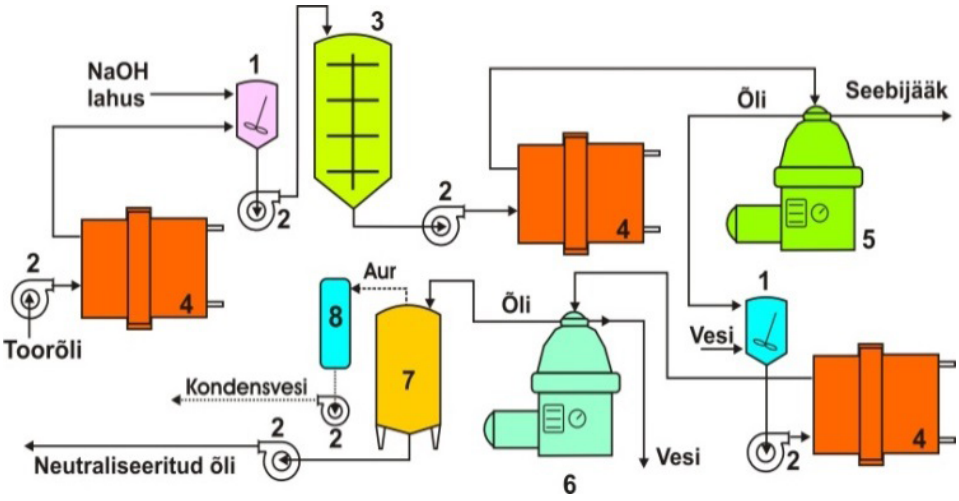
Protsessi käigus lisatakse ka väike kogus ortofosforhapet või sidrunhapet, et mittehüdratiseeritud fosfolipiidid (Ca, Mg soolad) muuta hüdratiseeritud fosfolipiidideks. Sademe eraldamiseks pumbatakse toode reaktorist selitusseparaatorisse (5), kus reaktoris tekkinud sade eraldatakse õlilst. Viimase temperatuuri tõstetakse soojusvahetis (4), kust juhitakse vaakumaparaati (6).

Õli läheb selles oleva alarõhu toimel keema, mille tulemusena eralduvad veejäägid. Eraldatud veeaur kondenseeritakse kondensaatoris (7). Vaakumaparaadist väljutatav õli on liimaine- ja fosfolipiididevaba.

Joonisel 6.51 on esitatud õli **neutraliseerimise** liin. Selles suunatakse toorõli pärast soojusvaheti 4 läbimist kuumalt (40-85℃) segistisse (1), kuhu



Joonis 6.50. Toorõli füüsikalise degummeerimise liini põhimõtteline ehitus: 1 – segisti, 2 – pumbad, 3 – reaktor, 4 – soojusvahetid, 5 – puhastusseparaator, 6 – vaakumaparaat, 7 – kondensaator (joonis: V. Poikalainen).



Joonis 6.51. Õli neutraliseerimisliin: 1– segistid, 2– pumbad, 3– reaktor, 4– soojusvahetid, 5– puhastusseparaator, 6– eraldusseparaator, 7– vaakumaparaat, 8– kondensaator (joonis: V. Poikalainen).

pumbatakse ka vastav kogus naatriumhüdroksiidi lahust. Õli ja leelise segu pumbatakse edasi reaktorisse (3), kus toimub reaktsioon vabade rasvhapete ja naatriumhürdoksiidiga. Reaktsiooni tulemusena tekivad rasvhapete naatriumisoolad, mis sadestuvad seebina. Õli ja seebi segu kuumutatakse soojusvahetis (4) ja selitatakse siis separaatoris (5).

Selitatud õlile lisatakse segistis (1) vesi ning pumbatakse siis kolmandas soojusvahetis kuumutatuna eralduseparaatorisse (6). Vee lisamise ja selle järgneva separeerimisega puhastatakse õli seebijääkidest.

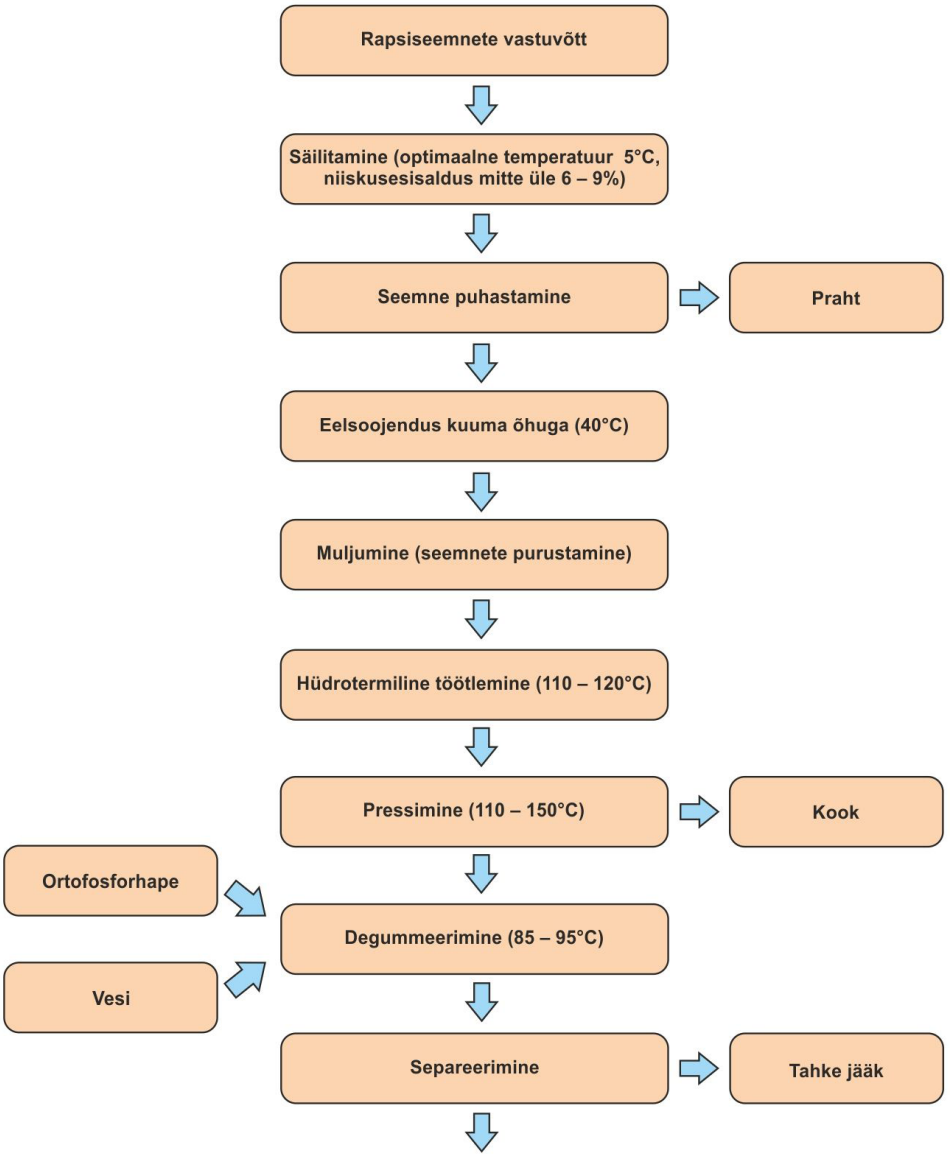
Edasi järgneb õlist veejääkide väljaaurutamine vaakumkambris (7) ja veeauru kondenseerimine kondensaatoris (8). Vaakumkambrist väljutatav õli on neutraalne ega sisalda vabu rasvhappeid. Neutraliseerimise käigus lõhustuvad osaliselt ka õlides olevad pigmendid, mis vähendab ühtlasi edasise pleegitamise vajadust.

Lõhnavead eemaldatakse õlidest põhiliselt **desodoraatoris**. See seade kujutab endast vaakumkambrit, kuhu kuum õli suunatakse 30-60 minutiks. Tänu kõrgele temperatuurile (240-270 °C) aurustuvad seal lõhnaained. Osadel õlidest on põhjalik desodoreerimine äärmiselt vajalik. Nii näiteks lenduvad rapsiõlist kibedad ühendid väga raskesti ja desodoreerimine on rapsiõli rafineerimise üheks tülikamaks ja aeganõudvamaks operatsiooniks.

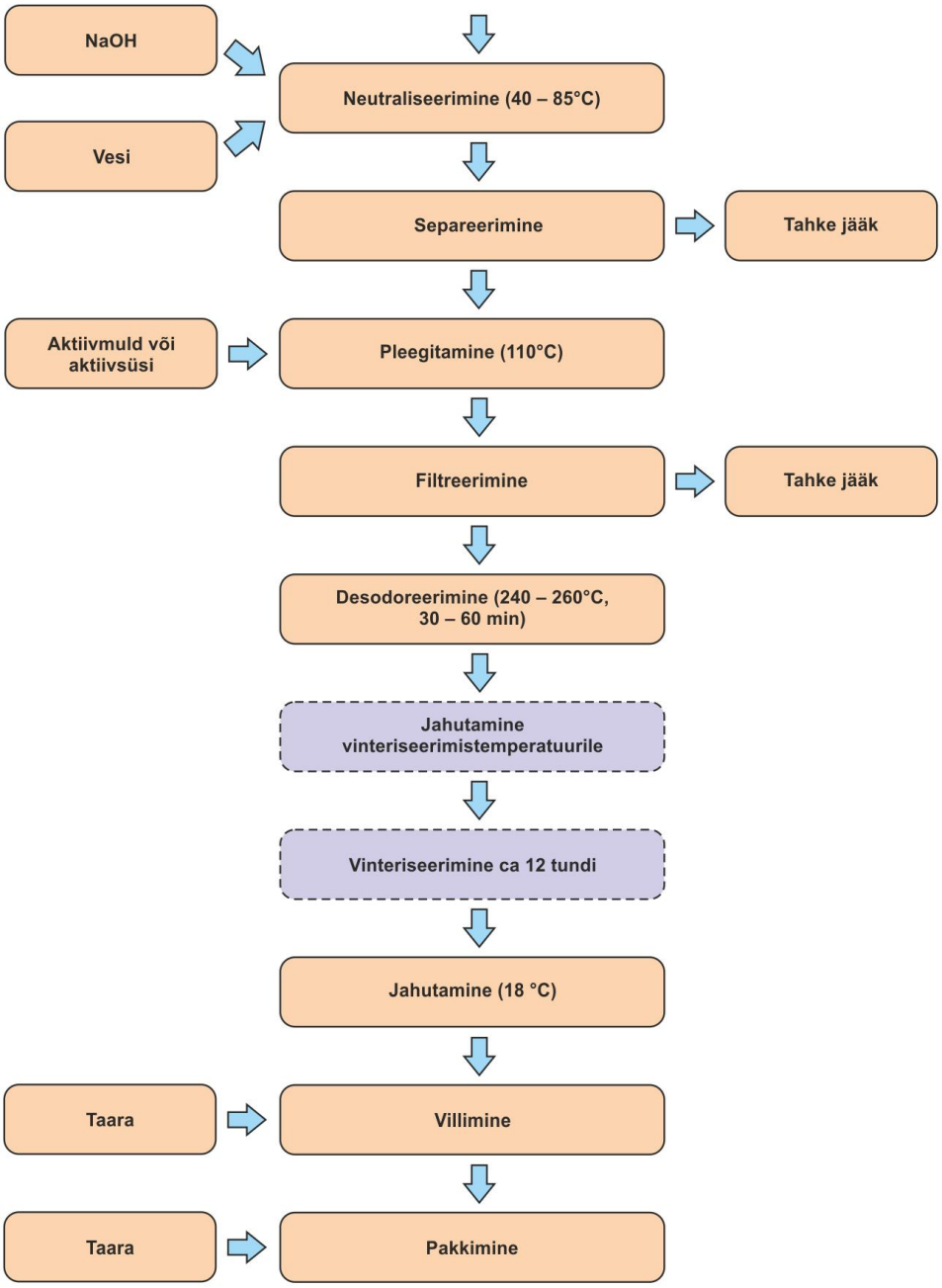
Õli pleegitamisel kõrvaldatakse sellest värvained (näiteks klorofüll ja beetakaroteen) kas kuumtöötlusega 110 °C juures või spetsiaalsete filtrite abil. Pleegitusfiltrid on suhteliselt kallid, kuna peavad sisaldama adsorbeerivaid aktiivaineid (näiteks betoniit, aktiivsüsi, aktiivmuld vms). Üldiselt toodetakse universaalseid pleegitusliine, mida saab vastavalt seadistada konkreetse õlitüübi töötlemiseks.

Vinteriseerimisel eemaldatakse õlist kõrgmolekulaarsed vahad ja steariinid, mis õli jahtumisel kristalliseeruvad ja tekitavad hägusust. Nende eraldamiseks jahutatakse õli vahade kristalliseerumistemperatuurini ja tekkinud kristallid filtreeritakse aluselise aktiivfiltriga. Vinteriseerimist vajavad eriti päevalilleseemne- ja maisiõli.

Õlide kuivatamiseks suunatakse toode vaakumkambrisse, kus selles sisalduv vesi eraldub auruna, mis kambrist vaakumi toimel välja imetakse ja kondenseeritakse kondensaatoris. Kuumpressõli valmistamise tehnoloogiline skeem on kujutatud **joonisel 6.52**.



Joonis 6.52. Kuumpressõli valmistamise tehnoloogiline skeem (jätkub järgmisel lehel).


NaOH
Vesi
Neutraliseerimine (40 – 85°C)
Separeerimine
Tahke jääk
Aktiivmuld või aktiivsüsi
Pleegitamine (110°C)
Filtreerimine
Tahke jääk
Desodoreerimine (240 – 260°C, 30 – 60 min)
Jahutamine vinteriseerimistemperatuurile
Vinteriseerimine ca 12 tundi
Jahutamine (18 °C)
Taara
Villimine
Taara
Pakkimine

6.3.4. Õlide fraktsioneerimine, hüdrogeenimine ja modifitseerimine

Õlide kasutamisel tehnoloogilistel eesmärkidel muudetakse mõnikord nende füüsikalisi ja keemilisi omadusi ning toiteväärtust.

Õlide **fraktsioneerimisel** lahutatakse taimeõlist kergemad ja raskemad fraktsioonid omaette faasideks. Fraktsioneerimine põhineb enamasti kerge- ja raske faasi erikaalude erinevusel. Lihtsaks fraktsioneerimise mooduseks on õli raskema faasi setitamine raskuskiirenduse toimel, keerukamates liinides kasutatakse kristalliseerimise ja tsentrifuugimise kombinatsiooni.

Nii näiteks palmiõli ja palmituumaõli puhul kasutatakse sageli nende fraktsioone. Õlide **hüdrogeenimist** võib läbi viia kahel viisil: osaline hüdrogeenimine ja täielik hüdrogeenimine. Hüdrogeenimisel toimub kaksiksidemete küllastamine vesinikuga. Selle reaktsioonidega alandatakse rasvade hangumistäppi muutes sellega taimeõlid tahketeks taimerasvadeks. Selleks töödeldakse õlisid vesiniku manulusel kõrgel temperatuuril (180-240 ºC) ning katalüsaatori (näiteks nikli või alumiiniumi) juureolekul. Seejuures ei muutu rasvhappe ahela pikkus, kuid väheneb kaksiksidemete arv selles.

Õli **modifitseerimine** on reaktsioon, mille käigus rasvhapped paigutuvad ümber erinevate triatsüülglütseroolide või ühe triatsüülglütserooli molekuli piires erinevate positsioonide vahel. Selle reaktsiooniga on võimalik muuta triatsüülglütseroolide rasvhappelist koostist, kusjuures kogu rasva rasvhappeline koostis jääb samaks. Reaktsioon viiakse läbi 80-90 ºC juures, kasutades katalüsaatoreid. Keemilisi põhireaktsioone käsitletakse täiendavalt alusprotsesside peatükis (vt Keemilised alusprotsessid).

Taimeõlide ja –rasvade kvaliteet

Taimeõlide ja –rasvade kvaliteeti mõjutab paljuski tooraine ja nõuded kvaliteedile sõltuvad eesmärgist, milleks neid kasutatakse. Toiduõlide **värvus** sõltub õli liigist, aga üldiselt on õlid selged, veidi kollaka tooniga. Oliiviõlil, olenevalt tootmisviisist on loomulik tugevam värvitoon. Õlile **lõhna**

annavad taimedes sisalduvad eeterlikud õlid. Peale selle võib spetsiifiline lõhn olla põhjustatud ka kasutatava tehnoloogilise protsessi poolt. Ebapuhast lõhna võivad põhjustada õli riknemisprotsessid, näiteks oksüdatsioon. Õli **maitset** mõjutab samuti oluliselt toormaterjal ja tootmisviis. Õlide keemilist koostist iseloomustatakse **joodiarvu**, **sulamistemperatuuri**, **hangumistemperatuuri** ja **refraktsiooniindeksiga**.

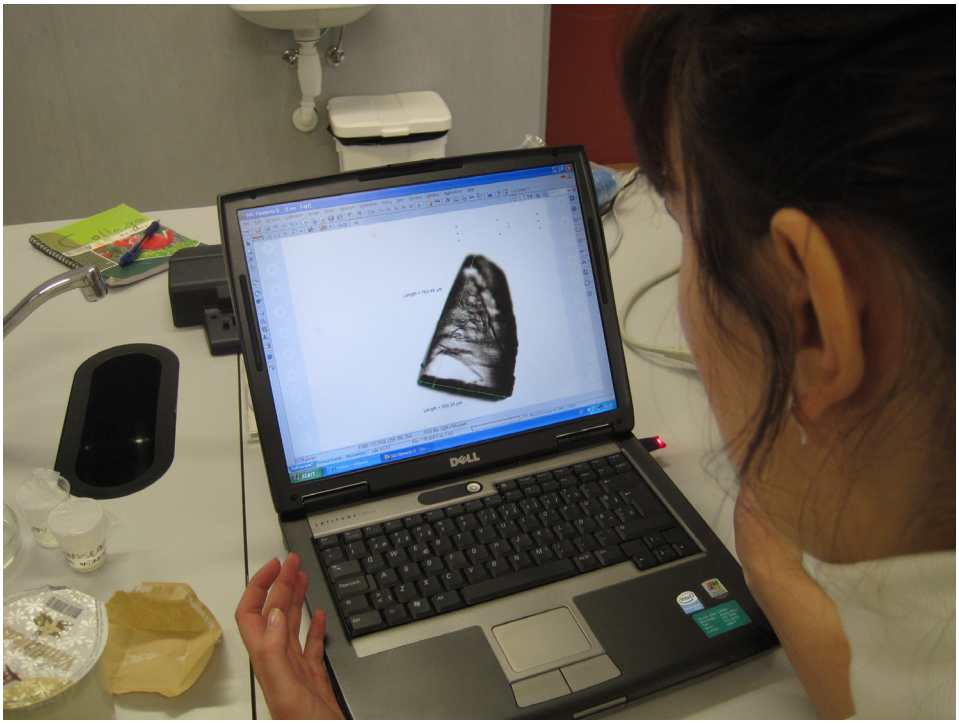
Õli kvaliteeti mõjutavad õlidega toimuvad hüdrolüüsi ja oksüdatsiooniprotsessid. Nende protsesside sügavust iseloomustatakse mitmesuguste konstantide abil. Need on **happearv**, **peroksiidarv**, **Reichert-Meissli** arv, **Polenske arv** ja **seebistamisarv**. Tehnoloogilisest seisukohast on oluline teada õli **suitsemispunkti**. Suitsemispunkti on oluline teada kuumpressitud õlide puhul, mida kasutatakse eeskätt küpsetamiseks ja praadimiseks. Kvaliteetsematel õlidel jääb see vahemikku 160-230 ℃ (vt. Rasv ja rasvained e lipiidid).



Kontrollküsimused

Mis on õliseemnete peenestamise ja muljumise eesmärk? Kirjeldada protsessi ja seda mõjutavaid tegureid?
Nimetada toiduõli säilivust mõjutavaid tegureid. Kirjeldada nende toime füüsikalist ja keemilist sisu.
Mis on taimerasvade hüdrogeenimine? Kuidas see toimub? Millisel põhjusel seda teostatakse?




DELL

6.4. Suhkrutehnoloogia

Väino Poikalainen

Suhkrutootmise toormena kasutatakse peamiselt kas suhkruroogu või suhkrupeeti. Mõlemad neist sisaldavad rohkesti sahharoosi. Suhkruroos on sahharoosi 18-21% ning selle eraldamine toimub värskest roost suhkrurikka mahla väljapressimisega. Saadud mahlale lisatakse kustutatud lupja, kuumutatakse seda ning tekkinud valgusade eemaldatakse siis filtreerimisega. Järgneb filtreeritud mahla aurutamine, mille tulemusena jääb järele kristalne pruunikat värvi toorsuhkur. Koristatud suhkruroo varte eeltöötlus sooritatakse seejuures võimalikult kiiresti, et vältida suhkrukadu seoses koristusjärgse ainevahetuse (klimakteerse hingamise) kiirenemisega. Saadud toorsuhkur turustatakse sellisena või rafineeritud tootena. Rafineerimisel eemaldatakse suhkrust pruunikad kõrvalained, mille tulemusena saadakse helevalge värvusega kristallsuhkur.

Suhkrupeedist (sahharoosi sisaldusega 14-18%) suhkrurikka mahla saamiseks kasutatakse enamasti viilutatud lõikude leotamist vees, kuhu suhkur protsessi käigus difundeerub. Edasine töötlemise tehnoloogia on üldjoontes sarnane roosuhkru valmistamisega: mahl puhastatakse, kontsentreeritakse (näiteks keetmisega) kuni suhkur kristalliseerub, kristallid eemaldatakse, kuivatatakse ja pakendatakse.

Suhkrupeedist suhkrutootmise üldskeem on toodud **joonisel 6.53**. Toore pestakse enne töötlemist puhtaks mullast ja muudest lisanditest, mille hulk võib kohati ulatuda isegi 15% kogumassist. Pesu sooritatakse enamasti kahes etapis, eel- ja järelpesuna. Pesule järgneb viilutus, mis peab leotamisel tagama suure kontaktpinna.

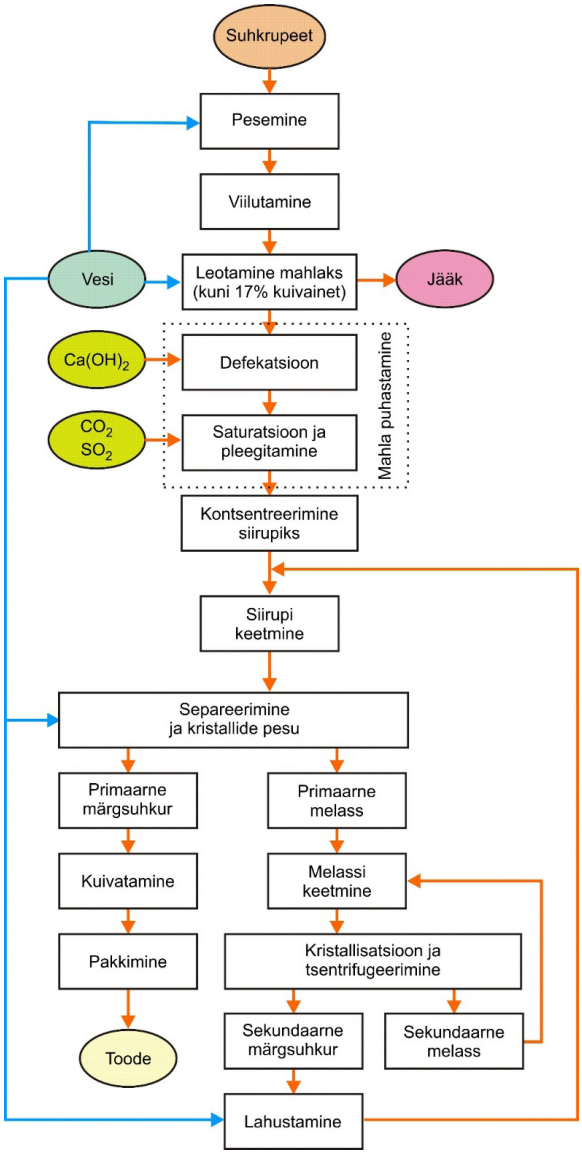
Viilutatud materjali leotamine on peedisuhkru tootmise esmaseks põhiprotsessiks. Selle käigus difundeerub sahharoos peediviiludest vette (suhkrumahla) vastavalt Ficki seadusele. Difusioonil vette eralduv suhkrukogus on määratud valemiga:

m = D•S•)C•t / l,

kus D on difusiooni koefitsient, S – viilu üldpind,)C – suhkru kontsentratsioonide erinevus peediviilu ja lahuse vahel, t – aeg ja l – viilu paksus.

Leotamine viiakse läbi spetsiaalsetes pidevtoimelistes seadmetes. See kestab 70 °C temperatuuril keskmiselt 70-80 minutit. Ühest kilogrammist suhkrupeedist saab keskmiselt 1,2 kg suhkrumahla, mis sisaldab kuni 15% sahharoosi ja ca 2% kõrvalaineid (valku, aminohappeid, pektiini, rasvaineid, orgaanilisi happeid, värvaineid jms).

Kõrvalained tuleb eemaldada, sest need annavad suhkrumahlale tumeda värvuse, põhjustavad maitsevigu ning takistavad tugevalt suhkru kristallisatsiooni edasisel kontsentreerimisel. Leotamisele järgnebki mahla puhastamine kõrvalainetest. Puhastamise esimest etappi nimetatakse defekatsiooniks. See sooritatakse 0,2-0,3% ulatuses



Joonis 6.53. Kaheastmeline suhkrutootmise tehnoloogia

kustutatud lubja lisamisega kuumale suhkrumahlale. Selle toimel suureneb mahla pH väärtuselt 6,0-6,5 väärtuseni 11,0-11,5. Suhkrumahl muutub aluseliseks ja sellest sadestuvad välja kolloidsed osakesed, pektiinained, orgaaniliste hapete soolad, seebistunud rasvhapped jne. Defekatsioon viiakse enamasti läbi kolmes astmes umbes 1-1,5 tundi kestva alamprotsesside reana, mille käigus muudetakse temperatuuri vahemikus 50-90 °C.

Defekatsioonile järgneb liigse kaltsiumi sadestamine saturatsiooniks nimetatud kaheastmelises protsessis. See sooritatakse saturaatorites, kus 80-90 °C ja pH=9,25 juures juhitakse suhkrumahla süsihappegaasi. Selle toimel moodustuvad peendisperssed kaltsiumoksiidi osakesed, mis oma suure üldpinnaga seovad mahla jäänud kõrvalaineid ning sadestuvad koos nendega. Sademel lastakse settida ning settelt suunatakse suhkrumahl edasi filtreerimisele. Settimise ja filtreerimise järgne suhkrumahl sisaldab endiselt aineid, mis värvivad selle tumedaks. Värvainete redutseerimiseks viiakse läbi mahla pleegitamine vääveldioksiidiga. See gaasina mahla segatav aine moodustab veega reageerides väävlishapet, mis toimib pleegitava vahendina. Selle tulemusel muutub mahl heledamaks ning vähem aluseliseks (pH=8,5-8,8), mis soodustab hilisemat kristallide teket kontsentreerimisel.

Defekatsiooni, saturatsiooni ja pleegitamise läbinud suhkrumahl sisaldab 10-12% sahharoosi, 0,5-0,7% lämmastikühendeid, 0,5% mineraalaineid ja 0,4-0,5% mittevalgulisi orgaanilisi aineid. Sellisena suunatakse see kontsentreerimiseks vähemalt kaheastmelisse vaakumaparaati. Aparaadi esimeses astmes saadakse mahlast siirup, milles suhkru kontsentratsioon on 55-60% (kusjuures kristalle veel ei teki). Järgneb siirupi keetmine aparaadi teises astmes sügavama alarõhu ja madalama temperatuuri juures. Seejuures kristalliseerub (kristallisatsioon on suhkrutootmise teiseks põhiprotsessiks) ka suur osa suhkrust. Kontsentreerimisel saadav produkt sisaldab umbes 8% vett, 35% küllastunud suhkrulahust ja 55% suhkrukristalle.

Vaakumaparaadist väljutatav küllastunud suhkrulahuse ja kristallide segu suunatakse tsentrifuugi, kus kristallid separeeritakse nn märja suhkruna. Eraldatav suhkrulahus moodustab separeerimisel vedela faasi ehk

primaarse melassi. Tsentrifuugis suunatakse suhkrukristallide massi puhast 70-95 °C vett, mis kristallipindadelt ja nende vahelisest vedelikust peseb välja kõrvalained. Pesuvesi ise juhitakse kokku tsentrifuugist eraldatava primaarse melassiga.

Valgeks pestud suhkrukristallid läbivad seejärel kuivatusprotsessi. Kuuma õhuga toimuva kuivatamise järgselt väheneb suhkrumassi veesisaldus 0,1%-ni. Enne pakkimist võidakse suhkrukristallid fraktsioneerida suuruse järgi sõelumise teel. Kuivatusõhust tsükloniga kogutav suhkrutolm moodustab seejuures omaette fraktsiooni.

Separeerimisel saadav primaarne melass koos kristallide pesuveega suunatakse omakorda keetmisele, kus sellest eemaldatakse vett ja saadakse samuti kõrge suhkrusisaldusega kontsentraat. Kontsentraadi tsentrifuugimise käigus eraldatakse tahke faasina sekundaarsed suhkrukristallid ning vedela faasina sekundaarne melass. Kristalliseerunud suhkur lahustatakse kuumas vees ning tekkiv suhkruvesi pumbatakse kokku keetmisele mineva siirupiga. Sekundaarne melass aga suunatakse keetmisele koos primaarse melassiga.

Siinkirjeldatud kaheastmelise kristallsuhkru tootmistehnoloogia asemel kasutatakse praktikas tegelikult enam kolmeastmelist tehnoloogiat, milles ka sekundaarsest melassist valmistatakse eraldi tehnoloogilise liini osas suhkrukristalle. Need lahustatakse kuumas vees koos sekundaarsete suhkrukristallidega, millest tekkiv lahus suunatakse tagasi esmasele keetmisele.

Kontrollküsimused

Iseloomusta suhkrutootmisel kasutatavat tooret.

Missugused on peedisuhkru valmistamise põhiprotsessid? Iseloomusta neid.

Kuidas toimub peedisuhkru tehnoloogias mahla puhastamine?

Mis on siirupi keetmise põhilised eesmärgid ja kuidas see toimub?

Kuidas ja missugustes etappides toimub suhkrukristallide eraldamine ja pesemine?

Kuidas töödeldakse melassi?

Kuidas toimub suhkrukristallide kuivatamine ja fraktsioneerimine?





6.5. Piimatehnoloogia

6.5.1. Täispiimatoodete tehnoloogia

Katrin Laikoja

Täispiimatooted on tinglik nimetus täispiima- ja lahjapiimatoodetele, mille hulka kuuluvad joogipiima-, rõõsa- ja hapukooretooted, hapupiimatooted ning kohupiimad. Piimanduse käibekeeles on seda toodete rühma nimetatud ka linnapiimatoodeteks.

6.5.1.1. Joogipiim

Euroopa Komisjoni statistikaameti (Eurostat) andmetel tarbitakse 11% Euroopa Liidus toodetud piimast joogipiimana, hapupiimajookidena ligi kolm protsenti toorpiimast. Lisaks traditsioonilistele pastöriseeritud joogipiima liikidele pakutakse vedelate piimatoodete turul kõrgkuumutatud (UHT-*Ultra High Temperature*) piima, erinevaid maitsestatud piimapõhiseid jooke, vitaminiseeritud piima, valguga rikastatud piima, samuti vähendatud laktoosi- ja kolesteroolisisaldusega piima liike, karboniseeritud piima ja piimapõhiseid jooke; soja-, riisi-, mandlivalgu baasil valmistatud piima analooge. Viimastel aastatel on kogu maailmas märkimisväärselt suurenenud ökoloogiliselt puhta, nn. mahepiima turuosa.

Joogipiimaks loetakse järgmisi tooteid:

- toorpiim — piim, mida pole kuumutatud üle 40 °C ega töödeldud mingil samaväärse mõjuga viisil;
- täispiim —kuumtöödeldud piim, mis rasvasisalduse osas vastab ühele järgmistest nõuetest: a) standardne täispiim—piim, mille rasvasisaldus on vähemalt 3,5%, b) mittestandardne täispiim—piim, mille rasvasisaldust pole pärast lüpsmist muudetud piimarasvade lisamise või eemaldamisega ega segatud seda piimaga, mille loo-

mulikku rasvasisaldust on muudetud. Rasvasisaldus ei tohi siiski olla alla 3,5%;

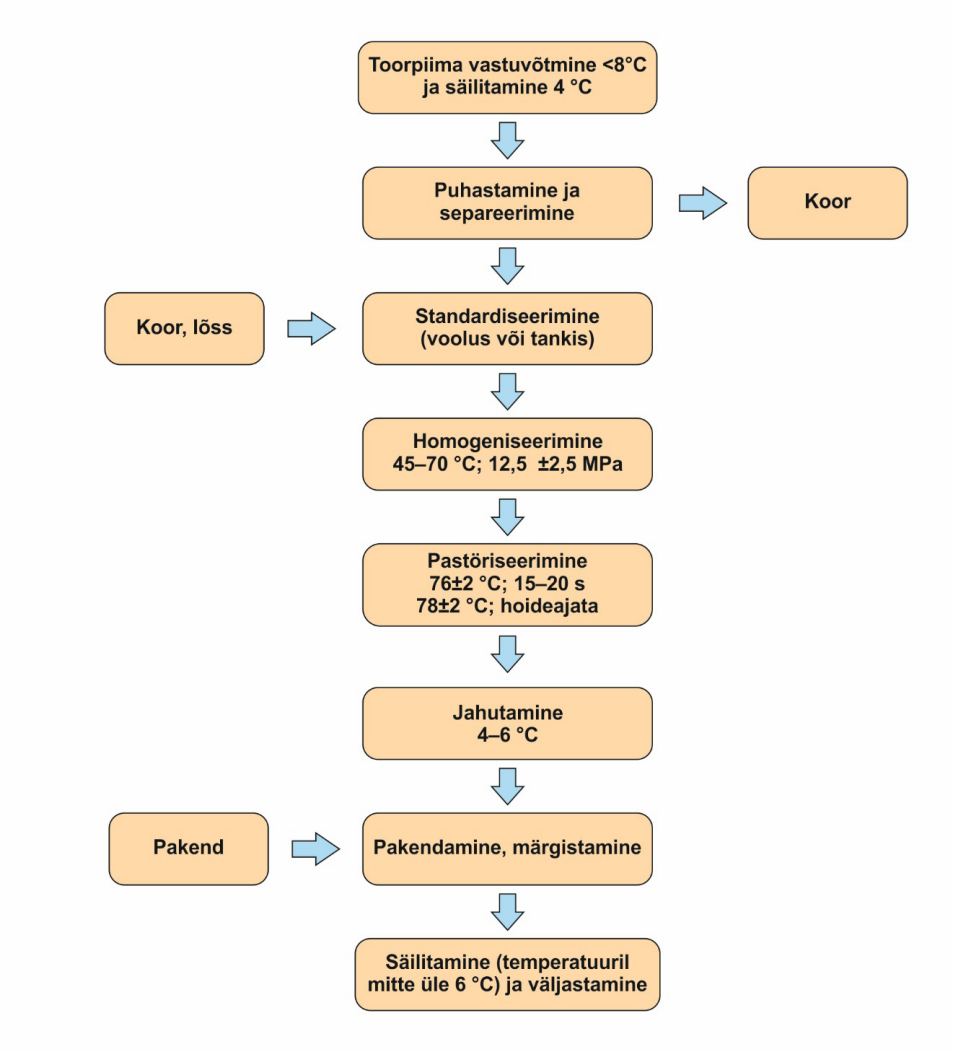
- madala rasvasisaldusega piim—kuumtöödeldud piim, mille vähendatud rasvasisaldus on vähemalt 1,50% ja kõige rohkem 1,80%;
- rasvatu piim—kuumtöödeldud piim, mille vähendatud rasvasisaldus on kõige rohkem 0,5%.

Muu rasvasisaldusega (nt 2,5%) kuumtöödeldud piima pakendil peab rasvasisaldus olema kümnendkoha täpsusega selgelt ära märgitud ja kergesti loetav kujul: „Rasvasisaldus …%". Kvaliteetne pastöriseeritud piim on piimvalge, piimale omase veidi magusa maitsega ning ilma kõrvalmaitse ja lõhnata kergelt kreemika varjundiga toode. Joogipiima jt piimatoodete säilivus tähendab soovitava koostise ning maitseomaduste püsimist teatud aja jooksul. Pastöriseeritud piima säilivus sõltub:

- kuumtöötlusel säilinud mikroorganismide liigilisest koostisest ja füsioloogilisest aktiivsusest;
- termoresistentsetest proteaasidest ja lipaasidest ning bakterite kasvu stimuleerivatest ainetest;
- sekundaarsest mikrobioloogilisest saastest, saastajate hulgast, liigist ja füsioloogilisest aktiivsusest;
- piima säilitamistemperatuurist (tööstusest tarbijani).

Pastöriseeritud piima tootmise tehnoloogilise protsessi etapid on toodud **joonisel 6.54**. Toorainena kasutatakse pastöriseeritud piima tootmisel kõrgema sordi piima. Toorpiim puhastatakse enamasti samaaegselt separeerimisega. Separeerimiseks soojendatakse piim temperatuurini 50—60 °C plaatsoojusvaheti regeneratiivsektsioonis. Et tööstusesse laekub erineva rasvasisaldusega piim ning piima liigid erinevad rasvasisalduse poolest, tuleb tooraine standardiseerida rasvasisalduse järgi. Piimarasva pinnalekerkimise vältimiseks säilitamise käigus piim homogeniseeritakse kas täielikult või osaliselt temperatuuril 45—70 °C rõhul 10—15 MPa. Enamasti

töötavad homogenisaatorid tehnoloogilises protsessis koos pastörisaatoritega, seepärast toimub homogeniseerimine pastöriseerimistemperatuuril või pastöriseerimis-temperatuurile ligilähedasel temperatuuril. Patogeense mikrofloora hävitamiseks ning piima säilivuse pikendamiseks pastöriseeritakse piim temperatuuril 74—76 °C hoideajaga 15—20 sekundit ja jahutatakse kiiresti temperatuurini 4—6 °C. Järgnevad toote villimine ning valmistoote säilitamine külmlaos temperatuuril mitte üle 6 °C.



Joonis 6.54. Pastöriseeritud piima tehnoloogiline skeem

Kõrgkuumutatud ehk UHT-töödeldud piima tootmise tehnoloogilise protsessi esimesed operatsioonid (piima vastuvõtmine ja säilitamine, puhastamine ja separeerimine, rasvasisalduse standardiseerimine) toimuvad analoogselt pastöriseeritud piima tehnoloogiaga. UHT-toodete otsesel kuumutamisel segatakse piim auruga, tänu millele piim saavutab peaaegu silmapilkselt soovitud (135—140 °C) temperatuuri. Auruga segamisele eelneb piima kuumutamine regeneratiivsoojusvahetis temperatuurini 70—80 °C. Toote kvaliteedi ja protsessi ökonoomsuse seisukohast on oluline, et temperatuuri tõus oleks kiire ning kogu kuumutatav piim saavutaks soovitud temperatuuri ühesuguse kiirusega. Kaks põhilist auru ja piima segamise meetodit on injektsioonmeetod (aur tootesse) ja infusioonmeetod (toode auru). Kuumutatud piim liigub läbi termoraku vaakumkambrisse, kus piima temperatuur langeb kiiresti ning aurustub osa piimas olevast veest. Vaakumi all kiirel jahutamisel on kolm tehnoloogilist eesmärki:

1) väga kiire jahutamisega vähendatakse kõrge temperatuuri mõju piima koostisosadele;
2) eemaldatakse (aurustatakse) osa veest, et taastada piima algne koostis;
3) eemaldatakse lenduvad ühendid, mis halvendavad toote kvaliteeti.

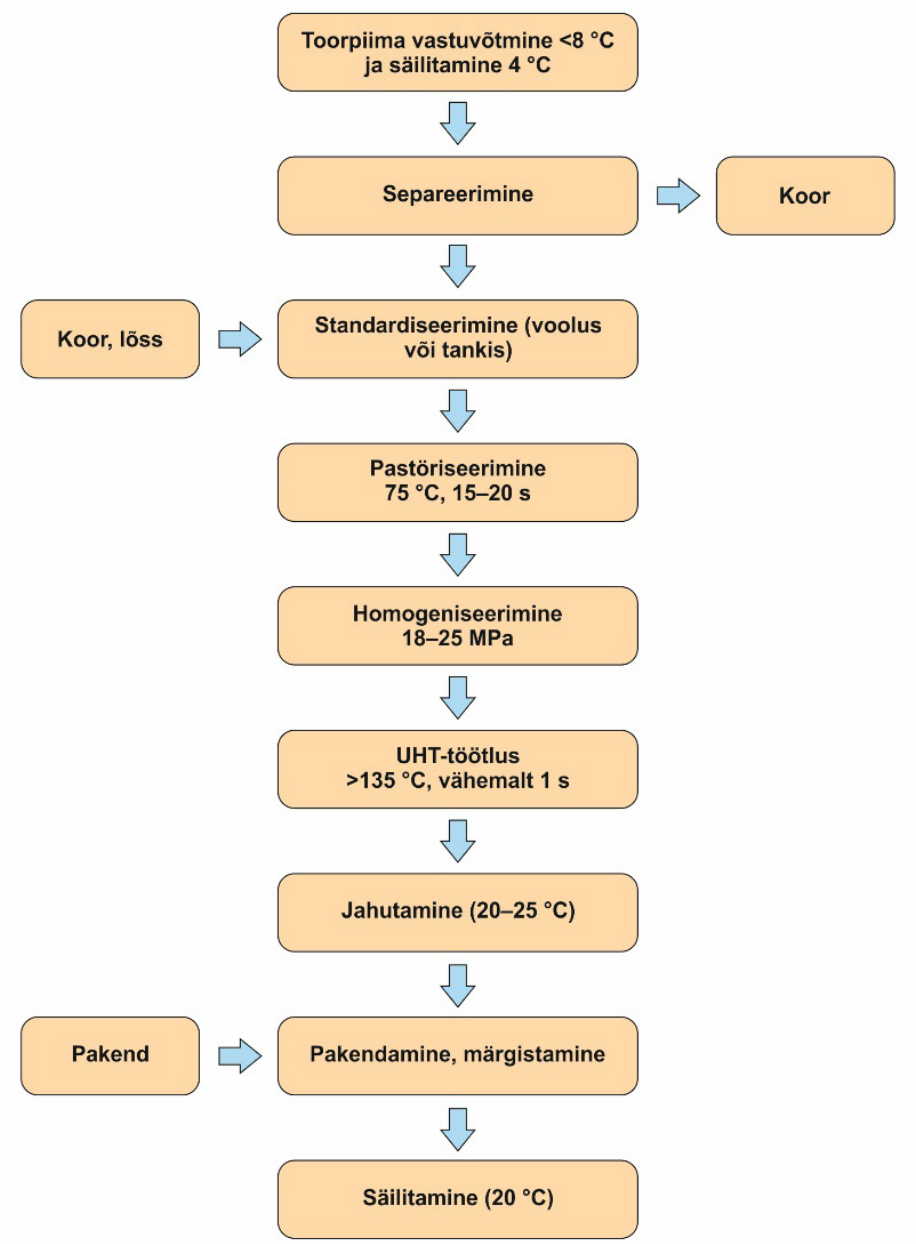
Jahutamise temperatuuri ja eemaldatava vee kogust reguleeritakse vaakumi taseme muutmisega. Eemaldatava vee kogus on võrdne piimasse auruga juurde lisatud vee hulgaga.

Kaudne kuumutamine (**joonis 6.55**) viiakse läbi toru- või plaatsoojusvahetites kõrge rõhu all, et välistada piima keemist kõrgetel temperatuuridel. UHT-toodete puhul villitakse toode aseptilistes tingimustes ning kõik seadmed peavad vastama järgmistele tingimustele:

1) piima liikumine UHT-seadmest villimisele peab toimuma aseptilistes tingimustes;
2) seadet tuleb enne kasutamist steriliseerida;

3) peavad olema võimalused pakendi steriliseerimiseks;

4) villimine, pakendi sulgemine jt. operatsioonid viiakse läbi aseptilises keskkonnas.



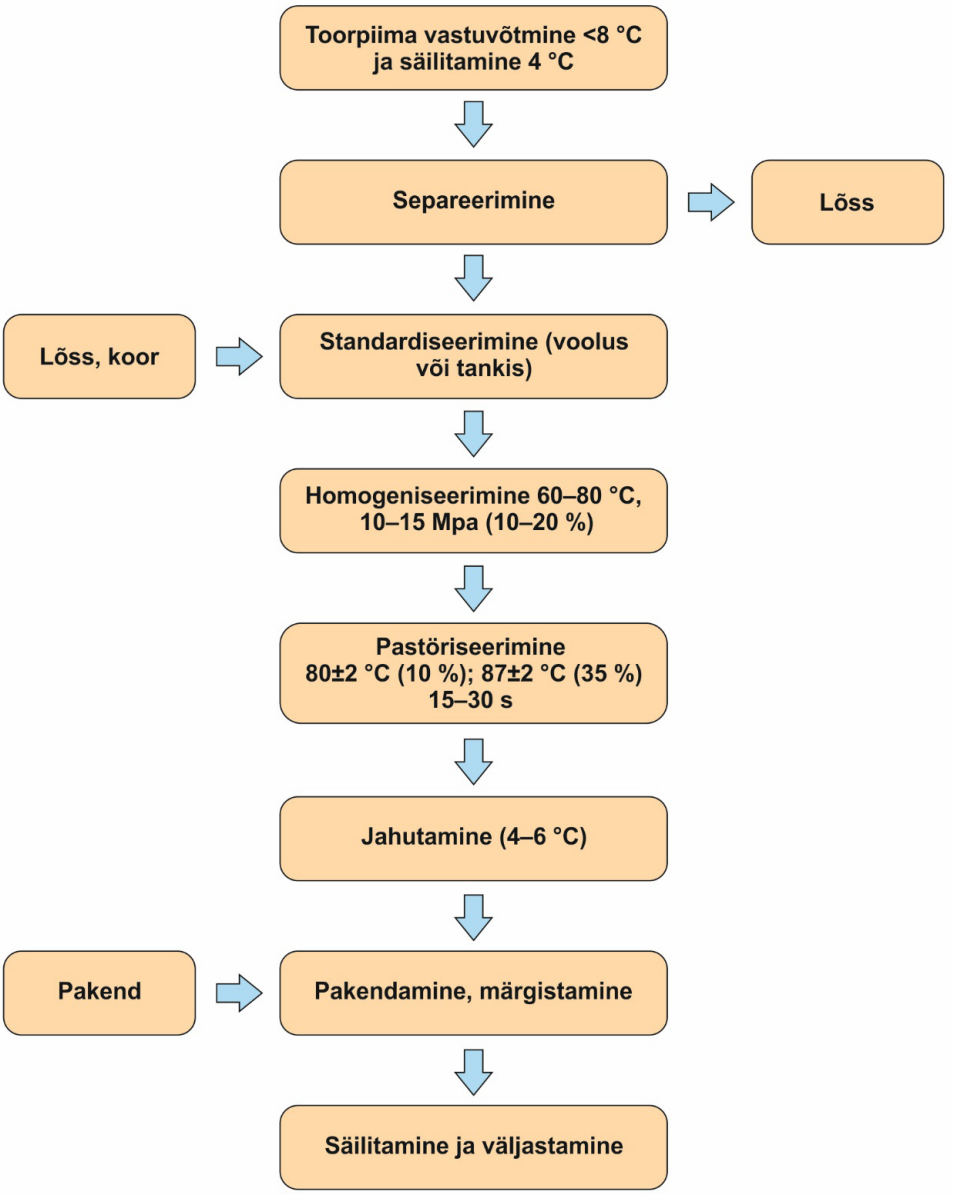
Joonis 6.55. Kõrgkuumutatud (UHT) piima tehnoloogiline skeem

6.5.1.2. Rõõsk koor

Rõõsa koore toorainena kasutatakse kõrgema sordi piima ning selle separeerimisel saadud rõõska koort ja lõssi. Oluline on piima organoleptiline kvaliteet, sest piimas esinevad maitsevead võimenduvad koores, kuna lõhna- ja maitsevigu põhjustavad ühendid on põhiliselt seotud piima rasvafaasiga. Koore kõrge rasvasisalduse tõttu on suurem ka potentsiaalne psührotroofsete bakterite produtseeritud lipolüütiliste ensüümide toime. Kvaliteetse koore saamise seisukohast on oluline, et seadmetes minimeeritaks õhu sattumine kooresse, kooretorustikud oleks võimalikult lühikesed ja koort pumbataks võimalikult vähe. Vastasel juhul hakkab kõrge rasvasisaldusega koores tekkima mikrovõitera ning sellega mõjutatakse koore vahustamisomadusi. Võimalusel tuleks hoiduda külma koore pumpamisest, pumpamisel tuleb aga kasutada mahtpumpasid. Separeerimisel tuleb koore rasvasisaldus reguleerida võimalikult lähedaseks valmistoote rasvasisaldusele. Rasva ühtlaseks jaotumiseks koore massis ning pinnalekerkimise ennetamiseks tuleb kohvikoort homogeniseerida, vahukoore tehnoloogias kasutatakse mõõdukat homogeniseerimist vaid UHT vahukoore valmistamisel. Et rasv on halb soojusjuht ja rasvakuulikesed soojenevad aeglasemalt kui plasma, kasutatakse koore pastöriseerimisel temperatuure üle 80 °C (s.o. hetkpastöriseerimine ehk kõrgpastöriseerimine, inaktiveerub ensüüm peroksidaas). Kohvikoort (10% rasva) pastöriseeritakse temperatuuril 80±2 °C, vahukoort 87±2 °C, hoideajaga 15—20 sekundit või hoideajata. Kuumtöödeldud koor jahutatakse kiiresti temperatuurile 4—6 °C ning pakendatakse (**joonis 6.56**).

6.5.1.3. Hapupiimajoogid

Piimatooteid, mille valmistamisel kasutatakse piimhappe- e. homofermentatiivset käärimist (näiteks jogurt, hapupiim) või sega- e. heterofermentatiivset käärimist (näiteks keefir, kumõss), nimetatakse hapupiima- või fermenteeritud toodeteks. Lihtsustatud kujul võib käärimisprotsesse kirjeldada järgmiselt: juuretise koostises olevate mikroorganismide produt-



Joonis 6.56. Rõõsa koore tehnoloogiline skeem

seeritud ensüümi β-galaktosidaasi toimel lõhustatakse laktoos glükoosiks ja galaktoosiks:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

laktoos glükoos galaktoos

Piimhapekäärimisel saadakse glükoosist käärimise ühe lõpp-produktina piimhape:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ CH_3CHOHCOOH$$

glükoos piimhape

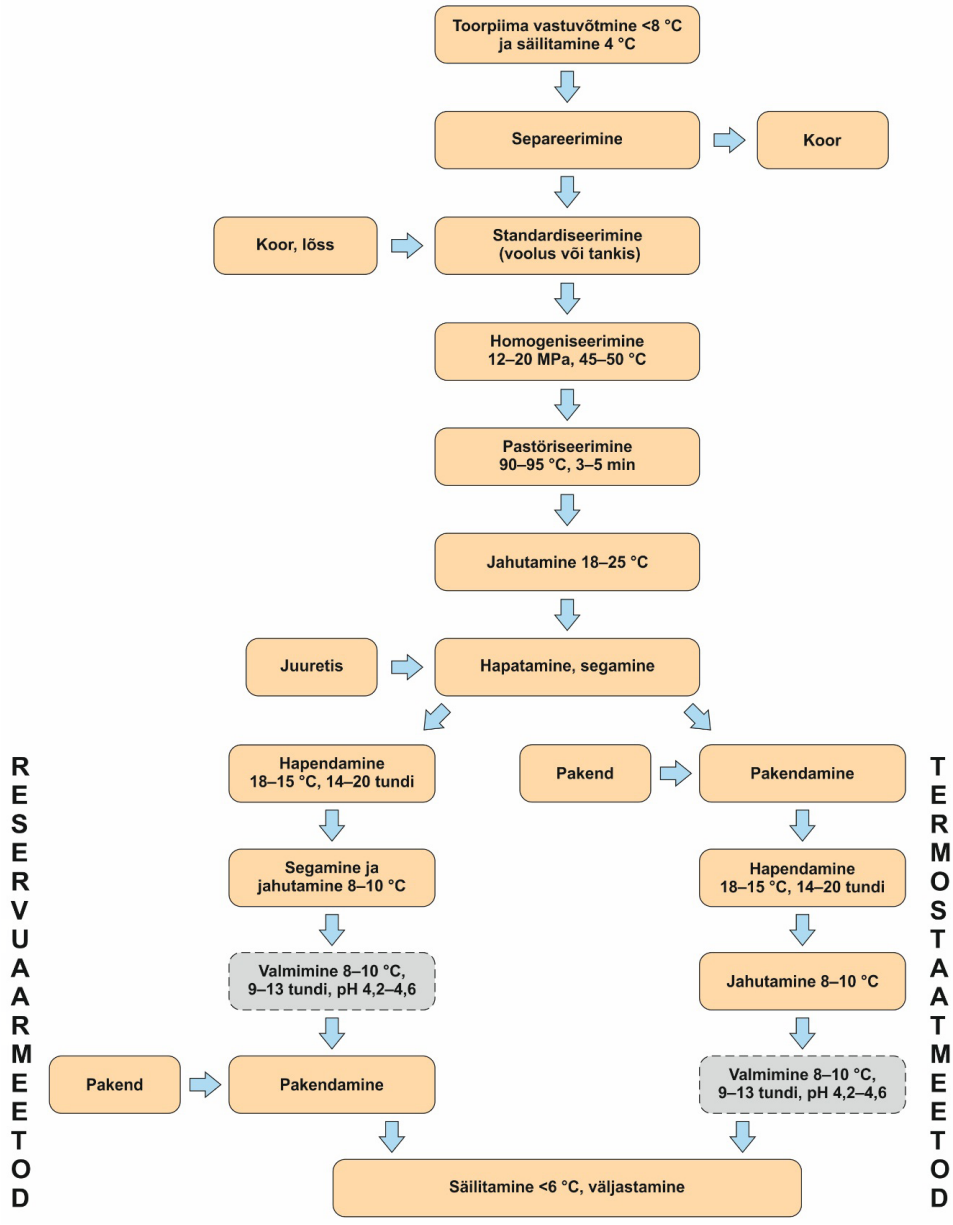
Segakäärimise lõpp-produktideks on lisaks piimhappele ka etanool ja süsihappegaas:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CHOHCOOH + CH_3CH_2OH + CO_2$$

glükoos piimhape etanool

Hapupiimajookide valmistamise tehnoloogilised protsessid on suhteliselt sarnased, põhilisteks erinevusteks on kasutatav tooraine (piim, lõss või pett), tooraine ja valmistoote kuivainesisaldus, pastöriseerimistemperatuur ja –aeg, hapendamistemperatuur ja kasutatavad juuretisekultuurid, hapendamismenetluse läbiviimise viis. Hapendamismenetlusi on kaks: reservuaarmeetod ja termostaatmeetod (**joonis 6.57**). Reservuaarmeetodi puhul viiakse piima hapatamine (juuretise lisamine), hapendamine ja toote valmimine läbi mahutis/tankis.

Termostaatmeetod on hapupiimajookide valmistamise viis, kus pakendatud piima-juuretisesegu hapendamine toimub termostaatkambris või -tunnelis. Põhilised kriteeriumid, mille põhjal valitakse juuretised erinevate hapupiimatoodete jaoks, on järgmised: bakterite kasvukiirus, glükolüüs (süsivesikute lõhustamine), proteolüüs (valkude lõhustamine), lipolüüs (rasvade lõhustamine), gaasi teke (CO_2 ja H_2), aroomi moodustumine (soovitav ja ebasoovitav) ning inhibiitorite (näiteks nisiini) moodustumine.



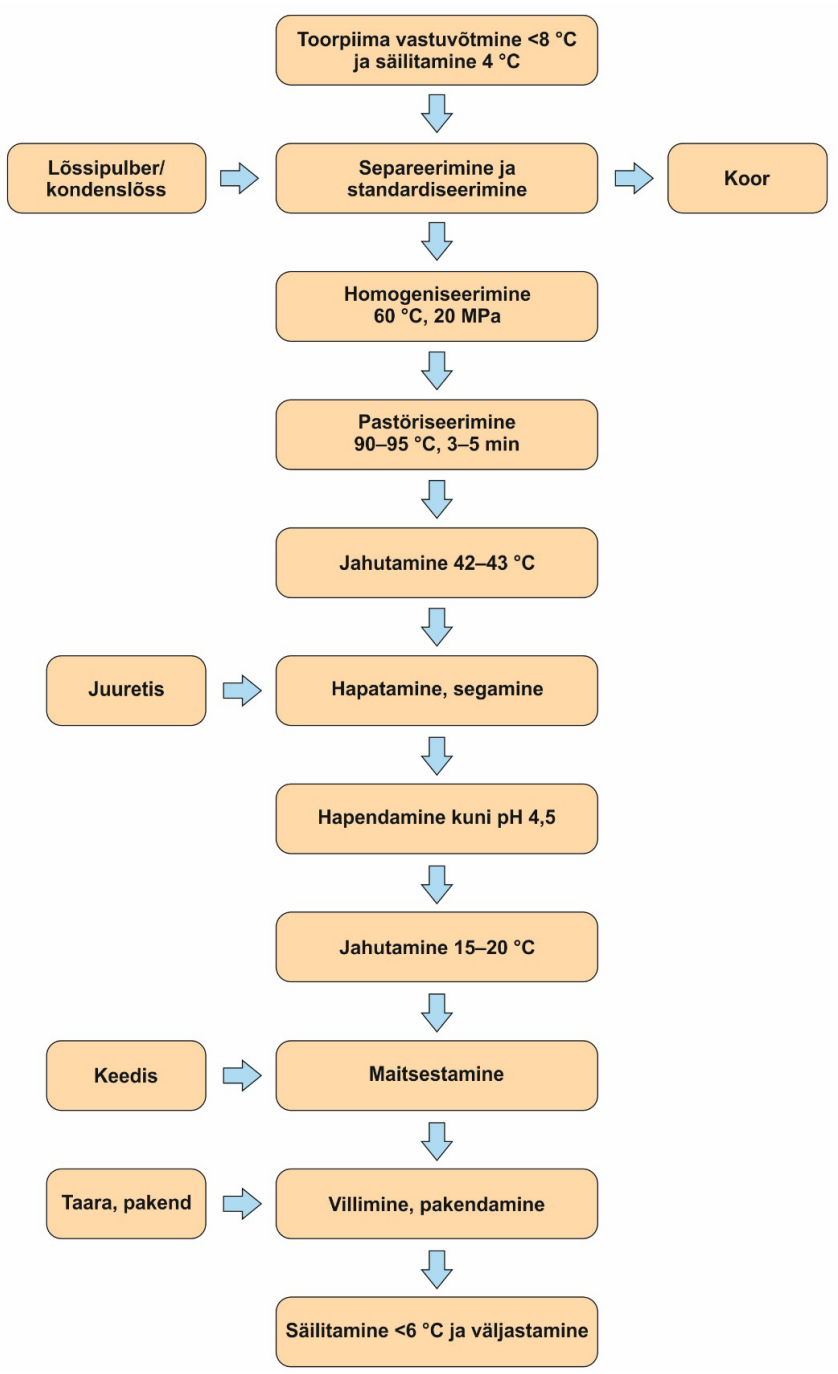
Joonis 6.57. Hapupiimajookide valmistamise tehnoloogiline skeem

Jogurti tehnoloogia

Enimtoodetud jogurtitüübid on topsijogurt ja reservuaarmeetodil valmistatud jogurt, kuid valmistatakse ka järelkuumutatud, kontsentreeritud, külmutatud ja kuivatatud jogurtit. Tehnoloogilise protsessi iseärasuste põhjal eristatakse viit jogurtite põhitüüpi:

1) termostaatmeetodil valmistatud, nn. topsijogurt (*set*) — segupiima hapendamine ja jogurti jahutamine toimuvad taarasse villituna;
2) reservuaarmeetodil valmistatud jogurt (*stirred*) — hapendamine toimub tankis, jahutamine enne pakendamist;
3) joogijogurt (*drinking*) — segupiima hapendamine toimub tankis (nagu reservuaarmeetodilgi), enne villimist kalgend lõhutakse (mujal maailmas ka homogeniseeritakse);
4) külmutatud jogurt (*frozen*) — hapendamine toimub tankis, järgneb friiserdamine;
5) kontsentreeritud jogurt (*concentrated*) — segupiima hapendamine toimub tankis, enne villimist kontsentreeritakse ja jahutatakse.

Kontsentreeritud jogurti üks eriliik on Kreeka jogurt, mille valmistamiseks võib enne hapendamist kontsentreerida jogurti segupiima või juba hapnenud jogurtit. Jogurti valmistamise tehnoloogiline skeem on toodud **joonisel 6.58**. Rasvasisalduse standardiseerimiseks piim kooritakse või segatakse lõss ja täispiim. Jogurtile on iseloomulik rasvata kuivaine kõrge sisaldus, enamikus riikides jogurti rasvata kuivaine sisaldust tõstetakse 1—3% võrra, vähemalt 15% kuivainesisalduseni. Kuivainesisalduse tõstmine parandab valmistoote konsistentsi, vähendab sünereesi (kalgendi kokkutõmbumist ning vadaku eraldumist) ning pisut ka happe moodustumist fermenteerimise ajal. Väherasvase või rasvata jogurti kalgend on pehmem kui täispiimast valmistatud jogurti puhul, seetõttu tuleb kuivainesisaldust tõsta rohkem.



Joonis 6.58. Jogurti tehnoloogiline skeem

Kuivainesisalduse tõstmiseks on mitmeid võimalusi:

1) lõssi- või piimapulbri lisamine;
2) kontsentreeritud lõssi või piima lisamine;
3) segu töötlemine vaakumaparaadis (kontsentreerimine);
4) membraanfiltratsiooni (ultrafiltratsioon) kasutamine.

Alternatiivsed võimalused on ka vadakuvalgu kontsentraadi või sojavalgu lisamine.

Jogurtitele (eriti madala rasvasisaldusega jogurti valmistamisel) võib viskoossuse ja massi parendamiseks ning sünereesi vähendamiseks lisada stabilisaatoreid. Stabilisaatorid parendavad ka suuaistingut ja võimaldavad vähendada toote energeetilist väärtust kaotamata organoleptilises kvaliteedis. Stabilisaatorid on hüdrokolloidsed ained želatiin, modifitseeritud tärklis, agar, pektiin, karrageen jt. Želatiini ja tärklist kasutatakse kontsentratsioonides kuni 1%, teiste stabilisaatorite kontsentratsioonid jäävad vahemikku 0,3—0,5%. Sageli lisatakse stabilisaatorid enne homogeniseerimist ja kuumtöötlemist, eeliseks on see, et hävitatakse patogeensed ja potentsiaalsed riknemist põhjustavad mikroorganismid. Siiski on levinud stabilisaatorite lisamine pärast pastöriseerimist koos maitse- ja lõhnaainetega; sel juhul tuleb hoolikalt kontrollida stabilisaatori mikrobioloogilist kvaliteeti.

Kui jogurti segupiima rasvasisaldus on üle 3%, tuleb segupiima homogeniseerida rasva pinnale eraldumise vältimiseks. Homogeniseerimine ei avalda otsest mõju kalgendi moodustumisele, kuid rasvakuulikeste suuruse vähenemine ja arvu suurenemine mõjutab geeli omadusi, sest paraneb tekstuur, väheneb sünerees ning pulbri ja stabilisaatorite osakesed jaotuvad ühtlaselt. Väikesed rasvakuulikesed adsorbeeruvad kaseiinimitselli pinnale, see suurendab toote viskoossust. Sünerees väheneb kaseiini ja rasvakuulikeste kile vahelise koosmõju tulemusena: kaseiinimitselli hüdrofiilsus suureneb. Homogeniseerimisrõhu suurendamisel suureneb viskoossus, kuid suureneb ka sünereesi võimalus. Optimaalseks homogeniseerimisrõ-

huks peetakse 15—20 MPa temperatuuril 55—70 °C. Paljudes riikides homogeniseeritakse joogijogurti kalgendit hapendamisprotsessi järgselt ühtlase vedela konsistentsiga toote saamiseks.

Jogurti segupiima pastöriseerimine on oluline järgmistel põhjustel:

1) suureneb viskoossus ja paraneb tekstuur (denatureerunud vadakuvalgud vähendavad sünereesi, valkude hüdrofiilsus suureneb);
2) hävitatakse patogeenne mikrofloora ning väheneb bakterite hulk, mis võiksid mõjutada juuretisekultuuride kasvu;
3) kuumtöötlus stimuleerib juuretisebakterite arengut seoses piima hapnikusisalduse vähendamisega.

Jogurtisegu kuumtöötlemine avaldab mõju valkude omadustele ja loob eeldused püsiva kalgendi moodustumiseks. Kuumtöötlemise peamine tagajärg on vadakuvalkude denatureerumine ja koostoime κ-kaseiiniga. Moodustub mitsellide ahelmaatriks, peen valguvõrgustik, millele omakorda seotakse veefaas. Piima kuumutamisel 95 °C juures 10 minuti vältel liituvad kaseiinimitsellidele denatureerunud β-laktoglobuliini jätked, mis suurendavad kalgendi tugevust sellega, et inhibeerivad mitsellide liitumist. Teine kuumtöötlemise oluline toime seisneb valkude hüdrofiilsuse suurendamises, mis omakorda vähendab sünereesi ja muudab kalgendi tugevamaks. See on tingitud κ-kaseiini ja β-laktoglobuliini vahelistest kovalentsetest sidemetest, mille tulemusena tekib uus pinnastruktuur väiksema hulga hüdrofoobsete rühmadega. Maksimaalne tulemus saadakse kuumutamisel 85 °C juures hoideajaga 30 min. Traditsiooniline lühiajaline pastöriseerimine ei kutsu esile piisaval määral vadakuvalkude denatureerumist. Kuumtöötlemise režiimid temperatuuril üle 100 °C mõjutavad osaliselt kaseiini ja geeli stabiilsus halveneb. Tööstuses kasutatakse kuumtöötlemisrežiime kestevpastöriseerimisest kuni UHT-töötluseni, kestevpastöriseerimisel on levinud kuumtöötlemisrežiimiks 85 °C hoideajaga 30 min, voolus pastöriseerimisel 90—95 °C hoideajaga 3—5 min, ka 10 min. Kuumtöötlemisega

samaaegselt võib piima deaereerida vaakumkambris (0,7—0,8 at; temperatuuril 70—75 °C). Deaereerimisega soodustatakse juuretisebakterite kasvu, vähendatakse vadaku eraldumist piimas dispergeerunud gaaside tõttu, eemaldatakse ebasoovitavad lõhna- ja maitseühendid ning parendatakse homogeniseerimisefekti.

Traditsioonilised jogurtijuuretise bakterid *Str. salivarius* spp. *thermophilus* ja *Lb. delbrueckii* spp. *bulgaricus* on väga erineva morfoloogiaga mikroorganismid. *Str. salivarius* spp. *thermophilus* on sfäärilised või ellipsikujulised bakterid läbimõõduga 0,7—0,9 µm, mis kasvavad diplokokkidena või ahelatena. Optimaalseks kasvutemperatuuriks on 38—42 °C. *Lb. delbrueckii* spp. *bulgaricus* on 0,2—0,4 µm pulgakujuline bakter, mille optimaalseks kasvutemperatuuriks on 42—45 °C. Nii juuretises kui valmisjogurtis peaks streptokokkide ja laktobatsillide suhe olema 1:1 kuni 2:3. Hapendamistemperatuuri muutmisega mõjutatakse streptokokkide ja laktobatsillide vahekorda juuretises: temperatuuril alla 43 °C toimub intensiivsem kokkide kasv, üle 43 °C laktobatsillide intensiivne kasv. Lisatav juuretisekogus sõltub planeeritud fermentatsiooniajast. Kui sageli hapendatakse hapupiimajooke üleöö, st 14—16 tundi, siis jogurti valmistamisel kasutatakse ka lühiajalist hapendamist temperatuuril 40—43 °C kuni 4 tundi. Topsijogurti tootmisel toimub fermenteerimine tarbimispakendis. Inkubeerimine toimub kas termostaatkambris või liikumisel läbi sooja tunneli. Reservuaarmeetodi korral viiakse fermenteerimine läbi tehnoloogilises tankis. Soovitud massi saamiseks ja fermenteerimise aeglustamiseks ülehapnemise vältimise eesmärgil soovitatakse fermenteerimise lõpul aeglaselt segamist maksimaalselt 5—10 minuti jooksul.

Jogurti fermenteerimisjärgne töötlus hõlmab jahutamist, puuviljalisandite lisamist ja pakendamist. Liialt intensiivne segamine jahutamisel vähendab viskoossust, kuid ühtlase konsistentsi saamiseks (nt joogijogurti valmistamisel) võib reservuaarmeetodil valmistatud jogurti suunata läbi peene sõela. Sellisel juhul on alati oht, et viskoossus väheneb märgatavalt ning eralduda võib vaba vadak. Jahutamine peab olema võimalikult kiire, et

jogurti hapnemisjärgne pH muutus oleks väiksem kui 0,3 pH ühikut. Jahutamisel tuleb arvestada, et liialt kiire jahutamine põhjustab sünereesi. Töötuses viiakse jahutamine sageli läbi kahes astmes: esmalt temperatuurini 15—20 °C, seejärel lisatakse puuviljapüree ning lõplik jahutamine toimub külmlaos. Temperatuuri 15—20 °C peaks saavutama 1—1,5 tunni jooksul. Tunnelinkubaatorites on jahutamiseks vastav sektsioon, reservuaarmeetodi kasutamisel viiakse jahutamine läbi tankis või soojusvahetis. Pärast jahutamist temperatuurini 15—20 °C toimub umbes 2 tunni jooksul põhiline aroomi kujunemine. Seejärel jahutatakse jogurt temperatuurini 5—6 °C.

Magusained, lõhna- ja maitseained lisatakse tavaliselt pärast pastöriseerimist, kas enne või pärast fermenteerimisprotsessi. Magusainete lisamine enne fermenteerimisprotsessi vähendab oluliselt vee aktiivsust. Madal a_w väärtus soodustab *Str. salivarius* spp. *thermophilus*'e arengut võrreldes *Lb. delbrueckii* spp. *bulgaricus*'ega, seega võivad kaasneda tasakaalustamata kasvust tingitud kvaliteedivead. Erinevate magusainete mõju juuretise kultuuridele on erinev. Mõlemat bakteriliiki inhibeerib glütsitool üle 7% kontsentratsioonis, samas fruktoos soodustab *Lb. delbrueckii* spp. *bulgaricus*'e arengut võrreldes *Str. salivarius* spp. *thermophilus*'ega.

Jogurt tuleb pakendada vahetult pärast jahutamist. Kui see ei ole võimalik, peab säilitamine olema võimalikult lühiajaline, kuid mitte üle 24 tunni. Viskoossuse säilitamiseks ja sünereesi ärahoidmiseks on optimaalne säilitamistemperatuur 10—20 °C.

Keefiri tehnoloogia

Keefir on hapupiimatoode, mille valmistamisel on oluline osa heterofermentatiivsel käärimisel. Keefiri saamiseks hapendatakse piima keefiriseente juuretisega või juuretisega, millesse on koondatud keefiriseentele omane mikrofloora. Keefiriseente koostisesse kuuluvad piimhappestreptokid (*L. lactis* ssp. *lactis* ja ssp. *cremoris*), piimhappekepikesed (*Lb. acidophilus*, *Lb. kefir*, *Lb. kefiranofaciens*, *Lb. casei*), äädikhappebakterid, aroo-

mitekitajad bakterid, ja pärmid *Candida kefyr*, *Kluyveromyces marxianus var. marxianus* ja *Saccharomyces*'e liigid, s.h. *Saccharomyces cerevisae*.

Keefiri tootmise tehnoloogiline protsess sarnaneb teiste hapupiimajookide tehnoloogiaga. Ettevalmistatud kuumtöödeldud ja jahutatud piimale lisatakse keefiri seenjuuretis (1—3%) või tarbejuuretis (3—5%), hapendatakse temperatuuril 20—25 °C 16—20 tundi. Fermenteerimise lõpul (85—100 °Th/pH 4,5—4,65) keefir segatakse ja villitakse, valmimine ning jahutamine toimub laos. Teisel juhul jahutatakse hapnenud keefir temperatuurini 14—16 °C, järgneb kuni 12 tundi kestev valmitamine. Seejärel valminud keefir jahutatakse temperatuurini 5—8 °C ja villitakse. Keefiri happesus on 85—120 °Th (pH 4,2—4,6), etanoolisisaldus 0,5—1,0%.

Liialt kõrgete hapendamistemperatuuride kasutamisel saadakse keefirile mitteomane hapupiima maitse. Põhjuseks on kõrgel temperatuuril domineerivad *Str. lactis* ja pärmid, hapnemine toimub liialt kiiresti ning maitset ja aroomi kujundav mikrofloora ei jõua piisavalt areneda. Temperatuuril 20—22 °C arenevad aktiivselt aroomitekitajad, pärmid on vähemaktiivsed ega tekita tootes liigselt gaasi (CO_2).

6.5.2. Hapukoore tehnoloogia

Hapukoore (ja tehnoloogialt väga sarnaste *creme fraiche* ning kuumutamist taluva hapendatud koore) valmistamiseks standardiseeritakse separeerimisel saadud koore rasvasisaldus lõssi või täispiimaga rasvasisalduseni 10—30%, sõltuvalt soovitud omadustest. Soovitav on, et separeerimisel saadava koore rasvasisaldus ei ületaks valmistoote rasvasisaldust üle 5%. Koor homogeniseeritakse temperatuuril 60—70 °C rõhul 5—10 MPa, pastöriseeritakse 90—96 °C hoideajaga kuni 20 sekundit. Hapendamistemperatuurile 22—26 °C jahutatud koorele lisatakse DVS juuretist või 2—5% tarbejuuretist. Juuretisena kasutatakse mesofiilseid juuretisekultuure *Str. lactis* ssp. *lactis*, *Str. lactis* ssp. *lactis biovar diacetilactis*, *Str. lactis* ssp. *cremoris*. Hapendamine toimub temperatuuril 22—26 °C kuni 16 tundi,

kuni moodustub tihe kalgend ning happesus tõuseb 20% rasvasisaldusega koorel tasemele 65—80 °Th, madalama rasvasisaldusega koort hapendatakse pisut kõrgema happesuse tekkimiseni. Enne pakendamist koor segatakse. Valmistoote happesus on 65—100 °Th (pH 4,2—4,6).

6.5.3. Kohupiima ja kohupiimatoodete tehnoloogia

Katrin Laikoja

6.5.3.1. Kohupiima liigid

Kohupiima kasutatakse vahetult toiduks või kohupiimatoodete, -pooltoodete ja kondiitritoodete valmistamiseks. Eesti turul on populaarsust võitnud kohupiima baasil valmistatud desserdid ja jogurtikohupiimad. Kohupiim on lehmapiima või selle separeerimisel saadud lõssi piimhappebakterite puhaskultuuride juuretisega või koos fermentpreparaadiga kalgendamise ning saadud kalgendist vadaku osalise eraldamise teel saadud piimatoode. Kohupiima liigitatakse tootes sisalduva rasva osamassi järgi (**tabel 6.10.**) ning valkude sadestamise meetodi põhjal (happemeetod, happe-laabimeetod). Happemeetodit kasutatakse lõssist rasvata kohupiima valmistamiseks, kalgend moodustub laktoosi käärimisel tekkinud piimahappe toimel. Happe-laabimeetodi kasutamisel tekib kalgend nii laapensüümi kui ka piimhappe toimel. Kohupiima tootmisel lahusmeetodil toodetakse esmalt rasvata kohupiim, mis hiljem segatakse vastava koguse kuumtöödeldud rõõsa koorega. Säilitusainete lisamine kohupiimatoodetesse ei ole üldjuhul lubatud.

Kohupiimapasta saadakse kalgendist vadaku osalise eraldamise teel kohupiimaseparaatoriga. Kohupiimast ja kohupiimapastast toodetakse mitmesuguseid kohupiimatooteid, mis erinevad kasutatud lisandite poolest. **Kohuke** on kuni 125-grammises pakendis kohupiimatoode, milles kohupiimale on lisatakse rõõska koort, maitse- ja aroomiaineid, maitselisandeid, suhkrut või keedusoola, **glasuurkohuke** on glasuuriga kaetud

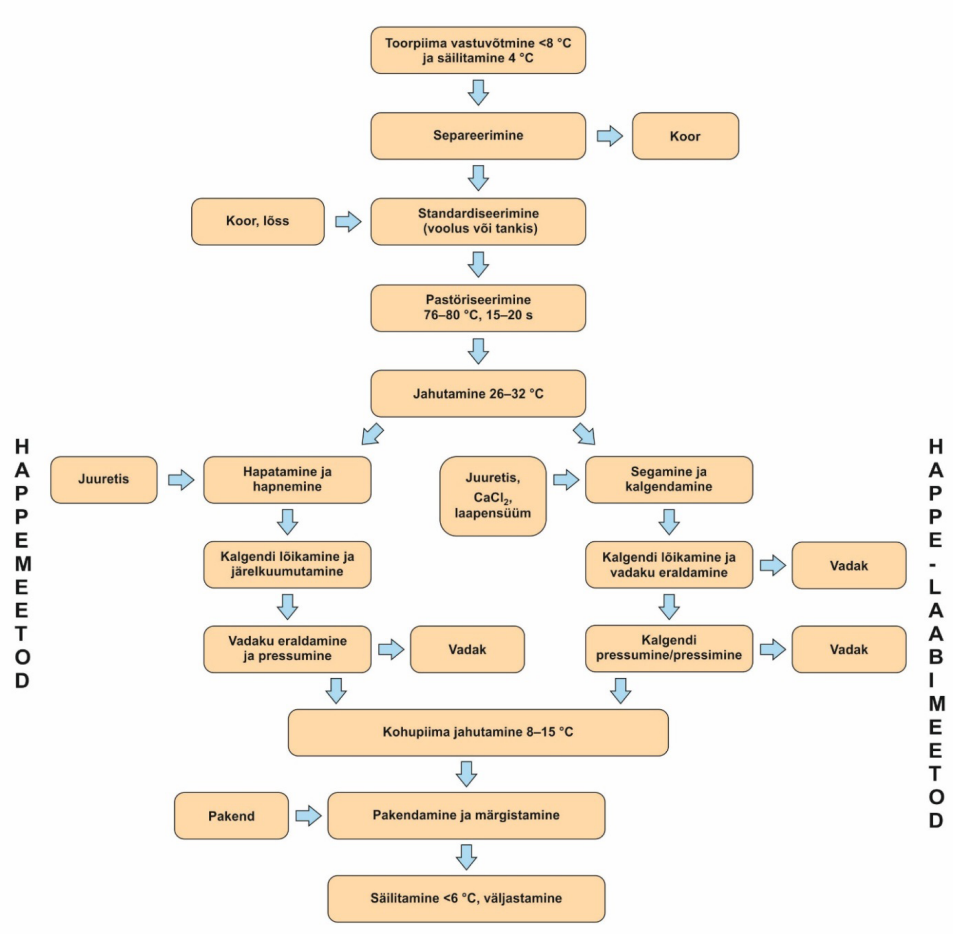
Tabel 6.10. Kohupiimaliikide füüsikalis-keemilised parameetrid

Liik	Rasvasisaldus, %	Kuivaine, mitte alla, %	Happesus, mitte üle, °Th
Rasvata kohupiim	-	20	250
Väherasvane kohupiim	2-9	24-27	220
Rasvane kohupiim	10-18	28-35	210

kohuke. **Kohupiimamass** on üle 125-grammises pakendis kohupiimatoode, milles kohupiimale on lisatud rõõska koort, maitse- ja aroomiaineid, maitselisandeid, suhkrut või keedusoola. **Maitsestatud kohupiimapasta** on kohupiimatoode, milles kohupiimapastale on lisatud rõõska koort, hapukoort, maitse- ja aroomiaineid, maitselisandeid, võid, paksendajaid, želeerivaid aineid, toiduvärve, suhkrut või keedusoola. **Kohupiimakreem** on kreemi- või pastataolise konsistentsiga kohupiimatoode, milles peenendatud kohupiimale või kohupiimapastale on lisatud rõõska koort, hapukoort, maitse- ja aroomiaineid, maitselisandeid, võid, paksendajaid, želeerivaid aineid, toiduvärve, suhkrut või keedusoola.

6.5.3.2. Kohupiima valmistamine happe-laabimeetodil

Happe-laabimeetodil valmistatakse rasvast ja vähe rasvast kohupiima. Tehnoloogilise protsessi etapid on toodud **joonisel 6.59**. Rasvase kohupiima valmistamisel on segupiima rasvasisaldus 3,2—3,5%. Kui täispiima rasvasisaldus on 3,6% ja enam, tuleks lisada lõssi, kuni segu rasvasisaldus on 3,2—3,6%. Segupiim pastöriseeritakse temperatuuril 76—80 °C hoideajaga 15—20 s. Tugevama kalgendi saamiseks ja väljatuleku suurendamiseks võib kasutada kõrgemaid pastöriseerimistemperatuure (85—87 °C), kuna siis denatureeruvad vadakuvalgud suuremal määral ning jäävad pressumise ajal kaseiinikalgendisse. Kõrgel temperatuuril kuumtöötlemisega suureneb ka kaseiini hüdratatsioon, mille tulemusena kaseiin seob vett (vadakut) tugevamalt ning vadaku eraldamine kalgendist pressimise teel võtab rohkem aega.



Joonis 6.59. Kohupiima valmistamise tehnoloogiline skeem

Madalatel pastöriseerimis-temperatuuridel (71—75 °C) vadakuvalgud denatureeruvad vaid osaliselt (albumiin), suurem osa vadakuvalkudest jääb vadakusse. Kalgend on nõrk, habras, valgukadu vadakuga on suurem ning toote väljatulek väheneb. Madalal temperatuuril pastöriseerimise korral võib säilida piimas leiduv ensüüm lipaas, sellise kohupiima pikaajalisel säilitamisel halveneb maitse. Pastöriseerimisel alla 80 °C säilivad ka termoresistentsed piimhappebakterid, mis võivad põhjustada kohupiima ülehapnemist. Pastöriseeritud piim jahutatakse temperatuurile 26—32 °C ja lisatakse kuni 5% mesofiilsete kultuuride (*Str. lactis*, *Str. diacetilactis* ja *Str. acetoinicus*) juuretisekontsentraati või tarbejuuretist. Hapnemise kii-

rendamiseks ja juuretise aktiviseerimiseks võib juuretise lisada tanki või kohupiimavanni kohe vanni täitmise algul. Kui happesus tõuseb tasemeni 32—35 °Th, lisatakse $CaCl_2$ lahus (enamasti ligikaudu 40% vesilahusena, arvestusega 400 g $CaCl_2$ 1000 kg piima kohta). $CaCl_2$ kompenseerib pastöriseerimisel tekkinud kaltsiumisoolade kadu ja parandab kaseiini väljasadestumist ning tugevama kalgendi moodustumist. Viimasena lisatakse laapensüüm vastavalt tootja soovitatud hulgale. Laapensüümi kasutamine võimaldab saada tugeva, kuid suhteliselt madala tiitritava happesusega kalgendi. Erinevalt happemeetodist ei ole laabi kasutamisel üldjuhul vaja kalgendit järelsoojendada, kuna laabi toimel tõmbub kalgend kokku ning eraldub vadak. Pärast laabi lisamist segatakse segu hoolikalt ning jäetakse hapnema.

Hapnemise lõpp määratakse kalgendi tugevuse ja happesuse (58—60 °Th/pH 4,6-4,8) põhjal. Kalgendi tugevust võib hinnata noaprooviga: kalgendisse tehakse sisselõige ning kergitatakse kalgendit sisselõike ühe otsa kohalt. Valmis kalgendisse tekib lõhe, kalgendi servad on sirged ja säravad, lõhesse eraldub selge vadak. Temperatuuril 30—32 °C kestab hapnemine sõltuvalt lisatud juuretisekogusest 3,5—4 tundi või enam. Kalgendi valmiduse määramine on väga oluline, kuna liiga nõrga ja pudeda kalgendi töötlemisel suurenevad valgukaod vadakusse. Ülehapnenud kalgendi töötlemisel saadakse hapu kohupiim, vadaku eraldamine on raskendatud. Lahtilõikamiseks peaks kalgendi happesus olema rasvase kohupiima valmistamisel 58—60 °Th , väherasvasel kohupiimal 62—65 °Th. Edasise happesuse tõusmise vältimiseks tuleb valmis kalgend kohe lõigata kuubikuteks (suurusega mitte alla 2x2x2 cm). Lõikamise tulemusena suureneb kalgendi pind, mis oluliselt kiirendab vadaku eraldumist. Lõigatud kalgend jäetakse kokkutõmbumiseks ja vadaku eraldamiseks seisma (1—1,5 tundi). Uurimustest on selgunud, et kõige kiirem on vadaku eraldumine temperatuuril 32—35 °C ja happesusel 60—70 °Th (pH 4,6—4,8). Osa vadakust eraldatakse. Kui kalgendi happesus tõuseb tasemeni 77—79 °Th, lastakse kohupiim nõrutusvanni või lavsaan/bjasskottidesse ning jäetakse pressuma

ja nõrguma. Kalgendi isepressumine vältab 1—2 tundi. Pressunud kohupiim tuleb kiiresti jahutada temperatuurile alla 15 °C, eelistatult 6—8 °C. Jahutatud kohupiim pakendatakse.

6.5.3.3. Kohupiima valmistamine happemeetodil

Happemeetodit kasutatakse enamasti rasvata kohupiima valmistamisel. Segupiima hapendamiseks kasutatakse ainult mesofiilsete kultuuride juuretist ($CaCl_2$ ja laapensüümi ei lisata). Valmiskalgendi happesus on ligikaudu 75—85 °Th, kalgend lõigatakse ja järelkuumutatakse temperatuurile 36—40 °C. Liialt kiirel järelkuumutamisel tõmbub kalgend liigselt kokku ning saadakse sõmer, tugevateraline ja tuim kohupiim. Kui järelkuumutamine toimub temperatuuril alla 36—40 °C, on vadaku eraldumine aeglane, kestab kauem ning pressumisel või kohupiim üle hapneda. Sõltuvalt vanni või katla suurusest võib järelkuumutamine kesta 0,5—3 tundi. Järelkuumutamiseks juhitakse aur kohupiimavanni soojusvahetussärki või vesi (65 °C) otse vanni. Vee lisamist soovitatakse üle hapnenud kalgendi puhul. Sõltumata järelkuumutamise viisist tuleb kalgendit ettevaatlikult segada vanni seintest eemale. Kuumutatud kalgendit hoitakse 15—20 minutit temperatuuril 36—40 °C, eemaldatakse vadak ning kohupiim jäetakse nõrguma ja isepressuma või pressitakse. Kui kõrgema hapendamistemperatuuri kasutamisel (kuni 38 °C) on kalgendi temperatuur lõikamise algul 36 °C ja enam, võib järelkuumutamise ära jätta. Kohupiim jahutatakse temperatuurini 6—8 °C edasise hapnemise vältimiseks ja pakendatakse.

6.5.3.4. Kohupiimapasta tootmine kohupiimaseparaatoriga

Kohupiimapasta on võrreldes kohupiimaga ühtlasema, kreemja pastataolise konsistentsiga. Kohupiimapastat on võimalik toota ka kalgendi nõrutamise teel läbi filterriide, kuid tööstuslikul tootmisel kasutatakse selleks kohupiimaseparaatoreid või piimavalgu kontsentreerimist membraanfiltratsiooni abil (ultrafiltratsioon). Lahja kohupiimapasta toorainena kasutatakse lõssi, mida pastöriseeritakse 88—92 °C juures hoideajaga kuni 3

minutit. Lõss jahutatakse hapendamistemperatuurile (mesofiilsete bakterite kasutamisel 22—24 °C) ning lisatakse juuretis ja laapensüüm. Segu segatakse hoolikalt ning jäetakse hapnema. Sõltuvalt lisatud juuretisekogusest kestab hapendamine kuni 16 tundi. Valmis kalgend segatakse, soojendatakse separeerimistemperatuurile (45—55 °C) ning suunatakse kohupiimaseparaatorisse. Separeerimisel kohupiimaseparaatoris saadakse lõhutud kalgendist kohupiimapasta ja vadak. Pasta jahutatakse temperatuurini 2—6 °C ja pakendatakse. Kui lahjat pastat kasutatakse teiste kohupiimatoodete valmistamiseks, jahutatakse see esmalt temperatuurini 15—20 °C, lisatakse vastavalt retseptile lisandid ja lõplikult jahutatakse temperatuurini 2—6 °C. Kohupiimatoode pakendatakse ning säilitatakse laos temperatuuril 2—6 °C.



Kontrollküsimused

Kuidas saada kvaliteetne ja ohutu joogipiim?
Mille poolest erinevad hapupiimajoogid üksteisest?
Kirjelda hapupiimatoodete valmistamist reservuaarmeetodil ja termostaatmeetodil?
Võrdle kohupiima valmistamist happemeetodil ja happe-laabimeetodil!





6.5.4. JÄÄTISETEHNOLOOGIA

Katrin Laikoja

Jäätis on külmutatud dessert, mis kuulub toidujääde (ingl k *edible ices*) hulka. Eestis tarbitakse jäätist keskmiselt kaheksa liitrit inimese kohta aastas, Soomes (mis on maailmas esiviisikus) ligikaudu 14 liitrit inimese kohta ning Uus-Meremaal üle 28 liitri jäätist inimese kohta aastas.

Euroopa toidujääde koodeksi kohaselt on toidujää külmutatud toit, mis tänu külmutamisele omandab viskoossema tekstuuri; mida ladustatakse, transporditakse, müüakse ning tarbitakse külmunud olekus ning mille koostises võib kasutada erinevaid koostisaineid. Mahlajää (*Water Ice*) koosneb veest ja suhkrutest; jäätis (*Ice Cream*) on emulsioon, mille koostises on vesi ja/või piim, toidurasvad, -valgud ja suhkrud. Piimajäätis (*Milk Ice*) sisaldab vähemalt 2,5% piimarasva ja vähemalt 6% piima rasvata kuivainet, keelatud on mitte-piimapõhise rasva ja/või valgu kasutamine. Koorejäätis (*Dairy Ice Cream*) sisaldab vähemalt 5% piimarasva, lubatud on ainult piimarasva ja –valgu kasutamine.

Maailmas tuntakse lisaks nimetatud jäätiseliikidele väga erinevaid külmutatud desserte, nt ameeriklaste *Frozen custard* peab lisaks koorele (10% piimarasva) sisaldama vähemalt 1,4% munakollast; itaallaste *Gelato* on toode, millele on iseloomulik madal vahustatuse tase, kuid mis sisaldab vähemalt 3,5% piimarasva; *Spumoni* (Itaalia) on vormitud assortiijäätis, mis koosneb mitmetest jäätisesortidest ja on täiendatud pistaatsia pähklite, kirsside, šokolaadi ja muude lisanditega. Sorbett sarnaneb mahlajääle, kuid mõnedes riikides lisatakse väikestes kogustes piima koostiskomponente, et saada kõrgem (30-35%) vahustusaste. Šerbett on külmutatud dessert, mis sisaldab puuvilju või puuviljamahla, suhkrut, 1-2% piimarasva, 0,2-0,5% stabilisaatoreid ning toote vahustustusaste on 20-35%. Jogurtijäätise valmistamiseks lisatakse jäätisesegusse elusbaktereid sisaldav juuretis või töödeldakse jäätiseseadmetes jogurtit sarnaselt jäätisesegule.

6.5.4.1. Jäätisesegu komponendid

Rasvafraktsioon on oluline komponent koore- ja piimajäätises, kuna sellest sõltub toote konsistents ja tekstuur. Jäätisesegu koostamisel kasutatakse kas piima- või taimerasva. Piimapõhine rasv võib olla jäätisesegus täispiima, või, rõõsa koore, võiõli või veevaba piimarasvana. Taimsetest õlidest kasutatakse jäätisesegu koostises palmirasva ja –õli, palmituumaõli, kookosrasva, sheapähkli tuumaõli jt. Kokteilijäätiste koostisainena kasutatakse spetsiaalselt jäätise jaoks toodetud hüdrogeenimata taimerasvasid. Taimsed rasvu ja õlisid kasutatakse ka vahvlitaigna või glasuuri koostises.

Jäätise **rasvata kuivaine** moodustavad piimavalgud, laktoos jm suhkrud ning mineraalained. Rasvata kuivaine osa suurendamiseks lisatakse jäätisesegusse juurde piimapulbrit, kondenspiima, vadakupulbrit, membraanfiltratsiooni teel kontsentreeritud piima, kondenseeritud lõssi või naatriumkaseinaati. Piimavalkudel on oluline mõju jäätise füüsikalistele ja organoleptilistele omadustele: homogeniseerimise käigus adsorbeeruvad piimavalgud kergesti lõhustunud rasvakuulikese pinnale ning friiserdamise ajal õhumullide sisekihtidesse, parandades sellega jäätise tekstuuri. Nii kaseiinid kui vadakuvalgud sobivad jäätisesegu koostises emulgaatoritena. Pastöriseerimise ajal vadakuvalkude veesiduvusvõime suureneb märgatavalt valgu denatureerumise tulemusena. Piima rasvata kuivaine komponendid takistavad suurte jääkristallide teket ning piimavalgud aitavad kaasa õhumullide stabiliseerimisele segus friiserdamise ajal. Rasvata kuivaine suurendamisel tuleb arvestada sellega, et parima tulemuse saavutamiseks peab rasvata kuivaine olema kindlas vahekorras rasva hulgaga.

Erinevatel **suhkrutel** on jäätisesegu koostises mitu ülesannet: need tõstavad kuivainesisaldust, mõjutavad maitseomadusi, on maitseainete edasikandjaks, annavad mahtu ja mõjutavad külmumistäppi. Piimasuhkur ehk laktoos on oluline komponent jäätisesegus. Laktoos on suhteliselt väikese magususega ja põhjustab võrreldes teiste süsivesikutega mõõdukat külmumistäpi langust. Probleemiks on laktoosi võimalik kristalliseerumine jäätises, mis põhjustab tekstuurivigu, nn “liivast” tekstuuri ja suuaistingut.

Jäätises kasutatakse suhkrut (nii suhkruroo- kui suhkrupeedi suhkur) ligikaudu 12—16% jäätisesegu massist, mahlajääs ja sorbetis ligikaudu 20% või enam. Kui jäätisesegus kasutatakse ainult sahharoosi, võib jäätis olla temperatuuril 18 °C liiga kõva. Erinevate maisi, nisu ja teiste tärkliste derivaatide tootmine happe ja/või ensümaatilisel teel on andnud erinevaid tooteid, mida kasutatakse külmutatud dessertide tootmisel. Täieliku hüdrolüüsi tulemusena saadakse monosahhariid α-D-glükoos, mida lisaainete turustajad müüvad ka dekstroosi nimetuse all. Erinevaid glükoosisiirupeid eristatakse DE (dekstroosi ekvivalent) arvu poolest. DE väljendab tärklisesiirupi hüdrolüüsi astet (tärklisel DE=0, dekstroosil DE=100). Seega, mida kõrgem on DE arvu väärtus, seda suurem on olemasoleva α-D-glükoosi suhteline hulk. Saadakse valmistoode, milles on sama hulk glükoosisiirupit, kuid suureneb pehmus ja saadakse pehme mass.

Magusainena kasutatakse jäätisesegudes ka mett. Mesi koosneb ligikaudu võrdsetes proportsioonides glükoosi ja fruktoosi segust vees. Mee üldine kuivaine on 75—80%, millest sahhariide on ligikaudu 65%. Kuna mees sisalduvad sahhariidid on põhiliselt monosahhariidid, mis võivad arvestataval määral alandada külmumistäppi, seepärast tuleb mett kasutades meeles pidada, et valmistoodet võib olla raske külmutada ja säilitada.

Külmutatud dessertide külmumistäpp sõltub segu lahustuvatest koostisosadest. Külmumistäppi madaldab segu suhkrusisaldus; teine tegur, mis madaldab külmumistäppi, on rasvata kuivaine: igale 1,0% rasvata kuivainele segus vastab külmumistäpi langus 0,060 °C. Naatriumi, kaaliumi ja klooriioonid omavad tugevat mõju jäätise maitsele. Ioonilised molekulid mõjutavad ka stabilisaatorite ja valkude füüsikalisi omadusi, kuna kaltsium on oluline komponent kaseiini mitselli moodustumisel ja vadakuvalkude denatureerumisel kõrge temperatuuri toimel.

Stabilisaatorid on ained, millel on võime dispergeerida vedelat faasi ja seega siduda suurel hulgal veemolekule. Stabilisaatorite lisamine jäätisesegusse soodustab väikeste jääkristallide teket ja hoiab ära jääkristallide kasvamise olukorras, kus temperatuur kõigub või muutub liiga kõrgeks (nn.

soojussõkk). Stabilisaatorid suurendavad segu viskoossust, mis omakorda soodustab vahustamisel ühtlast õhu jaotamist tootes. Samuti on stabilisaatoritel omadus siduda sulamise ajal vett, suurendades sellega vastupanu sulamisele. Valguliste stabilisaatorite hulka kuuluvad želatiin, kaseiin, piima vadakuvalgud. Enamkasutatud polüsahhariidsete stabilisaatorite hulka kuuluvad agar-agar E 406 (saadud pruunvetikast), karrageen E 407 (saadud punavetikast), jaanileivapuujahu E 410, guarkummi E 412 ning hemitselluloos ja modifitseeritud tselluloosi komponendid.

Jäätise tootmisel kasutatavad **emulgaatorid** aitavad kaasa väikeste, ühtlaselt dispergeerunud õhumullide tekkele; kaitsevad tekstuuri halvenemise vastu soojussõki korral ja annavad küllusliku suuaistingu. Viimati nimetatud omadus saavutatakse rasvakuulikeste osalise aglomereerimisega õhumullide pinnale. Üle-emulgeerimine võib esile kutsuda rasvase tunde suus ja/või emulgaatori maitse. Munakollane on tuntud emulgaator, kuid kallis ja suhteliselt väheefektiivne, tööstuslikult leiavad laialdasemat kasutust sojaletsitiini E 322 ning naturaalse rasva esterdamise tulemusena saadud derivaadid, nt rasvhapete mono- ja diglütseriidid E 471.

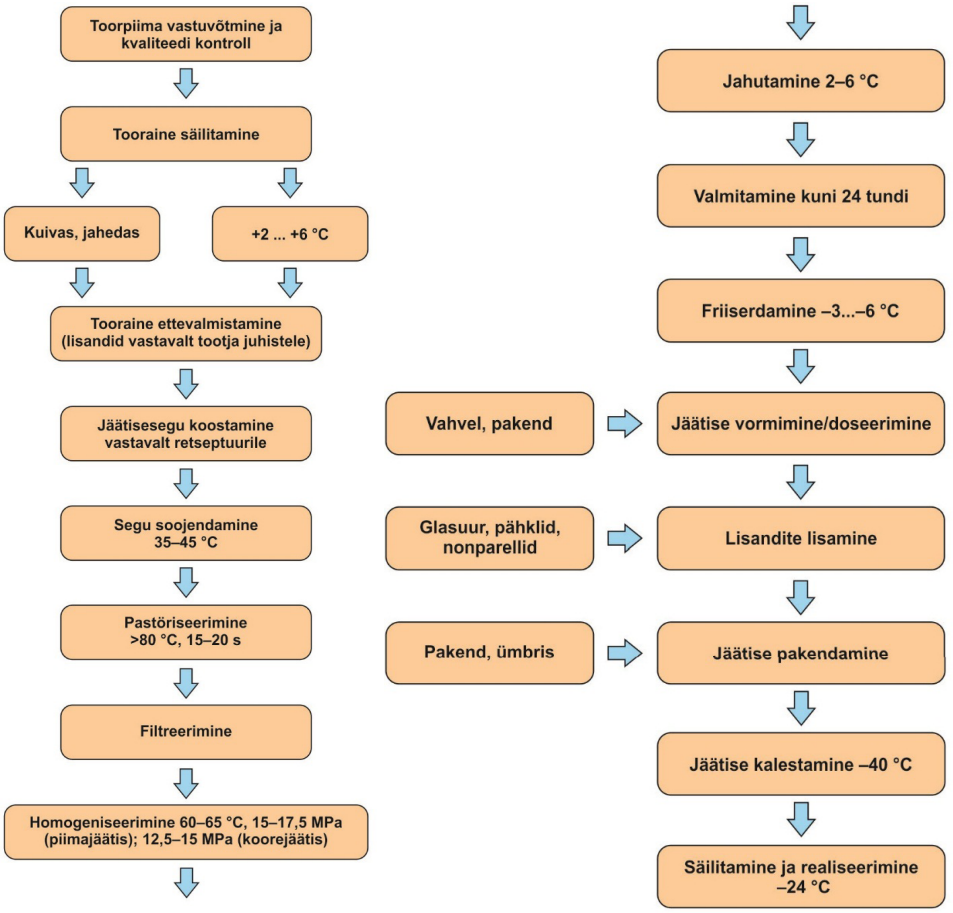
Maitse- jm **lisandid** on tarbijale väga olulised ostuotsuse tegemisel, enam eelistatud on vanilje-, šokolaadi-, maasika- ja pähklilisandid. Voolavad lisandid doseeritakse jäätisesegusse segamise ajal. Kui lisandid on suurte tükkidena, nagu pähklid, marjad ja džemmid, siis lisatakse need friiserdatud ja osaliselt külmutatud segule. Värvainete ülesandeks on tootele atraktiivse välimuse andmine. Puuviljamaitselisandite kasutamisel aitavad värvained parandada ka jäätise värvust.

6.5.4.2. Jäätise valmistamine

Jäätise valmistamise tehnoloogilist skeemi (**joonis 6.60**) vaata peatüki lõpust. Jäätise piimapõhised komponendid (koor, või, kondenspiim jne) säilitatakse vastavalt tootja poolt antud säilitamistingimustele. Kõrge viskoossusega vedelikke nagu suhkruga kondenspiim, glükoosisiirup ja tai-

meõli, hoitakse kõrgemal temperatuuril, et viskoossus oleks pumpamisel väiksem. Piimarasv, võiõli või võiplokid jm tahke rasv sulatatakse. Niisutamist vajavad stabilisaatorid (želatiin, karrageen, agar-agar) niisutatakse ja lahustatakse (vajadusel kuumutades) vastavalt tootja juhistele, tärklis lisatakse segule kuivana 30—35 °C juures.

Segu koostatakse vastavalt retseptuurile: kuivtooted kaalutakse, vedelad koostisained kas kaalutakse või mõõdetakse. Ainete lisamise järjekord sõltub nende temperatuurist ja lahustuvusest: kõigepealt vedelad tooted (koor, piim, vesi, kondenspiim jt.), siis maitseained ja kuivad materjalid (suhkur, kuivad piimatooted, stabilisaatorid jt.). Jäätisesegu soojendatakse



Joonis 6.60. Jäätise valmistamise tehnoloogiline skeem

35—45 °C. Pärast kõikide komponentide täielikku lahustumist segu filtreeritakse ja pastöriseeritakse 70—75 °C juures 20—30 minutit või temperatuuril üle 80 °C, hoideajaga 15—20 s. Pärast pastöriseerimist segu homogeniseeritakse temperatuuril 60—65 °C, piimajäätise puhul rõhul 15—17,5 MPa; koorejäätise puhul 12,5—15 MPa. Homogeniseerimise tulemusena toimuvad muudatused rasvafaasis tõstavad segu viskoossust, paraneb vahustatavus, saavutatakse parem vahu stabiilsus ning suureneb vastupidavus soojussõkile.

Teiseks võimaluseks on segu homogeniseerida enne pastöriseerimist. Sel juhul jäätise segu soojendatakse 73—75 °C-ni ja homogeniseeritakse rõhul 14—20 MPa. Seejärel pastöriseeritakse 83—85 °C 15 s. Piimavalgud ja lisatud emulgaatorid katavad uue rasvaosakese pinna, selle tulemusena suureneb veesiduvusvõime. Friiserdamise käigus saadakse nii väiksemad jääkristallid ja õhumullid. Üleüldiseks tulemuseks on pehme tekstuuriga jäätis, mille sulamine muutub ühtlasemaks. Samas tuleb vältida ülehomogeniseerimist. Jäätise puhul ei ole eesmärgiks võimalikult kogu rasva võimalikult peeneks pihustamine.

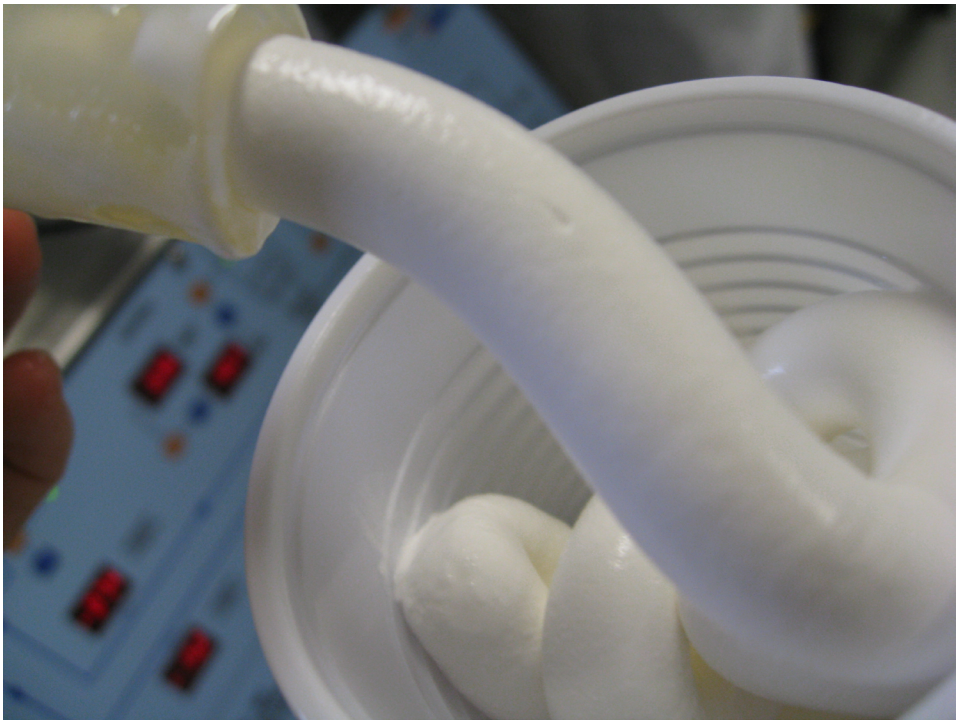
Pastöriseeritud ja homogeniseeritud segu jahutatakse 2—6 °C ja suunatakse 2 – 24 tunniks valmitamisele. Segu valmitamise aeg sõltub stabilisaatori hüdrofiilsuse astmest. Valmitamise käigus rasv rasvakuulikestes osaliselt kristalliseerub ning vee molekulid osaliselt seotakse valkude ja stabilisaatori molekulidega. Rasva kristallisatsioon on vajalik võise tekstuuri tekkimise vältimiseks friiserdamise käigus. Vee sidumine valkude ja stabilisaatori molekulidega inhibeerib suurte jääkristallide teket ning saadakse pehme tekstuuriga ning ühtlaselt sulav jäätis.

Friiserdamise käigus jäätisesegu külmutatakse osaliselt, rikastatakse õhuga ja vahustatakse. Piima- ja koorejäätiste vahustusaste on sageli vahemikus 80—100%, see tähendab, et 1 liitrile jäätise segule on lisatud 0,8—1,0 liitrit õhku. Pidevtoimega friiseris pumbatakse valmitatud segu temperatuuril 4—6 °C kahe järjestikku monteeritud erineva tootlikkusega hammasrataspumba abil soojusvahetussilindrisse. Pumpade vahel torusti-

kus oleva klapi abil imetakse segusse õhku. Soojusvahetussilindris liigub õhuga rikastatud jäätisesegu piki silindrit ettepoole. Tänu seguri konstruktsioonile dispergeeritakse segus olev õhk, seguril olevad noad ei lase jäätisesegul silindri siseseinale külmuda. Friiserdatud jäätis väljub silindri esiotsast reguleerimisventiili ja kraani kaudu. Friiserdamise I etapil toimub segu jahutamine ja seejärel veefaasi osaline külmumine, mille tulemusena moodustuvad peened jääkristallid. Mida kõrgem on segu suhkrusisaldus, seda madalam peab olema friiserdamistemperatuur. Friiserdamise kvaliteet oleneb segu tsirkuleerimiskiirusest friiseris, sest kiirema tsirkuleerimise tulemusena moodustuvad jääkristallid kiiremini ning tekivad peenemad kristallid. Jääkristallide suurus ei või ületada 60—80 μm, kuna suuremad kristallid põhjustavad tekstuurivigasid. Jääkristallide tekkega tõuseb külmumata osa (kuivaine) kontsentratsioon segus ja langeb külmumistemperatuur. Friiserdamise lõpuks on segu külmumistemperatuur langenud temperatuurile –4...-6 °C ja on külmunud ligikaudu 30—60% segus olevast veest. Külmumistäpp on külmutatud dessertide puhul üks olulisemaid säilivusaega mõjutavaid tegureid. Mida kõrgem on külmumistäpp, seda suurem on friiseris moodustuvate jääkristallide arvukus. Mida madalam on külmumistäpp, seda kõrgem on temperatuurišoki tekkimise risk, mis omakorda kutsub esile kristallide sulamise ja ühinemise suuremateks kristallideks, kui toode läbib säilitamise ja turustamise erinevaid etappe. Suured kristallid tekitavad jäätise puhul jäise, jämedakoelise suuaistingu.

Jäätise võib pärast friiserdamist pakendada karpidesse, väiksemate portsjonjäätiste tootmisel järgneb friiserdamisele jäätise doseerimine vahvlitopsidesse, -koonustesse, topsidesse või vormimine ettenähtud kujuga portsjonitesse. Pumpade ja lisandisöötjatega lisatakse puuvilja-, vahvli-, pähklitükid või muud tükilised maitselisandid ning, sõltuvalt tootest, võib järgneda glasuurimine. Jäätis pakendatakse kaitsvasse pakendisse ja suunatakse kalestamisele. Lõplik jäätise külmutamine ehk kalestamine toimub külmkambris või kalestustunnelis temperatuuril –40 °C, kus segu temperatuur langeb –20...-25 °C ja külmub ligi 30-80% veest. Kalestamise ees-

märgiks on saavutada võimalikult kiiresti temperatuur alla –20 °C, sest siis saadakse parem jääkristallide jaotus ja jäätise kvaliteet. Kui jäätist säilitatakse pikka aega temperatuuril -25°C juures, jäätub kuni 90% segus algselt olnud veest.



Kontrollküsimused

Iseloomusta erinevaid toidujää liike!

Millistest komponentidest koostatakse jäätisesegu?

Millest sõltub jäätisesegu külmumistäpp?





6.5.5. JUUSTUTEHNOLOOGIA

Vilma Tatar

Antud peatükis käsitletakse lühidalt juustu üldtehnoloogiat. Juustutehnoloogia õppematerjaliks bakalaureuseõppes on Väino Poikalaineni poolt koostatud „Juustutehnoloogia lühikursus“, samuti on kasutatav tema põhjalik raamat „Juustutehnoloogia“. Seega tuleks käesolevas õpikus esitatud juustutehnoloogia osale lisaks tutvuda eespool nimetatud töödega.

6.5.5.1. Juustude klassifikatsioon

Juustusid klassifitseeritakse erinevate näitajate alusel. Traditsiooniliselt on juuste klassifitseeritud **kõvaduse**, **rasvasisalduse**, **soolasisalduse** ja **valmitusviisi** järgi. Täiendavalt jaotatakse juustusid veel tehnoloogiliste iseärasuste põhjal **laabi-** ja **hapupiimajuustudeks** ning **sadestatud** juustudeks, **kõrge** või **madala järelsoojendustemperatuuriga juustudeks**, tekstuuri järgi **kinnise** (korrapärased ümmargused augud) ja **lahtise tekstuuriga** (ebakorrapärane, pitsilise mustriga augustus) **juustudeks**, valmimise järgi **valminud** ja **valmimata** e **toorjuustudeks**. Toorjuustude hulka kuulub ka vadakuvalgu juust ricotta. Soolasisalduse järgi jagatakse juustud:

- üle 1,4 % - soolane;
- 0,7 – 1,4 % - mõõdukalt soolane;
- kuni 0,7 % - vähesoolane.

Tekstuuri järgi jagatakse juustud:

- lahtise tekstuuriga, kus juustu vormimine toimub vadakuta juustutera puistamisega vormi;
- kinnise tekstuuriga, kus juust vormitakse plastist. Juustuplast on vadaku all kerge survega kokkupressitud juustutera.

6.5.5.2. Piima vastuvõtmine

Piim võetakse vastu koguse ja kvaliteedi alusel. Piima kvaliteedi hindamiseks võetakse toorpiimast proov, millest teostatakse vajalikud analüüsid. Juustu valmistamiseks kasutatav piim peab olema juustukõlblik. Piima juustukõlblikkuse all mõistame piima neid omadusi, mis kindlustavad tehnoloogilise protsessi kulgemise soovitud suunas ja ootustele vastava toote saamise. Piima juustukõlblikkuse määravad selle sensoorsed omadused, koostis, füüsikalis-keemilised, biokeemilised ja mikrobioloogilised omadused. Samuti peab piim olema vaba saasteainetest ning ebasoovitavatest mikroorganismidest (vt. Juustutehnoloogia lühikursus). Piima temperatuur vastuvõtmisel peab jääma vahemikku 2…4 °C. Peale analüüside teostamist pumbatakse piim läbi filtri, õhueraldaja ja piimaarvesti säilitustanki.

6.5.5.3. Juustupiima ettevalmistamine

Värske, äsjalüpstud piim ei ole juustu valmistamiseks sobiv, sest fosforhappe ja kaltsiumi soolad on kolloidses olekus ja see aeglustab piima kalgenemist. Piima kalgenemisomaduste parandamiseks piima kas **reserveeritakse** või **valmitatakse**. Eesmärk on piima mõningase happesuse muutusega mõjutada kolloidsüsteemi. Piima happesus tõuseb 1…2 °Th, mille käigus suureneb polüpeptiidide ja vabade kaltsiumiioonide sisaldus. Alaneb piima redokspotentsiaal, osa kaltsiumisooladest läheb üle lahustunud olekusse. Moodustunud piimhape põhjustab fosforhappe soolade ülemineku kolloidsest olekust lahustunud olekusse.

Piima **reserveerimiseks** nimetatakse piima säilitamist 5±2 °C juures peale lüpsi mitte üle 24 tunni. Reserveerimine võib toimuda nii piimafarmides kui juustutööstuses. Tuleb meeles pidada, et reserveerida saab ainult madala võõrmikrofloora sisaldusega piima, et vältida ebasoovitavaid protsesse piima säilitamisel. Liialt pikk reserveerimise aeg ei ole soovitav, sest piimas leiduv proteolüütiline ensüüm plasmiin põhjustab β-kaseiini lõhustumist γ-kaseiiniks ja fosfopeptiidiks. Need ei kalgendu laapensüümi

toimel ning juustu väljatulek väheneb. Soovitav on toorpiim enne reserverimist termiseerida 60…63 °C juures 15…30 sekundi jooksul, et hävitada psührofiilne ja psührotroofne mikrofloora.

Piima **valmitamine** on protsess, kus piimale lisatakse mesofiilsete piimhappebakterite juuretist, et kindlustada piima happesuse tõus 1…2 °C võrra. Toorpiima valmitamisel lisatakse 0,005-0,01% juuretist. Pastöriseeritud piima valmitamisel 0,1-0,3% juuretist, kuna pastöriseerimisel hävivad piimale omased piimhappebakterid. Valmitamine viiakse läbi 8…12 °C juures 10…22 tunni jooksul. Soovitav on valmitamist teostada peale pastöriseerimist, et välistada toorpiima mikrofloora mõju protsessile.

6.5.5.4. Juustupiima eeltöötlemine

Piima eeltöötlemisega luuakse eeldused juustu õige koostise ja kvaliteedi saamiseks ja soovitavate mikroobide arenguks. Eeltöötlemise operatsioonideks on piima **separeerimine/standardiseerimine**, **baktofuugimine**, **pastöriseerimine** ja **jahutamine**. Lisaks nendele võib piima eeltöötlemise käigus teostada veel muid tegevusi. Näiteks ebasoovitavate mikroobide eemaldamiseks kasutada termiseerimist või mikrofiltratsiooni, piima kuivainesisaldust tõsta ultrafiltratsiooni või pöördosmoosiga, teatud juustuliikide puhul (hallitusjuustud ja teised pehmed juustud) teostada ka **homogeniseerimist**. Eeltöötluse operatsioone tavaliselt kombineeritakse vastavalt vajadusele ja neid sooritatakse enamasti kindlas järjekorras.

Juustupiima **standardiseerimisel** tuleb arvestada nii rasva- kui valgusisaldust piimas, et kindlustada valmistatavas juustus soovitud rasvasisaldus. Kuna juustu väljatulek sõltub eeskätt piima valgusisaldusest, siis piima kõrgema valgusisalduse korral peab ka selle rasvasisaldus olema kõrgem ja vastupidi, vastasel juhul tekib rasva puudujääk. Saadava juustu rasva- ja valgusisalduse suhe sõltub lisaks segupiima koostisele ka rasva ja valgu väärindamise koefitsiendist, paljudest piima füüsikalis-keemilistest omadustest (kaseiini ja albumiini suhtest ning kaseiinifraktsioonide omavaheli-

sest suhtest), juustu soolamise režiimist jne. Kuna aga piima valgusisaldus muutub suhteliselt kitsastes piirides, siis toimub standardiseerimine eeskätt rasva järgi. Selleks piim soojendatakse 50-55 °C-ni ja separeeritakse kooreks ja lõssiks. Seejärel mõlemad fraktsioonid läbivad normaliseerimissõlme, kus osa koort suunatakse tagasi lõssi hulka, et normaliseerimissõlmest väljuv juustupiim oleks soovitud rasvasisaldusega. Näiteks juustu valmistamiseks, mille rasvasisaldus kuivaines on 45%, tuleks juustupiim standardiseerida rasvasisalduseni 2,9-3,1%. Seejärel juustupiim suunatakse **baktofuugimisele**, kus tsentrifugaaljõu mõjul eraldatakse mikroorganismid ja oluline hulk nende spoore. Baktofuugis eralduvat bakterite massi nimetatakse baktofugaadiks.

Juustupiima **pastöriseeritakse** eeskätt patogeense mikrofloora hävitamiseks ja ensüümide valikuliseks inaktiveerimiseks. Tegelikult hävib pastöriseerimisel oluline osa piima mikrofloorast. Seega tagatakse hea keskkond juuretisega piima viidavate piimhappebakterite arenguks. Juustupiima soovitatakse pastöriseerida 72–74 °C juures 15–20s jooksul. Kõrgemate pastöriseerimistemperatuuride kasutamine halvendab oluliselt piima kalgendumisomadusi ja takistab vadaku eraldumist terast. Tuleb arvestada sellega, et kui toorpiimas esinevad mikroorganismid, mis moodustavad spoore, näiteks *Clostridium tyrobutyricum*, siis spooridele selline pastöriseerimistemperatuur ei mõju. Sellepärast ongi soovitav piima eelnev baktofuugimine.

Peale pastöriseerimist jahutatakse juustupiim vajalikule temperatuurile sõltuvalt sellest, kas piim suunatakse otse juustuvalmistamisele või valmitamisele (vt. eespool). Juustuvalmistamisele suunatav piim jahutatakse 29-31 ºC-ni ja suunatakse juustukatlasse.

6.5.5.5. Juustupiima kalgendamine

Juustupiima kalgendamise protsessis lisatakse juustupiimale mitmesugused lisandid. Traditsiooniliselt on need **kaltsiumkloriid** ($CaCl_2$),

juuretis ja **laapensüüm**. Vajadusel võib lisada veel **kaalium**- või **naatriumnitraati** (KNO_3; $NaNO_3$) ebasoovitava mikrofloora mahasurumiseks (kolilaadsed bakterid ja võihappebatsillid), **süsihappegaasi** (CO_2) ja teatud juustuliikide puhul ka **hallitusseeni** ja **limatekitavaid baktereid**. Oluline on ka lisandite lisamise järjekord. Kõigepealt lisatakse keemilised ühendid, et need jõuaksid piimas lahustuda, siis juuretis ja kõige lõpuks laapensüüm. Vähene kaltsiumi sisaldus piimas põhjustab ebapiisava tugevusega kalgendi tekke, mille tulemusel vadak eraldub terast halvasti ning palju valku ja rasva jääb vadakusse. Kaltsiumkloriidi lisatakse tavaliselt 10…40 g 100 kg piimale. Kaltsiumkloriid lisatakse vesilahusena. Kaalium- või naatriumnitraati võib juustupiimale lisada siis, kui on alust arvata juustu kerkimist põhjustavate kolilaadsete või võihappebatsillide esinemisele juustupiimas. Nitraati lisatakse kuni 30 g 100 kg juustupiima kohta. Liiga suur nitraadi kogus pärsib juuretise arengut, pidurdab juustu valmimisprotsessi või isegi peatab selle, värvib juustumassi, põhjustades „redise triipe“ ja ebapuhast maitset.

Mikroobid lisatakse juustupiimale juuretisena, või kantakse juustutooriku pinnale (hallitus- ja limajuustud). Juustutootmises kasutatakse eelkõige primaarseid bakterjuuretisi ja sekundaarseid hallitusseenjuuretisi. Neid toodavad spetsialiseerunud firmad, kust neid väljastatakse kuiv- või vedelkultuuridena. Kuivkultuure võib lisada otse juustupiima või valmistada sellest nö tarbejuuretis (vt. Juustutehnoloogia lühikursus). Juustujuuretiste koosluse valikul tuleb arvestada valmistatava juustu tüüpi, mikroobide temperatuurilembust, happetootlust, liikide ja tüvede omavahelist sobivust sümbioosiks ja paljusid muid omadusi. Seejuures valmistatakse primaarsetest ja sekundaarsetest mikroobidest eraldi juuretised. Primaarseteks nimetatakse piimhappebakterite juuretisi, mida kasutatakse kõikide juustude tootmisel. Poolkõvade ja kõvade laabijuustude valmistamisel kasutatakse põhiliselt kahte tüüpi juuretisi:

- juuretised, mis koosnevad mesofiilsetest piimhappe kultuuridest. Nende optimaalne arenemistemperatuur on 20…40°C ja neid ka-

sutatakse madala järelsoojendustemperatuuriga juustude valmistamisel (näiteks Hollandi ja Svecia tüüpi juustud);

- juuretised, mis koosnevad mesofiilsetest ja termofiilsetest piimhappe kultuuridest. Nende optimaalne arenemistemperatuur on 45°C ja neid kasutatakse kõrge järelsoojendustemperatuuriga juustude valmistamisel (näiteks Šveitsi tüüpi juustud).

Juuretisekultuuril on kolm põhilist funktsiooni: võime moodustada piimhapet, võime toota piima valke hüdrolüüsivaid ensüüme ja võime moodustada CO_2. Enne laabi lisamist lastakse juuretisel juustupiimas aktiviseeruda umbes 30-40 min. Aktiviseerimise eesmärk on tagada bakterite ühtlane jaotus piimas ja nende kohanemine uue keskkonnaga. Praktikas suunatakse juustupiim tarbejuuretisega üheaegselt juustukatlasse ja kuna katla täitumiseks kulub teatud aeg, siis sel ajal juuretis aktiviseerub. Kui kasutatakse kuivjuuretist, siis see lisatakse katla täitumise alguses. Juuretiste kasutamisel kindlasti järgida tootja poolt antud soovitusi.

Juustupiima kalgendamiseks kasutatakse laapensüümi. Laapensüüm võib olla loomne või mikrobioloogiline. Loomsetest ensüümidest kasutatakse kõige enam kümosiini, mida saadakse piimavasikate libemagudest ja pepsiini mida leidub sigade ja veiste magudes. Ulatuslikku kasutamist leiab mikrobiloogiline laap. Laapensüümi toodetakse pulbrilisel ja vedelal kujul.

Laabi toimet iseloomustatakse tema aktiivsusega. Laabi aktiivsust tähistatakse arvuga, mis näitab kui palju ühe grammi laabiga saab 35 ºC juures 40 min jooksul kalgendada piima. Pulbriline laapensüüm on tavaliselt 10 korda aktiivsem, kui vedel laap. Juustupiimale lisamisel laap lahjendatakse kahekordse koguse veega.

Keskmiselt vedelat laapi lisatakse poolkõva juustu valmistamisel 100 kg juustupiimale 10-30 ml. Peale laabi lisamist juustupiimale segatakse piim hoolikalt läbi ja jäetakse kalgenema 30…40 minutiks. Juustupiima kalgendamine ja järgnev tera töötlemine viiakse läbi soojusvahetussärgiga

varustatud juustukatlas või vannis. Piima kalgendumist mõjutavad järgmised tegurid:

- piima kvaliteet. Piimhappebakterite areng on pidurdatud kui piimas esineb pidurdusaineid. Samuti ei sobi ternespiim ja mastiidihaigete lehmade piim juustu valmistamiseks;
- piima eelnev pastöriseerimine. Selles protsessis osa kaltsiumisooli sadeneb ja piima happesus oluliselt langeb CO_2 lendumise tõttu. Pastöriseeritud piima laapumisomadusi parandatakse $CaCl_2$ lisamisega. Happesuse tõstmiseks võib piima rikastada CO_2 – ga;
- kaltsiumisoolade sisaldus. Kaltsiumisoolade madal sisaldus piimas vähendab kalgendi tugevust ja raskendab tera töötlemist;
- juuretise koostis ja aktiivsus;
- laapensüümi kogus. Kui lisatakse liiga palju tekib juustule kibe maitse. Kui aga lisatakse liiga vähe jääb palju kaseiini kalgendamata ja see osa kaseiinist läheb juustutolmuna vadakusse. Vadaku rohekas-kollane värvus muutub seejuures valgeks;.
- piima kalgendamistemperatuur ja happesus enne laabi lisamist. Juustupiima kalgendamine viiakse läbi temperatuuril 29…31 ºC. Happesus enne laabi lisamist peaks juustupiimal olema 18…19 ºTh, (pH 6,55). Normaalse tugevusega kalgend tekib sel juhul 25…35 minutiga.

6.5.5.6. Kalgendi lõikamine ja tera töötlemine

Kui kalgend on omandanud piisava tugevuse, **lõigatakse** see ühtlasteks kuubikuteks. Kalgendi tugevuse kontrollimiseks tehakse kalgendisse lõige. Seejärel tõstetakse kalgendit noaga lõike kohalt üles ja hinnatakse servade teravust ning vadaku eraldumist. Lõike servad peavad olema sirged, läikivad, vadakut kergelt eraldavad. Kalgendi lõikamise ja tera töötlemise eesmärgiks on:

- kalgendist lõigatud kuubikute veetustamine (kuivatamine) juustu veesisalduse reguleerimiseks;
- piimhappekäärimise reguleerimine.

Kalgendi veesisaldus on 87…89%, värskes juustumassis 60…70%. Juustutera suurusest oleneb juustu veesisaldus. Kalgendi lõikamist tuleb teostada nii, et tekiks võimalikult ühtlane tera, tekiks võimalikult vähe juustutolmu, rasva kaod vadakusse oleksid minimaalsed. Seepärast tuleb alguses lõigata ettevaatlikult ja aeglaselt, seejärel kiirust tasapisi suurendades. Pehmemat kalgendit lõigatakse aeglasemalt. Erineva kõvadusega juustude valmistamisel on lõigatava tera suurus erinev. Kõvade juustude puhul 3…5 mm, poolkõvade juustude puhul 6…8 mm, pehmetel juustudel 15…20 mm. Lõikamine kestab 10-15 minutit, et saavutada tera õige suurus.

Kalgendi lõikamisele järgneb tera **eelkuivatus**. See on juustutera segamine laapumistemperatuuril 25…35 minuti jooksul. Seejärel juustutera sadestatakse vanni põhja ja eemaldatakse osa vadakust (umbes 30%). Ülemised terakihid pressivad alumisi selle aja jooksul, kiireneb vadaku väljavool terast (sünerees).

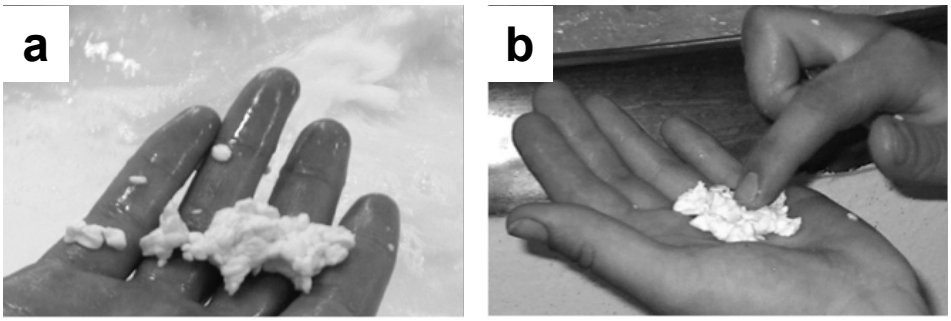
Juustutera töötlemise käigus kontrollitakse vadaku happesust. Piimhappeline protsess on normaalselt kulgenud, kui vadaku happesus on tõusnud Hollandi tüüpi juustude puhul 0,04-0,06 pH ühikut võrreldes kalgendi lõikamise momendiga. Tera sobiva kuivuse ja vadaku happesuse saavutamise järel alustatakse **järelsoojendust**.

Järelsoojenduse ülesanne on suurendada vadaku eraldumist terast ning reguleerida mikrobioloogilisi protsesse juustumassis. Järelsoojenduse ajal võib lisada 65…70 °C vett 5…20%. Vee lisamise kogus sõltub piimhappelise käärimise intensiivsusest ja vadaku happesusest. Madala järelsoojendustemperatuuriga juustude puhul on järelsoojendustemperatuur 38…42 ℃, kõrge järelsoojendustemperatuuriga juustude puhul 48…55 °C. Kui vee lisamine ei taganud veel õiget järelsoojendustemperatuuri, siis jätkatakse

järelsoojendust juustuvanni soojusvahetussärgi kaudu, kuhu juhitakse kuuma vett.

Normaalne järelsoojenduse kiirus on 1…2 ℃ minutis. Seega järelsoojendus kestab madala järelsoojendustemperatuuriga juustude puhul 10…20 minutit, kõrge järelsoojendustemperatuuriga juustude puhul 25…40 minutit. Kui järelsoojendustemperatuur on saavutatud, algab tera **järelkuivatus**, mis on sisuliselt massi segamine järelsoojendustemperatuuril. See osa juustutera töötlemisest on tavaliselt kõige enam aega nõudev, 40…60 minutit. Järelkuivatuse käigus väheneb tera veesisaldus, väheneb kleepuvus ja tõuseb happesus. Kleepuvus on oluline parameeter valmisjuustu kvaliteedi tagamisel. Tera valmidust hinnatakse käes pigistamise teel (**joonis 6.61**).

Tera on valmis kui seda peopesas pigistades kleepub juustuteramass kokku pehmeks plastiks ja selle tasasel laialihõõrumisel terad eralduvad üksteisest.



Joonis 6.61. Tera valmiduse määramine. A – tera käes pigistamisel tekkinud plast; B – terade eraldumine üksteisest hõõrumisel (foto: Väino Poikalainen).

6.5.5.7. Tera vormimine ja eelpressimine

Juustude vormimise eesmärgiks on liita juustutera või -kalgend kindla suurusega monoliitse-teks toorikuteks, anda neile soovitud kuju (risttahukas, silinder, kera jt) ning täiendavalt eraldada juustutoorikusse jäänud vadakut. Juustu suurusel ja kujul on suur tähtsus juustu soolamisel ja valmimisel. Ühesuguse massi ja veesisaldusega, kuid erineva pindalaga juustud

soolduvad erineva kiirusega. Erinevalt võib neil toimuda ka valmimine. Juustu vormimiseks on mitmeid viise, millest kõige enam kasutatakse kolme järgnevat:

1) vormimine plastist (see toimub kinnise tekstuuriga kõvade ja poolkõvade juustude tootmisel);
2) vormimine puistamisega (lahtise tekstuuriga Svecia tüüpi juustud);
3) vormimine kalgendist (kalgendi tõstmine või kallamine vormidesse) – pehmete juustude puhul.

Plastist vormitakse juustud, millel on ette nähtud ümmarguste aukude teke. Need on kinnise tekstuuriga juustud. Enne vormimist eraldatakse vannist või katlast osa vadakut (näit 60% kasutatud piima kogusest). Ülejäänud vadak jäetakse alles, selleks et plasti saaks moodustada vadaku alla kas lamedapõhjalises juustuvannis või eraldi vormimisaparaadis. Vadak takistab õhu sattumist juustuterade vahele. Plasti moodustamise vannid on varustatud kas perforeeritud põhjaga või perforeeritud vaheseinaga, mille kaudu saab vadak plastist eralduda. Plasti peale asetatakse samuti perforeeritud plaat, millele omakorda pressimismehhanism. Eelpressimine teostatakse madalal rõhul, 1…10 kPa 15…30 minutit. Seejärel pumbatakse vadak plasti pealt ära, juustuplast tükeldatakse ja tükid paigutatakse seejärel vormidesse. Viimasel ajal kasutatakse ka selliseid vormimise-eelpressimise seadmeid, kus juustutera koos vadakuga suunatakse otse vormidesse, kus toimub nii eel- kui põhipressimine.

Tera puistamist vormi kasutatakse lahtise tekstuuriga juustude (näiteks Vene, Atleet) vormimisel, kui juustutera puistatakse vormidesse ilma vadakuta. Puistamisel jääb juustuterade vahele õhk, millest tulenevalt tekib ebakorrapärane, nurgeline ja piluline augustus. Vadak eraldatakse eelnevalt vadakueraldajas või tõstetakse tera perforeeritud sõelaga vormidesse, näiteks väiketootmise puhul. Plasti eelpressimine vormides toimub samadel parameetritel nagu eelpressvannis.

6.5.5.8. Pressimine

Juustu pressimist kasutatakse ülikõvade, kõvade ja poolkõvade laabijuustude tootmisel. Pressimine on vajalik juustutera liitmisel monoliidiks ja teradevahelise vadaku täiendavaks eraldamiseks. Pressimiseks kasutatakse juustupresse, mis võivad olla vertikaalse ja horisontaalse ehitusega. Pressimise olulisteks parameetriteks on rõhk, aeg, juustumassi ja ruumi temperatuur. Pressimisel kasutatav rõhk oleneb juustu liigist, juustu mõõtmetest, massist ja veesisaldusest. Pressimise alguses soovitatakse kasutada madalamat survet, seda järkjärgult suurendades. Liiga suure rõhu kasutamine pressimise alguses sulgeb vadakukanalid juustumassis ja vadak ei pääse välja ka suurtel rõhkudel pressimisel. Pressimise rõhk leitakse juustu pinna ühiku kohta. Üldiselt pressitakse Hollandi tüüpi juuste rõhul 0,1…0,45 kg/cm^2 kohta 2…3 tunni jooksul.

6.5.5.9. Soolamine

Juustutoorikud suunatakse soolamisele, kui nende pH on 5,3…5,6. Juustude soolamise viise on mitmeid: soolvees soolamine, kuiva soolaga soolamine ja terasse soolamine. Kõvade ja poolkõvade juustude puhul kasutatakse kõige rohkem soolamist tsirkuleerivas soolvees, mille kontsentratsioon on 18…22% ja temperatuur 8…12 ℃. Soolamise kestus sõltub juustu tüübist ja juustutooriku suurusest. Hollandi tüüpi juustusid soolatakse 12…24 tundi. Soolvee juures on oluline ka selle happesus. Soolvesi peab olema veidi happelisem kui juustude soolvette paigutamisel (pH 4,9…5,2). Madalama happesusega soolvesi põhjustab juustu augustuse vigu. Juustude soolamisega toimub:

- mikrobioloogiliste protsesside reguleerimine juustude valmimisel;
- veesisalduse reguleerimine juustus;
- soolasisalduse reguleerimine juustus ja maitse kujundamine;
- juustu kooriku moodustumine.

Kuivsoolaga soolamist kasutatakse väikeste juustude ja pehmete juustude valmistamisel. Sel juhul arvutatakse vastav soolakogus ja hõõrutakse juustutooriku pinnale. Soolamisprotsessi käigus tungib sool juustupinnalt järk-järgult sisemistesse kihtidesse (difundeerub). Samaaegselt eraldub juustust vett ja selles lahustunud aineid – laktoosi, piimhapet jm, mis lähevad soolvette üle. Soolveevannis hoidmisel tungib sool kõvadesse juustusse siiski ainult kuni 0,5–1,5 cm sügavuseni. Alles hilisema valmimise ajal juustu soolasisaldus ühtlustub.

Sooldumise käigus eraldub juustust rohkem vadakut, kui sinna difundeerub soola. Selle tulemusena juustu veesisaldus väheneb keskmiselt 5-7%. Soolvee kontsentratsiooni suurendamisel suureneb ka juustust eralduva vee hulk.

Soola difusiooni kiirust ja sügavust mõjutab ka soolvee temperatuur. Juustude asetamisel soolvette selle temperatuur paratamatult tõuseb. Kõrgem temperatuur kahtlemata kiirendab soola difundeerumist juustu. Samas aga põhjustab juustuvigu ja sellises soolvees võivad hakata arenema halofiilsed mittesoovitavad mikroorganismid. Seega tuleb juustude soolamiseks kasutada ruume, mille temperatuur ei ole samuti üle 12 °C ja soolvett pidevalt puhastada (filtreerida, pastöriseerida) ja jahutada.

Kolmandat meetodit – terasse soolamist – viimasel ajal seda üldiselt ei kasutata, kuna eralduv vadak on sel juhul samuti soolane ja selle edasine kasutamine on raskendatud. Peale juustude soolamist juustud nõrutatakse ehk kuivatatakse. Seda võib teha soolamise ruumis või eraldi ventileeritavas ruumis 1…2 päeva jooksul.

6.5.5.10. Juustu pinna katmine

Enne juustude valmimisele suunamist tavaliselt kaetakse nad kas parafiini sisaldava vahaga, vedela polümeriseeruva materjaliga või kilestatakse. Pinna katmine ei ole tingimata vajalik, kui valmitamisel järgitakse kõrgeid hügieeninõudeid. Juustupinna katmine ongi kasutusele võetud saastumi-

se ärahoidmise eesmärgil. Kõvade ja poolkõvade juustude valmistamisel kasutatakse kõige enam juustude kilestamist, ehk juustupinna katmist termokahaneva kilega. Selleks paigutatakse juust termokahanevasse kilekotti, tekitatakse vaakum õhu väljaimemise teel, keevitatakse kott automaatselt kinni ja seejärel kastetakse 92…95°C temperatuuriga vette. Selle tulemusel kile tõmbub kokku ja liibub tihedalt juustupinnale. Kaetud juustud suunatakse valmimisele. Mõnedes ettevõtetes kasutatakse juustude vette kastmise asemel ka kuumaõhu tunneleid.

6.5.5.11. Juustude valmimine

Juustude valmimisel eristatakse 2 etappi:

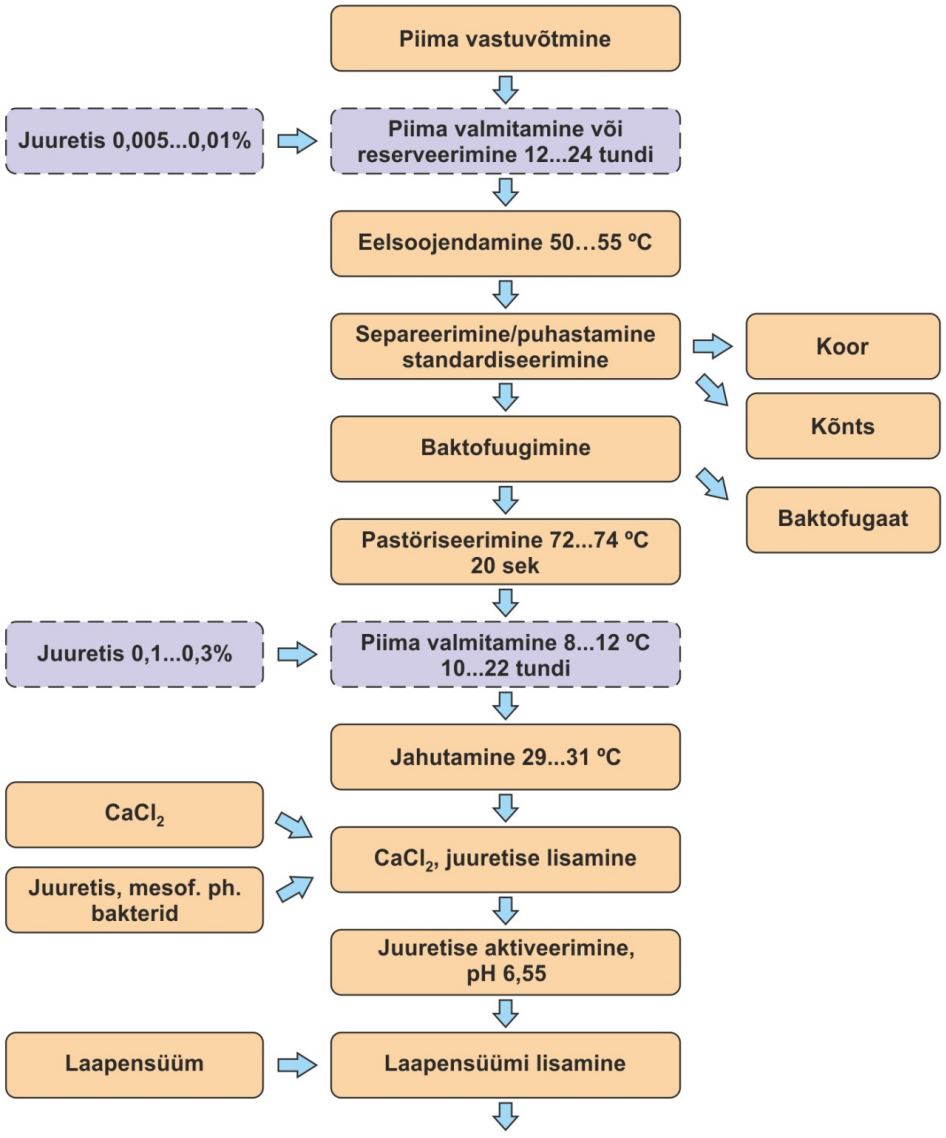
- mikrobioloogiline valmimine;
- ensümaatiline valmimine.

Esimese etapi jooksul toimub jätkuvalt piimhappeline käärimine, kus laktoos hüdrolüüsitakse juuretisena juustupiima viidud mikroobide poolt piimhappeks. Selle tulemusel moodustub juustu hulgaliselt piimhapet ja pH väärtus langeb. Samal ajal produtseerivad piimhappebakterid ka proteolüütilisi ensüüme, mis võtavad osa juustude hilisemast valmimisest. Sellel valmimisperioodil tekivad juustu ka augud ja mikrobioloogilise protsessi lõpuks omandavad õige suuruse.

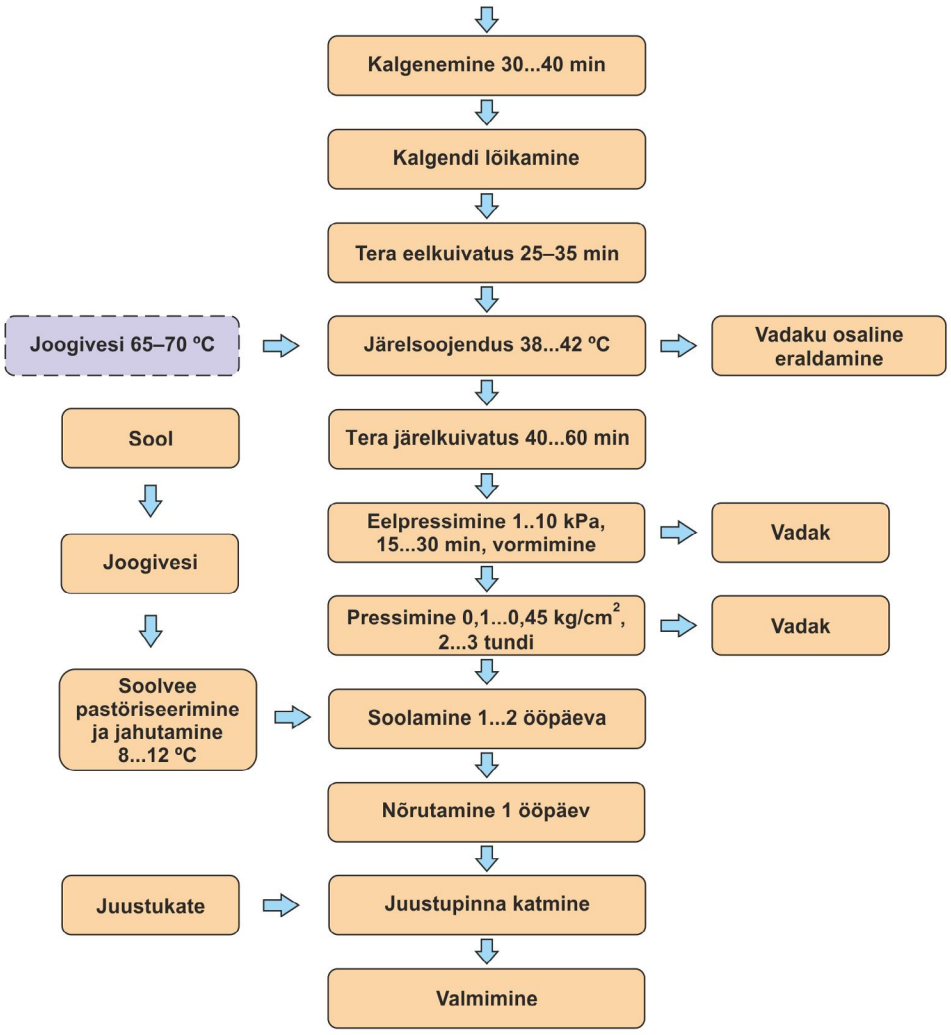
Valmimise teine etapp toimubki piimhappebakterite poolt tekitatud proteolüütiliste ensüümide toimel, kus valk hüdrolüüsitakse aminohapeteks ja lihtsamateks ühenditeks, millel on aluseline reaktsioon. Selle tulemusena hakkab juustu pH väärtus tõusma. Juust omandab ühtlase konsistentsi, maitse ja lõhna, kaob ära teralisus.

Juustude valmimist mõjutavad oluliselt keskkonna temperatuur, juustu pH ja soolasisaldus. Paljude juustude valmimine viiakse läbi astmeliselt – esmalt madalamal, siis mõni kraad kõrgemal ja seejärel madalamal temperatuuril. Juustude valmimise kestus võib ulatuda paarist nädalast kuni mitme aastani. Hollandi tüüpi juustud valmivad traditsiooniliselt 10…12

℃ juures 2 nädalat, 12…16 °C juures 3…4 nädalat ja 10…12 °C juures 3…6 nädalat. Šveitsi tüüpi juustude valmimisrežiim on 10…12 °C juures 23…28 päeva, seejärel tõstetakse temperatuuri 18…22 °C- ni 30…40 päeva, et soodustada propioonhappebakterite kasvu ja siis kuni valmimise lõpuni (90 päeva) 8…10 °C. Poolkõvade juustude valmistamise tehnoloogiline protsess on kujutatud **joonisel 6.62**.



Joonis 6.62. Madala järelsoojendustemperatuuriga poolkõva laabijuustu tehnoloogiline skeem (jätkub järgmisel lehel)


Kalgenemine 30...40 min
Kalgendi lõikamine
Tera eelkuivatus 25–35 min
Joogivesi 65–70 °C
Järelsoojendus 38...42 °C
Vadaku osaline eraldamine
Sool
Tera järelkuivatus 40...60 min
Joogivesi
Eelpressimine 1..10 kPa, 15...30 min, vormimine
Vadak
Pressimine 0,1...0,45 kg/cm², 2...3 tundi
Vadak
Soolvee pastöriseerimine ja jahutamine 8...12 °C
Soolamine 1...2 ööpäeva
Nõrutamine 1 ööpäev
Juustukate
Juustupinna katmine
Valmimine

Kontrollküsimused

Millistele näitajale peab vastama piim, millest valmistatakse juustu. Miks?
Miks kasutatakse juustutehnoloogias baktofuugimist?
Millised protsessid toimuvad juustus selle valmimise käigus?



6.5.6. Või ja võiderasvade tehnoloogia

Katrin Laikoja

Võiderasvad (või, võided, margariinid) on mitmefaasilised vesi-õlis emulsioonid, mille pidevas õlifaasis on dispergeerunud rasvakuulikesed, kristalliseerunud rasv ning veepiisad. Võiderasvadeks (**tabel 6.11.**) loetakse kõiki taimse ja/või loomse päritoluga inimtoiduks mõeldud tooteid, mis vastavad järgmistele tingimustele:

1) toote rasvasisaldus jääb vahemikku 10% kuni 90%;
2) toode on 20˚C juures tahke;
3) toode sobib kasutamiseks võidena;
4) rasvad moodustavad vähemalt 2/3 toote kuivainest.

Tabel 6.11. Võiderasvade müüginimetused

Rasvasisaldus %	Piimarasvad	Rasv (piimarasva kuni 3% rasvasisaldusest)	Taimsetest ja loomsetest toodetest kokku segatud rasvad
80–90	Või	Margariin	Segu
>62–<80	Piimarasvavõie, X%	Rasvavõie, X%	Rasvasegu võie, X%
60–62	Kolmveerand-rasvane või*	Kolmveerand-rasvane margariin*	Kolmveerand-rasvane rasvasegu*
>41–<60	Piimarasvavõie, X%*	Rasvavõie, X%*	Rasvasegu võie, X%*
39–41	Poolrasvane või*	Poolrasvane margariin*	Poolrasvane rasvasegu*
<39	Piimarasvavõie, X%	Rasvavõie, X%	Rasvasegu võie, X%

*võib kasutada ka täiendit ‘vähendatud rasvasisaldusega’, ‘madala rasvasusega’

Piimarasva kasutatakse väga erinevate toodete valmistamiseks, näiteks koores, võis (rõõsakoorevõi, hapukoorevõi, soolavõi jne), kontsentreeritud kujul nagu võiõli ja veevaba piimarasv või koostisosana võiderasvades koos teiste rasvadega.

Nimetus või on reserveeritud tootele, mille piimarasvasisaldus on vähemalt 80%, rasvata kuivainet on alla 2% ning veesisaldus mitte üle 16%. Nimetuse või kasutamisel on üksikud erandid, kus traditsiooniline tootenimetus kasutab seda terminit, nt maapähklivõi ja kakaovõi.

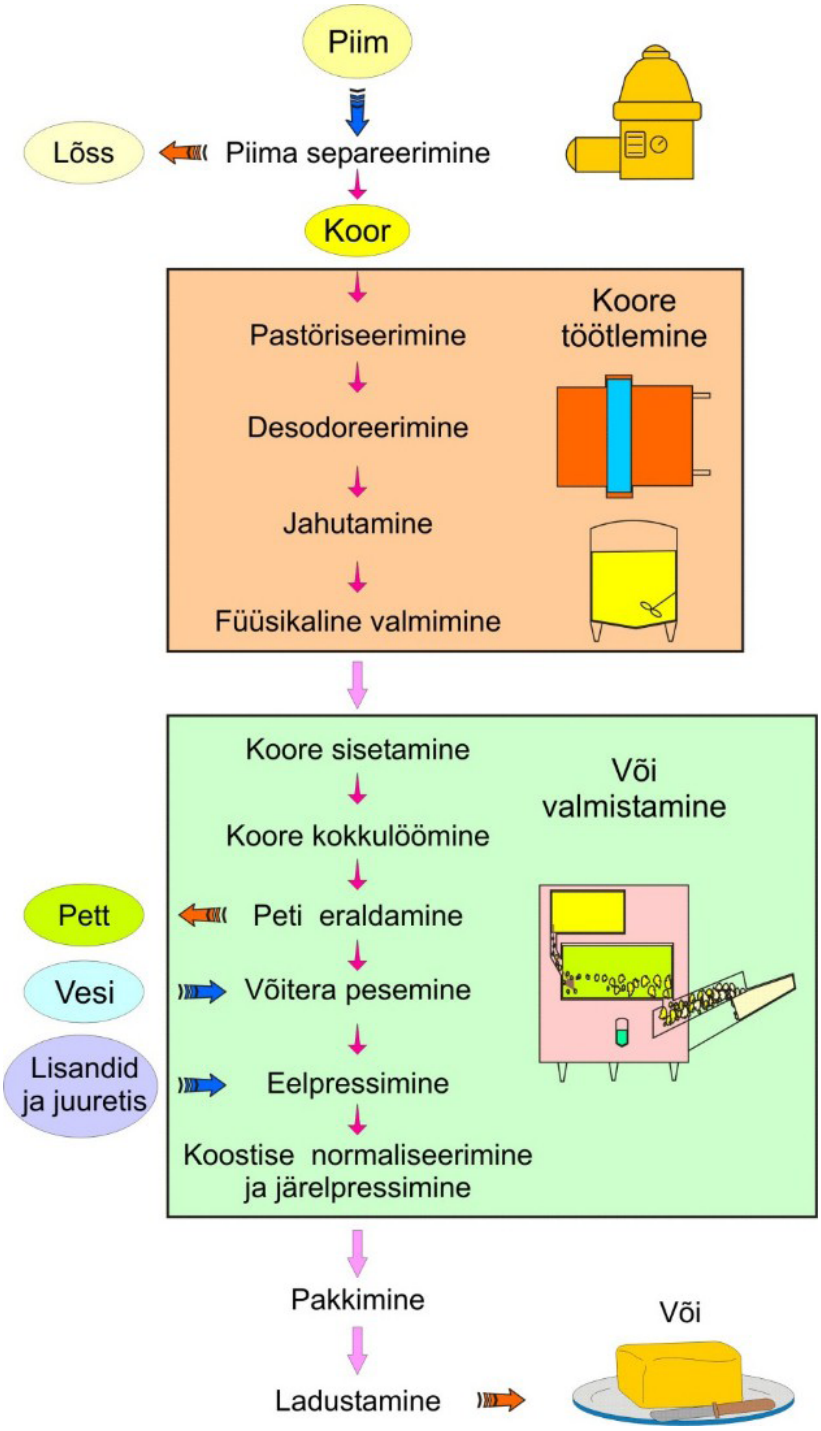
Võile on lubatud lisada erinevaid komponente, nt soola, ürte ja maitsetaimi, päikesekuivatatud tomateid, kakao- või kohvisiirupit, mett jne. Kui võiderasvade koostises piimarasva asendatakse või täiendatakse, peab toote müüginimetus olema kooskõlas tabelis 6.11. tooduga.

Või valmistamise tehnoloogilise protsessi (**joonis 6.63**) eesmärgiks on saada ligikaudu 4% rasvasisaldusega piimast (õli-vees emulsioon) vähemalt 80% rasvasisaldusega piimarasva kontsentraat (vesi-õlis emulsioon). Või valmistamise kõrvalsaadus on pett ehk võipiim, mille rasvasisaldus on 0,4—0,7%.

Või valmistamiseks on kaks peamist meetodit: koorest kokkulöömise teel või saamine ning või valmistamine kõrgrasvasisaldusega koore struktuuri muutmise teel. Viimast (tuntud ka kui Ammix-, ALFA- või Melešini meetod) kasutatakse näiteks pagaritoodete valmistamiseks mõeldud või tootmiseks, sest annab kihitatud taignaste juures hea tulemuse.

Võitootmise põhietapid on järgmised:

1) piimarasva kontsentreerimine, kus separeeritakse 38—42% rasvasusega koor;
2) koore valmitamine valitud temperatuurirežiimil selleks, et kuni kolmandik (**tabel 6.11.**) piimarasvast oleks hangunud;
3) emulsiooni destabiliseerimine ja faasimuutus õli-vees emulsioonist vesi-õlis emulsiooniks tänu mehaanilisele mõjutamisele;
4) võiplasti moodustumine pressimisel võitera liitumise ja peti eraldamise ning veefaasi dispergeerimise tulemusena.



Joonis 6.63. Võivalmistamise tehnoloogiline skeem koore kokkulöömismeetodi kasutamisel (joonise autor V. Poikalainen)

Võivalmistamise tehnoloogia

Koore töötlemine

Rõõsakoorevõi tooraineks on kõrvalmaitseteta ja –lõhnadeta kõrgema sordi piim. Separeerimise tulemusena saadakse lõss (0,05%) ja või valmistamiseks kasutatav koor, enamasti rasvasisaldusega 38—42%. Alla 32% rasvasisalduse puhul võib tekkida probleeme koore kokkulöömisega võiks, üle 45% rasvasisalduse juures suurenevad oluliselt rasvakaod petiga. Koor pastöriseeritakse haigustekitajate hävitamiseks, säilivust mõjutava mikrofloora vähendamiseks, ensüümide (eriti lipaasi) inaktiveerimiseks ning hapukoorevõi tootmisel juuretisebakteritele soodsama kasvukeskkonna loomiseks. Minimaalne pastöriseerimistemperatuur on 72—77 °C hoideajaga vähemalt 15 sekundit, kuid enamasti kasutatakse kõrgemaid temperatuure nagu 90—110 °C hoideajaga 10—30 sekundit.

Kuumtöötlusele järgnevad koore jahutamine ning valmitamine on tehnoloogiliselt väga olulised protsessi etapid. Viimastest sõltub tekkivate rasvakristallide arvukus ning suurus, so kogu rasvakristallide võrgustik, mis stabiliseerib rasvafaasis dispergeerunud veepiiskade püsimist.

Rasvakristallide võrgustikust sõltuvad või määritavus, välimus, suuaisting ning võrgustik on seotud või koostise ning struktuuriga. Rõõsakoorevõi tootmisel jahutatakse koor pärast pastöriseerimist temperatuurile 5—10 °C ning jäetakse 7—17 tunniks temperatuurile 6—13 °C valmima. Eestis on levinud koore üheastmeline valmitamine, kus koor jahutatakse ning säilitatakse sellele ligilähedasel temperatuuril kuni kokkulöömiseni. Hapukoorevõi valmistamisel hapendatud koorest kombineeritakse valmitamine fermentatsiooniprotsessiga.

Koore valmimise käigus muutub aroomiainete hulk toormes ning langeb koore pH (s.o biokeemiline valmimine) ja piimarasv hangub ning moodustuvad kristallid (s.o füüsikaline valmimine). Piimarasv kristalliseerub kas α-, β'- või β-kristalli vormis (vastavalt heksagonaalsete, ortorombiliste või trikliiniliste ühikrakkudena), millest α-vorm on vähestabiilseim ja

β-vorm stabiilseim. Koore aeglane või kiire jahutamine enne füüsikalist valmitamist võib anda sarnased reoloogilised omadused ja polümorfsed vormid (α-, β'-kristallidega), kuid erineva mikrostruktuuri. Aeglasel jahutamisel saadakse aeglase kristallisatsiooni käigus suured kristallid, kiirel jahutamisel palju väikseid rasvakristalle. Koore kokkulöömiseks võiks on vaja, et veerand kuni kolmandik (**tabel 6.12.**) rasvakuulikestes olevast piimarasvast oleks vedel ja kaks kolmandikku hangunud olekus.

Tabel 6.12. Tahke ja vedela rasva vahekord valminud koores

Või	**Vedel rasv, %**	**Tahke rasv, %**
Pehme või	85	15
Kõva, rabe või	55	45
Hästi määritav või	65—78	22—35

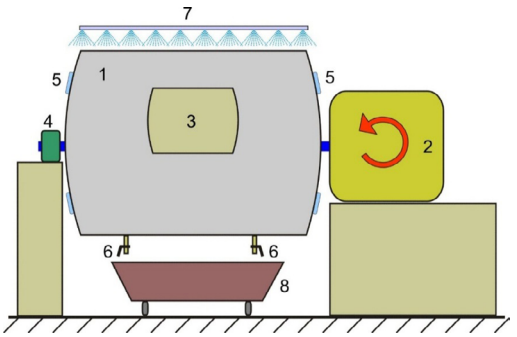
Kui vedela rasva osakaal koores on kõrge (vähene valmimine), moodustub võitera küll kiiresti, kuid on pehme ja kõrge veesisaldusega, rasva kadu petiga on suurem. Koore kokkulöömine madalamal temperatuuril aitab neid probleeme leevendada. Ülevalminud koorest või kokkulöömine võtab kauem aega, või seob vett halvasti ning on rabe ja kõva. Enne kokkulöömist võib valminud koort paari kraadi võrra soojendada.

Või valmistamine

Eestis kasutatakse traditsiooniliselt koore võiks kokkulöömise meetodit, kas siis pideva või tsükkeltoimelise protsessina. Koore kokkulöömise meetodi puhul põhjustab valminud koore liikumine võimasinas rasvakuulikeste põrkumist, mille tagajärjel puruneb paljude rasvakuulikeste kile ning eraldub vaba rasva. Osaliselt või täielikult rasvakuulikese kilest vabanenud rasv moodustab liitudes mikrovõitera, mähkides sellesse nii purunemata rasvakuulikesi kui ka petti. Ligikaudu 5-30% rasvast võis on rasvakuulikeste kujul ning 50-75% on vaba rasvana. Rasvakuulikeste puudumine võis (rasvakuulikeste kiled on purunenud ja piimarasv esineb vaba rasvana) annab oluliselt rabedama või võrreldes rasvakuulikesi sisaldava tootega.

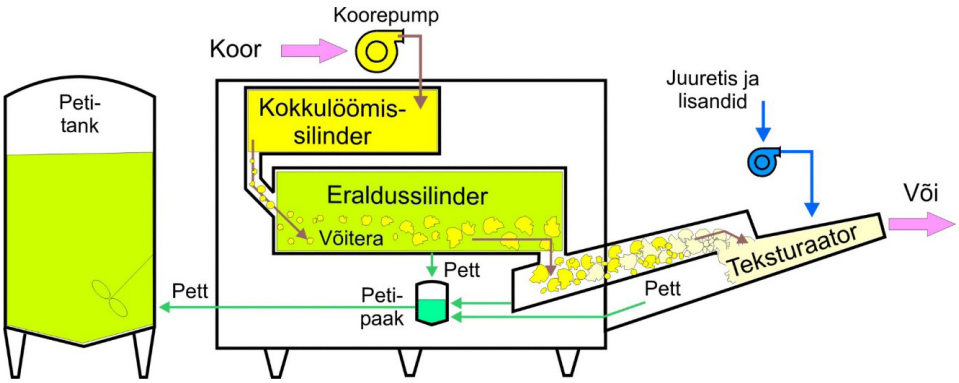
Tööstuslikul tootmisel kasutatakse pidevtoimelisi võimasinaid, kus koore kokkulöömine mikrovõiteraks, peti eraldamine ning võiplasti pressimine toimuvad pidevas voolus. Väiketootmises ja käsitööndustikul võivalmistamisel on ka tänapäeval levinud või valmistamine tegudena: valminud koor sisestatakse võimasinasse, töödeldakse võiks, masin tühjendatakse ning vajadusel kordub sama tsükkel uue koorekogusega.

Valminud koor suunatakse võimasinasse, vajadusel tõstetakse temperatuuri mõne kraadi võrra. Koore kokkulöömise temperatuur on sõltuvalt võimasina tüübist, aastaajast, või veesisaldusest jt teguritest vahemikus 6—16 °C. Tsükkeltoimelises masinas (**joonis 6.64**) seguneb koor masina pöörlemisel õhuga ning kukub vastu lööklaudu ehk põrkelaudu; pidevtoimega masinas moodustub vaht, puruneb rasvakuulikese kile ning tekib mikrovõitera kiiresti pöörleva seguri labade toimel.



Joonis 6.64. Silindriline võimasin: 1 – võimasina kirn, 2 – ajam ja pöörlemiskiiruse regulaator, 3 – külgluuk, 4 – kirnu otsa tugilaager, 5 – vaateluugid, 6 – petikraanid, 7 – piserdusseade, 8 – võikäru (joonise autor V. Poikalainen)

Koore kokkulöömine kestab tsükkeltoimega võimasinas 30—70 min, pidevtoimega masinates (**joonis 6.65**) moodustub mikrovõitera mõnekümne sekundiga. Võitera hakkab edasisel töötlusel liituma ning eraldub võiterade vaheline pett. Pidevtoimega masinas on eraldussilindris võimalik pett nõrutada ja koguda kogumistanki. Tsükkeltoimega võimasinas väljutatakse pett kraani kaudu ülejäänud võimassist. Eraldatava peti hulk sõltub valmistoote veesisaldusest. Peti vesi ning kuivaine (laktoos, valgud, mineraalained) on soodne keskkond mikroorganismidele. Järgnevalt on vajadusel võimalik külma joogiveega võimassi jahutada ning pesta välja osa terade vahelisest petist, kuid seda kasutatakse enamasti või käsitööndustikul valmistamisel.



Joonis 6.65. Pidevtoimega võimasin (joonise autor V. Poikalainen)

Peti nõrutamisele järgneb eelpressimine, mille käigus saab veel eraldada terade vahelist petti ning võimassi lisada soovitud lisandeid, nt juuretist, soolvett, kakaosiirupit. Viimaseks tehnoloogiliseks operatsiooniks on või pressimine, mille käigus liidetakse võitera ühtlaseks massiks, eraldatakse liigne pett, dispergeeritakse võisse jäänud pett ning lisandid ühtlaselt kogu massis ning antakse võile vajalik määritavus. Pressimise käigus on võimalik reguleerida veesisaldus vastavaks valmistoote veesisaldusega. Nii traditsioonilise hapukoorevõi (koor hapendatakse enne võimasinasse suunamist) valmistamisel kui hapukoore valmistamisel juuretise juurdepressimisega kasutatakse mesofiilseid juuretisi, mille bakterkoosluses peab leiduma nii happe- kui aroomimoodustajaid baktereid.

Või pressimise kvaliteet on väga oluline või säilivust mõjutav tegur. Tsükkeltoimelise tootmise või käsitööndusliku võivalmistamise juures on ebapiisav veefaasi dispergeerimine üks peamisi säilivust lühendavaid tegureid. Hästi pressitud või pind on matt ning selle pinnal ei ole määrimisel näha petipiisakesi.

Rasvasegu võiete valmistamise põhimõtted

Lisaks traditsioonilise või liikidele toodetakse erinevatel põhjustel (parem määritavus, madalam toiteväärtus, väiksem küllastunud rasvhapete sisaldus) rasvasegu võideid, milles piimarasv on osaliselt või täielikult

asendatud taimeõlidega. Taimerasva/õli lisamise mooduseid on peamiselt kolm: või homogeniseeritakse ja sellele lisatakse taimeõli; õli pressitakse võimasina pressimisseadeldises; õli segatakse valminud koore hulka ning õli-koore segu töödeldakse võimasinas.



Kontrollküsimused

Mis on võiderasvad?

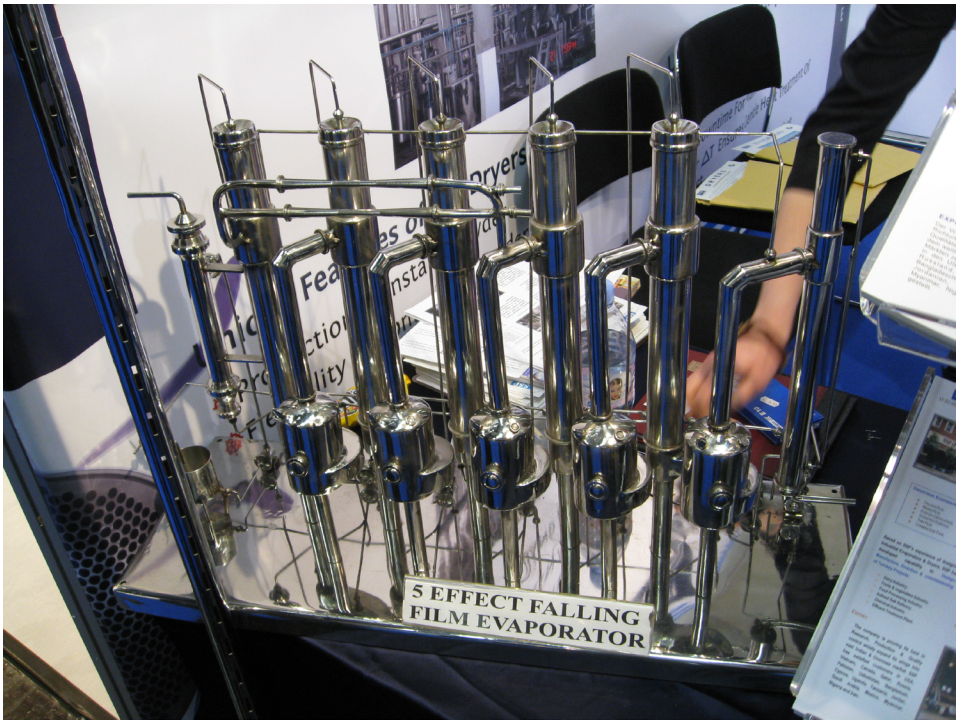
Millistest põhietappidest koosneb või tootmise tehnoloogiline protsess?

Kirjelda või tooraine ettevalmistamist?

Kirjelda või valmistamist tsükkeltoimega masinas!

Kirjelda või valmistamist pidevtoimega masinas!




5 EFFECT FALLING
FILM EVAPORATOR

6.5.7. KONDENSPIIMATOODETE TEHNOLOOGIA

Tauno Mahla

Piima, piimatooteid ja nende tootmise käigus tekkivaid kõrvalsaadusi kontsentreeritakse erinevatel eesmärkidel. Vee osaline eemaldamine vähendab toote mahtu ja massi, tõstab kuivainesisaldust ning selle kaudu mõjutab paljusid teisi omadusi – näiteks langeb vee aktiivsus, suurenevad tihedus, viskoossus jne. Kulutused toodete transpordile ja ladustamisele vähenevad. Kui tehnoloogias kasutada täiendavalt termilist steriliseerimist või suhkru lisamist, on võimalik need tooted saada konservidena. Toodetel on pikk säilivusaeg ning need ei vaja transpordil, ladustamisel jm tootmisjärgsetel tegevustel kuni tarbimiseni ranget külmaketti (säilivad ka toatemperatuuril).

Levinuim meetod vee osaliseks eemaldamiseks on vaakumaurustus. Toode keeb vaakumaparaadi kalorisaatoris alarõhul, mis tagab toote omaduste muutustele sobiva ja ohutu keemistemperatuuri (50–80 °C). Tootest aurustunud vesi ehk sekundaaraur enamasti taaskasutatakse soojusagensina – kondenseeritakse vaakumaparaadi liini erinevates soojusvahetites. Siit ka põhjus, miks kasutatakse tootenimetusena nii inglise keeles (*condensed product*) kui ka eesti keeles kondenstoote mõistet.

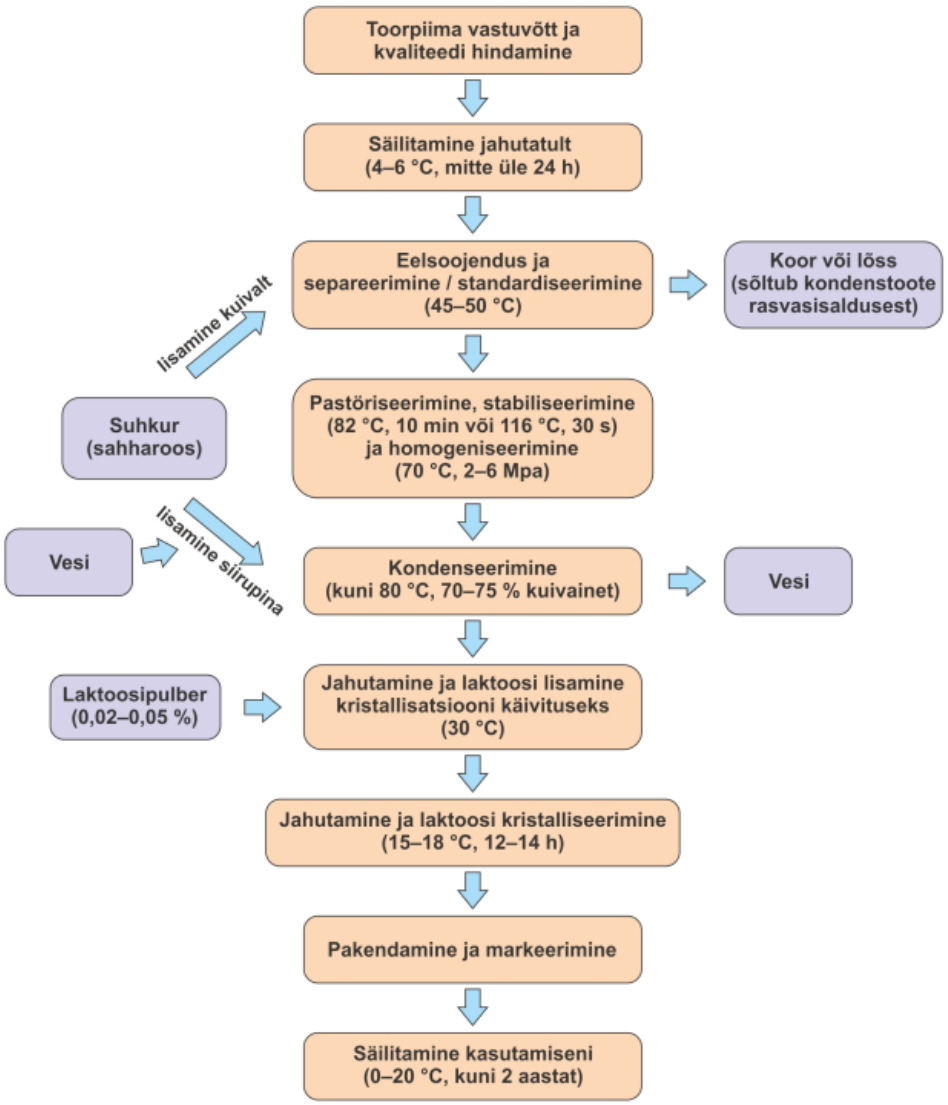
Piima või piimatööstuse kõrvalsaadusi võib kontsentreerida (kondenseerida) nii kasutamiseks pooltootena kui ka valmistootena. Kondenspiim, -lõss, -vadak jne on vahetooteks ka vastavate pulbrite vm toodete valmistamisel kas oma tööstuses (ka tütarettevõtetes) või tarnituna välistele klientidele (teised toiduainetööstused). Need kondenstooted ei pea olema toodetud konservidena, kontsentreerimiseks võib kasutada pöördosmoosi, villitakse suuremasse pakkeühikusse (konteinerid, autotsisternid jne) ning transporditakse ja säilitatakse enne edasist väärindamist jahutatult (2–6 °C). Säilivusaja pikendamiseks tooret enne kontsentreerimist ka pastöriseeritakse. Nõuded toodetele esitatakse vastavates tootekirjeldustes.

6.5.7.1. Suhkruga kondenspiim

Suhkruga kondenspiim (magustatud kondenspiim) sisaldab tavaliselt mitte üle 30% vett, 43–46% sahharoosi ja 24–29% piima kuivaineid. Rasvasisaldus võib varieeruda – kondenspiimal vähemalt 8%, väherasvasel kondenspiimal vähemalt 1% (kuid alla 8%). Toodetakse ka suhkruga kondenslõssi (rasva alla 1%) ja –koort (rasva vähemalt 15%). Täpsemad nõuded toodete kvaliteedile esitatakse vastavates standardites ja tootekirjeldustes. Suhkruga kondenspiima tootmise tehnoloogiast annab ülevaate **joonis 6.66**.

Toorpiim (**vt. Loomne toore, ptk. Piim**) võetakse vastu ning hinnatakse selle kvaliteeti ja sobivust. Enne töötlust, mis algab esimesel võimalusel, on võimalik vajadusel piima säilitada temperatuuril 4–6 °C mü. 24 h. Piima esmane töötlus sisaldab eelsoojendust separeerimistemperatuurile, piima separeerimist ja standardiseerimist vastavalt valmistoote rasvasisaldusele. Tavaliselt jääb üle koor, suhkruga kondenskoore puhul ka lõss. Samuti vabaneb piim võimalikust mehaanilisest mustusest, sest separaator toimib ka piimapuhastina. Seejärel toimub standardiseeritud piima pastöriseerimine, stabiliseerimine ning homogeniseerimine, mis tagab toote ohutuse, vajaliku mikrobioloogilise puhtuse, konsistentsi, säilivuse jne. Edasi kondenseeritakse piim vaakumaparaadis temperatuuril kuni 80 °C, et eemaldada vesi ja saavutada vajalik kuivainesisaldus. Kvaliteetsema ja pikema säilivusajaga kondenspiima tootmisel (mõeldud lõppkasutajale) kasutatakse vaakumaparaadis tsirkulatsioon-tüüpi kalorisaatorit ja vajalik suhkur (sahharoos) lisatakse kondenspiimale 60–65% siirupina. Eelnevalt on siirup termiliselt töödeldud ehk keedetud (85-90 °C, 5–10 min) ning see suunatakse kalorisaatorisse kondenseerimise käigus. Lühema säilivusajaga (alla 12 kuu) ja pooltootena kasutatava toote puhul võib kasutada ka suhkru lisamist kuivalt (lahustatakse piimas enne pastöriseerimist, nõuab täiendavalt vahepealseid lahustamistanke jne). Sel juhul võib kondenseerimine toimuda ka pidevtoimelistes ja energeetiliselt ökonoomsemates mitmeastmelistes langeva kile-

ga vaakumaparaatides koos nn finišeeriga (kalorisaator kõrge viskoossusega toodetele ja kondenseerimisel kõrge kuivainesisalduse saavutamiseks). Sahharoos annab tootele oodatud magusa maitse, samuti kindlustab toote kõrge osmootse rõhu ja sellega konserveeriva efekti (osmoanabioos) ning pika säilivusaja.



Joonis 6.66. Suhkruga kondenspiima tootmise tehnoloogiline skeem

Kuumas kondenspiimas on nii sahharoos kui piima enda laktoos lahustunud. Et vett on tootes alla 30%, hakkab laktoos (kui halvemini lahustuv) jahutamisel välja kristalliseeruma. Seda tuleb teostada kontrollitult, et tekiksid võimalikult väikesed kristallid (mü. 10 μm), mis ei põhjustaks hiljem liivjat või jahust sadet. Selleks jahutatakse kondenspiim kiirelt temperatuurile 30 °C (laktoos üleküllastub lahuses) ning suunatakse kristalliseerimistanki. Sinna lisatakse ka 0,02–0,05% peenjahvatatud laktoosipulbrit (kristallid läbimõõduga 3–4 μm) kristallisatsioonitsentrite loomiseks. Seejärel jahutatakse toode temperatuurile 15–18 °C ning hoitakse kristalliseerimise lõpetamiseks järgmise päevani. Toode pakendatakse / villitakse hermeetiliselt maksimaalse täiteastmega, markeeritakse nõuetekohaselt ning suunatakse lattu väljastamisootele. Lõppkasutajatele mõeldud toode (lisatakse kohvile koore ja suhkru asemel, valmistatakse koduseid kondiitritooteid jne) villitakse väiksemasse pakendiühikusse (plekktoosid, tuubid, aseptiline kartongpakend, nn *doypack* vm). Toitlustusasutustele (*Horeca* sektor) mõeldud või pooltootena toiduainetööstuses kasutatav (jäätise ja kondiitritoodete tooraine) toode villitakse suuremasse pakendiühikusse (plastämbrid, metallkannud- ja tsisternid, puitvaadid jne).

Suhkruga kondenspiima puhul võib kasutada ka lisandeid, levinumad on kohv ja kakao. Toodetakse ka erilisi suhkruga kondenspiimatooteid – keedetud (karamellimaitsega) kondenspiim, Lõuna-Ameerika päritolu *Dulce de leche* jt.

Suhkruga kondenspiima võib toota ka piimapulbrist taastamise või lõssipulbrist ja veevabast piimarasvast vm piimarasvatootest rekombineerimise teel, lisades juurde vajaliku koguse vett. Sel juhul kondenseerimist ei kasutata. Kondenspiimalaadsetel toodetel (nt kondenspiimamaitsega magusdessert) kasutatakse piimarasva asemel taimseid rasvu (nt palmiõli).

Käesolev raamat ei sisalda konservina toodetava suhkruta kondenspiima tootmise detailset kirjeldust. Järgnevalt on toodud mõned olulisemad tehnoloogilised erinevused. Pastöriseerimine toimub kõrgemal temperatuuril ja pikema hoideajaga, pigem võib seda nimetada juba eelsteriliseeri-

miseks. Piimavalkude stabiliseerimine nõuab täiendavat aluseliste soolade lisamist tootesse enne steriliseerimist. Kondenseerimisel kasutatakse väiksemat kontsentratsiooni astet (suhe lõpp- ja algkuivainesisalduse vahel), ehk eemaldatakse vähem vett. Toote kuivainesisaldus jääb tavaliselt vahemikku 20–30%, tootele sahharoosi ei lisata. Konserveeriva efekti ja pikka säilivusaja tagab kõikide mikroorganismide hävitamine. Selleks kasutatakse termilist steriliseerimist kas voolus (UHT, hiljem aseptiline villimine) või plekktoosides (autoklaavis või pidevtoimelises sterilisaatoris).

6.5.8. Piimapõhiste pulbrite tehnoloogia

Tauno Mahla

Piima, piimatooteid ja nende tootmise käigus tekkivaid kõrvalsaadusi kuivatatakse erinevatel eesmärkidel. Vee ulatuslik eemaldamine vähendab toodete mahtu ja massi ning nende transpordi- ja ladustamiskulud vähenevad. Kõrge kuivainesisaldus ja väike niiskusesisaldus (enamikel piimapulbritel vahemikus 2,5–5%) tingib ka toodete väga madala vee aktiivsuse. Tootes valitseb nn füsioloogiline kuivus ning mikroorganismid areneda ei saa (kseroanabioos). Seega on piimapulbrid konservid, mille säilivusaeg on pikk (tavaliselt 6 kuud kuni 2 aastat, erandjuhul ka pikem) ning ei vaja transpordil, ladustamisel jm tootmisjärgsetel tegevustel kuni tarbimiseni ka madalat temperatuuri.

Piimapulbrid võivad olla toodetud lõppkasutajale tarbimiseks taastatud piimana, seda eriti piirkondades, kus värske piima ja piimatoodete kättesaadavus on erinevatel põhjustel piiratud (troopika- ja kõrbealad, looduskatastroofide, näljahäda ja sõjategevusega seotud piirkonnad, suurlinnad jne). Lõppkasutajale on mõeldud ka paljud eripulbrid, näiteks piimasegud imikutele jne. Enamik piimapulbreid toodetakse aga pooltootena kasutamiseks erinevates toiduainetööstuse sektorites (näiteks täispiimapulber šokolaaditööstusele), kaasa arvatud piimatööstus ise. Sel juhul on lisaks piima kuivainekomponentide energeetilisele ja bioloogilisele toiteväärtusele

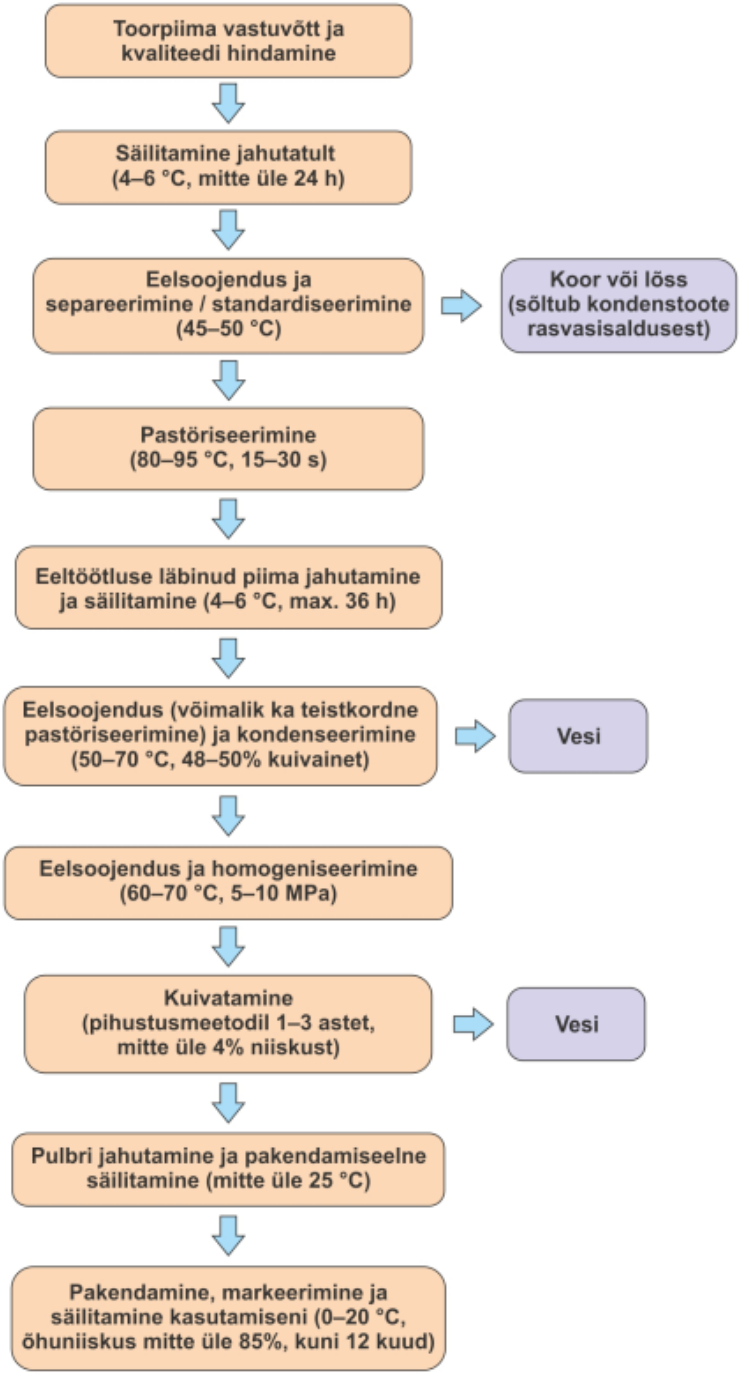
olulised ka funktsionaalsed omadused, näiteks piimavalkude pindaktiivsed omadused, veesidumisvõime jm. Veel toodetakse piimapulbreid / pulbrisegusid loomasöödaks, näiteks täispiimaasendajad vasikatele või teistele noorloomadele. Farmakoloogilist laktoosipulbrit kasutab ravimitööstus, mõningaid eripulbreid toodetakse keemia- ja kosmeetikatööstustele jne.

Täpsemad nõuded piimapulbritele ja nende kvaliteediklassidele (keemiline koostis, organoleptilised omadused, mikrobioloogilised näitajad, lahustuvuse indeks, kõrbenud osakeste arv jt) esitatakse vastavates tootekirjeldustes. Nõuete ja nende määramismeetodite ühtlustamiseks ning kaubandustõkete vältimiseks tuleb siin arvestada rahvusvahelisi alusdokumente ja standardeid (*Codex Alimentarius*, IDF, ISO, ADPI jt). Mõningatesse piirkondadesse eksportimisel tuleb aga pulbri tootmisel arvestada eriliste nõuetega, näiteks nõutakse tootjalt *Halal*- või koššersertifikaati.

6.5.8.1. Täispiima- ja lõssipulber

Järgnevalt on käsitletud täispiimapulbri tehnoloogiat (**joonis 6.67**) ning lühidalt kirjeldatud ka tehnoloogilisi erinevusi lõssipulbri tootmisel. Muude toodete, näiteks peti-, vadaku jt pulbrite tehnoloogiat käesolev raamat ei hõlma.

Toorpiim (**vt. Loomne toore: ptk 3.2.1. Piim**) võetakse vastu ning hinnatakse selle kvaliteeti ja sobivust. Et piimapulbri puhul on tegu kontsentreeritud tootega, on tooraine vajadus väga suur. Lisaks enda varutavale piimale võib piimatööstus (piimapulbri tootmine) vastu võtta tooret ka teistelt tööstustelt. Vastuvõetav piim võib olla juba ka eelnevalt osaliselt kontsentreeritud pöördosmoosi teel. Levinum on see praktika muidugi veerikkamate lõssi ja eriti vadaku puhul, kus transpordikulude kokkuhoid on märgatavam. Tooraine kulu ligikaudsed väärtused 1 kg pulbri saamiseks: täispiimapulbril üle 8 kg, lõssipulbril üle 10 kg. Võrdluseks vadakupulbril üle 16 kg, vadakuvalgukontsentraadil WPC 80 üle 125 kg.



Joonis 6.67. Täispiimapulbri tootmise tehnoloogiline skeem

Enne töötlust, mis algab esimesel võimalusel, on võimalik vajadusel tooret säilitada temperatuuril 4–6 °C mü. 24 h. Piima esmane töötlus hõlmab eelsoojendust separeerimistemperatuurile, piima separeerimist ja standardiseerimist vastavalt valmistoote rasvasisaldusele. Tavaliselt jääb üle koor, rasvarikkama toote, eriti koorepulbri puhul ka lõss. Samuti vabaneb piim võimalikust mehaanilisest mustusest, sest separaator toimib ka piimapuhastina. Täispiimapulber sisaldab rasva vähemalt 26%, kuid alla 42%, koorepulber sisaldab rasva vähemalt 42%. Väherasvases piimapulbris on rasvasisaldus üle 1,5%, kuid alla 26%. Lõssipulbris on rasvasisaldus alla 1,5%, ekstraklassi puhul alla 1,25%.

Seejärel toimub standardiseeritud piima pastöriseerimine, mis tagab toote ohutuse, vajaliku mikrobioloogilise puhtuse, säilivuse jm vajalikud omadused. Valitud režiim (80–95 °C, 15–30 s) peab tagama ensüüm lipaasi inaktiveerumise ning tagama sellega piimapulbris oleva rasva suurema hüdrolüüsi- ja oksüdatsioonikindluse. Kui toimub hiljem teistkordne pastöriseerimine, võib temperatuur olla madalam, kuid soovitavalt mitte alla 78 °C. Lõssi puhul, milles on rasva vähe, on valikuvõimalusi pastöriseerimisel rohkem. Kuumutusaste määrab ära ka paljud pulbri funktsionaalsed omadused ning sellega kasutusotstarbe pooltootena. Näiteks madala kuumutusastmega (70 °C, 15 s) saadakse suurepärase lahustuvuse, minimaalse keedumaitse, vees taastades laapumisvõime säilitanud lõssipulbri. Keskmise kuumutusastmega lõssipulbri puhul jääb pastöriseerimisrežiim vahemikku 85–95 °C hoideajaga 20–30 s ja kõrge kuumutusastme puhul vastavalt 124–135 °C hoideajaga 30 s. Mida kõrgem kuumutusaste, seda rohkem lõssis olevad vadakuvalgud denatureerivad. Seetõttu hinnatakse kuumutusastet WPN (*Whey Protein Nitrogen*) indeksiga, mis näitab denatureerimata vadakuvalkude sisaldust milligrammides ühes grammis pulbris (mg/g).

Eeltöödeldud piim (või lõss) jahutatakse ning säilitatakse temperatuuril 4–6 °C maksimaalselt 36 h. See tekitab vajadusel nn ajapuhvri, et tootmist paremini korraldada – võimaldab pulbrit toota ülepäeviti, samuti jääb aega

võimalike rikete kõrvaldamiseks või hooldustööde teostamiseks kondenseerimis-, kuivatus- või pakendamisliinides. Muidugi võib edasise töötlusega jätkata ka kohe samal päeval.

Parim viis toote kontsentreerimiseks on kasutada mitmeastmelist langeva kile põhimõttel töötavat vaakumaparaati, mis tagab kiire protsessi, suure tootlikkuse, aurustusvõimsuse ning keetmisel minimaalse termilise mõju toote kvaliteedile. Eelnevalt piim eelsoojendatakse ning vajadusel pastöriseeritakse teistkordselt. Vajalikud soojusvahetid kuuluvad vaakumaparaadi komplekti ning võimaldavad näiteks lõssi puhul saavutada kõrget kuumutusastet.

Toote keemistemperatuur vaakumaparaadi kalorisaatorites jääb tavaliselt vahemikku 50–70 °C. Vesi eemaldatakse sekundaarauruna ning saavutatakse kondenstoote kuivainesisaldus 48–50%, kondenslõssi puhul kuni 55%. Võrdluseks – laktoosirikka vadaku kontsentreerimine toimub kuivainesisalduseni 60–62%, mis on vajalik laktoosi osaliseks kristallisatsiooniks enne kuivatamist ning tagab vähemhügroskoopse vadakupulbri. Alternatiivsel juhul võib toote eelkontsentreerimine enne vaakumaparaati toimuda ka pöördosmoosi teel, kus saavutatakse kuivainesisaldus 15–30%. Seda kasutatakse rohkem lõssi, eriti aga vadaku eelkontsentreerimisel.

Järgnevalt suunatakse kondenspiim kuivatamisele, kus eemaldatakse täiendavalt vett, kuid mitte kogu vesi – pulbri niiskusesisaldus jääb tavaliselt vahemikku 2,5–4%. Levinuim viis kondenspiima kuivatamiseks on pihustuskuivatus, mis tagab kiire protsessi (ülisuur aurustumispind kondenspiimatilkade ja kuuma õhu vahel) ning sellega kuivati pidava töö, suure tootlikkuse ja kõrge pulbri kvaliteedi. Vähendamaks energiakulu, täiendatakse pihustuskuivatit tornisisese ja/või -välise lisakuivatiga (pihustuskuivati 2. ja 3. aste). Need töötavad keeva kihi põhimõttel, eemaldades poolniiskest pulbrist tugeva seosega vee kuivatustorniga võrreldes energiasäästlikumalt. Ka pulbri ülekuumenemise oht on väiksem, mis tagab lõpptoote kõrgema kvaliteedi. Harvem kasutatakse piimatööstuses kuivatamiseks teisi kuivati tüüpe. Näiteks šokolaadi tootmisel kasutatav piima-

pulber võib olla kuivatatud valtskuivatiga, hapupiimatooted ja ternespiim või selle fraktsioonid sublimatsioonkuivatiga.

Vaakumaparaadi ja pihustuskuivati vahel peab nende töö ühtlustamiseks kasutama puhvertanke, mis kuuluvad tavaliselt pihustuskuivati liini komplekti. Neid on kaks ning neis võib kondenspiima kuivatuse ootel hoida lühiajaliselt ka kuumalt. Enne kondenspiima suunamist kuivatustorni pihustisse, läbib see eelsoojendi ning homogenisaatori. Homogeniseerimine vähendab vaba rasva sisaldust lõpptootes ning tagab rasvarikka pulbri kiirema lahustumise ja parema säilimise. Samuti soovitatakse pihustamisel kasutada düüspihusteid, mis omavad täiendavat homogeniseerivat efekti. Lõssipulbri tootmisel homogeniseerimist ei kasutata ning pihustamisel eelistatakse ketaspihustit.

Pärast kuivatamist tuleb kuum pulber kohe jahutada külma õhuga temperatuurile alla 25 °C, vältimaks vaba rasva teket ja lahustuvuse halvenemist. Seda võib teostada pneumotranspordi käigus (üheastmeline kuivati) või keevkihtkuivati viimases sektsioonis (mitmeastmeline kuivati). Jahutatud pulbrit ei pea kohe pakendama – seda võib pakendamise ootel säilitada vastavates silotankides.

Piimapulbrid tuleb pakendada hermeetiliselt ja markeerida nõuetekohaselt. Kasutatav pakendimaterjal peab tagama pakendi vee(auru)-, gaasi- ja valguskindluse ning piisava mehaanilise tugevuse. Rasvarikkad pulbrid on soovitav säilivusaja pikendamiseks pakendada modifitseeritud atmosfääris (MAP), vältimaks piimarasva oksüdatsiooni, lõssipulbri puhul pole see vajalik. Et enamikku pulbreid kasutatakse pooltootena, siis valitakse suur pakendiühik.

Näiteks on levinud 15–30 kg pulbrit mahutavad polüetüleenkilega vooderdatud mitmekihilised paberkotid ja 500–1000 kg pulbrit mahutavad polüetüleenkilega vooderdatud polüpropüleenist *BigBag* kotid. Täispiimapulbrit ja teisi rasvarikkaid pulbreid säilitatakse jahutatavates (0–20 °C) ja võimalikult kuivades ladudes (õhuniiskus mü. 85%) tavaliselt kuni 12

kuud, MAP-pakendamisel ka kuni 18 kuud. Lõssipulbri, kui rasvavaese toote puhul on säilivusaeg pikem, erandjuhul kuni 4 aastat.

Piimapulbreid toodetakse ka kiiresti lahustuval kujul, kui need on mõeldud lõppkasutajale, toitlustusettevõtetele jt. Kiiresti lahustuv pulber peab lahustuma kümnekonna sekundi jooksul ka külmas vees ning ilma mehaanilise segamiseta. Selline pulber peab olema osaliselt liitunud osakestega (aglomereeritud, tolmuvaba), tagades suurepärase voolavuse. Samuti peab kiiresti lahustuv pulber omama head märgumisvõimet, uppuvust, dispergeeritavust jt omadusi. Nende omaduste saavutamine nõuab tavapulbritega võrreldes täiendatud ja keerulisemat tehnoloogiat. Näiteks tuleb sekundaarõhust õhupuhastites eraldunud peen pulbritolm suunata aglomeratsiooniks tagasi kuivati pihustustsooni. Rasvarikkaid pulbreid peab märgumisvõime suurendamiseks letsitineerima ja MAP-pakendama kuumalt. Samuti kasutatakse pakendamisel väiksemat pakendiühikut.



Kontrollküsimused

Millised muutused toimuvad piimaga selle kontsentreerimisel (kondenseerimisel) ja kuivatamisel ning mis eesmärgil neid protsesse kasutatakse?
Miks on oluline kondenspiima kindla jahutusrežiimi kasutamine suhkruga kondenspiima tehnoloogias?
Millised on põhilised tehnoloogilised erinevused, kui võrrelda lõssipulbri ja täispiimapulbri tehnoloogiat?
Millest sõltub piimapulbrite pakendiühiku suurus ning millistele nõuetele peab pakendimaterjal vastama?



6.6. Lihatehnoloogia

6.6.1. Tapatehnoloogia

Riina Soidla

Tapamajja saabunud loomad tuleb võimalikult kiiresti veokilt maha laadida ja kaitsta kahjulike ilmastikumõjude eest tapaeelse pidamise rajatises, kus on sulgudes piisavalt ruumi ning kättesaadav puhas joogivesi.

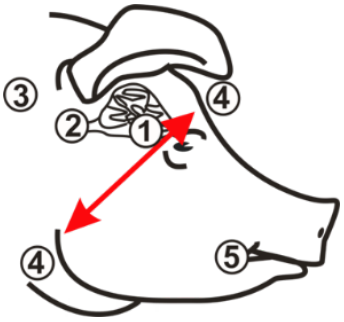
Veterinaararst ning loomade heaolu eest vastutav töötaja kontrollivad tapaeelsel pidamisel viibivate loomade tervislikku olukorda ja heaolutingimusi. Vedamisel või tapamajas haigestunud, nõrgad või vigastunud loomad tapetakse kohe. Liikumisvõimetud loomad surmatakse kohas, kus nad on. Tapmine tuleb läbi viia, põhjustades loomale vähimat valu ja kannatusi. Tapamaja töötajad, kes tegelevad elusloomadega, peavad omama pädevustunnistust.

Loomade uimastamine ja veretustamine

Uimastamine on protsess, mille tulemusena loom kaotab teadvuse ja tundlikkuse. Tapaloom peab jääma teadvusetuks kuni veretustamise lõpuni. Looma ajamine uimastamisboksi või -konveierisse peab toimuma rahulikult, kasutades selleks ainult lubatud ajamisvahendeid. Fikseerimisseadmete konstruktsioon peab olema selline, et loom ennast ei vigastaks. Veiste uimastamisboksis on nõutav ka peafiksaator, mis võimaldab mehaanilisel uimastamisel uimastuslöögi suunata õigesse uimastuskohta. Uimastamispaigas peab olema varuks teine töökorras nõuetekohane uimastamisvahend.

Elektriline uimastamine. Elektrilistel uimastamisvahenditel peavad olema seadmed koormuse impedantsi mõõtmiseks, voolutugevuse ja pinge kuvamiseks ning kuuldavat või nähtavat signaali andev seade, mis näitab toime kestust. Elektrilisel uimastamisel üksnes pead läbiva elektrivooluga asetatakse elektritangide otstes asuvad elektroodid looma pähe nii, et elektrivool läbiks looma aju (**joonised 6.68** ja **6.69**).

Ühe sekundi jooksul tuleb saavutada voolutugevus 1,3 A sigade, 1,0 A lammaste ja kitsede, 0,6 A lamba- ja kitsetalle puhul ning säilitada seda voolutugevust vähemalt kolm sekundit. Lammaste uimastamisel tuleks kasutada spetsiaalsete elektroodidega tange.



Joonis 6.68. Elektroodide paigalduskohad sigade uimastamisel. Joonisel toodud positsioonid: 1 – väga hea, 2 ja 4 – aktsepteeritavad, 3 ja 5 on ebasobivad, sest vool ei läbi aju (joonis: E. Järv)



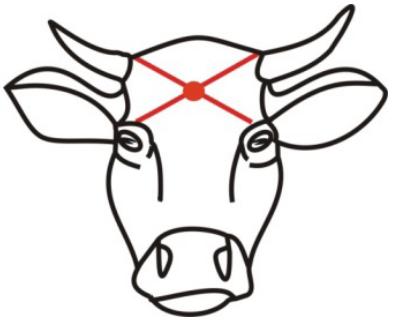
Joonis 6.69. Elektroodide paigutus lammaste uimastamisel (joonis: E. Järv)

Mehaanilisel uimastamisel läbistava poltpüstoliga kasutatakse püstolites kas suruõhku või lõhkeainega padruneid. Viimaste valik sõltub tapaloomade massist. Poltpüstoli otsak tuleb asetada looma otsmikuluule nii, et aparaadis asuv raudpolt Ø 8 või 12 mm, pikkusega 60–80 mm tungiks peaajusse kiirusega 40–60 m/s ning vigastaks peaajus elutähtsaid keskusi.

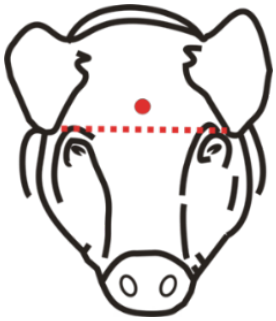
Veise uimastamiskoht (**joonis 6.70**) paikneb kahe diagonaaljoone ristumispunktis, millest kumbki on tõmmatud silmast pea vastaspool asetseva sarveni. Uimastavat poltpüstoli lasku ei tohi lasta veistel kuklapiirkonda. Sea uimastamiskoht on toodud **joonisel 6.71** ning lamba ja kitse uimastamiskoht **joonisel 6.72**.

Uimastamine suure kontsentratsiooniga süsinikdioksiidiga (CO_2). Sigade uimastamisel peab CO_2 kontsentratsioon uimastamiskambris olema vähemalt 80 mahuprotsenti õhu-gaasisegus. Sead liiguvad paremini edasi kui neid aetakse uimastamisseadmesse mööda kaherealist ajamisteed. Käsitsi avatava ukse kaudu juhitakse nad seadme korvi. Korvid asetsevad korrapäraste vahemaade tagant vertikaalkonveieril, mis on nii seadistatud,

et ukse sulgemise järel hakkab ta automaatselt liikuma ning viib looma CO_2 keskkonda. Pärast seda, kui korv on läbinud CO_2 keskkonna, tõstetakse ta väljalaadimisava juurde. Uimastatud sea väljalaadimine seadmest toimub automaatselt – korv kallatakse vastuvõtulauale tühjaks.

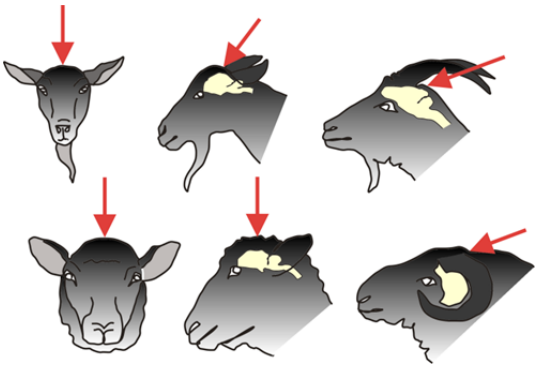


Joonis 6.70. Veise uimastamiskoht poltpüstoliga uimastamisel (joonis: E. Järv)



Joonis 6.71. Sea uimastamiskoht poltpüstoliga uimastamisel (joonis: E. Järv)

Uimastamise tõhususe kontroll. Kui loom on elektrilise või mehaanilise meetodiga õigesti uimastatud, tekivad lihaste krambid: kohene tooniline faas (kauakestev lõtvumiseta kramp); järgneb klooniline faas (koordineerimatu jalgadega siplemine). Sigade uimastamisel CO_2 keskkonnas on lihased lõdvad. Loom on korrektselt uimastatud kui puudub rütmiline hingamine, puudub silma sarvkesta refleks, silmamunad ei reageeri puudutusele, pupillid on laienenud.



Joonis 6.72. Sarvedeta või sarvedega lamba/kitse uimastamiskohad poltpüstoliga uimastamisel (joonis: E. Järv)

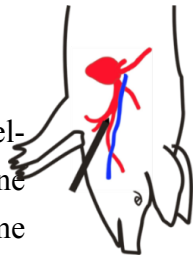
Pärast uimastamist laaditakse veis, siga või lammas boksist või uimastuskonveierilt vastuvõtulauale. Uimastatud looma tagajala ümber asetatakse ketsilmus. Keti teises otsas olev rullik asetatakse tõstemehhanismile ning uimastatud loom tõstetakse rippteele ja suunatakse veretustamiskohale.

Veretustada tuleb võimalikult kiiresti pärast uimastamist:

- uimastatud CO_2-ga või poltpüstoliga otsmikuluud läbistaval viisil – 60 sekundi jooksul;
- uimastatud elektriliselt üksnes pead läbiva elektrivooluga – 20 sekundi jooksul;
- sarvedega lamba ja kitse puhul, keda on uimastatud poltpüstoliga läbistaval viisil pea kuklapoolelt – 15 sekundi jooksul.

Kui sea verd toiduks ei koguta, siis veretustatakse 15–18 cm pikkuse torkenoaga, lõigates läbi südame ees asuvad suured veresooned (**joonis 6.73**). Õige torke korral purskub veri torkeavast tugeva joana. 100 kg massiga sea vertikaalsel veretustamisel peaks esimese 10 sekundi jooksul eralduma 2 liitrit verd ning 30 sekundi jooksul 3,5 liitrit. Veretustamise üldkestus on 6–8 minutit.

Joonis 6.73. Torkekoht sigade veretustamisel. Torge teha kaela keskjoonel umbes kolme sõrme laiuselt rinnakuluust allpool (joonis: E. Järv)



Veiste veretustamisel tehakse 20–30 cm pikkune eellõige kaelanahka. Pärast eellõike tegemist võetakse teine nuga/õõnesnuga ning lõigatakse läbi veresooned südame ees. Umbes 500 kg kehamassiga veise puhul eraldub 10 liitrit, umbes 700 kg kehamassiga veise puhul eraldub 15 liitrit verd esimese 30 sekundi jooksul. Veretustamise üldkestus on 8–10 minutit.

Lammaste veretustamiseks kasutatakse nuga pikkusega umbes 15 cm, lõigates pea lähedalt kummaltki poolt kaelal läbi unearter ja kägiveen. Lammaste verd toiduks ei koguta. Umbes 40 kg kehamassiga lamba veretustamisel eraldub ligikaudu 1,5 liitrit, so 3,5—4% verd kehamassist esimese 30 sekundi jooksul. Veretustamine üldkestus on 5–6 minutit.

Elusoleku tunnuste puudumise kontroll. Humaanse tapmise nõuete kohaselt ei tohi alustada edasiste töötlemisprotsessidega kui loom pole surnud. Olenevalt kasutatud uimastus- ja tapmismeetoditest, on peamiste

kliiniliste tunnustena näha hingamise, pulsi, silma sarvkesta ja silmalau refleksi ning pupillide ahenemise puudumine.

Nahaga sigade töötlemine (lihakeha puhastamine harjastest)

Harjaste kinnitusjõu vähendamiseks lihakehad kupatatakse. Kupatusvanni vee saastumise vähendamiseks on soovitatav lihakehad eelnevalt pesta harimasinas, kus vee temperatuur on umbes 36 °C. Kupatamiseks on mitmesuguseid meetodeid: tähiksüsteemi või sukeldustransportööriga kupatusvann, kupatustunnel. Lihtsaim kasutatav meetod on kupatamine pealt lahtises kupatusvannis temperatuuril 60–62 °C (optimaalne 60 °C, 6 minutit). Järgnevalt tõstab abiseade lihakehad kupatusseadmest kaapmasinasse. Tagajalg vabastatakse köidikketist automaatselt. Kaapmasina töötavateks osadeks on pöörlevad kummiga kaetud metallkaabitsad. Kaapmasinas toimub lihakehade töötlemine 25–30 sekundit sooja vee (30–45 °C) pealeandmisega. Masina põhjas on harjaste kogumise süsteem. Väikeettevõtetes kasutatakse kombineeritud seadet (kupatuskaapmasinat), kus lihakehade kupatamine ja kaapimine toimub samas seadmes.

Pärast lihakeha kaapmasinast väljalaadimist eemaldatakse esi- ja tagajalgadelt sõrad, tehakse noaga umbes 2 cm sisselõiked tagajalgade varvaste painutajate või Achilleuse kõõluse taha ning asetatakse lõigetesse jalgade laiendi (jalapuu) konksud. Seejärel tõstetakse lihakeha rippteele ning suunatakse kõrvetusahju, kus kõrvetamine kestab 7–20 sekundit, temperatuur kõrvetustsoonis on kuni 1000 °C. Kõrvetusahju puudumisel kõrvetatakse lihakehi gaasipõleti või leeklambiga. Kõrvetamisega eemaldatakse harjaste jäänused, desinfitseeritakse rümba pind ja saavutatakse sobiv naha/kamara struktuur. Edasi suunatakse lihakehad järelkaapimisele kas käsitsi või poleerimismasinatesse, kus 5–10 minuti jooksul lihakehi niisutatakse külma veega samaaegselt neid kaabitsate ja harjadega puhastades. Järgnevas etapis kantakse puhastatud lihakehale sobival infokandjal vajalik informatsioon.

Veiste lihakehade töötlemine

Söögitoru sulgemiseks (ligeerimiseks) tuleb söögitoru vabastada teda kinnihoidvatest kudedest ning sulgeda plastklambri või kummirõngaga võimalikult vatsa lähedalt, et takistada maosisaldise väljavalgumist. Järgnevas etapis lõigatakse pneumokääride ja/või noaga ära randmeliigesest esijalad, pea küljest kõrvad ja sarved. Samas tuleb jälgida, et ei katkeks looma-lihakeha-rümba jälitatavus ning kõrvanumbril olev info kantaks üle lihakehale.

Naha käsitsi nülgimist alustatakse mokkade eemaldamise ja peanaha osalise või täieliku vabastamisega. Naha mehaanilisel nülgimisel pea poolt tagaosa poole on vaja peanahk käsitsi nülgida täies ulatuses. Kui mehaanilisel nülgimisel kasutatakse seadet, mis rebib naha lihakeha tagaosa poolt pea poole, siis võib nülgida peanaha käsitsi ainult osaliselt, alalõualuu ja ülalõualuu servadelt koos mokkadega.

Naha nülgimist tagajalgadelt alustatakse vabast tagajalast. Selleks tehakse sisselõiked nahka ning nülitakse nahk pöialuult, kannaliigeselt ja reieosalt. Hüppeliigese ja sääreluu piirkonnas lõigatakse läbi Achilleuse kõõlust luuga ühendavad koed, tekkinud avasse asetatakse rulliku konks ning rullik asetatakse rippteele. Tagajalg lõigatakse pneumokääridega lahti kannaliigese alt ning pöialuud naha küljest ära tavalise noaga. Lihakeha jääb nülitud tagajalgapidi rippteele. Teine jalg vabastatakse kettsilmusest, korratakse nülgimisprotseduuri ning lihakeha tõstetakse rippteele.

Järgneb päraku lahtilõikamine ja naha nülgimine sabalt . Pärakukrooni lihased lõigatakse läbi 10–12 cm sügavuselt ja 3–5 cm kaugusel avausest. Lahtilõigatud pärakukroonile asetatakse kilekott, mis suletakse kummirõngaga. Saba alumiselt küljelt lõigatakse nahk lahti noaga, alustades päraku juurest sabaotsa suunas, umbes 2/3 saba pikkuses. Lõplik naha nülgimine toimub mehaaniliselt või spetsiaalse seadme abil.

Enne naha nülgimist kõhu- ja küljepiirkonnalt eraldatakse lehmadel ja lehmmullikatel udar (piki loomulikku membraani udara ja kõhuseina

vahel) ning pullidel munandikott ja kusiti. Siis tehakse naha lõige mööda kõhu valgejoont suunaga ülalt alla kuni rinnakuni. Hoides nahaäärt pingul nülitakse nahk noaga/ketasnoaga kubemelt ja kõhuosalt 8–10 cm laiuselt mõlemalt poolt valgejoont. Edasi pikendatakse lõiget rinnakunahas. Venitades käega nahka rinnaku kohalt enda poole, nülitakse ketasnoaga/noaga nahk rinnaku vasakult poolelt abaluu piirkonnast. Tehakse sisselõige piki vasakut esijala kodarluud. Nülitakse nahk. Lõigatakse kaelal nahk lahti ning nülitakse umbes 10 cm ulatuses lõikejoonest. Samuti nülitakse nahk paremalt poolelt.

Naha mehaaniline nülgimine võib toimuda nii pea poolt tagaosa poole kui ka vastupidi. Tagaosa poolt pea poole nülgimisel on töövõtted järgmised:

- lihakeha fikseeritakse esikootidest kettide abil vastava abivahendiga põranda külge;
- tagajalgadelt nülitud nahk kinnitatakse kettsilmustesse;
- trummelnülgimisseade käivitatakse, trummel pöörleb ja rebib naha maha;
- suurte lihas- ja rasvarebendite vältimiseks, tuleks noaga käsitsi kaasa aidata;
- esikoodid vabastatakse;
- trumli vastassuunalise pöörlemisega vabastatakse nahk automaatselt kettsilmustest ning nahk kukub allalasketorusse või konveierile.

Pea vabastamiseks kuklaliigesest lõigatakse lahti kaelalihased ja sidemed, mis ühendavad kuklaluud esimese kaelalüliga. Pea asetatakse peade pesemise kabiini konksule ning pestakse. Vabastatakse keel. Pärast peade veterinaarset ülevaatust eemaldatakse keel ning riputatakse liivrikonveieri konksule.

Lammaste lihakehade töötlemine

Lambad tõstetakse köidikketiga rippteele ühte tagajalga pidi. Kõigepealt lõigatakse ringikujuliselt lahti koed päraku ümbert, lõigatakse ära saba. Järgnevalt tehakse vabale tagajalale naha pikilõige, nülitakse nahk lõike ümbruses, paljastatakse Achilleuse kõõlus, eraldatakse tagajalg hüppeliigesest ning riputatakse jalapuuga Achilleuse kõõluse taha tehtud ava pidi rippteele.

Lõigatakse lahti nahk reieosa sisepoolelt ning kõhu valgejoont mööda nabani. Oinastel eraldatakse munandikotid, uttedel udar. Nülitakse nahk reieosalt, kubemenahk lõigatakse lahti umbes 6 cm laiuselt kõhu valgejoonest. Nülitakse teine jalg ning kasutades abiseadet riputatakse rippteele. Seejärel surutakse rusikaga nahk lahti lihakeha kõhu- ja küljeosalt.

Esijalad kinnitatakse abiseadmele, mis tõstab lihakeha horisontaalasendisse. Eraldatakse pea kuklaluu ja esimese kaelalüli vahelt. Nahk lõigatakse lahti kaela keskjoonelt, nülitakse kael. Pärast seda nülitakse nahk esijalgadelt, lõigatakse nahk läbi piki kogu jala sisekülge kuni rinnakuni. Nülitakse rinnaosa.

Järgnevalt lõigatakse lahti söögitoru ja hingetoru kogu kaela pikkuses ning seotakse söögitoru ots sõlme. Lihakeha lastakse tagasi vertikaalasendisse.

Naha mehaaniline nülgimine toimub kas tagaosa poolt pea poole või vastupidi. Tagaosa poolt pea poole nülgimisel tehakse tagaosa täiendav nülgimine. Eesosa poolt tagaosa poole nülgimisel nülitakse eesosa täiendavalt. Lihakeha fikseeritakse esijalgadest. Esiosalt nülitud nahk kinnitatakse nülgimisseadme külge.

Naha mehaanilise nülgimise järel eraldatakse esijalad randmeliigesest ning lihakeha suunatakse puhtale alale edasiste operatsioonide läbiviimiseks.

Siseelundite eemaldamine

Veiste siseelundite eemaldamiseks tehakse lõige piki rinnakut mööda keskjoont, lõigates lahti lihased rinnakorvi keskelt, rinnakuluu poolitatakse kuni rinnakukõhreni saega või erilise lõikuriga. Noorloomade töötlemisel lõigatakse noaga läbi vaagnaliidus, täiskasvanud loomade puhul saetakse vaagnaliidus katki. Kõhuõõneelundite eemaldamiseks tehakse lõige piki kõhu valgejoont alates lõhkisaetud vaagnaliidusest kuni rinnakuluuni. Eemaldatakse magude ja soolekomplekt, mis asetatakse siseelundite inspekteerimislauale või kausskonveierile. Liivri (süda, kopsud, hingetoru, maks ja vahelihas nende loomulikus ühenduses) eemaldamine toimub kahe etapina. Esmalt eemaldatakse maks koos sapipõiega ja riputatakse liivrikonveieri konksule keele kõrvale. Seejärel kopsud ja süda ning riputatakse hingetoru kaudu konveieri konksu külge maksa kõrvale. Neerud lõigatakse välja rasvakapslist, jättes nad koos neerurasvaga rippuma lihakeha külge.

Sigade ja lammaste siseelundite eemaldamisel teostatavad operatsioonid on järgmised:

- tehakse lõige kõhu valgejoont mööda;
- eraldatakse soolestik koos maoga/magudega;
- lõigatakse lahti diafragma ning eemaldatakse liiver;
- tehakse mõlemasse neeru pikisuunaline lõige, ning surutakse neerud rasvkoest ja kilest välja.

Sea lihakehalt lõigatakse trihhinelloskoopia prooviks 20–30-grammine lihatükike vahelihase selgroopoolsest osast. Proov märgistatakse.

Lihakehade poolitamine ja korrastamine

Lihakehade poolitamisel peab saagimisjoon olema ühtlane, selgrookanal korralikult avatud, et oleks võimalik eraldada seljaaju. Vasikate, lamba- ja kitsetallede lihakehi ei poolitata.

Tapajärgset veterinaarkontrolli teostab riiklik veterinaarinspektor. Haiguskahtlustega lihakehad suunatakse haruripptеele ja edasi eraldi jahutusruumi edasisteks uuringuteks.. Toiduvere kontroll tagatakse sellega, et toiduveri kogutakse paaki 10 veise või 20 sea kaupa. Kui tapajärgsel veterinaarkontrollil tunnistatakse lihakeha ja organid toidukõlbmatuks, suunatakse vastav paagitäis verd loomsete kõrvalsaaduste kogumise konteinerisse.

Lihakehade kuivkorrastuse käigus antakse rümbale nõutav viimistluse aste, põhilised operatsioonid on järgmised:

- tõmmatakse ära kõhuõõnest ploomirasv/ neerurasv;
- eemaldatakse neerud;
- sea lihakehadelt lõigatakse ära pea, esijalad;
- lõigatakse ära rippuvad lihas- või rasvkoetükid;
- lõigatakse ära saba;
- korrastatakse torkehaav;
- selgrookanalist eemaldatakse seljaaju;
- lõigatakse ära abstsessid, verevalumid, mehaaniline mustus.

Rümpade tembeldamine, kaalumine, klassifitseerimine

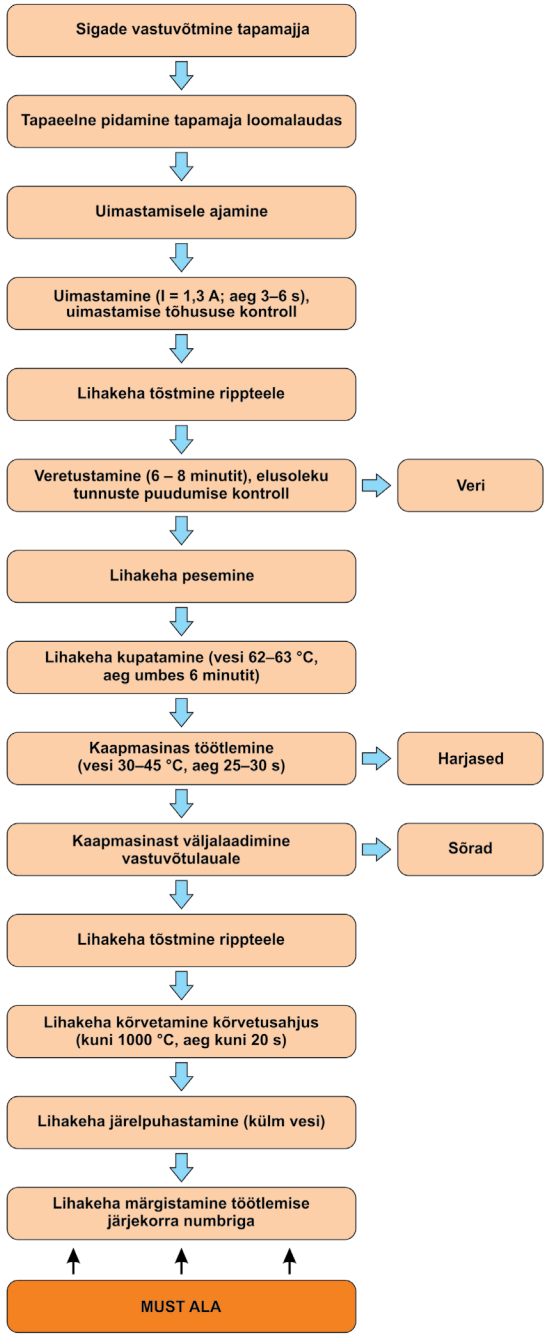
Rümbad kaalutakse rippteekaaludel. Igale veterinaarkontrolli läbinud rümba välispinnale asetatakse tervisemärk selliselt, et juhul, kui rümbad lõigatakse pool- või veerandrümpadeks või poolrümbad lõigatakse kolmeks osaks, on igal osal tervisemärgi jäljend.

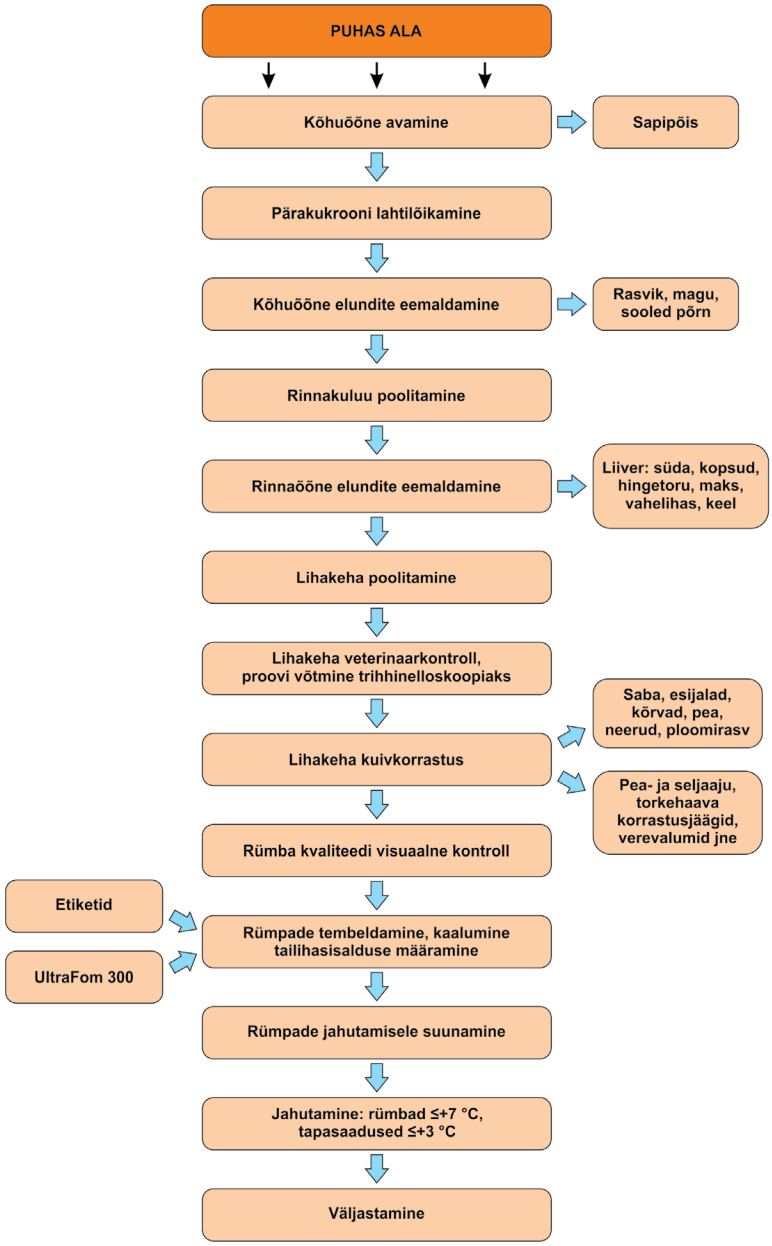
Nuumsigade ja noorkultide standardviimistletud rümbad klassifitseeritakse pärast kaalumist tailihasisalduse järgi rümbas. Standardviimistletud veise- ja lambarümpade lihakust iseloomustatakse visuaalselt määratavate lihakusklasside kaudu – S (super), E (ekstra), U (väga hea), R (hea), O (rahuldav), P (lahja). Rasvasusklass (1 – väherasvane, 2 – kergelt rasvane,

3 – keskmiselt rasvane, 4 – rasvane, 5 – väga rasvane) määratakse rasvumisastme järgi, mis nähtub rasvaladestustest rümba sise- ja välispinnal.

Pärast kaalumist ja klassifitseerimist prinditakse mitterebitavast materjalist etikett nõutavate andmetega ning kinnitatakse plastankruga kummalegi poolrümbale. Rümbad/poolrümbad suunatakse jahutuskambrisse. Vastavalt määruse (EÜ) nr 853/2004 nõuetele jahutatakse rümbad sisetemperatuurini mitte üle +7 °C ning tapasaadused sisetemperatuurini mitte üle +3 °C. **Joonisel 6.74.** on toodud nahaga sigade algtöötlemise tehnoloogiline skeem.




Sigade vastuvõtmine tapamajja
Tapaeelne pidamine tapamaja loomalaudas
Uimastamisele ajamine
Uimastamine (I = 1,3 A; aeg 3–6 s), uimastamise tõhususe kontroll
Lihakeha tõstmine rippteele
Veretustamine (6 – 8 minutit), elusoleku tunnuste puudumise kontroll
Veri
Lihakeha pesemine
Lihakeha kupatamine (vesi 62–63 °C, aeg umbes 6 minutit)
Kaapmasinas töötlemine (vesi 30–45 °C, aeg 25–30 s)
Harjased
Kaapmasinast väljalaadimine vastuvõtulauale
Sõrad
Lihakeha tõstmine rippteele
Lihakeha kõrvetamine kõrvetusahjus (kuni 1000 °C, aeg kuni 20 s)
Lihakeha järelpuhastamine (külm vesi)
Lihakeha märgistamine töötlemise järjekorra numbriga
MUST ALA



Joonis 6.74. Nahaga sigade algtöötlemise tehnoloogiline skeem

Kontrollküsimused

Kirjeldada etappe, mis hõlmavad elusloomade käitlemist tapamajas.

Kuidas teostatakse pärast uimastamist/torkamist elusoleku tunnuste puudumise kontroll?



6.6.2. Lihatoodete tehnoloogia

Kristiina Veri

Lihatooted — liha töötlemise saadused või selliste töödeldud toodete edasise töötlemise saadused, mille pinnalõige näitab, et tootel puuduvad värskele lihale iseloomulikud omadused (määrus nr 853/2004/EÜ).

Lihatoodete sortiment meie jaekaubanduskettides on võrdlemisi lai, mis võimaldab valida nii delikatesstoodete kui igapäevaselt toidulauale kuuluvate toodete vahel. Tarbijateadlikkuse suurenemise ja teadliku toitumise tulemusena soovib tarbija saada tervislikumaid lihatooteid, mis sunnib ka lihatööstuseid antud aspektile enam tähelepanu pöörama. Näiteks püütakse toodetes vähendada keedusoolasisaldust, rasvasisaldust või tootearenduse tulemusena välja töötada lihatooteid, mille koostisest on erinevad lisaained välja jäetud. Näitena võib siinkohal esile tõsta nitritivabad tooted.

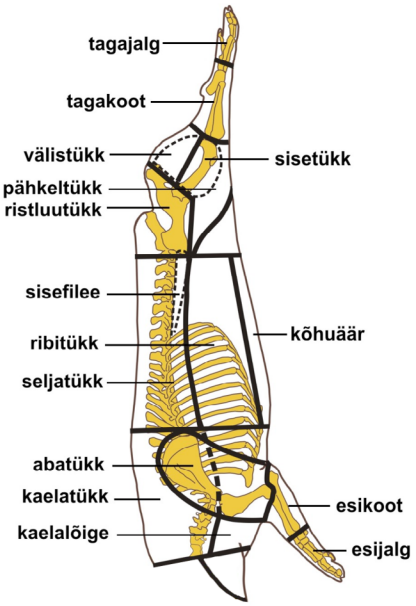
Lihatoodete tehnoloogia all mõistetakse lihast kui toorainest erinevate toodete valmistamist. Lisaks lihale on võimalik toiduks kasutada ka erinevaid tapasaadusi nagu näiteks süda ja maks. Lihatoodete valmistamiseks ja nende kõrge kvaliteedi tagamiseks on oluline lisaks tehnoloogiale tunda ja teada ka lihalõikuse põhialuseid, tootesse lisatavaid maitseaineid, lisaaineid ja lisandeid, erinevaid kesti (singivõrgud, vorstikestad) ning nende omadusi.

Lihalõikus

Lihalõikus on mitmest etapist koosnev liha ettevalmistamise protsess erinevate lihasaaduste tootmiseks. Lihalõikuse etapid on rümpade, poolvõi veerandrümpade **tükeldamine** ja **jaotustükkideks lõikamine**, **konditustamine**, **siirimine** ning **sorteerimine**. Lihalõikuse tooraineks on peamiselt sea- ja veise poolrümbad ning veerandrümbad või nende osad. Lisaks eelnimetatutele kasutatakse ka lamba, lindude ja ulukite rümpasid Rümbad peavad olema veterinaarselt kontrollitud, jahutatud sisetemperatuurini vähemalt +7 °C ja tunnistatud toidukõlblikuks, mida kinnitab rümbal paiknev **tervisemärgi jäljend**.

Sea poolrümp tükeldatakse kolmeks osaks: taga-, kesk- ja esiosaks. Poolrümbast massiga 35 kg saadakse esiosa (umbes 12 kg) mis omakorda jaguneb **kaelatükiks**, **abatükiks**, **esikoodiks** ning **põsetükiks**. Keskosa (umbes 10 kg) tükeldatakse täiendavalt kaheks tükiks: **selja**- ja **küljetükiks**. Tagaosa (umbes 13 kg) jaguneb **tagaosa tükkideks** ja **tagakoodiks (joonis 6.75**).

Sea poolrümba esiosas asub kulinaarselt kõige väärtuslikum osa — kaelakarbonaad, lisaks abatükk, esikoot ja põseliha. Sea poolrümba tagaosa kõige väärtuslikuma osa moodustavad tagaosa lihased. Neile lisaks asub seal ka tagakoot. Poolürmba keskosas paiknevas seljatükis asub välisfilee ja selle siseküljel väärtuslik sisefilee. Sea poolrümba küljetüki moodustavad rasvkoest ja tailihast läbikasvanud kamaraga liha (peekon, ribikondid, rinnak). Kulinaarsest vaatenurgast lähtudes koosneb küljetükk ribist, peekonist ja kõhuäärest.



Joonis 6.75. Tükeldusskeem sea poolrümpadele ilma pea ja sabata, esi- ja tagajalgadega, põselihaga (Eha Järv)

Toorainevalik oleneb lihatööstuses suures osas selle lihas-, rasv- ja sidekoesisaldusest. Näiteks keedusingi toorainena sobib searümba jaotustükkidest kasutada kaelakarbonaadi, välisfileed, koodiliha, abaliha, pekki, peekonit, kõhuäärt ning tagatüki lihaseid. Lihavalmististe (toored grillvorstid, šašlõkk, maitsestatud ja marineeritud liha) tooraineks sobib kaelakarbonaad, välisfilee, sisefilee, koodiliha, abaliha, peekon, tagatüki lihased.

Pärast esmast lihalõikust viiakse läbi konditustamine. **Konditustamine** on kontide eraldamine tükeldatud rümbaosast või jaotustükist, mille tulemusena saadakse pehme liha. Konditustamine võib olla osaline või täielik.

Osalise konditustamise juures realiseeritakse kondid enamasti supikondi või jahutatud lihana (kaelakarbonaad, abatükk, peekon jne).

Liha siirimine ehk **soonetustamine** on väheväärtuslike kudede ja lihaosade eraldamine konditustatud pehmest lihast. Siirimise käigus eraldatakse ka kõõlused, kõhred, suured vere- ja lümfisooned, verevalumid ja väikesed luud. Siirimise käigus korrastatakse liha pind, et see oleks vastuvõetav tarbijatele (jahutatud liha) või edasiseks käitlemiseks. Liha siirimisel ei tohiks eraldada liigselt lihaskude või lihaskude katvat õhukest sidekude. Olenevalt liha edasise kasutamise eesmärkidest soovitatakse näiteks suitsulihatoodete tooraine siirimisel jätta terveks kogu tüki lihaseid kattev sidekude, mis takistab lihamahla väljanõrgumist edasisel töötlemisel. Veiselihast eraldatakse siirimise käigus ka rasvkude.

Liha sorteerimise eesmärgiks on saada teatavate kindlate omadustega lihatooraine ning anda ülevaade toote omaduste kohta (rasvasisaldus, potentsiaalne toiteväärtus jne). Liha sorteeritakse traditsiooniliselt lihas-, rasvkoe- ja sidekoesisalduse alusel. Ettevõttes on liha sortidesse jaotamine oluline retseptides kasutatava tooraine täpsustamiseks, et saavutada võimalikult täpne koostisosade valik.

Sealiha sorteerimiseks on Eestis kasutusel mitmeid erinevaid süsteeme. Tavapäraselt kirjeldatakse liha sordilisust numbritega. Näiteks sealiha 90/10; 65/35, 30/70, kus esimene number näitab lihaskoe ja teine rasvkoe sisaldust sorteeritud lihas. Eestis kasutatakse väga laialdaselt mõisteid tailiha (rasvkoe sisaldus kuni 10%), poolrasvane liha (rasvkoe sisaldus 30–50%), rasvane liha (rasvkoe sisaldus kuni 70%) ja pekk (rasvkoe sisaldus 100%).

Veiseliha sorteerimisel lähtutakse selle sidekoesisaldusest. Mida rohkem sisaldab liha lihaskude (vähem rasv- ja sidekude), seda kõrgem on liha sort. Näiteks sorteeritud veiseliha 80/20, sisaldab 80% lihaskude ja 20% rasv- ning sidekude.

Maitseained

Maitseained on tugeva lõhna ja maitsega ained (koor, vili, juur jne) toiduainete või toidu maitsestamiseks. Lisaks heale maitsele annavad need toodetele isuäratava välimuse, parandavad lõhna ja maitset ning pikendavad ka toote säilivusaega. Olenevalt maitseainete iseloomust võib erinevate maitseainete doseerimiskogus olla väga erinev. Toidu ja erinevate toiduainete maitsestamiseks kasutatakse maitsetaimi, ehtsaid vürtse (pipar, nelk, kaneel, muskaatpähkel) ja ürte (majoraan, meliss, münt, seller, petersell, murulauk). Lihatööstuste jaoks väljastatakse vürtsid kuivatatud ja peenestatud kujul erinevate maitseainete segude koostises. Tööstuses on kõige levinum eelnevalt väljatöötatud maitseainesegude kasutamine. Maitseainesegusid on lihtne kasutada, kuna segud on retseptide alusel kokku segatud ja eelnevalt testitud.

Lisaained

Lisaained ehk **E — ained** on looduslikud või sünteetilised ained, mida lisatakse toiduainetesse tahtlikult nende töötlemisel eesmärgiga pidurdada toote riknemist, parandada välimust, struktuuri, maitset, aroomi või mõnda muud omadust. Tähis E ja numbrikood viitavad kindlale keemilisele ühendile, mis on kantud toiduainetes kasutada lubatud lisaainete registrisse (kehtib Euroopa Liidu riikides) ja on selle ohutuse garantiiks. Lisaained on jaotatud gruppidesse vastavalt nende põhitoimele. Lihatööstuses kõige enam kasutust leidvad lisaained on järgmised:

Toiduvärvid võimaldavad tootele anda iseloomuliku värvuse. Lihatoodetes toiduvärvid laialdast kasutamist leidnud ei ole. Tootele iseloomuliku värvuse andmiseks või selle võimendamiseks on võimalik kasutada tomatist pärinevat lükopeeni (E160d), punapeedis leiduvat betaniini (E162) või tumedates marjades leiduvaid antotsüaane (E163). Eelnimetatud ained pärinevad looduslikust allikast, seetõttu võib neid nimetada ka naturaalseteks.

Konservandid ehk **säilitusained** toimivad bakteritele ja hallitusseentele, pidurdades toote riknemist ja tagades selle ohutuse. Sellega ei ole aga võimalik varjata tooraine halba kvaliteeti, tootmishügieeni puudusi ega tootmisprotsessi vigu. Siia gruppi kuuluvad näiteks E210 — bensoehape, E250 — naatriumnitrit, E251 — naatriumnitraat; E260 — äädikhape.

Antioksüdandid aitavad pidurdada hapniku toimet, takistades seeläbi rasvade rääsumist, kõrvallõhnade teket, hapniku toime suhtes tundlikke vitamiinide ja lõhnaainete muutumist. Siia gruppi kuuluvad näiteks E300 — askorbiinhape; E323 — naatriumlaktaat, E330 — sidrunhape.

Stabilisaatorid, **emulgaatorid** ja **paksendajad** katavad vee- ja rasvaosakesed vältides nende eraldumist toote struktuurist. Parandavad toote välimust ja pikendavad säilivusaega andes võimaluse kuumtöödelda toodet kõrgetel temperatuuridel. Siia gruppi kuuluvad näiteks lihatoodetes kasutatavad di-, tri- ja polüfosfaadid (E450—E452). Paksendajana on selle rühma esindajaks näiteks karrageen (E407). Erinevalt fosfaatidest ei ole karrageenil otsest mõju lihavalkude veesidumisvõimele, küll aga seob karrageen ise hästi vett, mis tähendab, et ta moodustab geeli.

Lõhna- ja **maitsetugevdajaid** ning **happesuse regulaatoreid** leidub paljudes toodetes. Nende kasutamine on seotud liha osakaalu vähenemisega toodetes ja seeläbi lihale omase lõhna ja maitse kadumisega. Viimast on võimalik kompenseerida lõhna- ja maitsetugevdajate kasutamisega (nt E620 — glutamiinhape, E621 — naatriumglutamaat). Happesuseregulaatorite tuntumaks esindajaks lihatööstuses on GdL ehk glükoondeltalaktoon (E575), mis võimaldab alla viia liha pH ja seeläbi pikendada toote säilivusaega ning tagada spetsiifilised muutused toote valmimisprotsessis. GdL kasutatakse eelkõige toorsuitsuvorstides.

Lisandid

Vorstide, sinkide, lihakonservide ja mitmete teiste toodete valmistamiseks kasutatakse palju valgulisi ja mittevalgulisi lisandeid. Sageli võib

ühel lisandil olla korraga mitu funktsiooni. Lisandi mõju võib erineda ka olenevalt tooraine koostisest või tehnoloogilise töötlemise viisist. Nende kasutamise eemärgiks on toote koostisosade emulgeerumise parandamine, emulsiooni stabiilsuse suurendamine, veesidumisvõime parandamine ja seeläbi saagise suurendamine, toote kvaliteedi tõstmine, toiteväärtuse parandamine ning omahinna alandamine. Loomulikult avaldavad need mõju ka toote lõhnale, maitsele, värvusele, tekstuurile ja teistele näitajatele.

Viimase aastakümne jooksul on üha enam populaarust kogunud naturaalsete marjalisandite kasutamine lihatoodetes. Näiteks lihamarinaadides kasutatakse üha enam astelpaju, mustikat või musta sõstart nende antioksüdatiivse toime, aga ka maitsenüansside tõttu. Lisaks nende naturaalsusele on teadlaste uuringud välja toonud ka nende antibakteriaalse toime.

Vorstikestad ja singivõrgud

Vorstikestad on pehmed silindrikujulised ümbrised vorstisegu jaoks. Viimaste ülesandeks on kaitsta vorste riknemise, määrdumise, niiskuse, mikroorganismide ning mehaaniliste mõjutuste eest. Kestad aitavad säilitada vorstile omase kuju ja mõõtmed. Vorstikestad jagunevad **naturaalkestadeks** (sooled) ja **kunstkestadeks**. Kunstkestad valmistatakse tselluloosist, kollageenist või sünteetilisest materjalist. Vorstikest peab olema tihe, mehhaaniliselt vastupidav, elastne, niiskust mitteimav, vastupidav mikroorganismide toimele, vajadusel gaasi ja auru läbilaskev, kergelt eemaldatav ja kõrge temperatuuritaluvusega.

Võrku toodetakse suitsulihatooteid, mille puhul on oluline näidata, et toode on valmistatud tükilihast, kuid seda on tarvis peale termilist töötlemist veel teatud viisil käidelda, näiteks viilutada. Keedukadude vähendamiseks kasutatakse singivõrgu all kollageenkilet, mis takistab niiskuse eraldumist tootest selle kuumtöötlemise ajal. Võrgud erinevad värvuse, elastsuse, diameetri ja silmade arvu poolest. Eestis kasutatakse sinkide tootmiseks suka sarnaseid singivõrke.

6.6.2.1. Keeduvorstid

Keeduvorstid on homogeense struktuuriga ja madalama hinnatasemega tooted, mis sisaldavad lihatoorainet (tailiha, pekk), taimseid lisandeid, kamaraemulsiooni, maitseaineid ja lisaaineid (**tabel 6.13.**). Toote lihasisaldus on keskmiselt 40 – 60% (täislihast keeduvorstid kuni 90%) ja keedusoolasisaldus keskmiselt 2–2,5%.

Keeduvorstide tooraineks sobib jahutatud või ülessulatatud ning vanemate või nooremate loomade lahja liha (väheväärtuslikud rümbaosad), lihalõikmed ja pekk. Keeduvorstide toorainena kasutatav pekk ja selle omadused sõltuvalt kasutamise eesmärgist. Näiteks mustrikomponendina kasutatav pekk peab olema tugeva struktuuriga (turjapekk). Pekk võib olla jahutatud või ülessulatatud, kuid riknemistunnusteta. Keeduvorstide valmistamiseks ei sobi üle ühe korra külmutatud liha ja pealispinnalt värvust muutnud tooraine.

Tabel 6.13. Keeduvorsti retsept

TOORAINE	Kogus, kg
Sealiha rasvasisaldusega 25%	40,0
Sealiha rasvasisaldusega 50%	7,0
Veiseliha rasvasisaldusega 20%	20,0
Vesi/jää	25,6
Munapulber	2,0
Piimapulber	2,0
Tärklis	1,0
Nitritsool	1,6
Maitseainete segu*	0,8
KOKKU	100,0

*Maitseainete segu sisaldab üldjuhul lisaks maitse- ja lõhnaainetele vajalikul hulgal toidufosfaate (E450–E452), antioksüdante (E300–E330); vastava info saab tootega kaasas olevalt tootespetsifikatsioonilt.

Toorainena kasutatakse peamiselt sea-, veise- ja linnuliha. Rasvkude on oluline vorsti maitse, õrnuse ja mahlasuse tagamisel. Mahlasuse saavutamiseks lisatakse lihale töötlemise käigus ka vett. Madalama hinnaga ja taskukohasemate vorstitoodete valmistamiseks kasutatakse ka linnulihamassi.

Erinevalt suitsuvorstidest ja sinkidest ei vaja keeduvorstid kõrgekvaliteedilist ja hoolikalt siiritud toorainet. Sageli kasutatakse nende toodete valmistamiseks vähemväärtuslikest rümbaosadest eraldatud liha (kõhutükk, rinnatükk, ribitükk, turjatükk jne) ning lihalõikusosakonnas tekkivaid lihalõikmeid.

Liha peenestamine

Toorainena kasutatav liha ja pekk (ka põseliha) peenestatakse lihahundis. Keeduvorstide tooraine (põhimassi) peenestamiseks kasutatakse lihahundi kõige väiksemat resti ava (2–3 mm), pekk aga peenestatakse läbi 5–6 mm resti ava. Mustrimass peenestatakse käsitsi või läbi suurte restiavade. Liha temperatuur pärast peenestamist ei tohiks tõusta üle +3 °C.

Nii lihahundis kui kutris peenestamisel on oluline nugade teravus. Nürid noad liha ja pekki ei peenesta, vaid muljuvad ning tooraine surutakse jõuga läbi lihahundi resti avade. Nõutavat peenestusastet ei saavutata ja tooraine temperatuur tõuseb oluliselt. Selle tulemusena pikeneb vorstisegu valmistamise töötsükkel hilisemal liha töötlemisel kutris ning tõuseb liha temperatuur.

Vorstisegu valmistamine (koostamine) kutris

Vorstisegu valmistamine on keeduvorstide tootmise põhiprotsess, mille lõpptulemusest sõltub suurel määral vorsti üldkvaliteet – **konsistents**, **struktuur**, **värvus**, **maitse**, aga ka **saagis**. Nende toodete valmistamisel kasutatakse peenpeenestatud lihaemulsiooni. Lihaemulsioon saadakse, kui lihahundis eelpeenestatud liha täiendavalt peenestatakse kutris ning sellele

lisatakse lisa- ja maitseained, lisandid ning jää või vesi. Kuterdamise tulemusena moodustub homogeenne vorstisegu.

Kuterdamine toimub kahefaasilise protsessina: peenpeenestamine (1/3 kogu protsessist) ja vorstisegu moodustumine (2/3 kogu protsessist). Tähelepanu tuleks siinjuures pöörata tooraine kutrisse lisamise järjekorrale: esmalt kõige taisem tooraine, seejärel lisandid (keedusool, fosfaadid), jäävesi, rasvane tooraine ja maitseained.

Peenestamise käigus on oluline kontrollida lihaemulsiooni temperatuuri. Vältida tuleks kuterdamise lõpetamist enne kui segu temperatuur on tõusnud +10…+12 °C juurde. Varasem protsessi lõpetamine võib tekitada olukorra, kus tooraine saab liiga vähe peenestatud ning seetõttu ei moodustu ühtlast homogeenset massi.

Kuterdamise põhireeglid:

- mitterasvane liha töödeldakse võimalikult külmalt;
- sidekoerikas liha tuleb maksimaalselt peenestada, et valmistootel ei oleks tükiline struktuur;
- kuterdamine lõpetatakse fosfaatide kasutamise korral vorstimassi temperatuuril +12 …+ 14 °C, maksimaalselt +16 °C.

Niinimetatud ülekuterdamisel ehk kui protsess vältab kauem, kui tegelikult vaja oleks, lõhutakse ära moodustunud struktuur ning vesi/rasv eralduvad ja toote kuumtöötlemisel tekivad vorstibatooni otstesse rasva- ja puljongivalangud. Kui vorstisegu temperatuur on liiga kõrge, võib töödeldav rasvane tooraine (pekk, rasvkude) üle kuumeneda, sulada ning lihavalkude ümber koguneda. Selle tulemusena väheneb vorstimassi veesidumisvõime ning tekib jällegi oht rasvavalangute tekkimiseks toote kuumtöötlemise ajal. Kõrge temperatuuri vältimiseks lisatakse kuterdamise ajal vorstisegusse jääd.

Vorstide pritsimine

Vorstikestad täidetakse vorstiseguga vorstipritsi abil selle pritsimisotsiku kaudu. Pritsimisotsiku diameeter peab vastama kesta diameetrile, olles tavaliselt sellest 10 mm väiksem. Vorstisegu voolamiskiirus läbi pritsimisotsiku oleneb segu viskoosplastilistest omadustest, osakeste omavahelisest seostatusest ja pritsimisrõhust. Vorstisegu tuleb laadida pritsi võimalikult tihedalt ja ilma õhutühikuteta. Vorstisegu kesta pritsimise tihedus sõltub tootest ja kasutatava kesta omadustest. Keeduvorstide, sardellide ja viinerite pritsimisel ei tohi surve olla liiga suur, vastasel korral võib vorstikest segu paisumise tõttu termilisel töötlemisel lõhkeda. Doseerimisel on võimalik reguleerida keeduvorstide doseerimiskogust ja seeläbi ka batooni kaalu.

Vorstide sidumine, klipsimine, riputamine raamidele

Pritsitud vorstibatoonid seotakse või klipsitakse (suletakse metallklambriga). Vorstibatooni ühte otsa seotakse või klipsitakse ka riputusaas, mille abil on võimalik väiksema kaaluga tooted riputada vorstikeppidele ja nendega koos vertikaalraamidele, millega transporditakse tooted termotöötlusosakonda. Ühele kepile riputatakse olenevalt batoonide massist, läbimõõdust ja raami laiusest 4–12 batooni. Horisontaalraamidele paigutatakse suurekaalulised tooted (näiteks keeduvorstid mida viilutatakse). Vorstid ei tohi keppidel ja raamil omavahel kokku puutuda, sest sellisel juhul pole värvuse moodustumine ja suitsu levik vorstidel ühtlane ja omavahel kokkupuutuvad pinnad ei kuiva ega värvu korralikult (vorsti pinnale jäävad heledamad laigud).

Vorstide laagerdamine

Enne termilist töötlemist võib vorste laagerdada ehk seisutada. Pritsitud batoone hoitakse selleks ette nähtud ruumis. Keeduvorste laagerdatakse

lühiajaliselt 2–6 tunni jooksul. Laagerdamise eesmärgiks on vorstisegu tihenemine ja valmimine, toote värvuse stabiliseerumine ja vorstikestade pealispinna kuivamine.

Termiline töötlemine

Termilise töötlemise režiim oleneb valmistatavast tootest. Keeduvorstide termilise töötlemise juures saab välja tuua järgmised etapid, kuid siinkohal esineb ka erisusi olenevalt valmistatavast tootest.

1. Eelsoojendamine — toode soojendatakse üles auruga temperatuuril +40…+55 °C (olenevalt selle mõõtmetest) 10–20 minuti jooksul.
2. Kuivatamine — toote kuivatamine temperatuuril +50…+65 °C (olenevalt batooni mõõtmetest) 20—40 minuti jooksul. Alustatakse madalamalt temperatuurilt, mida protsessi jooksul tõstetakse. Antud termotöötlusetapp on vajalik ülesuitsutatud keeduvorstide valmistamise tehnoloogias.
3. Suitsutamine — toote esimene suitsutamine ehk värvi andmine toimub temperatuuri +65…+70 °C juures 5—20 minuti jooksul olenevalt tootest. Näiteks naturaalkestas kestab keeduvorstide suitsutamine kuni 20 minutit, kunstkestas tooteid ei suitsutata. Tsükli pikkus oleneb nii suitsu tihedusest kui ka kuivatamise kvaliteedist.
4. Keetmine — toimub temperatuuril +75…+85 °C toote sisetemperatuurini +72 °C. Keetmisega saavutatakse vorstide kulinaarne valmidus valkude ja teiste vorstisegu koostisosade muutumise tulemusena ja mikroorganismide vegetatiivsete vormide hukkumine 99% ulatuses.

Keetmise ajal toimuvate protsesside tulemusena muutub vorstisegu struktuur. Lihavalkude denatureerumise ja koaguleerumise tõttu moodustub jäik struktuur, milles seotakse vesi koos selles lahustunud ainetega.

Seetõttu on keeduvorstide niiskusesisaldus ja saagis üsna suur. Kui vorstisegu on õigesti valmistatud, ei täheldata keetmise lõpul vee eraldumist. Vorstide keetmine lõpetatakse, kui nende sisetemperatuur on tõusnud +72 °C juurde. Keetmise kestus oleneb vorstisegu soojusjuhtivusest, kestast (naturaalkest, kunstkest) ja selle läbimõõdust (40–180 minutit). Kuigi ligikaudne keetmisaeg on teada, tuleb alati kontrollida temperatuuri batooni sisemuses. Sisetemperatuuri mõõtmiseks tuleb valida batoon, mis asub kõige ebasoodsamates keetmistingimustes (tavaliselt raami keskel).

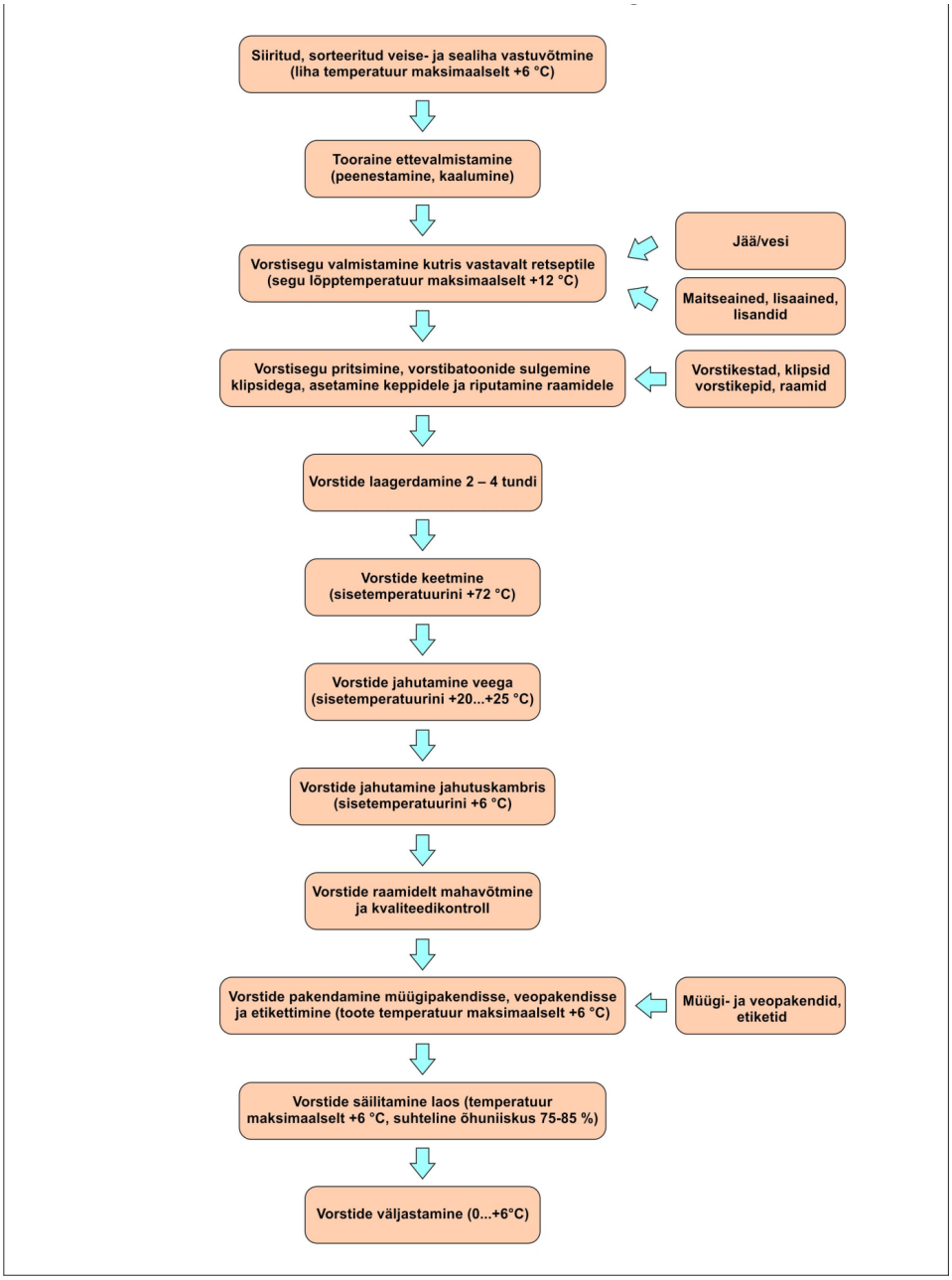
Vorstide jahutamine

Keeduvorste jahutatakse kahes etapis: kõigepealt külma veega ja hiljem külma õhuga. Veega jahutamine on kiirem, jahutamiskaod väiksemad ning batooni pind ei kortsu nagu vee intensiivse aurumise tõttu õhuga jahutamisel. Veega jahutatakse vorste 10—30 minuti jooksul duši all (vee temperatuur +10….+15 °C) batooni sisetemperatuurini +30 °C. Sellele järgneb õhuga jahutamine jahutuskambris temperatuuril +4 °C olenevalt toote mõõtmetest 4—8 tundi või intensiivse jahutuse tunnelis temperatuuril -10 °C. Keeduvorstide tehnoloogiline skeem on toodud **joonisel 6.76**.

6.6.2.2. Suitsuvorstid

Suitsuvorstid on mittehomogeense struktuuriga ja suhteliselt suure keedusoolasisaldusega (3–3,5%) tooted. Nimetatud tootele on iseloomulik väiksem väljatulek kui keeduvorstidel ja kõrgem lihasisaldus, mis jääb 70—90 % vahele.

Toorainena kasutatakse põhiliselt sea- ja veiseliha, kuid ka linnu- ja ulukiliha. Kasutatav pekk peab olema tugeva konsistentsiga (selja-, turja- või abapekk), jahutatud, külmutatud või kergkülmutatud. Suitsuvorstide valmistamiseks ei sobi toorainena kasutada tapasooja ja laagerdumata ning valesti söödetud loomade (õlirikkad söödad) liha (**tabel 6.14**).



Joonis 6.76. Keeduvorstide valmistamise tehnoloogiline skeem

Tabel 6.14. Poolsuitsuvorsti retsept (näide)

Tooraine	Kogus, kg
Sealiha rasvkoesisaldusega maksimaalselt 30%	20
Sea põseliha, kamarata	28
Veiseliha rasv- ja sidekoesisaldusega maksimaalselt 15%	20
Kamaraemulsioon	10
Vesi/jää	20
Tärklis	1
Sojaisolaat	1
Maitseained ja lisandid	**g/kg tooraine kohta**
Nitritsool	25
Maltodekstriin	10
Maitseainete segu *	5

*maitseainete segu koostises võib olla: difosfaat E450, maitsetugevdaja – naatriumvesinikglutamaat E621, antioksüdant – askorbiinhape E300, maitseained.

Vorstisegu koostamine segistis

Suitsuvorstide segu valmistatakse üldjuhul segistis, kuid võib kasutada ka kutrit või kuttersegistit. Vorstisegu valmistamisel segistis ei tõuse segu temperatuur üle +10 …+ 12 °C, kui liha on eelnevalt korralikult jahutatud ja segu valmistamisel pole ruumi temperatuur liiga kõrge. Suitsuvorstisegu koostamistsükkel segistis kestab kokku 10–13 minutit, täissuitsuvorstidel ligikaudu 15 minutit.

Vorstide pritsimine

Segistis valminud vorstisegu pritsitakse vorstipritsi abil eelnevalt ettevalmistatud kestadesse. Suitsuvorste tuleb pritsida tihedamalt, aeglasemalt ja tugevamini kui keeduvorste, sest kuivamise ajal batoonide mõõtmed vähenevad ja niiskuse eraldumise tulemusena võib kest kortsu tõmbuda ning rikkuda toote kaubandusliku välimuse.

Vorstide klipsimine, riputamine raamidele

Kestade sulgemine ja raamile riputamine toimub sarnaselt keeduvorstidega.

Vorstide laagerdamine

Suitsuvorste laagerdatakse 5—6 tundi olenevalt batooni diameetrist. Laagerdamisel ajal toimub vorstisegu tihenemine, algab värvuse moodustumine ning kestade ja kesta aluse kihi kuivamine. Laagerdamine toimub ruumitemperatuuril + 2 …+8 °C.

Vorstide kuumutamine ehk esimene suitsutamine

Poolsuitsuvorstide kuumutamise kestus on 30—90 minutit (oleneb toote diameetrist) temperatuuril +80 …+100 °C. Täissuitsuvorste kuumutatakse 60—120 minutit temperatuuril +70…+80 °C.

Vorstide keetmine

Suitsuvorstidest keedetakse pool- ja täissuitsuvorste ning keedusalaamisid. Poolsuitsuvorstide keetmine kestab ligikaudu 40—90 minutit temperatuuril +75…+80 °C, sisetemperatuurini vähemalt +72 °C, ning täissuitsuvorste 45—90 minutit temperatuuril +72…+75 °C.

Vorstide jahutamine

Kui ettevõte kasutab eraldi vorstide kuumutuskambrit, keedukambrit ning suitsutuskambrit, siis klassikalise tehnoloogia järgi jahutatakse pool- ja täissuitsuvorstid pärast keetmist õhuga temperatuuril +20 °C 2—3 tunni jooksul ning seejärel viiakse läbi teine suitsutamine. Tänapäeval kasutatakse üsna laialt aga universaaltermokambreid, mis võimaldavad kõik protsessid läbi viia samas seadmes.

Vorstide suitsutamine ehk teine suitsutamine

Teistkordselt suitsutatakse pool- ja täissuitsuvorste temperatuuril ¬+30 ….+50 °C. Suitsutamise kestus oleneb batooni läbimõõdust, suitsu temperatuurist ja tihedusest, samuti vorstisegu temperatuurist. Poolsuitsuvorste suitsutatakse 12—24 tundi, täissuitsuvorste 24–48 tundi.

Vorstide kuivatamine

Pool- ja täissuitsuvorstide kuivatamisel väheneb toote niiskusesisaldus, suureneb keedusoola kontsentratsioon ja suitsu koostisosade sisaldus tootes ning pikeneb säilivusaeg. Kuivatamiskestus oleneb eelkõige vorsti liigist, mõõtmetest ja õhu parameetritest.

Kuivamisprotsess koosneb kolmest faasist:

1) auru moodustumine kuivatatava toote pinnal või sisemuses;
2) välisdifusioon, s.o tekkinud aurude ülekandumine tootest väliskeskkonda;
3) sisedifusioon, s.o veeaurude ülekandumine materjali sisemusest selle pinnale.

Sisedifusiooni kiirus oleneb vorstisegu struktuurist. Ülemäära peenestatud vorstisegu kuivab aeglasemalt kui vorstisegu, milles on osaliselt säilinud lihale omane struktuur. Seepärast ei peenestatagi suitsuvorstide liha liiga peeneks, samuti tuleb vältida liha muljumist ja hõõrdumist tehnoloogiliste protsesside käigus.

Kuivatamise kui protsessi käigus vähenevad toote mass ja mõõtmed ja toimub suitsukomponentide ümberjaotumine. Väliskihis väheneb suitsukomponentide kontsentratsioon nende lendumise tõttu väliskeskkonda ning imendumise tõttu sisekihtidesse. Sisekihtides kasvab suitsukomponentide sisaldus.

Suitsuvorstide jahutamine

Suitsuvorstide jahutamine toimub õhuga jahutuskambris kuni batooni sisetemperatuurini +6 °C. Naturaalkestas poolsuitsuvorsti üks võimalikke termilise töötlemise režiime on toodud **tabelis 6.15**. Olenevalt valmistatavast tootest ja kasutatavast kestast on töötlusrežiim erinev ja see töötatakse välja ettevõttes.

Varasemalt Eesti lihatööstuse standard kehtestas valmistoote niiskussisalduse määra nii pool-, täis- , kuumsuitsuvorstil kui ka keedusalaamil (**joonis 6.77**), hetkel pole ühtegi kehtivat seadusandlikku akti, mis antud aspekti reguleeriks. See on andnud ettevõtetele vabad käed ja loonud võimaluse pakkuda täissuitsuvorsti nimetuse all toodet, mis oma olemuselt on poolsuitsuvorst.

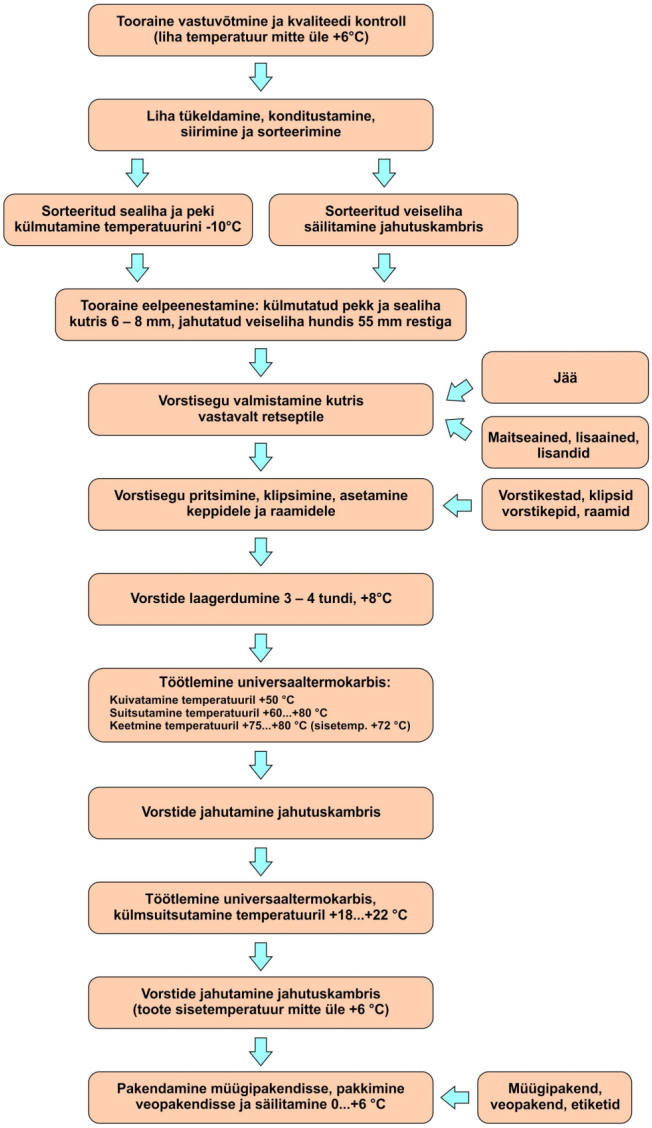
Suitsulihatooted

Suitsulihatooted on soolatud või soolamata tükilihast valmistatud ja termiliselt töödeldud tooted. Suitsulihatooteid on võimalik jaotada gruppidesse nende termilise töötluse (toorsuitsutooted, suitsu-keedu tooted, keedutooted, kuumsuitsutooted, küpsetatud või praetud tooted) ning vormimise ja tootmistehnoloogia alusel. Suitsulihatoodete vormimise ja tootmistehnoloogia alusel jagunevad need vormisinkideks, rullsinkideks ja restruktureeritud ehk sidusliha toodeteks (keedusingid).

Tabel 6.15. Poolsuitsuvorsti termilise töötlemise režiim (naturaalkest, läbimõõt 40 mm)

Nr	Töötlemisetapp	Temperatuur, °C	Aeg, min
1.	Eelsoojendamine	+55	20
2.	Kuivatamine	+60	25
3.	Kuivatamine	+65	15
4.	Suitsutamine	+65	20
5.	Kuivatamine	+70	7
6.	Suitsutamine	+70	20
7.	Keetmine	+78	batooni sisetemperatuurini +72 °C

Suitsulihatooteid valmistatakse peamiselt sea-, veise-, lamba-, linnu- ja ulukilihast. Kõige traditsioonilisemaks suitsulihatoodete tooraineks on sea- ja veiseliha, kuid järjest enam kogub toorainena populaarsust ka linnuliha. Suitsulihatoodete toorainena kasutatakse korralikult siiritud, jahutatud, puhta pealispinnaga ja laagerdunud värsket liha, kuid kasutada on lubatud ka eelnevalt külmutatud liha. Suitsulihatoodete valmistamiseks sobib



Joonis 6.77. Keedusalaami valmistamise tehnoloogiline skeem

liha pH väärtusega 5,8—6,4 aga võimalik on kasutada ka DFD-liha (tume, tuim ja kuiv). Tootes kasutatav pekk peab olema värske ja ilma riknemistunnusteta. Vältida tuleb vanade loomade ja kuldiliha, enam kui üks kord külmutatud liha, PSE-liha (tootel suured töötlemiskaod, kirju lõikepind), verevalumitega ja korralikult mahajahutamata liha, kuna võib anda tootele mõrkja kõrvalmaitse.

Soolamine

Suitsulihatoodete valmistamiseks kasutatakse liha soolamist tükkidena ning soolamisrežiim valitakse vastavalt tooraine ja valmistoote iseärasustele. Vajaduse korral on toorainest enne soolamist eraldatud ka kondid.

Klassikaliseks soolamismeetodiks on **kuivsoolamine**, kus lihatükid hõõrutakse sisse kuiva keedusoolaga või soolamisseguga ja asetatakse kihiti mahutisse ja nende vahele raputatakse täiendavalt soola. Kirjeldatud soolamismeetodi kasutamine on ajakulukas ja seetõttu tänapäeva tööstustes tihtipeale kasutust ei leia. Selle eeliseks on toodete hea säilivus nende suure soolasisalduse ja väikese niiskusesisalduse tõttu. Puudusteks on toote suur massikadu (10–20%), tugev soolasus ja soola ebaühtlane jaotumine ning tuimus.

Väikeste lihatükkide sooldumisaeg on 8–12 päeva ning suurtel tükkidel 2–4 kuud. Sooldunud lihatükke leotatakse pärast protsessi lõppemist olenevalt tüki suurusest 4–12 tundi, kusjuures leotamise ajal peavad tükid olema vajutise all. Nii soolatakse suure rasvasisaldusega ja pikaajalise säilivusega tooteid nagu näiteks soolapekk, soolapeekon ja sink (Jamon Iberico, Jamon Serrano).

Soolvees soolamine ehk **märgsoolamine** toimub mahutites, milles on liha ja selle peale valatud soolvesi. Ka selle meetodi puhul on protsess aeglane, toote soolasisaldus üsna ebaühtlane ja sooldumisaste raskesti kontrollitav. Valmistatava soolvee kontsentratsioon sõltub liha liigist, temperatuurist, sooldumise planeeritavast kestusest, lihasaaduse edasise tööt-

lemise viisist ja valmistoote säilitusrežiimist. Kvaliteetse toote saamiseks peab liha soolduma 5—7 ööpäeva. Tööstuses pole nii pikk sooldumistsükkel tavaliselt võimalik, seetõttu on leitud lahendused sooldumisprotsessi kiirendamiseks. Sooldumist kiirendavate meetoditena kasutatakse soolvee pritsimist tootesse, liha tenderiseerimist, masseerimist ja tumbleerimist.

Soolvee pritsimine lihasse on üks levinumaid soolamisviise. Töös-tuslikes tingimustes kasutatakse paljunõelalisi soolveepritse, kuna nende tootlikkus on suur. See võimaldab protsessi mehhaniseerida, pritsida nii kondiga kui ka kondita toodet ja kiirendada oluliselt tootmistsüklit. Paljunõelalise soolveepritsi nõelapadjas on mitukümmend kuni sada nõela, mis asuvad üksteisest umbes 2 cm kaugusel. Seadmes on võimalik reguleerida pritsitava soolvee rõhku, selle kogust ja konveierlindi liikumiskiirust.

Et soolvesi pritsitakse lihasse lähestikku asuvate nõelte kaudu, on soolvee jaotumine ühtlane. Nõelatorked tagavad ka liha mehaanilise pehmenemise. Soolvee pritsimisel paljunõealalise soolveepritsiga tuleb kinni pidada antud seadme jaoks sobivast režiimist. Sellest kõrvalekaldumisel, näiteks liiga suure pritsimisrõhu puhul, võivad lihas tekkida n-ö soolvee taskud, mis valmistootes näivad aukudena ja lõhedena.

Pritsimissoolvee valmistamine

Soolvesi valmistatakse keedusoolast või nitritsoolast, fosfaadist, suhkrust, askorbiinhappest ja maitseainetest vastavalt retseptile. Tavaliselt annab tootja või turustaja igale soolamislisandile või komplekssegule kaasa kasutusjuhendi soolvee valmistamise kohta.

Soolvee valmistamiseks kasutatav vesi peab olema temperatuuril +2 °C. Soolvee temperatuuri hoidmiseks võib sellesse lisada jääd, kuid siinkohal tuleb jälgida, et see oleks täielikult sulanud enne soolvee lihasse pritsimist. Suurtes kogustes sulamata jäätükid põhjustavad vale soola kontsentratsiooni soolvee vedelas osa.

Masseerimine ja tumbleerimine

Suitsulihatoodete valmistamise üheks tehnoloogiliseks etapiks on tooraine masseerimine või tumbleerimine (keedusingid). See on liha mehhaanilise töötlemise meetod, mida kasutatakse liha veesidumisvõime suurendamiseks, pehmendamiseks ja seostatuse parandamiseks. Masseerimine ja tumbleerimine toimub soolamislisandite ja vee juuresolekul, mistõttu mõjutab see protsess liha valke. Müofibrillivalgud punduvad, lahustuvad ja ekstraheeruvad. Lahustunud ja ekstraheerunud valkude kiht liha pinnal muudab selle kleepuvaks ning lihatükid hästi seostuvaks. Masseerimise ja tumbleerimise ajal toimub liha intensiivne mehaaniline mõjutamine seadmetes, mida nimetatakse tumbleriks ja massaaseriks. Liha laaditakse seadmesse, vajaduse korral lisatakse soolvett ning mahuti pannakse pöörlema, mille tulemusena lihatükid hõõrduvad üksteise ja seadme pindade vastu.

Tumbleerimine on tugevam töötlemisviis kui masseerimine, sest tumbleerimise ajal lisandub hõõrdumisele kukkumine suuremalt kõrguselt kui masseerimisel ja seetõttu on mehaaniline mõjutus suurem. Mehhaanilise mõjutamise tulemusena purunevad lihaskiud lihatükkide pinnal, soolamislisandid toimivad liha valkudele keemiliselt ning nende mõjutuste tulemusena liha veesidumisvõime suureneb oluliselt. Liha hõõrdumise tõttu tekib soojus, mis soodustab soolamislisandite imendumist lihasse.

Masseerimise ja tumbleerimise režiimid olenevad seadmete iseärasustest. Üldjuhul on kasutusel perioodiline töötsükkel, mille kogukestus on 10–12 tundi. Ühe tsükli jooksul toimub liha 10–20 minutiline mehhaaniline mõjutamine, millele järgneb puhkepaus 40–50 minutit. Liha ja tumbleerimisruumi temperatuur tuleb kogu töötlemistsükli jooksul hoida +4 °C juures.

Toodete vormimine

Väiksema väljatulekuga traditsiooniliste suitsulihatoodete tootmisel pole üldjuhul vaja toodet võrgustada, kuid seda võib teha. Tumbleeritud

ja masseeritud tooted vajavad aga kollageenkilesse pakkimist ja võrgustamist. Kui kollageenkilet ei kasutata, siis on hiljem singivõrgu eemaldamine tootelt üsna keeruline või peaaegu võimatu. Keedusingid pritsitakse vaakumpritsiga fibroos- või barjäärkestadesse ning suletakse klipsaatori abil. Vormisinkide vormid vooderdatakse toidukilega ja suletakse kaanega, rõhudes niimoodi toorainele. Vormid võib asetada otse kuuma vette või paigutada raamidele ja keeta aurukambris. Vormisinkide valmistamiseks võib segu pritsida eelnevalt kesta ja siis koos kestaga asetada vormi surve alla.

Raamidele riputamine

Raamid, millega toode suunatakse kuumtöötlemisele peaksid olema tehtud roostevabast metallist, siis on neid kergem puhastada ning tooted ei määrdu raamiga kokkupuutumisel. Tooted asetatakse raamidele nii, et need ei puutuks teineteise vastu. Keedusingid riputatakse sidumisaasade abil keppidele ja kepid paigutatakse raamidele.

Termiline töötlemine

Suitsulihatoodete kuumtöötlemine toimub universaaltermokambrites, kus viiakse läbi termiline töötlemine (eelsoojendamine, kuivatamine, suitsutamine, keetmine) ja vajadusel ka jahutamine. Barjäärkestadesse pritsitud singitoodete termiline töötlemine seisneb keetmises ja jahutamises, kuna pole mõistlik suitsutada toodet, mille kest gaase ega auru läbi ei lase. Tänapäeval toimub suitsulihatoodete tootmine tavaliselt programmeeritavates universaalkambrites, millele saab ette anda nii töötlemistemperatuurid kui ka õhuniiskuse (**tabel 6.16**)

Eelsoojendamise eesmärgiks on liha pinnal oleva niiskuse soojendamine, et järgneva kuivatamise käigus oleks niiskuse aurustumine toote pinnalt kiirem. Kuivatamise eesmärk on toote pinna ettevalmistamine suitsuosakeste imbumiseks tootesse ja toote pinnale. Niiskele pinnale suitsuosakesed ei imendu ja ebapiisava kuivatamise korral jääb toote pind rohekas-

Tabel 6.16. Suitsu-keedusinkide termilise töötlemise režiim termokambris (näide)

Nr.	Protsessi nimetus	Aeg	Töötlemisviis	Temperatuur kambris, °C
1.	Eelsoojendamine	15 – 20 min	otseaur	+60
2.	Kuivatamine	1,5 h	kuiv, kuum õhk	+70
3.	Suitsutamine	2 h	suits	+65 …+75
4.	Keetmine	1,5 h	otseaur	+80
5.	Esmane jahutamine	2 – 4 h	kraanivesi ja külm õhk	+6…+10
6.	Jahutamine	6 – 12 h	külm õhk	+4

pruun või tahmane. Toote niiske pind värvub suitsutamisel aeglasemalt kui kuiv pind ega omanda läiget. Tahmaosakesed sadestuvad paremini niiskele pinnale, halvendades seeläbi toote välimust.

Suitsutamise all mõistetakse tavaliselt toote immutamist suitsutusainetega, mis tekivad puidu mittetäielikul leegita põlemisel õhu mittekülladasel juurdepääsul. Suitsu saamiseks suitsugeneraatorites kasutatakse enamasti lehtpuudest valmistatud saepuru, puiduhaket või puuprussi. Kõige enam kasutatakse suitsu tootmiseks leppa, pööki. Okaspuud annavad tootele kibeda kõrvalmaitse.

Suits on aerosoolitaoline polüdispersne süsteem, millesse kuulub õhu ja gaaside segu, suitsutusainete aurud, puidu mittetäielikul põlemmisel tekkinud vedelad ja tahked osakesed. Suitsu keemiline koostis on väga mitmekesine, sisaldades 400-600 erinevat ühendit. Suitsus leiduvate ühendite klassidest on tähtsamad **fenoolid**, **orgaanilised happed**, **aldehüüdid**, **ketoonid**, **alkoholid**, **kseroolid** ja teised ühendid. Kõikidel eelpool toodud ühenditel on oma ülesanne. Näiteks fenoolid tagavad tootele omase suitsumaitse ja aroomi, takistavad mikroorganismide kasvu ja toimivad antioksüdandina.

Fenoolide sisalduse alusel määratakse ka toote suitsutusaste. **Karbonüülühendid** tagavad suitsutatud tootele iseloomuliku värvuse, mõjutavad toote maitset, aitavad kaasa kesta moodustumisel ja takistavad mikroorganismide kasvu ja arengut. **Happed** annavad tootele hapuka ja mõru maitse

ning aitavad kaasa tootele kesta/kooriku moodustamisel ning parandavad selle säilivust.

Suitsu koostis, aromaatsus, värviv toime ja teised omadused olenevad kasutatava puidu liigist ja niiskusest, põlemistsooni temperatuurist ja suistu liikumise kiirusest (põlemistsoonis viibimise ajast). Optimaalseks põlemistsooni temperatuuriks loetakse temperatuuri ligikaudu +300 °C. Sellel temperatuuril on kasulike ainete saagis suurim ja suitsu koostis kõige parem.

Tehnoloogilises mõttes on suitsutamise mõiste laiem, sest üheaegselt suitsu koostisosade ladestumisega toote pinnale ja imendumisega tootesse, toimuvad ka erinevad biokeemilised protsessid toote koostiskomponentide ja suitsu osakeste vahel. Viimase toime toote kvaliteedile võib olla isegi suurem suitsutusainete mõjust. Tootes suitsutamise ajal toimuvad muutused sõltuvad eelkõige suitsu temperatuurist, suitsutamise kestusest ning õhu ja suitsu segu liikumiskiirusest.

Suitsutamisel toode kuivab niiskuse aurumise tõttu ja kaotab kuni 10% oma massist. Hästi säilivate toodete saamiseks ei ole selline niiskuskadu piisav ning suitsutussaadusi tuleb veel kuivatada. Samas ei tohi suitsu mõju toote omaduste suhtes üle hinnata, kuna suitsu komponendid ei tungi tootes sügavamale kui 5 mm, seetõttu on suits võimeline muutma vaid toote pinna omadusi.

Suitsutatud lihasaadustele on omane meeldiv maitse, iseloomulik suitsulõhn, pruunikas värvus ja läikiv pind. Toote lõhna- ja värvivarjund oleneb suitsu saamiseks kasutatud puidu liigist. Suitsutatud toote liiga hele värvus tekitab mulje, et toode on pooltoores, ent ka liiga tume värvus ei jäta head üldmuljet. Suitsutatud toote värvus ja välimus olenevad suitsu tihedusest, suitsutamise kestusest, õhu ja suitsu segu suhtelisest niiskusesisaldusest, suitsu temperatuurist, suitsu liikumiskiirusest ja toote pinna niiskusesisaldusest.

Sõltuvalt suitsutustemperatuurist eristatakse järgmisi režiime:

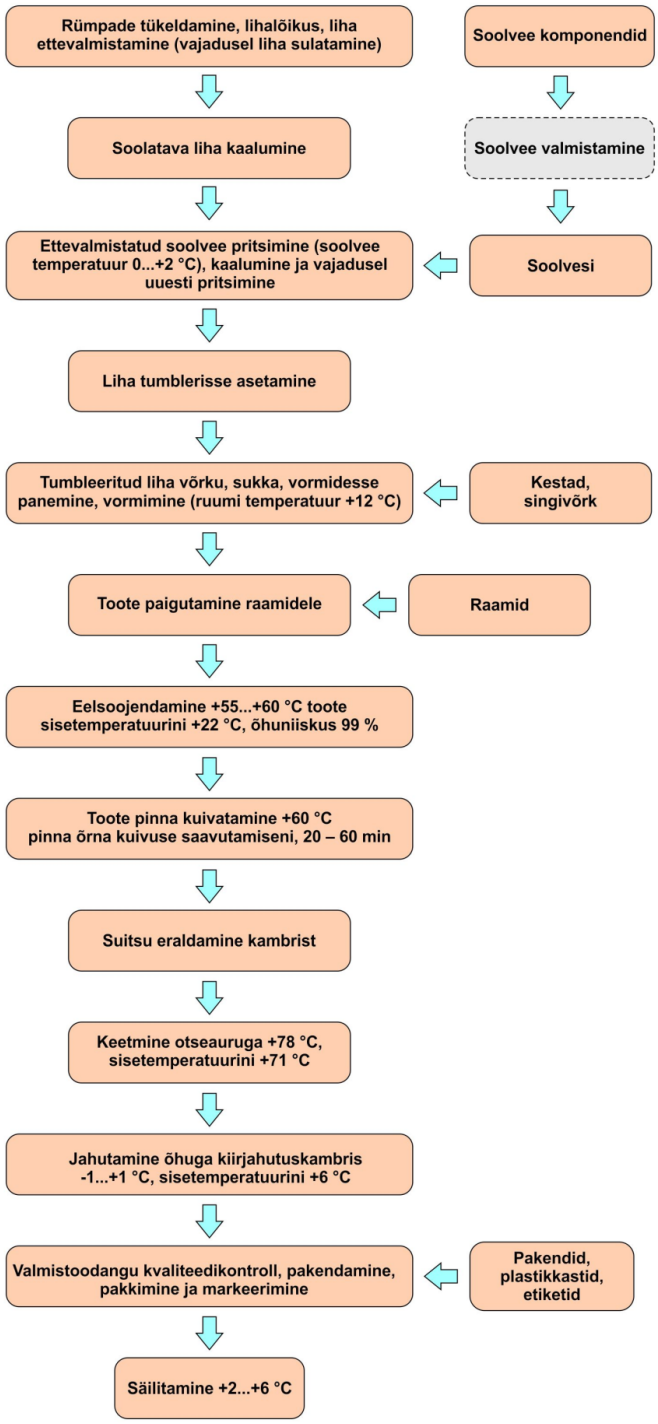
- külmsuits kuni +22 °C;
- soe suits +35 …+60 °C;
- kuumsuits +60….+80 °C;
- läbisuitsutav suits üle + 80 °C.

Lihatoodete valmistamise kõige olulisemaks etapiks on keetmine, mille käigus tõstetakse toote sisetemperatuur vähemalt +72 °C juurde.

Jahutamine

Keedusinkide jahutamiseks kasutatakse vett kuni toote sisetemperatuur on jõudnud +20 ...+25 °C juurde, millele järgneb jahutamine külma õhuga kuni toote sisetemperatuurini +6 °C. Tükilihast sinkide jahutamiseks kasutatakse ainult külma õhku.

Iga tootja töötab välja ja täpsustab toote tehnoloogilised parameetrid, lähtudes väljatöötatud retseptist, valitud kestadest, seadmetest jne. Tumbleeritavate suitsulihatoodete valmistamise tehnoloogiline skeem on toodud **joonisel 6.78**.



Joonis 6.78. Tumbleeritavate suitsulihatoodete valmistamise tehnoloogiline skeem

Kontrollküsimused

Milliseid taimseid ja loomseid lisandeid on võimalik kasutada keeduvorstides musterkomponendina?
Missuguseid lihatooteid on võimalik valmistada kamarast?
Kas hakkliha on lihatoode?





6.7. Kalatehnoloogia

Riina Soidla

6.7.1. Kala eeltöötlemine

Kala vastuvõtmine

Kalasadamates ümberlaadimisel, aga ka kalatöötlemisettevõttes kasutatakse kala transportimiseks järgmisi seadmeid:

- imikalajuhtmed – nende ülesandeks on suunata kala ja vee segu mahutist kalapumba keresse. Enamasti kasutatakse väljast gofreeritud ja seest siledaid voolikuid, mille sisemine läbimõõt on 100–250 mm;
- survekalajuhtmed – ühendatakse kalapumba survetoru külge. Survetorujuhtmed asetatakse maa peale või monteeritakse kergetele konstruktsioonidele;
- rennhüdrotransportöörid – kasutatakse koos tsentrifugaalpumbaga vee juuresolekul;
- linttransportöörid – seade võib olla vertikaalne või horisontaalne. Ette nähtud veeta kala transportimiseks;
- rullteed – kasutatakse tükkveoste transportimiseks (nt pakitud kala);
- vaakumpumbad;
- mahutid (kastid, konteinerid).

Kasvatatud kala uimastamine ja surmamine

Enne kala tapmist tuleb ta uimastada. Nõuetekohane uimastamine peab olema kiire ja põhjustama püsiva ajukahjustuse ning pöördumatu teadvuse kaotuse ilma kannatuse, valu või täiendava stressita.

Kalade uimastamiseks kasutatakse mitmeid meetodeid, mis võivad omada mõju ka kalaliha kvaliteedile, surmakangestusele:

- väikesed kalad uimastatakse/surmatakse elektriliselt spetsiaalsetes basseinides; Kala heaolu seisukohalt on oluline, et elektrivool kulgeks esimesena läbi pea;
- mehaaniline uimastamine saavutatakse kiire löögiga pealaele (näiteks kasutades metalltoru; pneumaatilisi seadmeid); löögiga ei läbistata kolju luid;
- kalad uimastatakse/surmatakse veretustades, tehes lõike lõpuste taha. Veretustamine pikendab kalaliha säilivusaega;
- kala uimastamisel on laialdaselt levinud ka süsinikdioksiidi (CO_2) kasutamine.

Kala sorteerimine

Kalatöötlemisettevõttesse saabunud jahutatud kala **sorteeritakse** liikide, suuruse ja kvaliteediklasside järgi, eraldatakse alamõõdulised kalad, teiste kalade kaaspüük, füüsikaliste vigastuste ja riknemistunnustega tooraine. Suuremate kalade puhul võib sorteerimist suuruse järgi teostada käsitsi, kuid näiteks suurte koguste kilu ja räime puhul on mõttekas sorteerimismasina kasutamine.

Kala pesemine

Et pärast surma kattub kalanahk limaga, siis on see vaja eemaldada, enne kui hakatakse kala edasi töötlema. Kala pesemisel eraldatakse ka kleepunud mustus, muda, seedetrakti sisus jne. Pesta võib käsitsi, kuid suuremate koguste korral kasutatakse pöörlevaid pesutrumleid.

Kala soomustamine

Karplastel, ahvenlastel, haugil on suured ja tugevad soomused. Väikesed pehmed soomused, mida ei eemaldata, on heeringalistel, lõhilastel,

linaskil, angerjal. Soomuseid ei ole sägal ja lutsul. Tuurlastel on vaid luukilbised, mida eemaldatakse kuuma veega. Kala käsitsi soomustamise eel lõigatakse ära uimed. Mehaanilisel soomustamisel (skeileritega) ei ole vaja uimi ära lõigata. Skeilerid võivad olla sõltuvalt töödeldavast kalaliigist soomuse kõrvaldamiseks õrna soomusega kalalt ja tugeva soomusega kalalt. Pärast kala soomustest puhastamist skeileris, tuleb täiendavalt puhastada käsitsi seljalt ja uimede ümbrusest.

Kala lahkamine/rookimine

Kala lahkamise/rookimise eesmärgiks on eraldada mittesöödavad osad ja kiirele mikrobioloogilisele riknemisele alluvad organid (magu, soolestik, neerud, veri), soomused, luukilbid, uimed ning vajadusel ka pea; võtta välja väärtuslikud produktid (mari, niisk, maks). Sabauimed eraldatakse kas pooleldi või täielikult. Lihalõiked pea- ja uimede juures peaksid olema minimaalsed.

Kala lahkamise protsessi võib teostada käsitsi või ka mehhaniseeritud liinidel, mis arvestavad kindlas vahemikus kala kuju ja mõõtmeid. Kui neid operatsioone teostavad käsitsi kogenud töötajad, siis väikesed kõrvalekalded kalade mõõtmetes ja nende standardsetes omadustes ei tekita probleeme (käsitsi töötlemisel saadakse suurem kalafilee/ -rümba väljatulek). Mehaniseeritud liinidel mõjutavad lõigete täpsust kala mõõtmete kõikumisel ka kala lihaskoe omadused, mis võivad põhjustada kadude suurenemise ning vähem kvaliteetse lõpptoote. Kala lahkamise seadmete poolt teostatavad operatsioonid võivad olla:

- pea ja rinnauimede äralõikamine;
- sabauime äralõikamine;
- kõhu- ja pärakuuimede äralõikamine;
- selja- ja rasvauimede äralõikamine;
- kõhuõõne lahtilõikamine;

- sisikonna väljatõmbamine esimese freesiga;
- neeru lahti lõikamine, kõhuõõne puhastamine teise freesiga;
- kõhuõõne pesemine veega kummifreesi abil.

Seadme puuduseks on munasarja vigastused, mis mõjutavad edaspidist kalamarja töötlemist.

Kala fileerimisel eemaldatakse kalalihast selgroog, ribiluud ja pindluud. Kalafileed võivad olla nahaga ja nahata. Kalafileelt naha eemaldamist võib teostada käsitsi või kasutatakse seadet, mis on analoogne lihatööstuses kasutatavale kamara eraldamise seadmele – transportlint viib fileed reguleeritava tera alla, mis lõikab fileelt naha. Kalafilee (lõhe, forell) korrastamisel saadakse ühtlase kujuga fileed. Fileeääred saab töödelda edasi fileetükikesteks, kalahakklihaks või kalalihamassiks.

6.7.2. Kalahakkliha ja kalalihamassi valmistamine

Peenestatud kalaliha on võimalik toota erinevatel meetoditel. **Tabelis 6.17** on toodud peenestatud kalaliha eelised ja puudused. Toote kvaliteet langeb järgmiselt:

- Kalahakkliha, nahata fileest valmistatakse sobivate peenestusmeetoditega (kuterdamine, huntimine, läbi perforeeritud trumli avade surumine, jne) peenestatud toode puhtast lihaskoest. Sõltuvalt osakese suurusest võib lihaskoe struktuur jääda äratuntavaks.
- Kalalihamass (mehaaniliselt konditustatud kalaliha) valmistatakse kalarümbast mehaanilise kalaliha eraldamise seadmega (separaatoriga). Kalaliha pressitakse läbi perforeeritud trumli avade; nahk, luud ja soomused jäävad trumlile. Rõhu suurendamisel väljatulek suureneb, alaneb saadud massi kvaliteet, sest mass võib sisaldada lihaskoe kõrval ka naha, luude ja soomuste jääke. Kui kala puhastamist ei teostatud korrektselt võib massi sattuda ka vere ja neerude jääke, mis suurendab toote riknemise ohtu.

- Kalalihamassi võib valmistada ka fileerimisjääkidest eespool kirjeldatud seadmega. Saadud toote kvaliteet on madalam kui kalarümba kasutamisel toorainena.
- Kalamass valmistatakse desintegraatoriga kalarümpadest või tervest kalast, nt kilust. Tootesse jäävad kõrvuti kalalihaga nahk, luud ja soomused. Vere ja neerude jäägid tõstavad kalamassi riknemisohtu. Naha sisalduse tõttu on homogeensel tootel iseloomulik hallikas värvus.

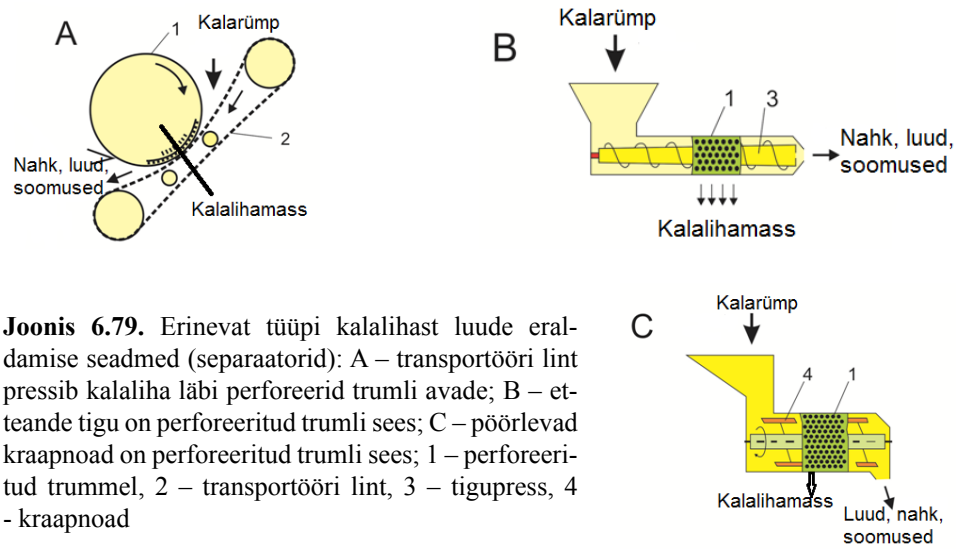
Tabel 6.17. Kalahakkliha ja mehaaniliselt konditustatud kalalihamassi eelised ning puudused

Eelised	**Puudused**
Varem tööstuslikult mitte kasutatud mere- ja magevee ressursside kasutuselevõtmine	Suurel määral või täielikult lihaste struktuuri lõhkumine
Saadakse homogeenne pudrutaoline mass standardsete omadustega, mis on sobiv edasiandmiseks pumpadega	Puuduvad antud kalaliigile iseloomulikud omadused
Lihtne tehnoloogiliseks töötlemiseks: doseerimine, vormimine, segamine lisanditega jne	Saadakse kiirestiriknev toode. Piiratud sortiment (tüüpiline homogeenne tekstuur – kala hakklihast peenpeenestatud kalalihamassini)

Pideva tegevusega kalaluudelt liha eraldamise seadmed – separaatorid – erinevad üksteisest ainult pressimisrõhu tekitamise viisi poolest, peenestusrestiks on neis seadmetes perforeeritud trummel, avade läbimõõduga tavaliselt 3–5 mm. Avade suurusest sõltub kalalihamassi kvaliteet, eriti luude ja soomuste osas, ning tema tekstuur. Seadmete tööpõhimõtted on toodud **joonisel 6.79**.

1. Töödeldav kalarümp suunatakse väljapoole pöörlevat trumlit jäiga transportööri lindi ja separaatori perforeeritud trumli vahele. Transportööri lindi ja trumli pöörlemisel tekib nende vahele surve, mille tagajärjel kalaliha pressitakse läbi perforeeritud trumli. Trummel pöörleb natuke kiiremini kui transportöör. Trumlile jäänud kalaluud ja nahkuimed, mis ei läbi trumlit, eemaldatakse trumli pinnalt vastava noa abil (joonis tüüp A).

2. Töödeldav kalarümp suunatakse seisvasse perforeeritud trumlisse, seal paisatakse ta pöörlevate kraapnugade abil läbi perforeeritud trumli (joonis tüüp C).
3. Kalalihaskude surutakse läbi perforeeritud trumli tigupressi põhimõttel (joonis tüüp B). Tavaliselt kasutatakse väikeste avadega (läbimõõduga 1–2 mm) perforeeritud trumlit.



Joonis 6.79. Erinevat tüüpi kalalihast luude eraldamise seadmed (separaatorid): A – transportööri lint pressib kalaliha läbi perforeerid trumli avade; B – etteande tigu on perforeeritud trumli sees; C – pöörlevad kraapnoad on perforeeritud trumli sees; 1 – perforeeritud trummel, 2 – transportööri lint, 3 – tigupress, 4 - kraapnoad

Edasisel kalahakkliha töötlemisel võib valmistada sellest surimit, kontsentreeritud kalavalgumassi. Surimit valmistatakse valge lihaga, väherasvasest kalast, traditsiooniliselt kvaliteetsetest tursalistest, eriti hinnatud on mintai (*Theragra chalcogramma*). Tänapäeval kasutatakse ka teisi kalaliike. Surimit iseloomustab kuumtöötlemisel hea geelistumisvõime (kalalihas omavad geelistumisvõimet müofibrillaarsed valgud, põhiliselt müosiin ja aktiin).

Surimist valmistatakse mitmesuguseid mereande imiteerivaid tooteid. Tuntumad on krabimaitselised pulgad, kalanuudlid, kreveti ja teiste vähilaadsete imitatsioonid.

6.7.3. KALA KÜLMTÖÖTLEMINE

Jahutamine on konserveerimismeetod, kus kala sisetemperatuur alandatakse pärast püüki maksimaalselt külmumistemperatuurini (külmumispunktini), umbes -2 °C. Jahutamisel kala kudedesse jääkristalle ei moodustu.

Külmutamine toimub toote temperatuuri alandamisel alla külmumispunkti. Külmutamisel muutub vee agregaatolek. Tootes moodustuvad järkjärgult jääkristallid puhtast veest.

Jahutamine, säilitamine jahutatuna

Pärast püüki jahutatakse kala võimalikult kiiresti säilitamistemperatuurile (0–2 °C). Erinevad jahutamise meetodid mõjutavad toodet erinevalt ja ei ole kasutatavad samades tingimustes.

Jahutamine jääga. Jää tuleb valmistada joogivee nõuetele vastavast veest või puhtast mereveest ja säilitada nii et oleks välditud tema saastumine.

Sõltuvalt jää ja kala kihi paksusest mõjuvad kalale suhteliselt suured koormused, põhjustades deformatsiooni ja vigastusi. Seega on ladustamise kõrgus piiratud (kala- ja jääkihtide kõrgus trümmis jahutamisel võib olla vastavalt kalaliigile 0,6–1,0 m). Kastidesse mahutavusega kuni 25 kg pannakse põhja ühtlase kihina 40% üldisest (kastile ettenähtud) jää kogusest, seejärel 10 cm paksune kiht kala ja peale ühtlase kihina ülejäänud jää (sulamisvesi ei tohi toodetega kokkupuutesse jääda). Jää struktuur ja kogus mõjutavad jahutamise kiirust. Kala jahutamiseks vajalik jääkogus sõltub välistemperatuurist (**tabel 6.18**).

Mereveest jää kasutamisel tuleb arvestada mõningate erisustega. Kui joogiveest valmistatud jää sulamisel on temperatuur 0 °C, siis kala ei saa jahutada madalamale temperatuurile. Mereveest jää kasutamisel on see võimalik, sest mereveest valmistatud jää temperatuur on -5 kuni -9 °C.

Tabel 6.18. Jää kulu avamerelt püütud kala puhul

Sessioon	Jää kulu, % kala massist	Sessioon	Jää kulu, % kala massist
Jaanuar-märts	20–25	September	75
Aprill-mai	30–40	Oktoober	50
Juuni-august	100	November-detsember	20-25

Jahutamine merevees on kaasaegne kalandustoodete konserveerimise meetod kalapüügialuste pardal. Tänu transportkonteinerite kasutamisele on seda süsteemi kerge integreerida kaldaettevõtete logistilisse süsteemi. Pikemaajalisel säilitamisel jahutatud merevees imab jahutatav produkt mingisuguse koguse nõrgalt seotud vett, mistõttu roogitud, fileeritud, tükeldatud rümpadele ei sobi. Imendunud vesi on väga nõrgalt seotud ning soojusliku töötlemise protsessis ta eraldub. Kalandustoodete jahutamiseks jahutatud puhtas merevees, peavad mahutid olema varustatud jahutusseadmetega, mis tagavad, et kala ja puhta merevee segu ei ületa 3 °C kuus tundi pärast laadimist ja ei ületa 0 °C pärast 16 tunni möödumist.

Ülejahutamine (superjahutamine). Kalatöötlemisel mõistetakse ülejahutamise all sellist jahutamise viisi, kus kala jahutatakse alla vee külmumispunkti (temperatuurini -2 kuni -4 °C). Ülejahutamisel tekib risk kala lihaskudede vigastamiseks ja tekstuuri halvenemiseks suurte jääkristallide tekke tõttu, seepärast kasutatakse ülejahutamist ainult mõnede kalaliikide puhul (nt lõhe) aga ka lühikesel vahehoidmisel ja transpordil.

Külmutamine, säilitamine külmutatuna

Külmutamise, külmutatuna säilitamise, sulatamise protsesse tuleb vaadelda kui tervikut. Konkreetse külmutamise tehnoloogia valik sõltub esmajärjekorras saabuva kala liigist ja kogusest, eeltöötlemisviisidest.

Plokkidena külmutatakse horisontaalses või vertikaalses plaatkülmutis põhiliselt väikest kala: heeringat, sardiini, räime, kilu jt ning peenestatud

kalaliha (kalahakkmass, surimit). Jälgima peab, et külmutatav materjal oleks heas kontaktis plaatidega.

Kalafileede külmutamiseks kasutatakse näiteks lämmastikuga töötavat tunneltüüpi kiirkülmutusseadet, mis koosneb eeljahutuse tsoonist lämmastiku aurudega jahutamiseks ning külmutamistsoonist vedela lämmastiku pihustamisega.

Külmutatud tooted glasuuritakse, seejärel pakendatakse kilesse või kartongkarpi.

Jääglasuuriga katmine toimub külmutatud toote vette asetamisega või vee pihustamisega külmutatud tootele. Selle tulemusena moodustub kogu toote pinda kattev jääkiht.

Kirjanduse põhjal on soovituslik külmutatud toodete säilitamistemperatuur -25 kuni -30 °C, määruse (EÜ) nr 853/2004 kohaselt tuleb kalandustooteid säilitada temperatuuril mitte üle miinus 18 °C. Temperatuur peab jääma samaks ka laadimisel, transpordil.

Sulatamine

Külmutatud kala sulatamisel on mõned eripärad:

- Sulatamisprotsess tuleks läbi viia võimalikult kiiresti, et takistada mikroorganismide kasvu ja ensüümide aktiveerumist (vastasel juhul võib kalaliha pehmeneda).
- Temperatuuri tõus peaks kogu produkti ulatuses olema ühtlane ja sõltuvalt järgnevatest tehnoloogilistest etappidest ei tohiks temperatuur tõusta üle 20–25 °C.

Sulatamisel tekivad massikaod: esiteks seetõttu, et külmutamiseelsel pesemisel kalale jäänud veekogus külmus ja pärast külmutamist toodet glasuuriti (kadu umbes 5%); teiseks põhjuseks on kala lihaskoe veesidumisvõime vähenemine valkude koaguleerumise tõttu külmutamise protsessis

(lihamahla kadu 3%). Mingil määral imendub sulatamise käigus lihamahla lihaskoesse tagasi, kui protsess on piisavalt pikk (1–2 tundi).

Sulatamise meetodid. Vesi soojendatakse temperatuurini 20 °C; kala pannakse soojavee vanni või piserdatakse üle sooja veega. Protsess kestab 1–2 tundi. Selle kõrge tootlikkusega protsessi puuduseks on suur veekulu ning selle kiire saastumine.

Sooja niiske õhuga. Õhk soojendatakse suletud ruumis otseauruga (40–50 °C), niisutatakse ning juhitakse suure kiirusega läbi külmutatud toote. Protsess kestab mõned tunnid (harilikult öövahetuse).

Mikrolainekuumutusega. Külmutatud toode juhitakse läbi töötsooni, temperatuur viiakse kiiresti sulamispunkti lähedaseks. Järgmises staadiumis, vees, ühtlustatakse temperatuuride erinevus. Kogu protsess kestab 45–60 minutit. Kiire, kuid kulukas protsess, ka soojenemine võib olla ebaühtlane.

Külmutatud kalatooted

Mitmesugused tooted valmistatakse külmutatud plokkidena edasiseks töötlemiseks kalatöötlemisettevõtetes, restoranides, suurköökides:

- filee (nahaga ja nahata),
- kalarümp,
- rümbatükid,
- kalahakkliha jne.

Kaubanduses realiseerimiseks valmistatakse tooted väikepakendis, mis enne toiduks tarvitamist kuumtöödeldakse (praetakse, küpsetatakse, röstitakse jne):

- filee, fileetükid või lõigatud tükid külmutatud plokist;
- maitsestatud (vajadusel garneeringuga) rümbad, tükid küpsetuskotis

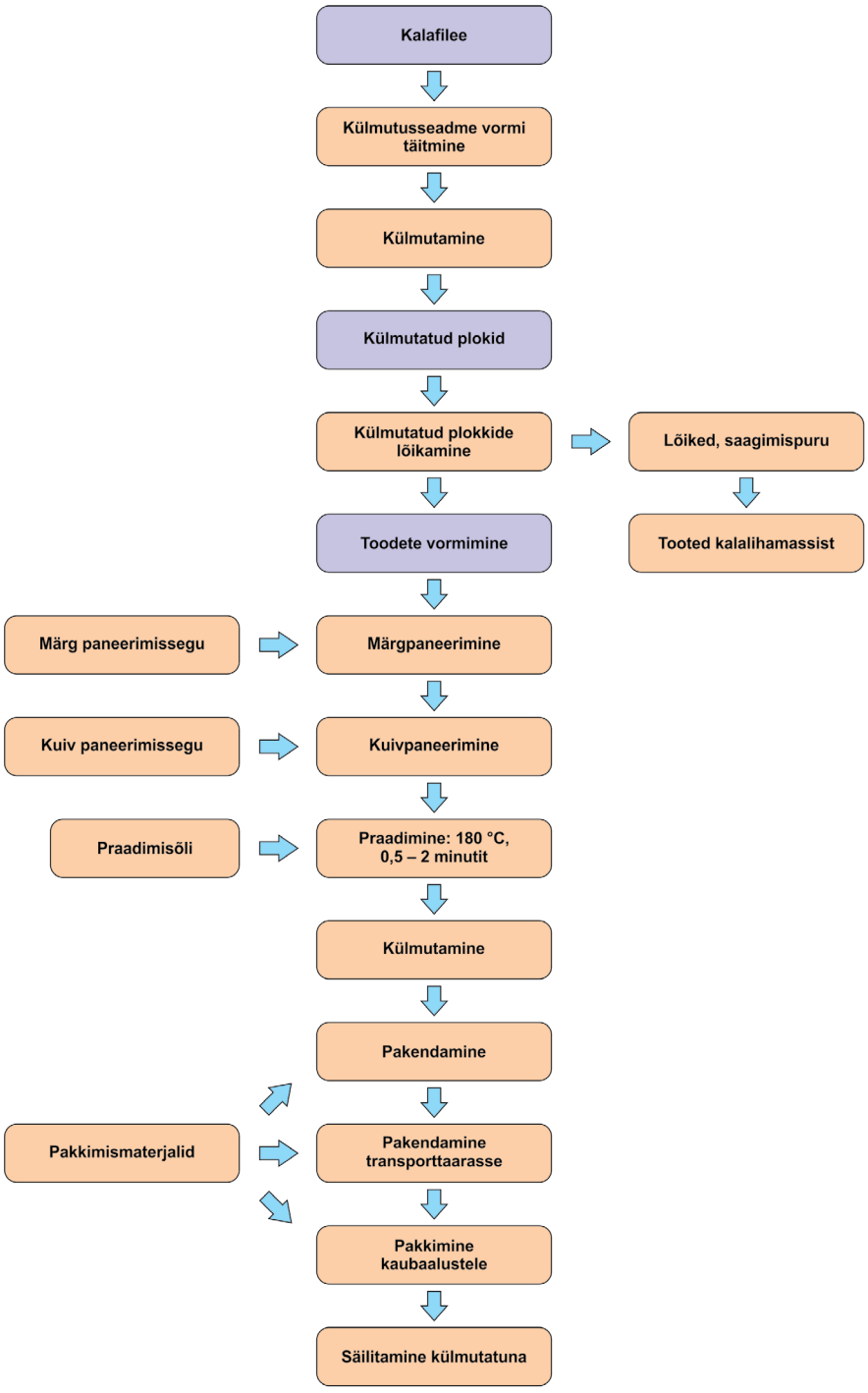
- paneeritud, praetud kalapulgad
- paneeritud kala-assortii
- paneeritud fileeportsjonid (lõigatud plokist, antud filee vorm);
- filee lisanditega: maitseroheline, juurvili, seened, juust jne;
- kalakotletid, -pihvid, -pallid, -frikadellid;
- kalast road (nt supid, kalaguljašš, küpsetatud kala, rulaadid) suhteliselt suure koguse garneeringuga, nt kaste, seened, puuviljad ja kartul.

Alljärgnevalt on toodud näide kalapulkade tootmisest plokina külmutatud kalafileest (**joonis 6.80**). Kalafilee külmutamisel plokkidena pööratakse erilist tähelepanu plokkide pinna siledusele ja külgede täpsusele, mis aitab minimeerida kadusid saagimisel. Seetõttu soovitatakse fileede ladumisel külmutusvormidesse kasutada väikest kogust kalahakkliha või kalalihamassi, millega on võimalik täita ebatasasused ja tühimikud. Külmutatud plokke säilitatakse ja transporditakse samuti nagu külmutatud kala.

6.7.4. Kala soolamine

Rakendatavad soolamisviisid on: kuiv-, märg- ja segasoolamine ning soolvee pritsimine lihaskoesse. Meetodi valik sõltub kalaliigist, valmistatavast tootest ning tehnilistest võimalustest. Soolamine on kalade käitlemisel oluline tehnoloogiline etapp, mis eelneb sageli järgnevatele töötlemisetappidele (nt suitsutamine, vinnutamine).

Soolatud kalatoodete valmistamisel on soolamine põhiline tehnoloogiline etapp, mille käigus toimuvad tooraine koostiskomponentidega olulised muutused ning toode omandab spetsiifilised omadused. Soolamise erivariantideks on magussoolamine ja vürtsidega soolamine, mida kasutatakse peamiselt kalapreservide valmistamisel.



Joonis 6.80. Plokina külmutatud kalafileest eelküpsetatud kalapulkade tootmise tehnoloogiline skeem

Soolatud kala võib jaotada soolasisalduse järgi kolme rühma:

- tugevalt soolatud: soolvee kontsentratsioon märgsoolamisel 26%, soola kontsentratsioon tootes >14%, kudedes sisalduvas vedelikus >24%;
- keskmise soolsusega: soolvee kontsentratsioon märgsoolamisel: > 20%, soola kontsentratsioon tootes 14–10%, kudedes sisalduvas vedelikus 20–24%;
- nõrgalt soolatud: soolvee kontsentratsioon märgsoolamisel > 15%, soola kontsentratsioon tootes 4–10%, kudedes sisalduvas vedelikus 6–20%.

Enne soolamist sorteeritakse kala suuruse järgi ühtlasema sooldumise tagamiseks, pestakse (heeringat sageli ei pesta). Kala lahkamise/rookimise viis sõltub eelkõige kala suurusest ja valmistoote soovitavast omadustest. Peale selle mängib siin olulist rolli traditsioon:

- väike kala (kilud, räim, väike heeringas, väike sardiin jne) – terve kala;
- keskmise suurusega kala (heeringas, sardiin, mageveekalad jne) – terve kala, roogitud peaga (eraldatud lõpused ja osa siseelunditest), kalarümp;
- suur kala (tursklased, lõhilased, tuurlased, meriahven, suured mageveekalad, jne) – töötlemine fileeks (lõhi, forell, siig), lahkamine lapikuks (peaga lapik, peata lapik), samuti ka roogitud peaga ja kalarümp.

Soolamine tünni

Traditsioonilisel kuivsoolamisel tünni segatakse kala hoolikalt kindla koguse soolaga (madala äärega laudadel), kala laotakse kihtidena tünni ülemise ääreni. Tünni põhja, kihtide vahele ja viimaseks kihiks riputatakse soola (soolakihi paksus umbes 1–2 cm). Segasoolamisel valatakse tünni

enne kalaga täitmist 4–5 liitrit soolvett. Kala segatakse nagu eelmiselgi juhul hoolikalt soolaga ning asetatakse tünni. Soola üldkulu segasoolamisel on sama mis kuivsoolamisel. Heeringasuuruse kala ladumine tünni käsitsi on väga töömahukas, seetõttu täidetakse kaasajal tünnid mehhaniseeritult. Väike kala segatakse segistis soolaga ning puistatakse transportööri abil tünni. Ööpäev pärast tünni täitmist on moodustunud soolvesi, kala on vajunud allapoole. Tünn täidetakse uuesti ääreni sama soolsusega kalaga, valatakse juurde soolvett õhu väljatõrjumiseks ning suletakse. Ühtlasema sooldumise tagamiseks pööratakse tünne perioodiliselt ümber. Sooldumise aeg, 2–6 nädalat, sõltub tooraine liigist ning selle kvaliteedist, soola kogusest, sooldumisruumi temperatuurist.

Soolamine virna või kasti

Puidust restile, lauale või kasti (mille põhjas on vee äravooluavad) laotakse soolakihile kala või fileed, nahk allapoole. Kala või filee kaetakse soolakihiga nii, et nad ei puutuks omavahel kokku. Ülemine kiht laotakse nahaga väljapoole ja kaetakse paksu soolakihiga. Soola kulu on 80–100% tooraine massist. Virna allosas on märkimisväärne rõhk, moodustuv soolvesi valgub ära. Ühtlasema sooldumise tagamiseks on soovitav poole protsessi pealt vahetada alumised ja pealmised kihid omavahel ära. Veekadu tootest on suur.

Soolamine mobiilsetesse konteineritesse

Suurettevõtetes võimaldab soolamine mobiilsetesse konteineritesse lihtsustada transpordi- ja sooldumis-/laagerdumisprotsesse. Mobiilsete mahutite konstruktsioon peab olema vastupidav esineda võivate jõudude ja löökide suhtes. Mahutite valmistamiseks kasutatav materjal peab olema korrosioonikindel, samuti peab see vastama toiduga kokkupuutes olevate materjalide nõuetele. Mahuteid transporditakse tõstukitega kuid need võivad olla ka ratastel käsitsi lükatavad. Kalaga täidetuna on mahutid sooldumis-/laagerdumisruumis 3–4 kordselt staabeldatavad. Soolatav materjal surutakse sool-

vette vajutise abil, nii et oleks takistatud õhu juurdepääs soolatavale tootele. Sõltuvalt ettevõtte suurusest on mahutid erineva suurusega. Enimkasutatavate konteinerite andmed on:

- välised gabariidid: 1000 x 1000 x 1000 mm;
- tooraine kihi kõrgus: maksimaalselt 800 mm;
- brutomass: 800–1000 kg.

Täitmine toimub käsitsi ridadena või puistates, tühjendamine välja kallates. Vajutiseks on perforeeritud plaat, mida saab kinnitada hambumise abil. Konteiner kaetakse kerge, iseklammerduva kaanega.

Soolvee pritsimine lihaskoesse

Selleks kasutatakse üsna lihtsaid (1–3 nõelaline käsisoolveeprits) ja ka kaasaegseid keerukaid seadmeid. Soolvee koostist saab varieerida. Meetodi eeliseks on kiirem sooldumine. Pritsitud toode pannakse soolvette järelsoolduma (24–48 tunniks) eesmärgiga ühtlustada soola kontsentratsiooni tootes ja vähendada pritsimisest tulenevaid soolveetaskute tekke võimalusi.Suurtootmises on levinud soolvee pritsimine paljunõelalise pritsiga, see meetod võimaldab protsessi mehhaniseerida, reguleerida pritsitud soolvee kogust. Seadme nõelapadjas on mitukümmend kuni sada nõela, mis asuvad üksteisest umbes 2 cm kaugusel. Seadmes on võimalik reguleerida pritsitava soolvee rõhku, selle kogust, kala transportööri liikumiskiirust. Et soolvesi pritsitakse lihasse lähestikku asuvate nõelte kaudu, on soolvee jaotumine ühtlane.

Paljunõelalise pritsi puhul kasutatakse tavaliselt ringlevat soolveesüsteemi, s.o pritsist väljunud, lihasse mitteimendunud soolvesi ja lihast eraldunud mahl kogutakse, filtreeritakse ja pritsitakse uuesti. Sellise korduvalt kasutatava soolvee kontsentratsiooni tuleb vajaduse korral korrigeerida ja liigse mikrobiaalse saastatuse vältimiseks töötada madalatel temperatuuridel. Nõelu tuleb perioodiliselt kontrollida, veendumaks, et neis pole tekkinud ummistunud auke.

Ensüümidega soolamine

Lahjat heeringat hoitakse küllastatud soolvees 30–40 tundi, seejärel lahatakse (ei eraldata niiska ja marja), laotakse tünni mahutavusega 60 l ja valatakse üle soolveega. 2–3 nädala pärast algab tugev gaaside moodustumine süsinikdioksiidi ja väävelvesiniku eraldumisega. Pärast seda pakendatakse väga õrna, peaaegu pehme tekstuuriga kala valgest metallist konservikarpi (mahuga 150–350 g), valatakse peale soolvesi ning kaanetatakse. Karbi avamisel lõhnab toode tugevalt väävelvesiniku järele (eraldub lenduv metüülmerkaptaan), mis on antud toote eripäraks.

Juhul kui kalatooraines puuduvad piisavalt aktiivsed proteolüütilised ensüümid, siis kõrgekvaliteedilisi, täielikult valminud, tooteid ei saa. Ensümaatilise aktiivsuse puudumist võib kompenseerida kasutades ensüümpreparaate. Sel meetodil valmistatakse rootsi *surströmming* (heeringast) ja norra *rakfisk* (forellist).

6.7.5. Kala kuivatamine

Kuivatamise all mõistetakse toiduainest osalist või täielikku vee eemaldamist. Kuivatamise mehhanism seisneb selles, et kuivatatava toote pinnalt aurustub vesi, mille asemele tuleb difusiooni mõjul vesi toote sisemistest kihtidest. Vee aurustumine toote pinnalt peaks olema tasakaalus vee liikumisega sisemistest kihtidest välimistesse.

Tootest suuremahuline vee eemaldamine loob tootes nn füsioloogilise kuivuse, mis katkestab mikroorganismide elutegevuse ning aeglustab biokeemilisi protsesse (alandab ensüümide aktiivsust). Minimaalne niiskusesisaldus, mille juures bakterid veel arenevad, on 20−30%, hallitusseentel ning pärmidel 10−15%. Kuivatamisel tuleb saavutada veesisalduse piir, kus mikroorganismide paljunemine ja ainevahetus lakkab. Mikroorganismide rakud plasmolüüsuvad tugevasti, kuid ei hävine. Kui kuivatatud toode niiskub, taastavad mikroorganismid oma eluvõime ja ensüümid oma aktiivsuse ning toode rikneb kiiresti.

Et kindlaks teha, kui suur hulk niiskust antud toiduaines on kasutatav mikroobide elutegevuseks, mõõdetakse tavaliselt veeauru rõhk toiduaine pinna kohal. Võrreldavate tulemuste saamiseks jagatakse saadud näitaja puhta (destilleeritud) vee auru rõhuga samal temperatuuril ja üldrõhul. Saadud tulemust nimetatakse toiduaines sisalduva vee aktiivsuseks (a_w).

Minimaalsed aw väärtused, mille juures mikroorganismid arenevad, erinevad liigiti. Näiteks *Salmonella* spp. ei arene 0,93-st madalama a_w juures. *Aspergillus* spp. puhul on kriitiliseks määraks 0,80. Kui bakter "hingab" (aeroob), saab ta rohkem energiat, seetõttu arenevad aeroobsed mikroorganismid madalama a_w juures paremini võrreldes anaeroobsetega. Vee aktiivsuse langemisel katkeb kõigepealt bakterite areng, siis enamiku pärmseente ja seejärel hallitus¬seente areng. Enamiku ensüümide aktiivsus langeb oluliselt a_w 0,6 juures, aga mõned neist toimivad veel a_w 0,3 juures. Rasva oksüdatsioon on minimaalne a_w 0,35 juures. Kuivatatud tursa (*stockfish*) vee aktiivsus on 0,74 või alla selle.

Kasutatavad kuivatusmeetodid, seadmed ja liinid on mitmekesised. Kõige lihtsam on loomulik kuivatamine, mil kasutatakse looduslikke ressursse (päikeseenergiat). Euroopas kuivatatakse looduslikes tingimustes kala kõige enam Norras ja Islandil. Kuivatatavateks kalaliikideks on peamiselt tursk, kilttursk. Protsessi edukaks kulgemiseks on vajalik kuiv, sademeteta, mõõduka tuulega ilmastik.

Tööstuses kuivatatakse kala hästi ventileeritavas ja kontrollitud õhuniiskusega kuivatuskambris, -kapis või -tunnelis. Kuivati meetodi ning tüübi valik sõltub konkreetsest tootest ja selle omadustest (terve või roogitud kala, filee, fileetükid, -ribad). Iga toote puhul tuleb lähtuda optimaalsest kuivatusrežiimist (õhu liikumiskiirus ja suund, õhutemperatuur, aeg jt). Kuivatamine toimub kas madal temperatuuril, olenevalt tootest 4–12 °C või kõrgel temperatuuril 45–60 °C. Kuivatatud toodete niiskusesisaldus on 12–15%. Kuivatamiseks sobivad valge lihaga, vähese rasvasisaldusega kalaliigid.

Sublimatsioonkuivatus. Sublimatsioon ehk lüofilisatsioon on protsess, mille käigus aurustub vesi tahkest olekust, st jää muutub otse veeauruks, jättes vahele vedela faasi. Külmutamise vajaduse tõttu nimetatakse protsessi ka kuivatamiseks külmutamise teel (freeze drying). Sublimatsioonkuivatusel kasutatakse tavaliselt rõhku 0,13−0,30 mbar (sügavvaakumi tingimused) ja temperatuuri -10 kuni -40 °C. Soovitavalt peaks külmunud vee osakaal tootes olema 80−90%.

Sublimeerimisel ei toimu tootes vedela vee liikumist (nagu traditsioonilistel kuivatusviisidel), liigub ainult veeaur ning seetõttu ei toimu ka vees lahustunud ainete liikumist toote välispinnale. Sublimatsioonkuivatusel säilitab kuiv toode oma esialgse suuruse ja kuju ning sisemise struktuuri. Väga hästi säilivad ka toote värvus, maitse, aroom ning bioloogiline toiteväärtus. Toode muutub sublimeerunud jää tõttu väga poorseks ning kergeks.

Jää hakkab sublimeeruma toote pinnalt ning kuivamispiir liigub edasi toote sisemuse poole. Jääst tekkinud külm aur liigub läbi kuivanud tooteosas asuvate pooride välispinnale, jahutades viimast (kuivanud tooteosa ei soojene üle 45 °C). Osa kuivanud alal soojenenud aurust liigub tootest väljapääsu leidmata tagasi külmunud osa piirile, tagades sellega ka soojuse transpordi veel sublimeerumata jääni.

Raske on sublimeerida jääd rasvarikastest toodetest, samuti hakkab rasvastes kalades olev rasv aja jooksul säilitamisel rääsuma ning kuivatatud kala omandab ebameeldiva lõhna ja maitse. Sublimatsioonkuivatus sobib eelkõige väherasvastele kaladele, kirjandusest leiab andmeid tuunikala, makrelli, hobumakrelli ning tursa kuivatamisest.

Meetodi puudusteks on suhteliselt väike tootlikkus, kasutatavate seadmete kallidus ning suur elektrienergia kulu.

Kalade vinnutamine. Kala kuivatamise ja vinnutamise vahel pole väga täpset piiri – kui kala võib kuivatada ka ilma soolamata, siis vinnuta-

takse teda ikka soolatuna, kirjutab Vladislav Koržets. Vinnutatud toodangu valmistamiseks kasutatakse poolrasvast ja rasvast toorainet.

Väiksemad kalad puhastatakse soomuseid ja uimi kõrvaldamata. Pead jäetakse külge, lõpused eemaldatakse. Sisikond eemaldatakse, kui on tegemist suuremate kaladega, üle 0,7–0,8 kg (nt alla 26 cm pikkune latikas soolatakse lahkamata, üle 26 cm pikkune latikas aga roogitult). Sisikonnaga vinnutatud kala säilib maitsvana, painduvana kauem, kui see, mil sisikond eraldatud.

Kalad sorteeritakse suuruse järgi ning soolatakse märg- või kuivmeetodil, sobivaks kala soolsuseks on 3–6%. Enne soolamist pestakse kala hästi puhtaks (eriti limast).

Märgsoolamisel hoitakse kalu küllastatud soolvees 1–3 (mõnel juhul soovitatakse ka 1–6) tundi. Kala ei tohi soolvees üle hoida, sest vinnutamisel kristalliseerub sool kala pinnale.

Kuivsoolamine. Soolamisnõu põhja puistatakse soola, sellele laotakse kalad, nahk allapoole, kiht soola ja jälle kalad. Pealmistel kaladel pannakse nahapooled ülespoole ja veidi paksem soolakiht peale. Soola kulu sõltuvalt kalade eeltöötluse viisist (roogitud või rookimata) on 50–70 g ühe kilogrammi soolatava tooraine kohta. Mõne tunni möödudes, kui hakkab tekkima soolvesi, asetatakse mahutile kaas koos vajutisega. Sooldumine kestab väiksemate kalade puhul kolm ööpäeva, suuremate kalade puhul kuni 5–10 ööpäeva. Järgneb hoolikas kalade pesemine, leotamine jahedas vees, et sool ühtlustuks kalalihas. Pesta võib kahekordse põhjaga vannis (ülemine põhi on perforeeritud), lahtised soomused langevad läbi perforeeritud põhja ning ei kleepu hiljem tootele. Leotamine kestab sõltuvalt sooldumise ajast (kui soolati viis ööpäeva, leotatakse viis tundi), vett vahetatakse vastavalt vajadusele.

Väikesed kalad lükitakse vardale, pistes selle kala silmadest läbi või läbi lõpuste ja suuava. Varrastamisel tuleb jätta kaladele umbes 2–2,5 cm vahed (kalad ei tohi üksteisega kokku puutuda). Suuremate lahatud kalade

kõhukoopa laialihoidmiseks võib asetada sinna puutikud, aga saab kasutada ka spetsiaalset riputuskonksu, mis hoiab kõhukoopa avatuna.

Kala vinnutamise kestust kuivatuskambris mõjutavad suhteline õhu niiskusesisaldus, õhu liikumiskiirus, temperatuur, kuivamispindala (rookimata või roogitud kala, filee, fileeribad) ja kala rasvasisaldus. Kuivatuskambris, kus suhteline õhu niiskusesisaldus on 65–70% ja õhu liikumissuund varrastatud kalaga paralleelne, kuivab roogitud lest varrastatult 5–6 päeva temperatuuril umbes 20 °C (parim temperatuur on 16–18 °C), meritint 3–4 päeva, rookimata särg 10–12 päeva, suuremad kalad kaks nädalat. Nahata soolatud lõhefilee kuivatamiseks peaks temperatuur olema võimalikult madal (mitte üle 14°C), kõrgematel temperatuuridel hakkab eralduma rasv. Kuivamine kestab kuni saavutatakse tasakaal kalade ja ümbritseva õhu niiskusgradientide vahel.

Ühte kuivatuskambrisse pole soovitav kokku panna eri liiki kalu, kuna neil on erineva intensiivsusega lõhn. Nõrgema lõhnaga kalad (tooted lõhest) absorbeerivad tugevalt lõhnavatelt kaladelt (Peipsi tint, meritint – kurgilõhn) lõhnaaineid.

Kala vinnutamisel liha tiheneb, rasv jaotub ümber (värskel kalal asub rasv nahaaluses sidekoes, vinnutamisel aga imbub kogu lihaskoesse, muutes rasva poolläbipaistvaks ja andes sellele merevaigu värvi). Vinnutamise tulemusena omandab kala erilised maitseomadused. Vinnutatud kala nahk on kuiv ja eraldub liha küljest. Liha on toidukõlblik ja eraldub luude küljest. Niiskusesisaldus vinnutatud toodetes jääb vahemikku 25–45%.

Valmistooted pakendatakse, olles tuleb eelnevalt jahutatud alla 6 °C, et säilitamisel ei tekiks pakendisse kondenseerunud niiskust. Pakendisse lisatakse ka padjake, mis imab jääkniiskust ja hapnikku. Kuivatatud soolatud kala parema säilivuse tagamiseks võib kasutada vastavalt komisjoni määrusele (EL) nr 1129/2011 säilitusaineid E200–213 (sorbiinhape ja sorbaadid, bensoehape ja bensoaadid) maksimaalselt 200 mg/kg.

Looduslikes tingimustes on Eesti oludes parim kalade **vinnutamise** aeg mai- ja juunikuu, siis on suhteline õhu niiskusesisaldus kõige madalam ja õhu temperatuur püsivalt kõrge. Kuivatamiseks kulub 20 kuni 30 päeva sõltuvalt kalaliigist, suurusest. Levinuimad vinnutatavad kalaliigid on räim ja lest, aga ka särg, roosärg, nurg, teib, latikas, haug, ahven jt pisemad mageveekalad.

Kodus vinnutamiseks sobib päikese eest varju jääv majasein, kus katuseräästas varjab vihma või hästi ventileeritud ruum. Kalad asetatakse nöörile nii, et nad ei puutuks üksteisega ega seinaga kokku, õhk peab igalt poolt ligi pääsema, siis kuivavad kalad kiiresti ja ühtlaselt. Kärbeste kaitseks kaetakse kalad vajadusel marliga. Iga 4–5 päeva järel kontrollitakse kalu, et neile ei tekiks hallitust ega leiduks kärbeste mune. Vajaduse korral puhastatakse ja hõõrutakse peene soolaga.

Vinnutamiseks kulub 15–30 päeva. Niiskuse eraldumist näiteks särje kuivatamisel iseloomustavad järgmised andmed:

Vinnutamise kestus päevades	1	2	3	4	5	10	15
Kadu soolatud kala massist, %	10	7,2	6,2	2,4	2,4	2,1	0,6

Pakendamata vinnutatud tooteid säilitatakse kuivades, jahedates ja hästi ventileeritavates ruumides: temperatuur alla 10 °C, suhteline õhu niiskusesisaldus 70–80%. Väga heades hoiutingimustes säilivad vinnutatud kalad kuni 6 kuud.

6.7.6. Kalatoodete valmistamine

Kalapulkade tootmisel tükeldatakse külmutatud plokid suurel kiirusel töötava lint- või ketassaega vajaliku suurusega brikettideks, seejuures tekib 2–3% saagimispuru. Toorikute pealispinna võib katta erinevalt maitsestatud paneerimissegudega, järgneb eelküpsetamine, toote jahutamine või külmutamine ning pakendamine.

Vähese edasise töötlemisega võib kasutada valminud, piisavalt sooldunud või vürtsisoola tooteid. Kaubandusse saadetakse tooted seejuures terve kalana, eraldatakse pea või pea koos osaga siseelunditest või eraldatakse lõpused koos osaga siseelunditest. Pakendatakse metall- või plasttoosidesse mahutavusega 0,4–10 kg. Tooted on kaetud soolveega.

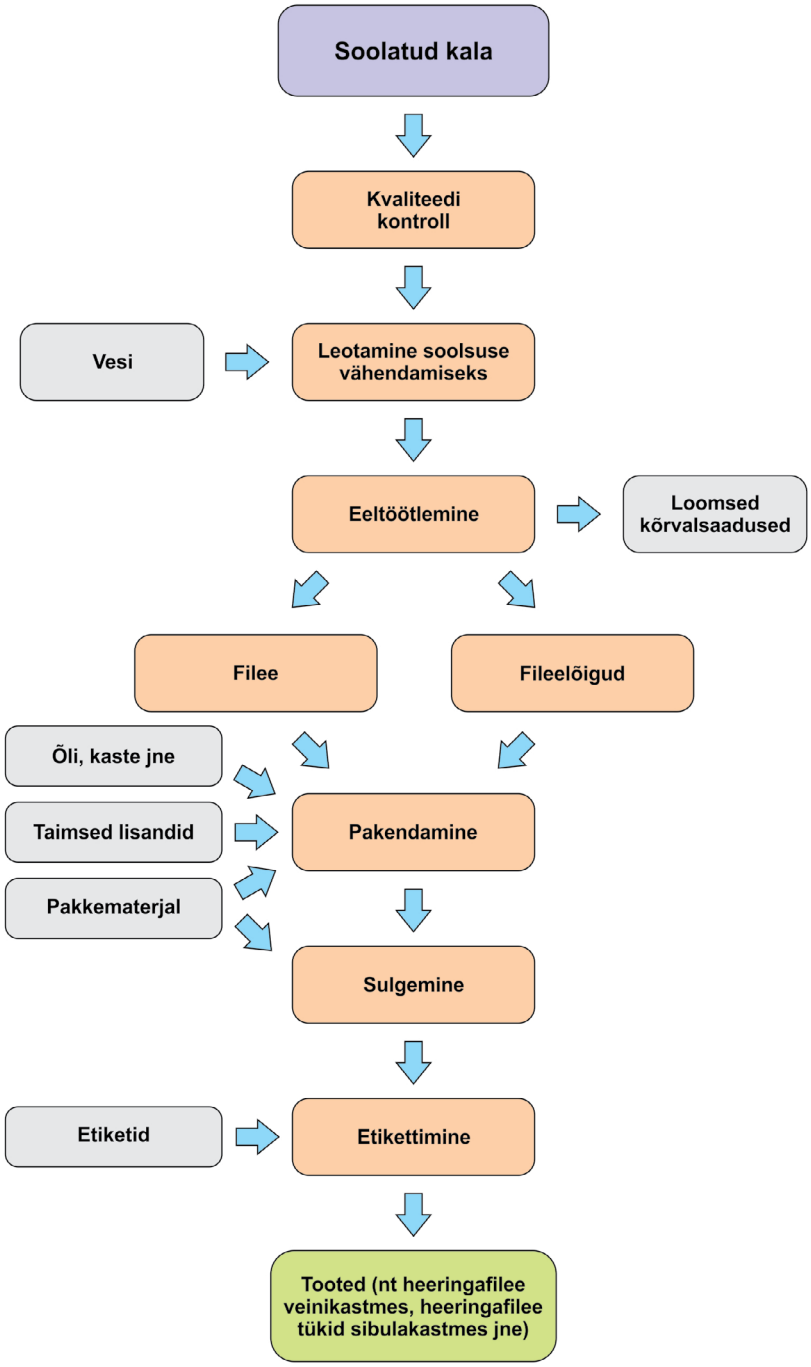
Tooted soolatud kalast

Valmistoidud soolatud kalast. Tooted on valmis söömiseks. Toorainena kasutatakse laagerdunud/valminud soolakala, ka magus- ja vürtsisoolakala. Kattelahusena kasutatakse taimeõli, kastet (veini-, sibula-, sinepi-, majoneesikastet jt) ning marinaadi (sidruni-, sibula-, sinepi-, magus marinaad jt). Võib lisada ka konservante. Garneeringuks lisatakse: juustu; kapparit, oliive, sibularattaid, seeni (šampinjone, puravikke), marineeritud kurki jt taimseid komponente. Pakendiks on enamuses hermeetiliselt suletav väikepakend: metallist, klaasist ja plastalus massiga 50–250 g. Tehnoloogiline skeem on toodud **joonisel 6.81**.

Vastuvõetud soolatud kala kontrollimisel võib vastavalt soolamisliigile ja soovitud tootele soolasisaldust vähendada vees leotades. Järgnevateks töötlemisoperatsioonideks võivad olla fileerimine, enamasti filee nahatustamine ja tükeldamine. Väikeste kalade (kilu, räim, anšoovis) filee keeratakse rulli ja täidetakse kappari, oliiviga jne (fileerullid). Pakendamine toimub käsitsi, jälgides kattelahuse taset pakendis. Reeglina on pakendisse enne valatud väike kogus kattelahust, selleks et kalatükid oleksid kõigist külgedest kastmesed või õlised ja et takistada õhumullide teket (tagab parema säilivuse). Seejärel lisatakse garneering ning valatakse veel kastet või õli.

Pakendid suletakse, puhastatakse, varustatakse etiketiga, suunatakse komplekteerimisele (pakitakse kartong-kastidesse, kahanevasse kilesse).

Kalapasteetide ja **pastade** saamiseks peenestatakse soolatud kala söödavad osad ning lisatakse taimset õli ja võid, vürtse, paksendajaid, tärklist,



Joonis 6.81. Valmistoidud soolatud kalast. Õlis või kastmetes kalatoodete valmistamise tehnoloogiline skeem

želatiini, mono- ja diglütseriide ning teisi määritavust tagavaid komponente. Tavaliselt kasutatakse ka konservante. Peenpeenestamiseks kasutatakse kolloidveskeid, desintegraatorit jt seadmeid. Tooted pakendatakse sageli tuubidesse või klaaspurkidesse.

Tooted keedetud kalast

Tooteid keedetud kalatoorainest valmistatakse jahutatud või külmutatud toorainest, mida on eelnevalt kuumtöödeldud – keedetud, blanšeeritud ja aurutatud. Pärast kalatooraine kuumtöötlemist valatakse see üle želeega või kastmega. Alljärgnevalt on kirjeldatud tarrendis kalatoodete valmistamist.

Põhitoorainena kasutatakse kõige sagedamini kalafileed, filee tükke, kalarümpa, rümba tükke. Tarrend peab olema hele, läbipaistev ning lõigatav toatemperatuuril. Garneerimiseks kasutatakse peamiselt marineeritud kurki ja teisi soolatud köögivilju, seeni, puuvilju, keedetud muna jne. Kalatooraine maitsestamiseks see tavaliselt soolatakse eelnevalt. Lõpptootele on võimalik maitset anda ka želee maitsestamisega – želeest difundeeruvad maitseained kalalihasse. On mõeldav, et ka soola ja äädikhappega maitsestub kalaliha läbi kontsentreeritud želee: kontsentratsioonid želees ja kalalihas tasakaalustuvad temperatuuril 2–4 C° juba 3–4 päevaga.

Kuumtöötlemine on peamiselt aurutamine, vähem vürtsises vedelikus keetmine, blanšeerimine (temperatuuril umbes 80–95 °C; 1% äädikhapet ja 5% soola). Keetmis- ja aurutamiskaod moodustavad 10–20%. Seejärel asetatakse kalatooraine pakendisse (purki, plastkarpi) millesse on eelnevalt valatud želeerivat lahust (umbes 5 mm). Juhul kui kasutatakse garneeringut, siis asetatakse see pakendisse kohe pärast želee valamist. Želee tahkestub temperatuuril 30–35 °C, kiiremaks tarrendumiseks kasutatakse jahutamist õhuvoolus temperatuuril 10–15 °C (jahutustunnelis).

Et kala või kalatükid saaksid igast küljest želeega kaetud, valatakse tarrend tootele mitmes jaos. Lõpuks moodustub tarrendile sile pealispind.

Tooted pakendatakse nii, et garneering või želeekiht oleksid pakendi põhjas (see võimaldab toote väljavõtmisel pakendist teda lihtsamalt ümber pöörata.

Külmutamist tarrendtooted ei talu. Konservantidena on lubatud bensoe- ja sorbiinhappe (ka kombinatsioonis) kasutamine (lisatakse reeglina želeesse või immutatakse pakendi kaaned).

Tooted praetud kalast

Toodete sortiment sõltub tarbijate harjumusest. Enamlevinud tooraineks on rümp, filee (liblikfilee), rümba või filee tükid. Enne praadimist kalatooraine paneeritakse, et anda tootele maitset ja välimust ning kaitset kuivamise eest (kalaliha säilitab mahlasuse ja õrnuse).

Kalatooraine kaetakse kuiva paneerimisseguga automaatselt trummelseadmes või käsitsi kandikutel, laudadel. Et paneerimissegu kinnituks tootele, lastakse sel paisuda 20–30 minuti jooksul. Vedel paneerimissegu kantakse tootele selle kastmise teel paneerimissegusse või asetatakse kalatooraine perforeeritud transportlindile, millel ta liigub langeva vedelpaneeringu kardina alt läbi. Pärast märgpaneerimist võib tootele kanda kuivpaneeringu pihustamise teel, kogu paneerimissegu võib moodustada 30% toote massist.

Praadimise eesmärgiks on toote koostiskomponentide fikseerimine (paneering kalatooraine külge), krõbeda kooriku ja tootele erilise meeldiva maitse ning aroomi andmine, paljudel juhtudel ka kulinaarse valmiduse saavutamine (töötlemine sisetemperatuurini 72 °C). Kulinaarse valmiduse saavutamine ei ole oluline, kui produkti töödeldakse edasi. Sel juhul on protsess, nt kalapulkade valmistamisel, väga lühike, 0,5–2 minutit ning põhjustab ainult minimaalse temperatuuri tõusu toote keskel, külmutatud materjal vaevalt sulab. Ka toorainet, mida järgnevalt pastöriseeritakse või steriliseeritakse, võib lühemaajaliselt praadida (sisetemperatuurini 63 °C).

Orienteeruvad ajad praadimiseks toote kulinaarse valmiduse saavutamiseni (minutites, temperatuuril 180 °C): kilu 4–5; väike heeringas 5–7; suur heeringas, makrell 8–12.

Kadu praetud toodete puhul on keskmiselt 18–20%. Lahjast kalast tooted imavad õli ning seega nende praadimiskadu on väiksem, moodustades umbes 5%. Rasvastest kaladest toodete puhul eraldub praadimisel õlisse kalarasva, mistõttu alaneb praadimisõli kvaliteet. Praadimisõli riknemist põhjustavad ka kalakudede ja paneerimissegu termilise lagunemise produktid ning õli rääsumine (määratav keemiliselt peroksiidarvu kaudu) õhuhapniku toimel. Tahked osad moodustavad sademe, mis eemaldatakse õli setitamise ja filtreerimise teel. Rääsumisel moodustuvad küllastamata rasvhapetest mitmesugused kibedat maitset ning ebameeldivat lõhna põhjustavad ühendid.

Kasutatakse perioodilise või pideva tegevusega praadimisseadmeid. Pideva tegevusega seadmetes veetakse tooted läbi fritüüri võrkkonveieri abil. Jahutamine pärast praadimist viiakse läbi sama seadme järgmises sektsioonis. Jahutamine muudab toote tekstuuri tihkemaks, mis lihtsustab pakendamise protsessi ja vähendab jääkide kogust. Kui valada kattelahus väga kuumale tootele, siis võib kalalihast eralduda väike kogus praadimisel imendunud rasva, millest moodustub pinnale ebameeldiv kile.

Pakendamine metallkarpi või klaaspurki toimub vahetult pärast jahutuskonveierit või toote andmisega pakendamise konveierile. Kattelahusena kasutatakse marinaadi, želeed, kastmeid, kreeme; garneeringuna erinevaid juurvilju ja seeni.

Pärast karpide ja purkide täitmist kattelahusega imbub osa sellest praetud produkti. Imendunud kattelahuse kogus (kuni 20%) sõltub paljudest teguritest, sealhulgas tooraine omadustest ja praadimisrežiimist. Kattelahuse imendumise tõttu praetud toode pundub, mis tihedalt pakendatud toodete korral raskendab nende väljavõtmist purgist.

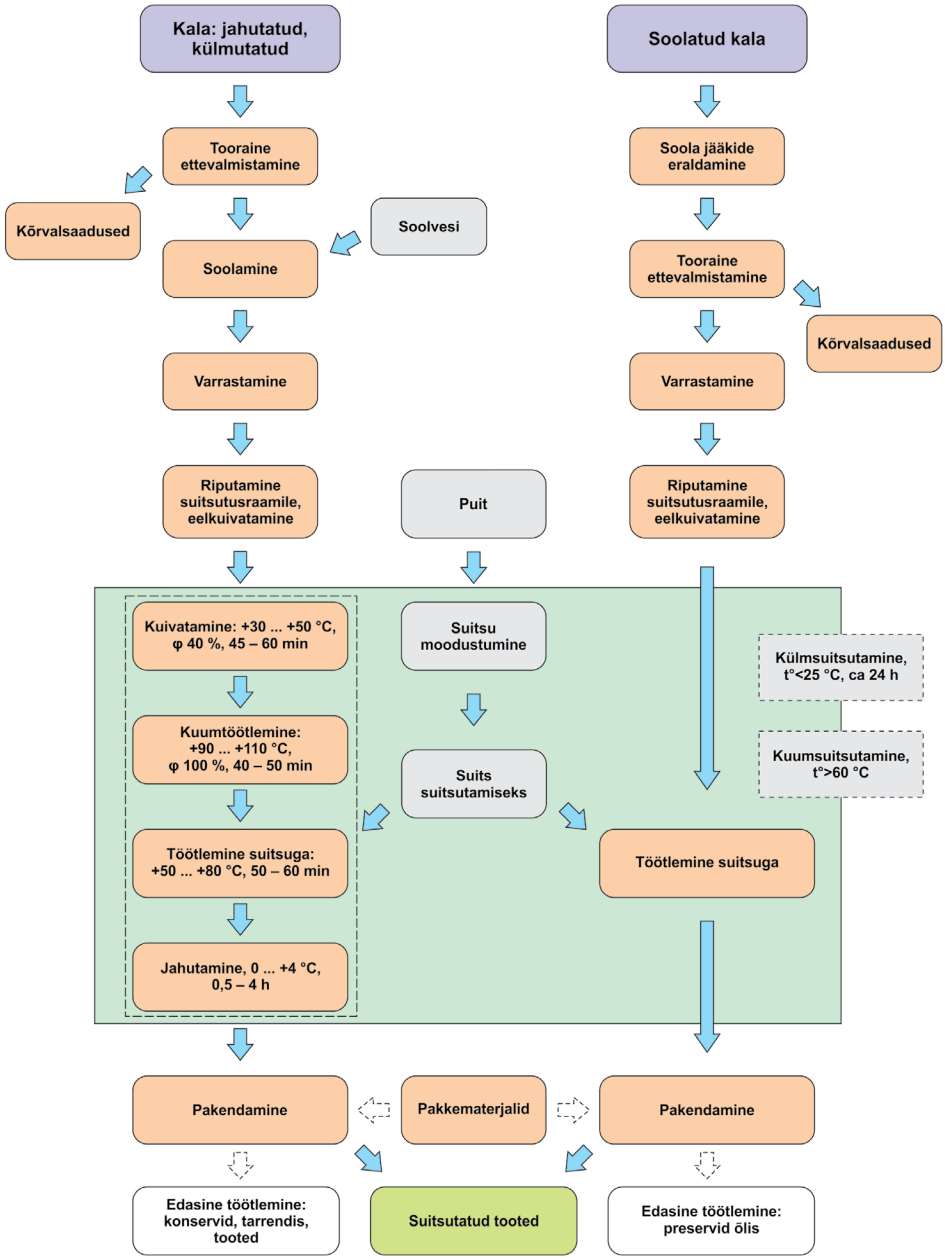
Suitsutatud kalatooted

Suitsutamise eesmärgiks on anda tootele meeldiv välimus, suitsumaitse, pikendada toote säilivust mikroorganismide elutegevuse allasurumisega ja pidurdada oksüdeerumisprotsesse tootes. Tehnoloogilises mõttes on suitsutamise mõiste laiem kui ainult suitsukomponentide sadestumine toote pinnale, nende imendumine tootesse ja suitsu toimel toote koostisosadega toimuvad muutused. Pikaajalise suitsutamise ajal toimuvad ka toote kuivamine, ensümaatilised ning mikrobioloogilised protsessid, mille mõju toote omadustele võib olla suuremgi kui suitsutamise toime.

Suitsutamise võib jaotada tinglikult neljaks etapiks – kuivatamine (hõredas suitsus), kuumtöötlemine (küpsetamine suitsus), suitsutamine (tihedas suitsus ning veidi madalamal temperatuuril kui kuumtöötlemine) ja jahutamine. Täies mahus on need etapid jälgitavad ainult kuumsuitsutamisel. Suitsutusseadmes töötlemise aeg sõltub toodete (kalarümpade ja -tükkide) paksusest, tarbijate traditsioonilisest eelistusest ja toote vajalikust kuivatamise astmest. Praktikas võib see aeg oluliselt varieeruda. Toote niiske pind värvub aeglasemalt kui kuiv pind ega omanda läiget. Tahmaosakesed sadestuvad paremini niiskele pinnale, halvendades välimust. Seetõttu tuleb enne suitsutamist lasta toote pinnal kuivada. Üldine tehnoloogiline skeem suitsutatud kalatoodete valmistamiseks on esitatud **joonisel 6.82**.

Kalatooraine. Kuumsuitsutatud toodete valmistamiseks võib kasutada nii rasvast kui ka lahjat kala, kuid rasvasest kalast tooted on maitsvamad. Külmsuitsutatud tooted valmistatakse reeglina soolatud kalast ning neil on palju soolatud kala omadusi. Lahjad kalad ei ole kõige sobivamad külmsuitsutamiseks kuna valmistooted on kuivad ja kõvad.

Soolamine. Pideva tegevusega soolamisseadmetes kasutatakse küllastatud soolvett, mis võimaldab suurendada tootlikkust (nt filee soolamine kestab mõne minuti). Vannis soolamisel (nt 10% soolvesi kala ja soolvee suhtega – 1:1) on soolamise kestuseks orienteeruvalt: heeringas – 1,5–2 h, kilu – 0,5 h. Kuivsoolamisel on soola imendumise protsess aeglasem



Joonis 6.82. Suitsutatud kalatoodete valmistamise tehnoloogiline skeem

– näiteks lõhe tükkides 5% soolasisalduse saavutamiseks kulub 16–40 h. Suure kala (nt lõhi) fileed ja -tükke pritsitakse sooldumise kiirendamiseks paljunõelalise soolveepritsiga.

Varrastamine, asetamine suitsutusraamidele. Kuumtöötlemisel ja suitsutamisel suitsutuskambris on vajalik, et toote pealispind oleks ühtlaselt kõikidest külgedest kontaktis suitsutava keskkonnaga (suitsuga), seepärast peavad tooted olema üksteisest eraldatud, ei tohi kokku puutuda ka seadme osadega, vastasel juhul on tooted kohati töötlemata, pealispinnal laikudega ning vähem kvaliteetsed. Tavaliselt saavutatakse see toodete riputamisega metallist varrastele või asetamisega restidele, jättes üksikute toodete vahele kindla vahemaa. Varrastamine toimub peamiselt käsitsi, mistõttu on see väga töömahukas. Peaga kala varrastatakse silmade või lõpuste ja suu (nurga all) kaudu, teisi tooteid varrastatakse läbi kere. Vardad kalaga asetatakse raamile, piserdatakse veega ning suunatakse laagerdamisele (eelkuivatamisele).

Eelkuivatamine. Pärast varrastamist hoitakse tooteid suitsutusraamidel sobivas ruumis (temperatuuril 4 °C, 1–2 h) suitsutusruumi läheduses. Eelkuivatamine on vajalik, et kalalt nõrguks liigne vedelik (soolvesi, vesi pärast piserdamist) ning samal ajal kala pind ka kuivab. Pärast eelkuivatamist lükatakse raamid termotöötlusse.

Termokambris töötlemine toimub kaasajal protsessoritega juhitavates universaalkambrites, kus kuumtöötluse programm sisestatakse vastavalt toote eripärale ning kogu juhtimine toimub andurite poolt võetud õhuniiskuse, toote sise- ja kambritemperatuuride ning sisestatud arv- ja aegparameetrite alusel.

Kuivatamist teostatakse suhteliselt madalatel temperatuuridel (40–60 °C), õhu kiirel liikumisel ja madalal suhtelise niiskuse tasemel (umbes 40%), mistõttu kuivatamine mõjutab eelkõige ainult toote pealispinda. Selle tulemusena muutub kalanahk pärgamendi sarnaseks ning kalaliha lõikekohtades tihkemaks.

Kuumtöötlemisel toimub kaks peamist protsessi:

- valkude denatureerumise ja koaguleerumise ning kollageeni lagunemise tõttu muutub toode söömiskõlblikuks;
- tänu muutustele valgus ja kudede struktuuris vabaneb niiskus, veekadu tootest on 15–30%. Tuleb kindlustada eraldunud niiskuse väljaviimine kambrist.

Temperatuuri liiga kiire tõstmine võib põhjustada situatsiooni, kus suur kogus vaba vett tilgub pärakuava kaudu välja, nõrgudes mööda sabauime. Vedeliku eraldumise kohal sadeneb koaguleerunud valk toote pinnale, takistades suitsuosakeste imendumise protsessi, toote pinnale tekivad heledad triibud, mis halvendavad kvaliteeti. Kuumtöötlemise aeg sõltub eelkõige toote paksusest ja on näiteks kilu puhul 1–1,5 h, heeringal 1,5–2 h ning suure kala tükkide korral 1,5–3 h.

Suitsutamine teostatakse üldiselt üheaegselt kuumtöötlemisega. Võib kasutada ka suitsutuspreparaate, mida toodetakse vesilahustena, õlilahustena ja pulbrina. Järgnevalt vee baasil valmistatud suitsutuspreparaatide tootele kandmise viisid:

- Termokambrisse genereeritakse suitsukondensaadi kontsentraadist suruõhu abil suitsupilv, millele järgneb termiline protsess, mis on analoogne traditsioonilise suitsutamisega.
- Kontsentraadist valmistatakse vesilahus, suitsutatav toode kastetakse lahusesse, hoitakse seal 30–120 sekundit, edasi suunatakse tooted termokambrisse.
- Lahust võib tootele pihustada, millele järgneb termiline töötlemine.

Jahutamine. Kuumsuitsutamisel on toote temperatuur kuumtöötlemise lõpuks umbes 65–85 °C, toode on väga pehme, mistõttu on raske teda edasi käidelda. Pärast kuumsuitsutamist jahutatakse toode külma õhu voolus. Toote jahutamise aeg sõltub toote paksusest ja õhu temperatuurist. Tavaliselt kestab see 0,5–4 h.

Pakendamine. Pakendamisel asetatakse kala vardalt otse pappkasti. Seega kala varrastamist ja tema pakendamist võib vaadelda seotud protsessina. Suitsutamisel ilma varrastamata pakendatakse valmistooted alustele ning ümbristatakse kilega, aga ka kartongtaarasse; laialt on levinud vaakumpakendamine ning pakendamine süsinikdioksiidi või lämmastiku keskkonda.



Kontrollküsimused

Kirjeldada kalade jahutamise meetodeid.
Kuidas valmistatakse kalahakkliha, kalalihamassi, kalamassi?
Kirjeldada kalade soolamise meetodeid.
Kirjeldada kalade kuivatamist/vinnutamist.
Missugused protsessid toimuvad kala kuumsuitsutamisel?

Kasutatud kirjandus

Pagaritoodete tehnoloogia

Åman, P., Andersson, R., Fredriksson, H. 2000. Grain polysaccharides, versatile substrates for enzymes. – In: Simoinen, T. & Tenkanen, M. (eds). 2nd European Symposium on Enzymes in Grain Processing ESEPG-2. Helsinki, Finland, 8–10 Dec., 1999. Espoo: Technical Research Centre of Finland, 9–19.

Ауэрман, Л. Я. 2005. Технология хлебопекарного производства. СПб.: Профессия, 416 стр.

Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2004. Food Chemistry. 3rd revised ed. Berlin: Springer, 1070 p.

BeMiller, J. & Whistler, R. (eds). 2009. Starch: Chemistry and Technology. 3rd ed. (Food Science and Technology, International Series) London: Academic Press, 879 p.

Cauvain, S. P. (ed.) 2003. Bread Making: Improving Quality. Cambridge: Woodhead Publishing, 589 p.

Danish Food Composition Databank, Technical University of Denmark, http://www.foodcomp.dk (22.05.2015)

De Vuyst, L., Neysens, P. 2005. The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. – Trends in Food Science & Technology, no. 16, pp. 43–56.

Eliasson A.C., Larsson K. 1993. Cereals in breadmaking. A molecular colloidal approach. New York: Marcel Dekker.

Fineli = The National Food Composition Database in Finland. National Institute for Health and Welfare. http://www.fineli.fi (20.05.2015)

Goesaert, H., Gebruers, K., Courtin, C. M., Brijs, K., Delcour, J. A. 2006. Enzymes in Breadmaking. – In: Bakery Products: Science and technology. /Hui, Y. H. (ed.). Ames: Blackwell Publishing, 337–364.

Haegens, N. 2006. Mixing, Dough Making, and Dough Makeup. – In: Bakery Products: Science and technology. /Hui, Y. H. (ed.). Ames: Blackwell Publishing, 245–259.

Hui, Y. H. (ed.) 2006. Bakery products. Science and technology. Ames: Blackwell Publishing, 572 p.

Kiisman, E., Piirman, M. 2005. Küpsetuskunst. Õppematerjal pagar-kondiitrile. Tartu: Atlex, 256 lk.

Kohajdová, Z., Karovičová, J. 2009. Application of hydrocolloids as baking improvers. – Chemical Papers, 63(1), 26–38.

Kohajdová, Z., Karovičová, J., Schmidt, Š. 2009. Significance of Emulsifiers and Hydrocolloids in Bakery Industry. – Acta Chimica Slovaca, 2(1), 46–61.

Kulp, K. & Lorenz, K. (eds). 2003. Handbook of Dough Fermentations. New York: Marcel Dekker, 305 p.

Lai, H.-M., Lin, T.-C. 2006. Bakery Products: Science and Technology. – In: Bakery Products: Science and Technology. /Hui, Y. H. (ed.). Ames: Blackwell Publishing.

Manley, D. J. R. 2000. Technology of Biscuits, Crackers and Cookies. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 499 p.

Mihhalevski, A. 2012. Rye sourdough fermentation and bread stability. Rukkitaigna hapendamine ja leiva vananemine. (Theses of Tallinn University of Technology. B, Thesis on natural and exact sciences) Tallinn: TUT Press, 176 lk.

Пучкова Л. И., Поландова, Р. Д., Матвеева, И. В. 2005. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба. СПб.: Гиорд, 560 стр.

Suitsu, M. 2002. Kodukoka tarkuseraamat A–Y. Tallinn: Varrak, 508 lk.

Wasserman, L. 2009. Bread improvers – action and application. Informationen aus dem Wissensforum Backwaren. Bonn/Wien, 18 p.

Yang C.-H. 2006. Fermentation. – In: Bakery Products: Science and Technology. /Hui, Y. H. (ed.). Ames: Blackwell Publishing, 261–273.

Kondiitritoodete tehnoloogia

Afoakwa, E. O. 2011. Chocolate Science and Technology. Chichester: John Wiley & Sons, 296 p.

Beckett, S. T. 2006. The Science of Chocolate. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 252 p.

Beckett, S. T. (ed.) 2011. Industrial Chocolate Manufacture and Use. 4th ed. Chichester: John Wiley & Sons, 720 p.

Edwards. W. P. 2000. The Science of Sugar Confectionery. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 158 p.

Jackson, E. B. (ed.**)** 1999. Sugar confectionery manufacture. 2nd ed. (A Chapman & Hall food science book) Gaithersburg: Aspen, 400 p.

Minifie, B. W. 1989. Chocolate, Cocoa, and Confectionery: Science and Technology. (A Chapman & Hall food science book) New York: Chapman & Hall, 885 p.

NPCS Board. 2013. Confectionery Products Handbook (Chocolate, Toffees, Chewing Gum & Sugar Free Confectionery). Delhi: Asia Pacific Business Press, 672 p.

Talbot, G. (ed.**)** 2009. Science and technology of enrobed and filled chocolate, confectionery and bakery products. Cambridge: Woodhead Publishing, 468 p.

Jookide tehnoloogia

Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. 2004. Food Chemistry. 3rd revised ed. Berlin: Springer, 1070 p.

Buglass, A. J. (ed.) 2011. Handbook of Alcoholic Beverages. Technical, Analytical and Nutritional Aspects. Chichester: John Wiley & Sons, 1204 p.

Deeth, H. C. 2002. Lipolysis. – In: Encyclopedia of Dairy Science. / Roginski, H. (Editor-in-Chief). London: Academic Press, 1595–1599.

Gunstone, F. D. 2002. Production and trade of vegetable oils. – In: Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. /Gunstone, F. D. (ed.). Chichester: John Wiley & Sons, 1–17.

O'Brien, N. M., O'Connor, T. P. 2002. Lipids / Nutritional Significance – In: Encyclopedia of Dairy Science. / Roginski, H. (Editor-in-Chief). London: Academic Press, 1622–1626.

O'Brien, N. M., O'Connor, T. P. 2002. Lipids. Oxidation. – In: Encyclopedia of Dairy Science. / Roginski, H. (Editor-in-Chief). London: Academic Press, 1600–1604.

Piergiovanni, L., Limbo, S. 2010. Packaging and the Shelf Life of Vegetable Oils. – In: Food Packaging and Shelf Life: A Practical Guide. /Robertson, G. L. (ed.). Roca Baton: CRC Press, 317–338.

Taylor, M. W., MacGibbon, A. K. H. 2002. Fatty Acids. – In: Encyclopedia of Dairy Science. / Roginski, H. (Editor-in-Chief). London: Academic Press, 1550–1554.

Taylor, M. W., MacGibbon, A. K. H. 2002. Triacylglycerols. – In: Encyclopedia of Dairy Science. / Roginski, H. (Editor-in-Chief). London: Academic Press, 1555–1563.

Waterhouse, A. L., Sacks, G. L., Jeffery, D. W. 2016. Understanding Wine Chemistry. Chichester: John Wiley & Sons, 470 p.

Suhkrutehnoloogia

Sugar Beet. White Sugar 2009. FAO/Agribusiness Handbooks, 4. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations/European Bank for Reconstruction and Development, 35–43 pp.

Piimatoodete tehnoloogia

Anonymous. 1995. Condensed Milk. – In: Bylund, G. (ed.). Dairy Processing Handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems, pp. 353–360.

Anonymous. 1995. Milk and Whey Powder. – In: Bylund, G. (ed.). Dairy Processing Handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems, pp. 331–352.

Code for Edible Ices, Version 2013. European Ice Cream Association http://euroglaces.eu/en/Publications/Code-For-Edible-Ices/English-version/ 02.06.2016

Dairy Processing Handbook. 1995. Lund: Tetra Pak Processing Systems.

Dairy Technology. 2008. APV, Taani

Kiis, A., Mahla, T. 2001. Piimakonservide tehnoloogia. – Rmt: Olkonen, A. (koost.). Piimanduse käsiraamat. Tartu: EPMÜ Loomakasvatusinstituut, lk 412–439.

Laikoja, K. 2001. Joogipiima ja rõõsa koore tehnoloogia. – Rmt: Olkonen, A. (koost.). Piimanduse käsiraamat. Tartu: EPMÜ Loomakasvatusinstituut, 279–292.

Laikoja, K., Sarand R.-J. 2001. Hapupiima- ja talu piimatoodete tehnoloogia. – Rmt: Olkonen, A. (koost.). Piimanduse käsiraamat. Tartu: EPMÜ Loomakasvatusinstituut, 293–318.

Oliveira, M. N., Penna, A. L. B., Garcia Nevarez, H. 2009. Production of Evaporated Milk, Sweetened Condensed Milk and 'Dulce de Leche'. – In: Dairy Powders and Concentrated Products. /Tamime, A. Y. (ed.). Oxford: Wiley-Blackwell, 149–179.

Patel, A., Sharma, P., Patel, H. 2016. Butter and Fat Spreads: Manufacture and Quality Assurance. – In: Dairy Processing and Quality Assurance. /Chandan, R. C., etc. (eds). Chichester: John Wiley & Sons, 266–286.

Poikalainen, V. 2007. Juustutehnoloogia lühikursus. Tartu, 112 lk.

Poikalainen, V. 2004. Võitehnoloogia. Tartu: Halo Kirjastus, 184 lk.

Poikalainen, V. 2004. Juustutehnoloogia. Tartu: Eesti Põllumajandusülikool, 332 lk.

Pärn, M. 2001. Jäätise tehnoloogia. – Rmt: Olkonen, A. (koost.). Piimanduse käsiraamat. Tartu: EPMÜ Loomakasvatusinstituut, 440–458.

Sarand, R.-J., Elias, P. 2001. Juustu tehnoloogia. – Rmt: Olkonen, A. (koost.). Piimanduse käsiraamat. Tartu: EPMÜ Loomakasvatusinstituut, 319–373.

Spreer, E. 1998. Long-Life Milk Products. – In: Hui, Y. H. (ed.). Milk and Dairy Product Technology. New York: Marcel Dekker, 367–404.

Westergaard, V. 2004. Milk Powder Technology. Evaporation and Spray Drying, 5th ed. Copenhagen: Niro A/S, 337 p.

Lihatehnoloogia

Alt, A. 2006. Searümpade algtöötlemine ja klassifitseerimine SEUROP-süsteemi põhjal. Tartu: Eesti Maaülikool, 24 lk. http://www.vet.agri.ee/static/body/files/1440.Searympade.klassifitseerimine.pdf

Alt, A. 2006. Veise- ja lambarümpade algtöötlemine ja klassifitseerimine SEUROP-süsteemi põhiselt. Tartu: Eesti Maaülikool, 24 lk. http://www.vet.agri.ee/static/body/files/1441.Veise-.ja.lambar%FCmpade.algt%F6%F6tlemine.ja.klassifitseerimine.pdf

Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus (EÜ) nr 853/2004, 29. aprill 2004, millega sätestatakse loomset päritolu toidu hügieeni erieeskirjad. – Euroopa Liidu Teataja, L 139. 30.4.2004 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:03:45:32004R0853:ET:PDF

Heinz, G., Hautzinger, P. 2007. Meat processing technology for small-to-medium-scale producers. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and Pacific. Bangkok: Rap publication.

Marianski, A., Marianski, S. 2010. Home production of Quality Meats and Sausages. Bookmagic, 707 p.

Rei, M. 1986. Tapasaaduste tehnoloogia. Tallinn: Valgus, 260 lk.

Sillamaa, K., Alt A., Tõlgo R., Liblik, O. 2011 a. Infomaterjal: Abiks mahepõllumajandussaaduste väikekäitlejale II osa. Liha töötlemine. Põllumajandusministeerium,188 lk. http://www.agri.ee/sites/default/files/public/juurkataloog/TRUKISED/trykis_mahe_vaikekaitlejale_II_osa_2011.pdf

Soidla, R., Anton, D., Lepasalu, L., Veri, K., Mootse, H. 2010. Tapasaadused. Loomsed kõrvalsaadused. Tartu: Halo Kirjastus, 120 lk.

Soidla, R., Anton, D., Lepasalu, L., Veri, K. 2009. Tapaloomade vedu ja algtöötlemine. Tartu: Halo Kirjastus, 125 lk.

Tepper, M., Lüdikainen K., Luht, K., Soidla, R., Kerner, K. 2013. Lihatehnoloogia praktilised tööd. Tallinn: Innove, 262 lk.

Kalatehnoloogia

Boziaris, I. S. (ed.) 2013. Seafood Processing: Technology, Quality and Safety. (IFST Advances in Food Science) Chichester: John Wiley & Sons, 508 p. http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118346174

Koržets, V. 2010. Eesti kalatoidud – kuivatamine ning vinnutamine. – Kalale! 16.11. http://www.kalale.ee/ajakiri/uudised/1385

Soidla, R., Elias, P., Mahla, T. 2004. Toiduainete konserveerimise ja säilitamise alused. Tartu: Halo Kirjastus, 259 lk.

Timberg, L. 2015. Kala käitlemise käsiraamat kaluritele ja väikekäitlejatele. Jäneda: Maamajanduse Infokeskus, 110 lk. http://www.maainfo.ee/public/files/Kala_Kaitlemise_Kasiraamat_2015.pdf

Tülsner, M., Koch, M. 2010. Technologie der Fischverarbeitung. Hamburg: Behr, 467 s.

Internetiväljaanded

Freshwater Fish Processing and Equipment in Small Plants. FAO fisheries circular. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/003/r1076e/R1076E04.htm

Freshwater Fish Processing – Equipment and Examples of Technological Lines. FAO Corporate Document Repository, Fisheries and Aquaculture Department. http://www.fao.org/docrep/w0495e/w0495e04.htm

Kalade järeltöötlus ehk kuidas kalanoos säilitada. Käsiraamat. Kalaportaal, 2011 http://www.kalaportaal.ee/opetused-ja-artiklid/267-kalade-jareltootlus-ehk-sailitamine

Komisjoni määrus (EL) nr 1129/2011, 11. november 2011, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 1333/2008 II lisa ja kehtestatakse Euroopa Liidu toidu lisaainete loetelu (EMPs kohaldatav tekst). – Euroopa Liidu Teataja, L295/1, 12.11. 2011. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011R1129&from=ET

Недосеков, К. 2010. Холодная сушка и вяление рыбы. http://tmeister.ru/tech.shtml

Preliminary Processing of Freshwater Fish. FAO Corporate Document Repository, Fisheries and Aquaculture Department. http://www.fao.org/docrep/w0495e/w0495E03.htm

LÕPPSÕNA

Toiduainete tehnoloogia on toiduteaduse alla liigitatav tugevalt praktilise suunitlusega valdkond, mis tegeleb toiduainete valmistamise tehnoloogiliste protsesside, nende tehniliste lahenduste uurimise ning rakendamisega tootmisliinides. Õpiku „Toiduainete tehnoloogia“ koostamisel on lähtutud valdkonna teaduslikest ja praktilistest alustest. Mõistes toidutoorme omadusi ning töötlemisprotsessi olemust, tekib arusaam lisandväärtuse andmise võimalikkusest läbi tehnoloogiliste rakenduste. Põhirõhk õpikus on asetatud toidutoorme iseloomustamisele ja tehnoloogiliste alusprotsesside selgitamisele.

Õpik täiendab varasemalt välja antud toiduainete tehnoloogia alaseid väljaandeid, millele viitab kasutatud kirjandus. Seega tuleks käesolevat õpikut käsitleda ühe osana bakalaureuseõppe õppematerjalidest.

Õpiku piiratud mahu tõttu ei ole käsitlust leidnud sellised toiduainete tehnoloogia olulised teemad, nagu toidu ja toiduainete hindamine ning sensoorne analüüs, toidu tootearendus, ning toidu säilitamine ja ohutus. Selle üheks põhjuseks on asjaolu, et nimetatud teemadel on mitte küll piisav, aga mõningane õppekirjandus olemas. Kindlasti on otstarbekas koostada edaspidi lisaks käesolevale õpikule temaatilised õpikud, samuti omaette õppematerjal toiduainete pakendamise ja pakkematerjalide kohta.



MÄRKSÕNADE REGISTER

α-aminohapped 83

α-amülaas 68, 528

α-D-furanoos 60

α-D-galaktofuranoos 60

α-D-galaktopüranoos 60

α-D-glükofuranoos 57

α-D-glükoos 621

α-D-glükopüranoos 57, 62

α-D-mannopüranoos 61

α-D-püranoos 60

α-happed 530

α-heeliks 89, 91

α-keratiin 92

α-laktalbumiin 207

α-süsinik 82

α-vorm 55

β2-mikroglobuliin 209

β-amülaas 68, 528

β-D-fruktofuranoos 62

β-D-furanoos 60

β-D-galaktsoidaas 64

β-D-glükofuranoos 57

β-D-glükopüranoos 57

β-D-mannopüranoos 61

β-D-püranoos 60, 64

β-galaktosidaas 602

β-glükanaas 524, 527

β-glükoonid 70

β-happed 530

β-karoteen 96

β-kaseiin 345

β-keratiin 92

β-laktoglobuliin 207

β-oksüdatsioon 343

β-süsinik 83

β-voldikstruktuur 89, 91

β-vormi 55

γ-kaseiin 347

κ-kaseiin 205, 207, 346, 208

κ-kaseiini makropeptiid 347

ω-3,6 linoleenhape 74

ω-3-rasvhapped 99

ω-6 linoolhape 74

ω-6-rasvhapped 99

ω-9 oleiinhape 74

A

abiprotsessid 271, 272

abstsiishape 159

Accharomyces uvarum 548

Acetobacter 364

Acetomonas 546

adenosiindisfosfaat 145

adenosiinfosfaat 115

adenosiintrifosfaat 56, 145, 160

adhesioon 290, 291

adhesioonijõud 290

ADP 145

adrenaliin 102, 212

adsorbent 300

adventiivpungad 131

aed- ja juurviljaahel 18

aedkoriander 183

aeduba 142, 166

aed-õunapuu 188, 189

aedpetersell 184

aedtill 185

aeduba 171

aedviljad 136, 138, 140, 166, 172, 178

aereerimine 529, 532

aerenhüüm 121

aeroobid 363

aeroobne faas 533

aerosoolid 311, 312

agregaat 392

agregaatoleku muutumine 279, 304

agregaatolek 279, 286, 297, 311

ahelreaktsioonid 326

ainehulk 279

aineosakeste soojusliikumine 297

ainevahetusjäägid 143

ainevahetusprotsessid 48

ajam 397

aktiivfiltratsioon 536

aktiivhappesus 153, 213, 230, 292, 347, 545

aktiivsüsi 164

aktiivtsenter 329

aktivaator 115

aktivatsioonienergia 329

aktiveeritud vesi 52

aktomütsiin 90

alaniin 85, 86

albeedo 150
albumiinid 93, 530
aldehüüd 326, 342, 349, 530, 533, 557
aldehüüdrühm 53
aldoheksoos 60
aldolaas 362
aldoos 53, 349
aldopentoos 53
aleuroonkiht 524
algkoed 117
algmaterjal 315
algvirre 530
alifaatsed 153
alkaloidid 124, 152, 157
alkoholisisaldus 531
alkohol 48, 323, 349, 523, 530, 533, 546, 547
alkoholikäärimine 146, 541, 551
alkoholikäärimise 541, 551
alkoholisaagis 533
alkoholisisaldus 519, 520, 528, 533, 539 558
alkoholivabad joogid 515
alkohoolne fermentatsioon 386
alkohoolne kääritamine 272
allergeen 192
alt-õlu 535
aluseline fosfataas 211
alusprotsess 42,271
alusprotsesside seire 273
amfifiilne 79
amfolüütne 292
amiidsidemed 152
amiinid 349
amiinne lämmastik 531
aminohape 49, 82, 103, 105, 151, 155, 197, 295, 319, 337, 344, 349, 350, 526, 531, 545, 551, 590
aminohapete lõhustamine 101
aminohappejäägid 82
aminopeptidaas 337
aminorühm 87, 213, 345, 350
ammoniaak 345, 349
ammooniumsulfaat 545
amorfne tärklis 351
amper 279
amper ruutmeetri kohta 281
amügdaliin 192
amülaas 90, 159, 333, 448. 526

amülolüütilised ensüümid 448
amüloos 66, 148, 351, 354, 528
amülopektiin 64, 66, 68, 148, 351, 354, 528
amüloplast 114
anaeroobid 368
anaeroobne 146, 533
anaeroobne 56
anaeroobne hingamine 383
anaeroobse käärimise faasis 533
ananass 189
andmehõive tarkvara 278
andmesidekanalid 278
andmetöötlus 278
andurid 274, 277, 278
Anethum graveolens 185
anioon 104
antibiootikumid 22
antikehad 82
antimikroobne 335
antimikroobne toime 153, 157
antimükoosne 154
antioksüdant 80, 96, 101, 105, 194, 327, 328,685
antioksüdantsed 98
antioksüdantne toidulisand 102
antioksüdantsus 157
antirahhiitiline 98
antotsüaniinid 158
aparaadid 392
apelsin 138, 182, 189
apikaalne kasv 129
aprikoos 139, 163, 189
A-provitamiini 158, 170
arabinoksülaan 70, 149
arabinoos 147, 149
areomeeter 550
arginiin 83, 85, 86
armatuur 414
aromaatsed ühendid 548
aroomiained 516, 523
aroomihumalaks 523, 530
aroonia 140
arteroskleroos 98
artišokk 142
asendamatud aminohapped 83, 84, 86, 152
asendamatud rasvhapped 75
asendatavad aminohapped 85

aseptiline protsess 537
aseptilised tingimused 598
askorbiinhape 101, 327, 328
asparagiin 85
asparagiinhappel 86
aspartaam 87
aspartaam-hape 85
Aspergillus 369
assimilatsioon 132, 143, 370
assimilatsioonikude 120, 124
astelpaju 140
ateroskleroos 80
ATF 98
atomaarne hapnik 159, 164, 325
atomaarne 335
ATP 56, 92, 114, 143, 160, 373
atsetüülkoliin 100
Aureobasidium pullulans 546
auru kondenseerimine 293
aurumine 288
aurumissoojus 288
aurustamine 285, 309
aurutamine 273
autoklaav 439
automaadid 392
automaatklapid 415, 417
automaatringvooluklapp 436
automaatne andmehõivesüsteem 297
automaatseire 279
automatiseeritud liin 393
autotroofia 387
avaviljad 137
a-vitameer 96
a-vitamiin 80, 95, 97, 177, 183, 186, 191, 194, 197, 327
avitaminoos 96
avokaado 147, 163

B

B_1-vitamiin 99, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197
B_2-vitamiin 99, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197
B_3-vitamiin 100, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197
B_4-vitamiin 100, 175, 191
B_5-vitamiin 100, 170, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194

B_6-vitamiin 100, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197

B_7-vitamiin 101

B_9-vitamiin 101, 170, 172, 175, 177, 180, 183, 186, 191, 197

B_{12}-vitamiin 101, 107

Bacillus 361

bakteriaalne fotosüntees 387

bakterid 359

bakteritsiidne filtratsioon 536

bakteritsiidne faas 216

baktofuugid 429, 433

baktofuugimine 632

banaan 140, 147, 159, 161, 163, 189

basiilik 155

bataat 148, 173

beeta-karoteen 170, 172, 183

bensoehape 81, 154

besee 230

betaniin 177, 178

B-grupi vitamiinid 158

bioaktiivsed ühendid 168

biodiisel 182, 324

biokeemiline valmimine 648

biokeemilised katalüsaatorid 329

biokeemilised protsessid 273

bioloogiline küpsus 136, 156

biopolümeersed ühendid 147

biotiin 101

B-kompleksi vitamiinid 99

blanseerimine 310

brändi 301, 558

Brassica napus 180

Brassica oleracea var. capitata f. alba 178

Brevibacterium linens 343

Brix 556

Brix'i kraad 531

brokkoli 103, 106, 134, 142, 166

Browni liikumine 297

B-rühma vitamiinid 195, 516

C

Cabernet Sauvignon 556

calvados 558

Calvini tsükkel 143

Camemberti juust 341, 343

Campden-tabletid 550

Candida 546

Chardonnay 556
Cheddar 345
CIP pesu 403
cis-isomeerid 74
cis-kaksiksidemed 74
cis-konfiguratsioon 323
cis-oleiinhape 73, 74
cis-positsioon 54
Clostridium 361, 365
Clostridium tyrobutyricum 632
CO_2 362
Codex Alimentarius Comission 28
Coriandrum sativum 183
creme fraiche 610
C-vitamiin 101, 158, 172, 175, 177, 180, 183, 186, 191, 193, 194, 197, 327, 516

D

deaeraator 437
Deaereerimine 608
deamiinimine 345
defekatsioon 590
degummeerimine 579
dehüdratatsioon 349
dehüdrogenaas 335
dekanteerimine 551
dekanter 434
dekarboksülaas 349
dekrüpimine 29
dekstriin 66, 319, 333, 525, 560, 528, 531, 533
dekstroos 621
dekstroosi ekvivalent 621
dektriiniahelad 528
demetülaasid 349
denaturatsioon 90, 91
denatureerimine 319
denatureerumine 92, 230
depressor 296
desaminaas 349
desodoraator 437, 582
desodoreerimine 564, 579
desoksüriboos 53, 56, 70, 147
dessertõunad 191
destillaadid 303
destillaadi kogujas 302
destillaator 302, 560

destillatsioon 301
destilleerimine 560, 577
destilleerimise seadmed 560
destilleeritav vedelik 303
destilleeritud vesi 301
destruktiivne destillatsioon 302
detailskeem 44
detsibell 280
DFD-liha 251
D-galaktoos 60
diabeet 58
diatsetüül 534
diatsüülglütseroolid 81, 334, 339
dieenid 78
dielektriline konstant 291
dielektriline läbitavus 297
dietüüleeter 86
diferentseerumata rakud 117
diferentseerunud rakud 117
difusioon 297, 300, 305
difiilne 79
difundeerumine 297
difusiooni koefitsient 590
digitaliseerimine 274
dipeptidaas 337
dipeptiidid 87, 344
dipool 294
disahhariidid 62, 147, 334, 373, 533
dispergeerimine 279
dispergeeritud veefaas 286
dispergeerituse aste 339
dispergeerunud faas 311
dispersioon 279, 311, 312
disperssed süsteemid 307
disperssus 314
dissimilatsioon 132, 144, 370
disulfiidsild 90
divesinikoksiid 50
D-mannoos Fischeri projektsioonis 61
DNA 56, 114
DNA mutatsioonid 101
DNA süntees 101
Dulce de leche 658
D-vitamiin 80, 97, 103
D-vormid 54
džaul 280, 281
džaul kelvini kohta 281

džaul kilogrammi ja kelvini kohta 280

džaul kuupmeetri kohta 280

E

E — ained 684

ebaküdoonia 139

edestiin 93

EDP 377

eelkuivatamine 300, 737

eelsoojendamine 691

eeltaigen 463

eeltingimusprogrammid 31

Eesti Ettevõtluse Sihtasutus 36

Eesti Konjunktuuriinstituut 37

Eesti Leivaliit 39

Eesti Maaeluministeerium 34

Eesti Maakarja Kasvatajate Selts 39

Eesti Maaülikool 39

Eesti Piimaliit 39

Eesti Piimandusmuuseum 40

Eesti Põllumajandus-Kaubanduskoda 40

Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontroll (EPJ) 38

Eesti Põllumajandusmuuseum 40

Eesti Statistikaamet 37

Eesti Toiduainetööstuse Liit 39

Eesti Tõuloomakasvatajate Liit 39

Eesti Tõusigade Aretusühistu 39

eeterlikud õlid 125, 138, 163, 182, 184, 185, 523, 530

eksogeenne etüleen 163

eksokarp 138

eksotermiline 309

ekspellerpress 544

ekspellerpressitud 564

ekspressioon 115

ekspressmääramine 297

ekstraheerimine 165, 181, 288, 303, 565, 576

ekstraheerimisprotsessid 125

ekstrahent 303

ekstraktiivne destillatsioon 302

ekstrakt 303, 306, 526

ekstraktor 576

ekstraktsioon 303

ekstratsellulaarne 336, 342, 345

ekstratsellulaarne proteinaas 337

elastiini 102

elastiinid 91
elastsus 449
elektrijuhtivus 216, 274, 279, 285, 291, 297, 298
elektrijuhtivuse andur 275
elektrilaeng 279
elektriline uimastamine 667
elektrilised näitajad 291, 292
elektrilised laengud 294
elektriline signaal 277
elektrivälja tugevus 279
elektrivool 279
elektrodialüüs 292
elektrolüüs 291
elektrolüüdid 102
elektrolüütidena toimimine 103
elektronegatiivsed aatomid 294
elektronkaal 297
elektroonsed identifitseerimise vahendid 28
elektrostaatiline 294
emakas 124, 133, 134
emakasuue 134
emasõisikud 196
embrüo 135
embrüo 117, 151
embrüogenees 141
Emmentali juust 343
EMP 375
emulgaator 79, 284, 286, 461, 622, 685
emulgeerimine 69, 284
emulsioon 279, 284, 311
endogeennet etüleen 163
endokarp 138
endoplasmaatiline retiikulum 113
endoplasmaatilise võrgustik 116
endosperm 135, 151, 171, 524, 526
endotermiline 309
energeetilised ained 48
energia 280
energiaallikas 72
energiajook 515
energiamasinad 391
energia ruumtihedus 280
energiavaru 333
enesekontrollikohustus 30
enesekontrolliplaan 31
enesekontrollisüsteem 31

ensümaatiline aktiivsus 276
ensümaatiline lipolüüs 321, 339
ensümaatiline proteolüüs 344
ensümaatilised protsessid 152, 272, 285, 319, 331, 336
ensümaatiline faas 346
ensümaatilised reaktsioonid 295, 328
ensümaatiline hüdrolüüs 353, 354
ensüüm 276, 329
ensüümaatiline lagundamine 113
ensüümaatilised reaktsioonid 52
ensüüm 114, 155, 159, 135, 211, 292, 331, 336, 339, 328, 343, 524, 545, 559
ensüümide aktiivsus 295, 330, 522
ensüümide aktiivtsentrid 105
ensüümide inaktiveerimine 527, 559
ensüümide regulaatorid 95
ensüümide sisaldus 522
ensüümide teke 524
ensüümi klass 333
ensüümpreparaat 341
Entner–Doudoroff rada 377
epibleem 127
epiderm 119, 124, 132
epimeerid 53
ergokaltsiferool 97
ergosterool 202
erijuhtivus 280
eriotstarbelised mahutid 428
eripind 290, 313, 314, 339
eriseadmed 391
erisoojus 280, 282, 292, 293, 308
eritusained 123, 133
erituskude 119, 123
esikoor 127
esiosa 682
esktratsellulaarsed lipaasid 343
esmajuur 141
esmane meristeemkude 117
esmatöötlemise seadmed 391
essentsid 134, 557
estersidemed 320, 324, 340, 342
estersideme hüdrolüüs 341
estersideme süntees 341
estrid 349, 533
etanool 84, 188, 146, 277, 540, 555

etanoolamiin 79
etüleen 159, 162
etüleeni hüdratatsioon 558
etüleenisisaldus 157, 167
etüleenitootlus 165, 166
etüülalkohol 146, 302, 305, 324, 347, 544, 557, 560
etüülalkoholi destilleerimist 558
etüülpiiritus 558
eukarüoodid 367
eukarüootsed 112
eukeratiinid 92
Euroopa Toiduohutuse Agentuur 27
euruukhappe 181
E-vitamiin 80, 96, 98, 137, 175, 177, 183, 191, 194, 197, 327

F

fakultatiivselt heterofermentatiivne 363
farad 280
fenoolrühm 151
fenoolsed ained 194
fenoolsed happed 153
fenoolseid ühendeid 155
fenüülääddikhape 81
fenüülalaniin 83, 84
fermendid 328
fermentatsioon 384, 547
fermenteerimisprotsess 133
fermenteeritud 368
fermenteeritud tooted 600
fibrillaarsed valgud 89, 91
fibrinogeen 90
fibroonid 92
Ficki seadus 298, 589
filterkatel 529
filtratsioon 307, 516
filtreerimine 307, 529, 536, 550, 557, 571, 591
filtrid 307, 529
Fischeri projektsioon 54
flavonoidid 156, 157, 186
flavonoolid 156
flavoonid 156
floeem 121, 122, 124, 128
flokuleerunud pärmirakud 536
fluor 105, 179
foolhape 101, 170, 172, 175, 177, 180, 183, 186, 191, 197

fooliumist purgid 537
formeerimine 310
fosfaadijääk 57
fosfaatrühmad 88
fosfataas 335
fosfataasiproov 335
fosfatidüületanoolamiinid 79
fosfatidüülkoliinid 79
fosfatiidid 79, 202
fosfoketolaas 362
fosfokoliin 100
fosfolipaasid 334
fosfolipiidid 79, 100, 112, 151, 160, 228, 284, 296, 328, 335
fosfoproteiinid 88
fosfor 103
fosforhape 335
fosforhappe estrid 335
fosfor 103, 160, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197
fosforühendid 551
fotosüntees 57, 112, 114, 129, 132, 135, 143, 146
fotosünteesi pimefaasiks 144
fotosünteesi valgusfaasiks 143
fraktsioneerima 592
fraktsioneerimine 585
fraktsioneeriva destillatsiooni 302
friiserdamine 624
frozen custard 619
fruktoos 53, 58, 59, 125, 147, 179, 191, 350, 531, 533, 545
fruktoosijääk 62, 148
füllokinoon 98
funktsionaalne rühm 334
furanoos 58
füsioloogiline küpsus 142
fütokemikaalid 192
fütontsiid 194
füüsikaline suurus 274, 279
füüsikaline valmimine 284, 648
füüsikalised protsessid 285
füüsikaliselt seotud vesi 296
füüsikalised meetodid 297
füüsikalis-keemiline kuivatamine 300
füüsikalis-keemiliselt seotud vesi 296
füüsikalised näitajad 292
F-vitamiin 99

G

gaase produtseerivad bakterid 367

gaasid 212

gaaside lahustuvus 293

gaaside rõhk 277

gaasistumine 308

galaktoos 53, 60, 64, 147, 319, 334, 602

galaktoseemia 61

galakturoonesteraas 546

galakturoonhape 69

gaseeritud vesi 515

geel 230, 353

geelimoodustajad 149

geelimoodustamine 150

geelistumine 60

geen 114

geeni avaldumine 115

geeniekpressioonid 133, 141, 163

geeni translatsioon 115

gelato 619

geneetiline kood 83, 114

generatiivsed organid 126

Geotrichum candidumi 342

gibberelliinid 524

glasuurima 717

glasuurkohuke 611

gliadiinid 452

globulaarsed valgud 90, 93

globuliinid 93, 530

glükaan 527, 531

glükaanide geelistumine 537

glükogeen 55, 57, 58, 64, 68

glükogeeni graanul 68

glükogeniin 68

glükolipiidid 80

glükolüüs 145, 250, 345, 347, 375,

glükolüütilised ensüümid 524

glükoos 53, 56, 98, 125, 143, 147, 175, 179, 191, 277, 333, 528, 531, 533, 545

glükoosijäägi 62, 523, 533

glükoosi karamelliseerimine 64

glükoos 59, 64, 295, 319, 350, 525, 602

glükoosi molaarmass 57

glükoositabletid 58

glükoproteiinid 61, 88

glükosiidside 62

glükosiidside 55, 59, 66, 69
glükosinolaadid 181
glükosülaadi tsükkel 380
glükosüleerimine 61
glutamiin 83, 85
glutamiin-hape 85, 86
glutatioon 87
gluteen 149, 451
gluteliinid 94, 452
glütseriin 76
glütserool 76, 81, 295, 321, 324, 334, 339, 557
glütsiin 83, 85, 86
Golgi aparaat 113
Golgi kompleks 83, 116
gonaadid 261
Gouda 345
Gouda juust 343
gramnegatiivsed 361
grampositiivsed 360
granaatõun 163, 189
grappa 558
gravitatsioontransport 411
greibimahl 106
greip 138, 189
GTP 56
guanosiinfosfaat 115
guanosiintrifosfaat 56
gütserool 340
G-vitamiin 99

H

HACCP 28, 31
hägusus 278, 536, 537, 546, 548
hajusmeristeemi 118
hallikud 197
hallitusjuustud 340, 344
hallitusseened 197, 334, 342, 345, 369, 553, 633
halotolerantsed bakterid 367
halvaa 197
hammasliide 395
hammasülekanne 398
hangumine 281, 284, 308
hangumisrežiim 285
hangumistemperatuur 203, 282
Hanseniaspora 546
Hanseniaspora spp. 547

hapatamine 602
happed 353
hapnik 327, 537
hapnikukandja 105
hapnikusisaldus 161
happearv 343
happe-laabimeetod 611
happelised proteinaasid 345
happemeetod 611, 615
happesus 212, 336, 551, 553
happesuse regulaatorid 685
happetolerantsed bakterid 546
hapukirsid 189
hapukoor 610
hapupiim 600
hapupiimajookide valmistamise 603
harilik hernes 172
harilik oder 170
harilik sarapuu 195
hautamine 310
Haworthi projektsioon 61
HDL 81
heksaan 304
heksoosid 56, 147, 373
heksoosi isomeraas 362
helbed 168
hele õlu 520, 522, 526
heledus 280
helirõhk 280
helirõhu tase 280
helitugevus 280
hematokrit 106
hemitselluloos 60, 66, 70, 112, 147, 149
hemoglobiin 90, 106
henri 280, 281
hepatoflaviin 100
herbivoorid 84, 155
hermeetiline 432
hernekaunad 172
hernes 105, 152, 158, 160, 166, 171
herts 281
heterofermentatiivne 363
heterofermentatiivne katabolism 386
heteropolüsahhariidid 66
heterosahhariid 71
hetkpastöriseerimine 600

higistamine 288
hingamine 56, 114, 143, 144, 146, 160, 382
hingamisaktiivsus 162, 165
hingamise intensiivsus 161
hingamise postklimakteerne faas 162
hingamise reaktsioonid 56
hirss 168
histidiin 83, 84, 86, 103, 329
hoidised 139
hoiutankid 425
homofermentatiivne 363
homofermentatiivne katabolism 384
homogeensed 311
homogenisaator 438
homogeniseerimine 315, 341, 597, 600, 606, 610, 624, 626
homo- ja heterofermentatiivsed bakterid 474
homopolüsahhariid 66, 70
hõõrdumine 315
Hordeum 169
Hordeum distichon 169
hormoonid 159, 162, 212
hüdraat 294
hüdraatkiht 296
hüdraatumine veemolekulidega 294
hüdraatumine 351, 352
hüdratatsioonijõud 290
hüdratatsioon 294
hüdroajam 397
hüdrodünaamilised protsessid 273
hüdrofiilne 79, 232, 284
hüdrofiilsed pinnad 290
hüdrofiilsus 294
hüdrofoobsed aminohapped 94
hüdrofoobsus 84
hüdrogeenimine 74, 82, 306, 322, 585
hüdrokolloidid 462
hüdroksühapped 342
hüdroksüproliin 84
hüdroksüradikaal 326
hüdroksüülrühm 53
hüdrolaas 336
hüdrolaasid 333
hüdrolüüs 52, 81, 285, 319, 329

hüdrolüüsiprotsesside 292
hüdrolüüsireaktsioon 50, 295
hüdromehhaanilised protsessid 273
hüdromootor 397
hüdroperoksiid 326, 327
hüdrotermiline 565, 573
hüdrotsüklon 531
hügieeni 338
hügieeninõued 537
hügieenitase 335
humal 156, 522, 529
humala kibeained 522
humala kulunorm 523
humalate kvaliteet 529
humalatooteid 523
humaldatud virre 529
humuleen 523, 530
humuloon 522, 530
hüpertooniatõbi 186
hüpoallergeensed 192
hüsterees 284
hüstereesisilmus 285
H-vitamiin 101

I

idanemine 133, 135, 172
idanemistemperatuur 176
idanemisvõime 185
idanevus 171
identifitseerimine 28
idu 171, 180
idujuur 127
idujuure alged 524
iduketas 228
idukude 127
idulehed 131, 135, 141
idusilmad 173
iirised 498
imavvööde 127
imikalajuhtmed 709
iminopeptidaas 337
imipneumoseade 413
immunoglobuliin 208
immuunsüsteem 97
impedants 292
impedantsi analüsaatorid 292
implantaat 28
impulsimoment 280
impulss 280

indikaatorbakterid 367
induktiivsus 280, 297
inertsimoment 280
infrapuna kiirgus 311
infusioonmeetod 598
ingver 130, 182
inhibiitorid 332
injektsioonmeetod 598
insuliin 58, 212
integreeritud 564
intratsellulaarsed 336, 337, 345
intratsellulaarsed lipaasid 338
inuliin 59, 66, 68, 70, 127, 147, 148
invertsuhkur 59, 63, 349, 518
ioonid 291
isetolmlemine 181
isoelektriline punkt 208
isoleutsiin 83, 84, 86
isomaltaas 64
isomaltoos 63
isomeerid 53
isomeraasid 333
isooleiinhape 184
isopalderjanhape 81
ISO-standardid 28
isovõihape 81
istikute 194

J

jääkristallid 625
jää kristallvõres 286
jääktärklis 528
jääktärklise lõhustumine 527
jää sulamissoojus 288
jää tihedus 286
jäätis 198, 619, 622
jäätumistemperatuur 292
jääv karedus 521
jahu 165, 168
jahu gaasitekitamis- ning gaasihoidmisvõime 448
jahu jämedus 525
jahu jõud 448
jahu küpsetusomadused 447
jahu parendajad 460
jahu suhkrutekitamisvõime 448
jahutamine 272, 273, 310, 692, 695, 697, 705, 715

jahutamine jääga 715
jahutamine merevees 716
jahuti 302
jahutooted 170
jahutsistern 403
jahutusagens 302, 532
jahutussärk 302, 536
jahutusseadmed 289
jahvatamine 165, 525
jälgitavus 27
jämefilter 536
jämesoole mikrofloora 59, 69, 149
jaotusklapp 418
jaotustükkideks lõikamine 681
järelkäärimine 532, 533, 536
järelkääritus 539
järelkuivatus 637
järelkuumutama 615
järelsoojendus 636
järelvalmimine 141, 167
jogurt 148, 198, 604, 605
jogurtijäätis 619
jõhvikas 140, 154, 158, 160, 167
jood 105
joodiarv 203
joodiproov 529
joodireaktsioon 67
joogid 515
joogijogurt 604
joogipiim 595
joogitooted 138
joogivee standard 521
joogivesi 105
jookide villimine 518
jõud 280
jõumoment 280
juhtarvuti 274, 278
juhtivuse mõõtühik 275
juhtkimbu 121, 122
juhtkoed 122
juhtkontroller 278
juhtsooned 124, 127
juur 126, 148, 176
juurekael 127
juurekarvad 127
juurekübar 127
juuremügarad 171
juuremugulad 128

juuremuundendid 126, 128
juurestik 128
juuretis 336, 447, 471, 547, 633
juuretise tüübid 474
juuretise uuendamine 473
juurikas 114, 128, 161, 163, 176
juurvili 128, 157, 163, 166, 176
juustude lipolüüs 341
juustude soolamine 276
juustude valmimine 292, 337, 338 641
juustude vormimine 637
juustukalgend 348
juustukõlblikkus 630

K

kaal 280
kaalikas 128, 176
kaaliumi 103, 104, 160, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 185, 186, 191, 194, 197
kaaliumpermanganaat 164
käärimine 146, 336, 341, 384, 446, 532, 539, 547
käärimise aste 533
käärimiseelne aereerimine 551
käärimise kiirus 534
käärimise substraat 526
käärimise temperatuur 532
käärimisprotsessid 334, 343
käärimistank 532
käärimistemperatuur 529
kääritamata alkohoolsed joogid 519
kääritamine 65, 277, 519, 521, 523, 558
kääritamise automaatseire 278
kääritatavaid jooke 538
kääritatud joogid 148, 328, 333
kääritusmahuti 534, 551
kääritusnõu 520, 554
käärituspära 551
kääritusprotsessid 125
kääritustanki 560
kääritustank 535
kääritusviis 552
käärivad suhkrud 533
kabatšokk 166
käbihumal 531
kaer 169

kaeras 149
kaheidulehelised taimed 129
kaheidulised taimed 123, 124
kaherealine oder 169
kaitseklapid 415
kakaojook 515
kakaopulber 504
kakaouba 505
kakaoubademass 504
kakaovõi 504
kaksikside 322
kaksiksidemed 53, 72, 73, 80, 327
kala 103
kalaahel 18
kalahakkliha 712
kalaliha 255, 256, 262
kalalihamass 712
kala lihaskoed 259
kalamass 713
kalarasv 256, 257
kaldtee 411
kalestamine 625
kalgendamine 272
kalgendamisaktiivsus 330
kalgendamine 346
kalgendavad preparaadid 341
kalgend 202, 206
kalgendi teke 346
kalgenemine 332
kallerdis 138
kalluse meristeem 118
kaltsiferool 97
kaltsium 103, 160, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 185, 191, 194, 197
kaltsiumi omastamine 103
kaltsiumioon 149, 346
kaltsiumisoolad 150
kaltsiumiühendid 521
kaltsiumkloriid 632
kaltsiumoksiidi osakesed 591
kaltsiumsillake 206
kalvados 125, 192
kamajahu 173
kambium 117, 118, 122, 128
kambiumirakud 123
kameedid 71, 149
kanapimedus 97
kandela 281

kandela ruutmeetri kohta 280
kaneel 182
kange õlu 522, 534
kangestatud vein 519
kanged joogid 515
kanged veinid 557
kannuõlu 521, 537
kantserogeensed 350
kapilaarsus 290, 291
kapillaar 291, 300
kapsas 158, 160, 166, 178
karamell 496
karamelliseerumine 349, 350, 520
karastusjoogid 22, 516, 519
karboksüülhapped 72
karboksüülrühm 73, 75, 82, 87, 149, 213
karbonaatne karedus 521
karboniseerima 539
karboniseerimise 516
karboniseeritud joogid 516
karboniseeruma 536
karbonüülrühm 53, 350
kare vesi 518
kareduse skaala 522
karikas 138
karoteen 96, 212, 217
karotinoidid 157, 327
karraginaan 71, 149
kartongpakend 518
kartul 104, 130, 148, 152, 158, 160, 165, 173, 187, 558
kartuliahel 18
kartulikrõpsud 175
kartulimari 139
kartulimugulad 131, 163
kartulitärklis 351
kartulivalk 175
karüoplasma 114
karusmari 139, 140, 192
karvame sõstar 192
karvoon 186
kaseiin 204, 206, 327, 337, 349
kaseiini kalgendamine 349
kaseiinimitsellid 346
kasemahla 126
käsitööõlled 520
kastan 195

kasvukuhik 118, 127
kasvuvitamiin 97
kasvuvöö 127
katal 330
katalaas 211, 276, 335
katalüüsivõime 329
katalüütiline võime 332
katioon 104
kattekude 119
kaubaalused 24
kaubanduskeskused 23
kaubandusketid 23
kaudne steriliseerimissüsteem 442
kaunad 137
kaunviljad 104, 105, 106, 136, 139, 165, 171, 172
keedised 139
keedukatel 529, 530
keedusool 104
keedusoolalahus 296
keedu suhkrustamine 476
keeduvorstid 687
keefir 609
keefiriseened 609
keemilised protsessid 273, 276, 285
keemilised reaktsioonid 285, 296
keemiline hüdratatsioon 294
keemiliselt seotud vesi 296
keemistemperatuurid 287, 560
keermesliited 394
keet 447, 476
keetja 302
keetmine 310, 529, 531, 691, 695
keetmise lõpufaas 530
keevisliide 393
kefaliin 79, 202
kehavalgud 94
kelvin 281
keratiinid 90, 91, 92
kergitusained 462
kerkimine 446
keskkonna pH 347
keskosa 682
kesksilinder 127
ketohapped 342
ketoheksoos 53, 58
ketoone 326, 530
ketoosid 349

ketoos 53
ketorühm 53
ketoühendid 349
ketttransportöör 409
kettülekanne 398
kibeained 530
kibeainete sisaldus 530
kiilliide 394
kiilrihmülekandes 399
kiibid 28
kiirendus 280
kiirguslik 300
kiiritustihedus 280
kiiritus-tugevus 280
kiirus 280
kiivid 189
kilbike 135, 524
kilogramm 280
kilogramm korda meeter ruudus 280
kilogramm kuupmeetri kohta 281
kilogramm-meeter sekundis 280
kimalased 193
kinnise tekstuuriga 629
kirsid 139, 140, 163
kirsipuu 188
kiudaine 49, 66, 71, 128, 149, 170, 172, 174, 177, 179, 183, 185, 186, 191, 195, 197, 291, 545
kivirakud 138
klaaspudelid 537
klaastaara 518
kladood 131
kleepuvus 148, 149
kleepvalk 171, 451
klemmliide 396
kliisterdumine 60, 351, 353, 526
kliisterdumistemperatuurid 351
kliister 351
kliistrimassi 351
klimakteerne hingamine 162, 164, 165, 167, 188, 191, 589
klimakteerne hingamisaktiivsus 166
klipsimine 690, 695
Kloeckera apiculata 546, 547
kloor 103, 104
kloreerimine 521
klorenhüüm 120

klorofüll 143, 157, 212
klorogeenhape 153
kloroplast 113, 116, 119, 120, 143, 144
Kluyveromyces 65
koaguleerumine 230
kobalamiin 101
kobekude 132
kõderviljad 179
kõdrad 137
koduõlu 520
kodune siider 552
ko-ensüüm 95, 96, 98, 99, 100, 101
koerakud 353
ko-faktor 331, 332
kofeiin 156, 306
kofeiinivaba kohv 306
kogumunamass 231
koguvili 140
kohesioonijõud 291
kohesioon 289
kohuke 611
kohupiim 611, 613
kohupiimakreem 612
kohupiimamass 612
kohupiimapasta 615
kohupiimaseparaatorid 429, 615
kohupiimatooted 198
kokkulöömise teel või saamine 646
kokkuostufirmad 23
kokteilijäätised 620
kolb- ja plunžerpumbad 422
kolekaltsiferool 97
kolesterool 80, 98, 100, 202, 228
koliin 79, 100
kollageen 91, 102
kollenhüüm 121
kolloidne struktuur 279
kolloidsüsteemid 315
kolmikkraan 415, 416
kolmikpunkt 286
komformatsioonid 90
kompleksipiidid 72, 79
kompotid 191
kompressor 306
kompvekid 197
kondensaator 303
kondensatsioon 309

kondenseerimine 273, 302, 304
kondenspiim 656, 658, 664
konditustamine 681, 682
konditustatud liha 238
konduktiivne 300
konformatsioon 88
konjak 125, 515, 558
konservandid 685
konserveerimine 186
kontaktsel kuumutamine 311
kontaktne 301
kontroller 274
kontrollitud tehnoloogia 538
kontsentratsioon 275
kontsentratsiooni aste 659
kontsentreerimine 299, 591
kontsentreerimise tehnoloogiad 293
kontsentreeritud jogurt 604
kontsentreeritud lisandid 516
kontsistents 310
konveier 407
konvektiivne kuivatamine 300
konvektiivsel meetod 311
konvektiivne 300, 301
konvektsioon 290
koobalt 101, 107, 163
koodon 115
köögiviljad 353
kookospähkel 195
kooskoseõli 151
kookospalm 139
köömen 182
koor 138, 284
koorejäätis 619
koore kokkulöömise meetod 649
kooreseparaator 429
koorik 450
koostisosade sisaldus 537
koppelevaator 410
korgikiht 119
kõrgkuumutamise seadmed 439
kõrgkuumutatud 598
kõrgkuumutatud (UHT) piim 599
kõrgmolekulaarsed alkoholid 533
kõrgpastöriseerimine 600
kõrgsageduslained 311
kõrgsageduslik elektriväli 300
kõrgsagedus 301

kõrgsurvepump 306
kõrgus 280
kõrgvererõhutõbi 80
koriander 182, 183
koriandriõli 183
koristusjärgne etüleenitootlus 163
koristusjärgne säilitamine 143
koristusjärgse säilivus 164
koristusküpsus 136, 183
korkkude 119
kõrrelised 187
kõrvalsaadused 321
kõrvetamine 671
kõrvits 140, 166, 178
kõrvitsalised 142
kottfilter 543
kovalentne side 331
Krebsi tsükkel 144, 378
kreegipuu 188
Kreeka jogurt 604
kreeka pähkel 180, 195
kriitilised kontrollpunktid (KKP) 31
kriitiline punkt 287
kristallhüdraadid 294
kristallid 293
kristallide teke 591
kristalliline jää 289
kristallilised ained 294
kristallisatsioon 279, 309, 518, 591
kristallisatsiooni tsenter 288
kristalliseerimine 55
kristalliseerumine 282, 283
kristalliseerumissoojus 281
kristallsuhkur 283, 589
kromoplast 113
kroom (Cr) 106
kroonlehed 133, 134
krüptimine 29
kruvipressid 569
kruvipump 424
ksantiinoksidaas 211
ksantofüll 212
ksüleem 121, 122, 124, 128
ksüleemirakud 130
ksülitool 147
ksüloos 147, 149
ksüloosijäägid 71

küberkuritegevus 28
küberriskid 29
kuivad herned 173
kuivaine sisaldus 300
kuivainesisaldus 297
kuivainesisalduse tõstmine 606
kuivaine 147, 299, 544
kuiv paneerimissegu 733
kuiv siider 539
kuivatamine 167, 285, 293, 300, 525, 579, 583, 691, 696
kuivatusagensi liikumiskiirus 301
kuivatusprotsess 592
kuivsilmsus 97
kuivsoolamine 699
kuivviljad 136
kukrud 137
kummiaraabik 149
külgjuured 128
külgpungad 130
külgvõsu 131
küljejooneelund 261
küllastamata rasvhapped 72, 75, 78, 181, 323, 325
küllastatud 327
küllastatud rasvhapped 73, 78, 181, 195, 197, 322
küllastumiskontsentratsioon 293
küllastunud suhkrulahus 591
küllastusaste 283
külm sade 536
külmladu 23
külmpressimime 181, 569
külmpressitud 564
külmumistäpp 621, 625
külmumistemperatuur 216, 289
külmutamine 167, 293, 310, 715
külmutatud jogurt 604
kulon 279
kultuurmikrofloora 553
kultuurpärmide 548, 552
kultuurpärmiga kääritamine 554
kummiaraabik 56, 71
kümosiin 332, 334, 337, 345
kunstkestad 686
kupaaž 516
kupaaživein 556
kupatamine 310
kupažeerimine 557

kuprad 137
küpsemine 159
küpsetamine 310, 446
küpsetuskaod ja jahutamiskaod 478
küpsised 350
küpsusaste 136
kurk 140, 142, 163, 166, 178
kustutatud lubi 188, 589, 591
kuterdamine 689
kutiikula 119, 132, 151, 225, 233
kutiin 119
kutter 688
kuum sade 530
kuumaveesõlm 436
küümos 71
kuumpressimine 181, 569
kuumpressitud 563
kuumtöötlemine 289
kuumtöötlus 537, 546, 548
kuumutamine 272, 273
kuumutamine ehk esimene suitsutamine 695
kuumuti 306
kuupmeeter 281
küüslauk 176, 178, 182
kvaliteet 21
kvaternaarnes struktuur 90
K-vitamiin 80, 98, 170, 173, 175, 177, 180, 183, 191

L

laap 345
laagerdama 690
laagerdamine 531, 533, 535, 690, 695
laagerdumine 531
laapensüüm 207, 614, 633, 634
lääts 171
LAB 362
läbikuumenemine 315
läbimõõt 281
läbivoolukraan 415, 417
Lactobacillus 362
Lactobacillus collinoides 546
Lactococcus 362
lager-õlu 535
laguviljad 137, 183
lahjad alkohoolsed joogid 519

lahjad joogid 515
lahkamine/rookimine 711
lahtise tekstuuriga 629
lahus 311
lahuse üleküllastumine 293
lahustusvõime 305
lahustuvad lämmastikühendid 545
lahustuvus 293
laiatarbesiider 550
laimid 189
lainepikkus 280
laius 280
lakmuspaber 545
laktaas 211, 333, 340
laktatsioon 217
laktatsiooniperiood 213, 214
laktilooliks 64
laktobatsillid 342, 345
laktoferriin 209
laktoflaviin 100, 212
laktoglobuliin 93
laktokokk 337, 345
laktoos 62, 64, 209, 217, 319, 346, 620
laktoosi hüdrolüüs 64
laktoperoksidaas 211
laktuloos 64
lamell- ehk siiberpump 424
laminaarne vool 289
lämmastikühendid 548, 551
L-askorbaat 101
Laskuv voolug 129
latebrast 228
lateks 124
latentne 282
lauavesi 516, 518
Lb. delbrueckii spp. *bulgaricus* 608, 609
LDL 81
lehelaba 132
lehemädanik 174
leherood 132
leheroots 132
lehetupp 132
leht 131
lehtsalat 144, 178
lehttill 185
leib 103

leivakoorik 352
leiva maht 447
leiva saagis 447, 479
leivataigen 352
leivatehnoloogia 447
leivavalmistamine 447
leiva vananemine 447, 479
Leloir'i metaboolne ahel 61
lenduvad ühendid 560
lenduvad rasvhapped 321
lenduvate ühendid 304
leotamine 589, 590
leotusvesi 524
letsitiin 79, 199, 202, 228, 335
letsitiinproteiinid 231
letsitineerima 665
Leuconostoc 342, 362
Leuconostoc mesenteroides 546
leukoplast 113
leutsiin 83, 84, 86
liblikõielised 172
ligaasid 333
lignifikatsioonid 156
ligniin 112, 149, 156
liha 103, 106, 237
lihaahel 18
lihaemulsioon 688, 689
lihahunt 688
lihakeha 237, 671
lihakehade kuivkorrastus 676
lihakehade poolitamine 675
lihakehade kupatamine 671
lihakvili 136, 138, 139
lihalõikus 681
liha marineerimine 292
lihamass 238
lihaskude 238, 241
lihatoidud 184
lihatooted 681
lihtdestillatsioon 302
liht- ja valikpagaritooted 445
lihtlipiid 72
lihtsuhkrud 53, 103, 523, 525, 526
lihtvalgud 88
liikumishulk 280
liimaine 70, 94, 149
liited 393
liitensüümid 332

liitkristallid 283
liitne rüüsvili 140
liitvalgud 88
liköörid 184, 515
lillkapsas 134, 142, 164, 166
limabakterid 334
limakoorikuga juustud 341, 345, 349
lima mikrofloora 345
lima produtseerivad bakterid 367
limatekitavad bakterid 633
limonaad 516
limonoidid 155
lina 180
linalool 184
linaseemneõli 563
lineaarkiirendus 280
lineaarsed vormid 54
linnapiimatooted 595
linnased 459, 526
linnasejahu 525, 526
linnaseoder 524
linnasesuhkur 63, 520
linnastamata tärklis 526
linnastamine 170, 522, 524
linnaste jahvatamine 523
linnaste kasvatamine 523
linnaste kulu 526
linnastumine 525
linnuliha 103, 237
linnumunad 334
linoleenhape 137, 181, 323
linoolhape 73, 137, 181, 184, 224
linttransportöör 408, 709
lipaas 159, 334, 339, 341
lipiidid 116, 150, 174, 177, 179, 183, 191, 194, 197, 322
lipiidide laguproduktid 72, 81
lipiidide oksüdatsioon 98
lipofiilne 79, 232, 284
lipoid 72
lipolüüs 151, 218, 320, 338, 339, 341, 343, 345, 347, 348, 349
lipolüüsi selektiivsust 341
lipolüütilised bakterid 365
lipolüütilised ensüümid 334
lipolüütiline valmimine 341
lipoproteiidlipaas 211, 332, 334
lipoproteiinid 81, 88

lipoproteiinne kile 285, 339
lisaained 681, 684
lisajuured 127, 131
lisandeid 681, 685, 689
lisandväärtus 16
lisarõhk 298
logistikakeskus 24
lõhn 310, 537
Lõhna- ja maitsetugevdajad 685
lõhnapalett 549
lõikamine 315
loodusannid 111
looduslikud mikroobid 538
loodusliku mineraalvesi 515
looduslik mikrofloora 552
looduslikud pärmirakud 552
loomasööt 176, 182, 560
loomne rasv 78, 151, 282
loomne toidutoore 105, 106
loomtolmlemine 134
lõssipulber 660, 662, 664, 665
lüaasid 333, 340
lubikoor 225
luks 281
lukssekund 281
lupuloon 522, 530
lüsiin 83, 84, 86, 103
lüsosoom 113, 116
lüsosüüm 334, 338
lüsotsüüm 211
luukude 98
luukoe tugevdamine 103
luukude 241, 244
luumen 281
luumensekund 281
luuvili 138, 140, 153, 253, 167
L-vorm 54

M

Maaelu Edendamise Sihtasutus 36
Maaeluministeerium 32
maapähkel 105, 152, 180
maapähkliõli 563
maapealsed muudendid 131
maapirn 148, 173, 176
määritavuse 283
maasikad 140, 153, 158, 167
madala rasvasisaldusega piim 596

madalmolekulaarsed rasvhapped 76, 81
madalmolekulaarsed happed 343
mage sõstar 192
magneesium 103, 104, 160, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197, 521
magnetvälja tihedus 280
magnetvoog 280
magusained 148
maguskirss 189
magustaja 63
magusus 64, 65
mahlad 139, 299, 328
mahlade selitamine 150
mahlajää 619
mahlajoogid 515, 518
mahlakontsentraadid 23, 192, 516
mahla koostis 548
mahla pH 591
mahlapress 553
mahla saagis 553
mahla selitamine 551
mahla tiheduse 550, 554
mahlatooted 139
mahtpumbad 422
mahtuvus 280
mahutid 391
Maillardi reaktsioon 59, 349, 350, 520, 529
mais 148, 166, 168, 187
maisisiirup 59
maisitärklis 351
maitse 310, 537
maitseained 138, 182, 681, 684, 689
maitseomadused 338
maitsesegud 183
maitsestatud kohupiimapasta 612
maitsetaim 185
maitsetugevdaja 63
maiustused 349
makroelemendid 103, 210
makrofiltreerimine 307
makromineraalained 102
makropeptiidid 349
makrotoitained 50, 295, 319, 327
Maksu- ja Tolliamet 36
maltaas 334, 340
maltoos 62, 63, 68, 147, 350, 449,

523, 526, 531, 533, 528, 560
maltoositalumatus 64
maltotrioos 68, 531, 533
Malus domestica 189
mandariin 138, 189
mandel 195
mangaan 105, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197
mangoviljad 163
maniokk 173
mannitool 147
mannoos 54, 61, 147
maohaavandid 180
maohape 104
margariin 150, 182, 281, 322
margariinitööstus 195
margariinitootmine 323
margisiidrid 550
märgistus 27
margivein 556
märgjahvatus 525
märg- ja segasoolamine 719
märgsoolamine 699
mari 136, 139
marinaad 186, 275
marineerimine 142
marjad 138, 147, 167, 192
marjakultuurid 140
märg suhkur 591
marjavein 194, 519
marmelaadikompvekid 503
masin 391
masinaelemendid 393
mass 273, 280
massaaser 701
masseerimine 701
massikadu 160
massiülekanne 305
massivahetus 300, 313
massivahetusprotsessid 273
matemaatilised mudelid 273
meesaadused 125
meetaim 193
meeter 280, 281
meeter kilogramm korda 280
meeter sekundi ruudu kohta 280
meeter sekundis 280
mehaaniline uimastamine 710

mehaanilisel uimastamine 668
mehhaaniline 313
mehhaanilised protsessid 273
melanoidid 538
melanoidiin 449
melass 188, 592
membraanfiltratsioon 606, 615
membraanpumbad 422
membraantehnoloogia 522
membraantehnoloogiline filtratsioon 521
menakinoon 98
menisk 291
meristeem 123
meristeemkude 117, 132
meristeemrakud 127
Merlot 556
mesi 621
mesilased 193
meski 526, 528, 559
meski destilleerimine 302
meski keetmine 559
meskimine 522, 523, 525, 526, 527, 528, 531, 532
mesofiilsed laktokid 342
mesofüll 120, 132
mesokarp 138
metabolism 370
metalli-ioonid 332
metalloproteiinid 88
metastabiilne 293
metastabiilsed olekud 288
metioniin 83, 84, 100, 104, 163, 224, 329
Metschnikowia 546
Metschnikowia pulcherrima 547
mets-õunapuu 189
metspähklid 196
metüülalkohol 69, 302, 324, 560
metüülester 69
metüülketoonid 342
metüülrühmad 149
Michaelise konstant 330
mikrobioloogilinele puhtus 521
mikrobioloogiline protsess 277, 285
mikrobioloogiline stabiliseerimine 557
mikroelemendid 102, 104, 210, 332
mikrofiltratsioon 631

mikrofiltreerimine 307
mikrofloora 543
mikrokokk 342, 345
mikrolainetega kuumutamine 304
mikromineraalained 102
mikroobid 336, 342, 357
mikroobide areng 50, 296
mikroobide elutegevus 295, 296
mikroobide kasv 522
mikroobide lipaasid 334
mikroobidevastane 194
mikroobikultuurid 336, 552
mikroobirakkude membraan 334
mikroobne toore 49
mikroobsed lipaasid 341
mikroorganismid 165, 357
mikroorganismid 546
mikrotoitained 50, 95
mikrovõitera 600
milligramm-ekvivalent 522
mineraalained 50, 102, 125, 135, 159, 174, 188, 194, 197, 210, 295, 518, 521, 531
mineraalsoolade hüdraatosa 296
mineraliseerutud vesi 515, 518
mistsell 205, 207, 576
mitokonder 113, 116, 144
mittekääritatavad suhkrud 531
mittekäärivad suhkrud 533
mitteklimakteerne hingamine 162, 164
mittepolaarne 294
mittestandardsed aminohapped 83
mittevalgulised lämmastikühendid 151
modifitseerimine 585
modifitseeritud tärklis 148, 175, 352
molaarne kontsentratsioon 280, 330
molekulaargastronoomia 41
molekulaargeneetika 115
molekulaarne aktiivsus 330
molekulaarne hapnik 276
molekulide polaarsus 293, 294
molekulide soojusliikumine 294
molekuli isomeer 334
molekulmass 340
molübdeen 106
monoatsüülglütseroolid 81, 320, 339

monoeenid 78
monoküllastatud rasvhapped 197
monoküllastumata rasvhapped 76
monomolekulaarne kattekiht 285
monosahhariidid 53, 147, 334
monosahhariidijäägid 55
monosahhariidid 209
mööduv karedus 521
mool 279
mool kuupmeetris 280
moos 191, 194
mõõteseadmed 278
mõõtühikud 279
mRNA 115
mudelid 278
müeliin 100
mügarbakterid 171
mugulad 114, 130, 148, 152, 161, 173
mugulate sundpuhkefaas 174
mugulviljad 67, 165, 173, 176, 182
muljumime 300
muna 223
munaahel 18
muna keemiline koostis 225
munakoor 223
munarebu 225, 227, 231
munavalge 225, 227, 231
müoglobiin 90
müosiinid 92
murdumisnäitaja 531
müristeenhape 184
mürkained 168
mürtseen 523, 530
must sõstar 192, 193
must teepuru 133
mustikad 130, 139, 140, 153, 163
must sõstar 193
mutarotatsioon 59, 61, 64
mutsiin 225
muundur 274, 277

N

naatrium 103, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 185, 191, 194
naatriumhüdroksiid 321
NAD 145
NADP 143

NADPH 143
naeris 128, 176
naftokinoon 80, 98
naha käsitsi nülgimine 672
naha mehaaniline nülgimine 672, 673
Na (naatrium) 104
närbumine 141, 150, 152, 159, 167
narmasjuurestik 128
natiivne lipaas 332
naturaalne struktuur 94
naturaalne karboniseerimine 555
naturaalne mikrofloora 556
naturaalne siider 541
neetliited 394
nektaarium 133, 134, 156
nektar 124
nektarinäärmed 124
neutraliseerimine 319, 579
niatsiin 100, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197
niinerakud 122, 129
niiskusesisaldus 170, 299, 659
nikkel 106, 322
nikotiinamiidadeniindinukleotiid 145
nikotiinamiid 100
nikotiinhape 100, 170
nisu 148, 158, 160, 169
nisuõlu 520, 535
nisuseeme 135
nisu 187
nivoopaak (ujukipaak) 428
njuuton 280
njuutonmeeter 280, 281
noaproov 614
noor veiniks 556
norarenaliin 102
nukleiinhapete oksüdatsioon 106
nukleotiidid 115
nurk 280
nurkkiirendus 280
nurkkiirus 280

O

oad 103
oblikhape 154
oder 169, 522

oder 149, 169
odralinnased 519, 522
odralinnaste meski 559
odraterade linnastamine 523
oksüdaasid 335
oksüdatiivne fosforüülimine 382
oksüdatiivne lagunemine 343
oksüdatsioon 80, 82, 102, 321, 324, 543
oksüdatsiooniprotsessid 338
oksüdatsioonireaktsioonid 295
oksüdoreduktaasid 333, 335, 336
oleiinhape 181, 184, 323, 341, 342
olekudiagramm 286, 287, 305
oligomeerne valk 88
oligopeptidaas 337
oligopeptiidid 87, 337, 344, 349
oligosahhariidid 52, 62, 66, 147
oliivid 150, 180, 563
oliiviõli 563
Olustvere Teenindus- ja Maamajanduskool 39
oom 281
operatsioon 42, 271. 393
opioidsed 124
optimaalne temperatuur 332
ordinaarsed veinid 556
orgaanilised happed 48, 49, 102, 125, 147, 153, 191, 194, 349, 516, 530, 541, 542, 545, 548, 555, 557, 590
orgaanilised lahustid 76
organellid 56, 94, 113
organogenees 117
organoleptiline 65
organoleptilised omadused 537
osaviljad 138
osmofiilsed bakterid 367
osmoos 298, 299
osmootne rõhk 216, 657
osoneerimine 521
osoon 164
otselogistika 24
otsene steriliseerimissüsteem 441
ovaflaviin 100, 228

P

päevalill 180
päevalilleõli 563
päevalilleseemned 136, 137, 152

pagaripärm 277, 548
pagaritoodete tehnoloogia 149
pagaritooted 70, 168, 171, 328, 349, 350
pahavara 29
pähklid 106, 136, 137, 150, 158, 182, 195
pähkliõli 198
pähklitäidisega kompvekid 500
pähklituumad 197
pähklivõi 197
pähkmepuu 195
pakend 537
pakendiseadus 27
paksendaja 56, 148, 685
palinka 558
palissaadkude 120
paljasvili 136, 139
paljateralised 169
paljunemisorganid 126
paljurealine oder 169
palmitiinhape 151, 184
pantoteenhapet 100, 170, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 551
papaia 189
parakaseiin 349
parasiittaimed 128
parenhüüm 120, 128, 353
parfüümid 184
päristuumsed 112
parkained 125
pärmid 342, 368, 521, 546, 549
pärmide elutegevus 531
pärmi juurdekasv 534
pärmi kogus 534
pärmikoguse piisavus 534
pärmikultuur 560
pärmimass 520
pärmipank 535
pärmirakk 532, 533, 536
pärmirakkude paljunemine 533
pärmirakkude sisaldus 534, 554
pärmisuspensioon 556
pärm- ja hallitusseened 367
pärmseened 146, 295, 334, 336, 348
paskal 280, 281
paskalsekund 281
pastörisaator-jahuti 544

pastöriseerimine 272, 310, 336, 339, 523, 537, 546, 548, 597, 607, 610, 612, 624, 648
P. camemberti 343
peajuur 128
peakäärimine 532, 532, 533, 534
peakäärimise suhkur 533
Pediococcus 362
peenestamine 310, 314, 559
peenestatud materjal 315
peenesti 544
peenestusaste 315
peenestusprotsessid 315
peenestusseadmed 542
peenestusviis 315
peenfiltratsioon 536
peet 128, 129, 149, 158, 160, 165, 176
pektiin 69, 138, 147, 149, 192, 541, 545, 546, 548, 590
pektiinained 49, 138, 139
pektiinesteraas 548, 554
pektiinhape 69
pektiini põhikarkass 70
pektiinisisaldus 191
pektinaasid 150
Penicillium 369
Penicillium camemberti 342
Penicillium roqueforti 342, 343
Pentoosfosfaadi rada 375
pentoosid 56, 147, 148
pentosaanid 70, 148
pepsiin 90, 94, 334, 340
peptidaasid 159, 334, 344, 345
peptiidahelad 87, 94, 319, 337
peptiidained 526
peptiidid 87, 94, 295, 337, 344, 531, 551
peptiidside 82, 87, 151, 329, 344
periood 280
peroksidaas 159, 211, 600
peroksiidiarv 327
peroksüdaas 545
peroksüradikaalid 325
perry 538
pesemistrummel 544
pesulahused 274
petersell 142, 144, 166, 178
pett 646, 650

pH 153, 283, 292, 336, 339, 545, 552, 555, 556

pH-meeter 545

pidev rasvafaas 284

pidev faasis 284, 311

pidevtoimega võimasin 651

pidevtoimelised destillaatorid 302

pidevtoimelised võimasinad 650

pidurdusained 635

pidurdusainete jäägid 22

pigmendid 157, 350

pihlakas 139, 140

pihustuskuivatus 663

piim 103, 104, 201

piimaahel 18

piima eeltöötlus 336

piimajäätis 619

piima kalgendamise 332

piimakivi 208

piimalehmade jõudlus 38

piimanäärmed 217

piima pindpinevus 215

piimarasv 202, 282, 285

piima säilivus 596

piimasooned 123

piimasuhkur 64

piimatooted 103, 328, 350

piima tsisternauto 402

piimavalk 204

piimavesi 311

piimhape 102, 146, 154, 209, 548, 555

piimhappe- e. homofermentatiivne käärimine 600

piimhappebakterid 295, 336, 338, 342, 345, 346, 347, 348, 362, 474, 540, 546, 548, 551, 555

piimhappeline käärimine 555

piimmahl 124

piimsuhkur 348

piiripind 298

piiritus 175, 535, 559

piirpinna suurus 339

pikaahelalised polüpeptiidid 349

pikkus 280

pindaktiivne kile 312

pindaktiivsed ained 215

pindala 281

pindpinevus 290, 291

pindpinevusjõud 291
pindpinevustegur 291
pingesignaal 274, 277
pinnakäärimine 520
pinnapärmid 535
pipar 182
piparmünt 255, 182
pirn 153, 163, 192
pirnimahl 538
pirnipuu 139, 188
pirnisiider 538
pistaatsia pähkel 195
pistoksad 194, 196
Pisum sativum 172
plaatjahutid 532
plaatsoojusvahetid 435
plasmiin 207, 211, 337, 345
plasmodesmid 113, 122
plastifitseeritud kalgend 341
plastifitseerumine 351
plastiidid 113
plastikpudeleid 518, 537
pleegitamine 564, 579, 582
pleegitamine vääveldioksiidiga 591
plokkliha 238
ploom 139, 163, 189
ploomipuu 188
ploomiviin 558
pneumaatiline 313
pneumotransport 412
põhikarkass 299
põhikude 118, 120, 124, 128, 132
põhiproduktide tekkebilanss 277
põhiprotsessid 43, 272, 523, 589, 591
põhjakäärimine 520
põhjapärmid 534
põhjaventiilid 306
pohl 130
polaarsed ühendid 304
polarimeetriline analüüs 54
põldoad 152
Polenske arv 203
Põllumajandusamet 33
Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet (PRIA) 35
põllumajandusloomade register 36
põllumajandustoetuste register 36
põllumassiivide register 36

polüfenooloksüdaas 545
polüfenoolsed ühendid 156, 531
polüküllastamata rasvhapped 76, 98, 99, 195, 197
polümeerne galaktaan 60
polümeersed toitainemolekulid 295
polümerisatsiooniaste 148
polümorfsus 283
polüoosid 66
polüpeptiidahelad 88
polüpeptiidid 87, 89
polüsahhariidid 49, 52, 66, 145, 295, 334
pomerantsvili 136, 138, 139, 150, 153
pookimine 196
poolestusaeg 330
poolhermeetiline 431, 432
poolkuiv 556
poolkuivad siidrid 539
poolläbilaskev membraan 298
poolmagus 556
pöördemoment 281
pöördosmoos 298, 307, 655, 660, 663
pööret sekundis 281
pöörlemiskiirus 281
pöörlemissagedus 281
poorne adsorbent 537
porgand 128, 129, 165, 176
portvein 519, 556, 557
postklimakteerne hingamine 151
PPP 375
PP-vitamiin 100
praadimine 310, 733
praadimisõli 563
praak 176, 560
praeliha 350
pralinee 197, 500
prebiootiline aine 69
press 543
pressimine 300, 565, 639, 651
pressimisjäägid 188
pressplaat 543
pressriie 543
primaarne struktuur 89
primaarsed metaboliidid 147
primaarstruktuur 94
pritsimine 690, 694

progesteroon 212
programmipakett EXCEL 278
prokarüoodid 112
prolaktiin 212
prolamiinid 93
proliin 83, 84, 85, 86
pro-oksüdant 105, 328
proovivõtusüsteem 403
propaantriool 76
Propionibacterium 364
propioonhape 81, 347
propioonhappebakterid 335, 345, 348, 364
propioonhappebakterite lipaasid 342
propioonhappeline käärimine 348
prosteetiline rühm 331
proteaasid 334, 451
proteiin 173
proteinaasid 344, 345
proteinogeensed aminohapped 84
proteolüüs 338, 345, 347, 348, 349, 525
proteolüütilised bakterid 365
proteolüütilised ensüümid 342, 344, 346, 451, 527
proteolüütilised reaktsioonid 334
proteoos-peptoonid 209
protsessid 42
provitamiin A 172
Provolone juust 341
pruulikojad 520
pruunistamata linnased 520
pruunistatud linnasejahu 520
PSE-liha 251
pseudokeratiinid 92
Pseudomonas spp. 343
psührotoofsed mikroobid 335, 343, 345
psührotroofsed bakterid 366
puaas 215
pudeliõlu 521
puhastusseparaatorid 429
puhkeseisund 189
puidurakud 122
puisteained 313
puitkiud 121
puittaimed 129
pulbi pressimine 556

pulp 176, 542, 553
pumat 502
pumbad 391
punalibled 106
punane liha 237
punane sõstar 140, 192, 193
punane vein 556
pundumine 351, 353
püranoos 58
püreed 191
purgiõlu 521
püridoksaal 100
püridoksamiin 100
püridoksiin 100, 197
pürolüüsi 302, 349
püroviinamarihape 145, 154
purustamine 315
purustid 543
püsikoed 118
püsiliited 393
puskariõlid 533, 540, 551, 557, 560
putuktolmlemine 134, 181
puuviljaahel 18
puuviljad 111, 142, 147, 158, 182, 189
puuviljakonservid 191
puuviljamahl 516
puuviljasuhkur 58

Q

Q-vitamiin 98

R

raadius 280
rääsunud 197
raba 529
raba eraldamine 531
rabarber 166, 178
radiaan 280
radiaani sekundi ruudu kohta 280
radiaani sekundis 280
radiatsioon 301
radikaalid 327
rafineerimata 564
rafineerimine 188, 579, 589
rafineeritud 565
rahvameditsiinis 168, 180, 184, 195
rakukest 112, 147, 528

rakumahl 113
rakumembraan 80, 112, 151, 337
rakupikenemine 118
rakuseinad 527
rakusisene seedimine 116
rakusisesed 336
rakuvaheruum 113
rakuvälised 336
ramnoos 149
räni 106
räniühendid 119
raps 152, 172, 180
rapsikook 182
rapsiõli 181, 563
rapsiseemned 181
rasv 48, 49, 147, 172, 185, 197, 279, 295, 319, 545
rasvade oksüdatsioon 319
rasvafraktsioon 620
rasvagloobuli membraan 202
rasvagloobuli membraani valk 209
rasvagloobul 202
rasva hüdrolüüs 324
rasvaineid 590
rasvained 150
rasva- ja puljongivalangud 689
rasvakristallid 282, 648
rasvakude 22
rasvakuulikesed 315, 334, 339
rasvamolekulide süntees 340
rasvane kohupiim 612
rasva satelliitained 80
rasvasegu võided 651
rasvaseparaatorid 429
rasvasisaldus 195
rasvaslahustuvad vitamiinid 72
rasvata kohupiim 612, 615
rasvata kuivaine 620
rasvatilgakesed 151
rasvatu piim 596
rasvhapete radikaalid 325
rasvhapete süntees 101
rasvhappeahelate 283
rasvhapped 49, 75, 295, 320, 343
rasvhappejäägid 335, 340
rasvkude 240, 244, 304
rasvlahustuvad vitamiinid 96
raud 105, 172, 175, 177, 179, 183,

186, 191, 194, 197, 328
ravimtaim 185
ravitoimelised mineraalveed 515
reaktandid 329
reaktiivtakistus 292
reaktor 306
reaktsioonianum 306
reaktsioonitsükkel 329
rebimine 315
rebu 223, 233, 334
rebutael 228
rebuväädid 228
redis 128, 144, 165, 176
redoksprotsessid 99
redoksreaktsioonid 105, 106
reduktaas 335
reduktaasiproov 335
reduktor 401
redutseerimine 536
re-esterifitseerimine 319, 324, 325
refraktomeetriline 531
regeneratiivsektsioon 435, 438
regenereerimine 435
regulaatorventiil 306
regulatiivsed toitained 49
Reicherti-Meissli arv 203
rektifitseeritud piiritus 560
renaturatsioon 91
rennhüdrotransportöörid 709
repressorid 115
reserveerima 217, 630
reservlipiidid 151
reservuaarmeetod 602
respiratoorne aktiivsus 165
respiratoorne koefitsient 160
retinool 80, 97, 186, 194, 197
retinoolhape 97
retrogradatsioon 354, 480
R-faktor 101
Rhodotorula 546
Ribes nigrum 193
riboflaviini 99, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197, 551
ribonukleaas 211
riboos 53, 56, 70, 147
ribosoom 94, 113, 115
ribuloosi 143
ricotta 629

Riesling 556
Rihmülekanne 398, 399
riis 103, 168
riisiõlu 520
riisitera 137
riputamine 702
riputamine raamidele 690
risoom 114, 129, 139, 131, 140, 148
ristand 180
ristõielised 180
ristsidemed 90
risttolmleja 176
RNA 56, 115
RNA-polümeraas 115
rohelised herned 142, 172
roheline õlu 535
roheline tee 133
rõhk 273, 281, 286, 293, 301
rohttaimed 129, 189
rõhu automaatseire 277
rõhu regulaatorventiil 306
rõigas 176
rõõsk koor 600, 601
roosuhkur 589
rootorpumbad 423
Roqueforti juust 343
RUBISCO 143
rukis 169
rukkileiva tehnoloogia 447
rukkiõlu 520
rukkis 149
rukkitera 137
rulltee 411, 709
rümbakaal 22
rumm 188, 558
rümp 238
rüps 180
ruumala 281
ruuminurk 281
rüüsvili 136, 139, 190, 192
ruutmeeter 281

S

saagikus 190
Sacchamomyces bayanus 547
Saccharomyces 520, 546
Saccharomyces bayanus 549
Saccharomyces cerevisiae 368

Saccharomyces serevisiae 535
Saccharomyces uvarum 534, 549
Saccharum officinarum 187
sadenemine 530
sadestumine 536
sagedus 281
sahharaas 63, 334
sahhariidid 52, 116, 296, 371
sahharolüütilised bakterid 366
sahharoos 59, 62, 147, 187, 191, 349, 531, 533, 545, 589, 590
saia valmistamine 447
säilimisaeg 165
säilitusained 685
säilitusjuur 128
säilituskaod 174
säilituskude 121, 122
säilituskudedesse 122
säilitussibul 158, 160
säilitustemperatuur 177
säilivusaeg 310
salat 103, 158, 166
salatilehed 142
salatiõlid 563
salatitaimed 157
salitsüülhape 163
salvei 155
sammasjuur 171
sammaskude 120, 132
sapihapped 80, 82, 102
sarapuupähkel 137, 158, 160, 180, 195
sarikalised õisikud 183
saturaatorid 591
saturatsioon 591
Sauvignon Blanc 556
S. carlsbergensis 534
seadmed 44
sedimentatsioon 67, 148, 321
seebid 184
seebikivi 321
seebistamine 321
seebistamisarv 203
seedeelundkond 260
seedeensüümid 334
seedekulgla 63
seedeprotsessid 47
seedetrakt 69, 71

seedimine 68, 149
seeduvus 353
seeme 138
seemnealge 117
seemned 135, 150, 152, 161, 165, 179, 180, 292
seemneõli 192
seemnetaimed 141
seemnete teke 133
seemnetill 185
seemnis 137
seeneniidistik 128
seened 105
seerumi albumiin 208
sega- e. heterofermentatiivne käärimine 600
segamine 311
segamise aste 313
segamise kvaliteet 313
segapneumoseade 414
segisti 694
segu homogeensus 313
seguproov 313
seire 278
seireandmed 273
seireandmete kogum 277
seiresüsteem 273, 276
sekund 279, 280
sekundaarne melass 592
sekundaarsed suhkrukristallid 592
sekundaarsed metaboliidid 123
sekundaarne saatumine 534
sekundaarne meristeem 117
sekundaarnet meristeemkude 141
sekundaarne struktuur 89
sekundaarsed metaboliidid 155
seleen 105, 175, 197
selektiivne ekstraktsioon 305
selektiivsus 303
selenometioniin 105
selenotsüsteiin 105
selitamine 529, 531
selitamise separaatorid 537
selitusseparaatorid 429, 531
sensoorne analüüs 42
sensoorsed omadused 217
seotud vesi 201, 296
separaator 306, 429
separaatorid–koorelahutajad 429

separaatori trummel 430
seriin 83, 85, 86
setitamine 304, 322, 529
settimine 535, 591
sfingofosfolipiidid 80
sibul 130, 148, 165, 176, 178, 182
sibulakand 130
sibulapealsed 144
sibulasoomused 130
sibulavars 142
sibulmugul 130
sibultaimed 131
sidekude 102, 239, 243
sidrun 138, 153, 155, 182, 189
sidrunhape 153, 154, 328
sidrunil 153
sidumine 690
Siemens [S] 275
sigisibul 131
signaali normaliseerimine 274
sigur 148
sihihallitusjuustud 341
siider 192, 515, 519, 538, 558
siidrilaadne jook 539
siidriõunad 541, 542
siidritehnoloogia 555
siidri valmimine 541
siidrivalmistamise põhiprotsess 539
siidrivalmistamise tehnoloogia 542
siimens 279
siimens meetri kohta 280
siirimine 681, 683
siirup 130, 148, 169, 175, 194, 333, 591, 592
siirupi keetmine 591
silotank 426
singivõrk 681, 686
sinihallitusjuust 341, 342
siseelundite eemaldamine 675
sisekest 138
sisetransport 406
sissemeskimine 527
sisu poorsus 449
sklerenhüüm 121
skleroproteiinid 91
slivovets 558
smuuti 194
sõel 544

sõelumine 566
soja 158, 160
sojaõli 563
sojauba 152, 180
sõklad 169
solaniin 175
Solanum tuberosum 173
solubiliseerumine 150
söödavalk 130
söögipeet 176
söögitoru sulgemine 672
soojus 307
soojusallikas 303
soojushulk 281, 288, 308, 532
soojusjuhtivus 281, 289, 298, 305
soojusjuhtivustegur 281
soojuskandjad 300
soojusläbikanne 315
soojusliikumine 307
soojuslikud protsessid 273, 289
soojuslik kuivatamine 300
soojusmahtuvus 281, 282, 292
soojussõkk 622
soojusülekanne 289
soojusvahetaja 293
soojusvaheti 306
soojusvahetusagensid 274, 275
soojusvahetussärk 426
soojusvoog 308
sool 104
soolaioonid 292
soolamine 275, 699
soolasisaldus 274, 336
soolestiku mikrofloora 71
soolestiku mikroobid 101
soolveejuust 341
soolvee kontsentratsioon 275, 292
soolvee pritsimine 700
soolvee pritsimine lihaskoesse 719
soolvees soolamine 699
soonetustamine 683
soonetustatud liha 238
sorbett 619
sorbitool 147
sorgo 168
sorteerimine 681, 683
sorteerimislaud 544
sõstrad 192

sõstravein 556
spargel 163, 166
spiraalkonveier 411
spontaanne lipolüüs 321
spoore moodustavad bakterid 365
Spumoni 619
srott 577
stabilisaatorid 56, 149, 192, 606, 621, 685
stafülokokid 342
standardiseerimine 631
standardiseerimissõlm 438
standardsed aminohapped 83
starter 474
startersuhkur 533
steariinhape 73, 184, 323
steradiaan 281
steriilne õhk 532
sterilisaatorid 439
steriliseerimine 310, 339
steroidid 102
steroolid 80, 151, 202
stoolon 130, 131
Streptococcus 362
Str. salivarius spp. *thermophilus* 608, 609
Str. Thermophilus 342
suberiin 119
sublimatsioon 293, 301
sublimatsioonkuivatus 185, 287, 301
substraat 329, 330, 339
sügoot 117, 141
suguhormoonid 80
suhkruhaigus 58
suhkrujääk 556
suhkrukääritajad 546
suhkrukristallid 592
suhkru kristallisatsioon 590
suhkrukultuurid 187
suhkru lisamine 554
suhkrumahl 589, 591
suhkrupeet 59, 63, 177, 178, 187, 589
suhkruroog 59, 63, 130, 178, 187, 558, 589
suhkrusiirup 516
suhkrusisaldus 147, 187, 531, 548, 553, 554, 556

suhkrustamine 526, 527, 528
suhkrustamise protsess 529
suhkrustuse aste 537
suhkrute karamelliseerimine 529
suhkrutolm 592
suhkrutooted 349
suhkrutööstus 178
suhkrutootmise tehnoloogia 590
suhkrutootmise üldskeem 589
suhkruvesi 592
suhkur 52, 127, 128, 130, 169, 170, 172, 177, 183, 188, 197, 294, 349, 353, 516, 544, 548
suitsemispunkt 586
suitsulihatooted 697
suitsutamine 691, 703, 735
suitsutamine ehk teine suitsutamine 696
suitsutatud 704
suitsutatud toiduained 312
suitsuvorstid 692
suktsiinhape 551, 555
sukulendid 121
sulamine 281, 284, 308, 309
sulamiskiirus 283
sulamissoojus 281
sulamistemperatuur 203, 286
sulatamine 717
sulfiidid 549, 550
sulgurklapp 418
sulgvili 137, 169, 195
sünerees 604, 607, 609
sünergistid 328
sünteesiks kasutatavad ained 48
süntetaasid 333
superkriitiline 305
superkriitiline CO_2 306
superkriitiline vedelik 287, 305
superkriitiline vesi 288
superkriitilise vedeliku tihedus 305
surim 714
suruõhk 417
survekalajuhtmed 709
survepneumoseade 413
süsihappegaasi 278, 518, 523, 533, 536, 544, 548, 551, 557, 560, 591
süsihappegaasi keskkond 537
süsihappejää 541, 560
süsinikdioksiid 710

süsivesik-amülaas-kompleks 448
süsivesikud 48, 49, 147, 168, 170, 172, 174, 176, 177, 179, 183, 185, 186, 191, 194, 195, 197, 295, 319
suspensioon 311, 534
suuaisting 538, 539, 555
suurkauplused 23
suurpakend 24
suviraps 180
suviviljad 169
Syrah 556

Š

šerbett 619
šerrit 519
šokolaad 106, 508
šrott 182

Ž

želatiinid 91
želeerimine 149

T

tabelarvutus 278
tagaosa 682
tagasilöögiklapp 419
tagasivooluklapid 415
taignak 447
taignamari 192
taigna segamine 446
tailiha 22
taimeanatoomia 112
taimeareng 141
taimede ainevahetus 143
taimehaigused 118
taimehormoonid 127
taimekasv 141
taimemorfoloogia 112
taimerakk 112
taimerasvad 151
taimetoitlased 47, 86, 197
taimevars 127
taimne toidutoore 104, 105, 106
taimsed hormoonid 524
taimseid rasvad 78
taimsed toiduõlid 563
taimsete rasvade tehnoloogia 304
täispiim 595
täispiimapulber 659, 660, 664

täispiimatooted 595
täisterad 104
takistus 281
taliõunad 191
taliraps 180
talivili 169
Tallinna Tehnikaülikool 39
tangensiaalne 529
tangud 168
tanniinid 124, 125, 156, 541, 542, 545, 548, 556
tanniinisisaldus 191
tapasaadused 681
tarbija 18
Tarbijakaitseamet 33, 35, 38
tarbimisküpsus 136, 142, 164, 190
tärklis 55, 64, 66, 127, 128, 130, 147, 148, 159, 165, 169, 173, 174, 175, 188, 295, 333, 448, 522, 525
tärklisegraanulid 352
tärklise hägu 529
tärklise kliisterdamine 559
tärklise kliisterdumine 527, 528
tärklisemolekulid 351, 526, 528
tärklisepiim 312
tärklise retrogradatsioon 353
tärklisesisaldus 174, 175
tärklise suhkrustamine 527, 559
tärklisetehnoloogia 350
tärklisetera 175, 312, 350, 353, 526, 527
tärklisetooted 169
tärklisevaru 67
tarkvara 273
tarnelepingud 20
tarnevõrgustikud 26
tarretis 194
Tartu Kutsehariduskeskus 39
tasakaalukontsentratsioon 341
tasanurk 280
tatar 168
tatratera 137
teepikkus 281
tehnilised õlid 180
tehnoloogiline skeem 271
tehnoloogiline suits 312
tehnoloogilised liinid 44, 271
tehnoloogilised tankid 426
tehnoloogiline liin 393

tehnoloogiline protsess 41, 393
tehnoloogiline üldskeem 44
tehnoloogilised seadmed 392
tekstuur 354
temperatuur 273, 278, 279, 281, 286, 293, 301, 307, 336, 339, 350, 351
temperatuuridünaamika 282, 283, 309
temperatuurikoefitsient 161
temperatuurirežiim 310
tera eelkuivatus 636
tera idanemine 524
teravili 105, 106, 111, 134, 136, 137, 142, 148, 149, 165, 168, 292, 521, 522, 558
teraviljaahel 18
teris 137, 169
termiline töötlemine 272, 309, 435, 691, 702
termiline töötlus 90
termilised protsessid 293
termiseerimine 631
termodünaamilised protsessid 281
termofiilsed 345
termokahanev kile 641
termoresistentsed amülaasid 528
termostaatmeetod 602
termotolerantsed bakterid 366
termotöötlus 349
ternespiim 214, 215, 217, 635
terpeenideks 155
terpenoidid 124
tertsiaarne struktuur 90
Terviseamet 33
Tervisekaitseinspektsioon 35
Tervisekaitse laboratooriumid 35
terviserisk 518
tesla 280
tiamiini 99, 170, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197
tigu 401
tigupress 569
tiguratas 401
tigutransportöör 410
tiguülekanne 398, 400
tihedus 281, 312, 555
tiibviljad 137
tiitritav happesus 213, 556
till 166, 182, 184

tilliekstraktid 186
tilliõli 186
tipmised meristeemid 118
tipupung 130
toiduaine 13, 271, 287, 293, 324, 345
toiduainete fermentatsioon 336
toiduainetööstus 26, 42
toidufüüsika 41
toiduga kokkupuutumiseks ettenähtud materjalid (TKM) 32
toidu hindamine 42
toidujää 619
toidukeemia 41, 47, 294
toidulisand 65
toidumaatriks 48, 292
toidu mikrobioloogia 41
toidu ohutus 30
toiduohutus 26, 42, 125, 285
toiduõli 150, 180, 184, 195, 321
toidupakendus 42
toidupiiritus 558
toidurasva 284
toidurasvmäärded 182
toiduratsioon 152
toidu säilivus 42
toiduseadus 30
toidutaimed 111
toidutärklis 351
toiduteadus 40, 41
toidutehnika 41
toidutoore 134,287, 293, 324, 345
toidu tooteahel 14, 42, 111
toidu tootearendus 42
toiduvaldkond 14
toiduvärvid 96, 100, 516
toit 13
toitained 13, 47, 49, 144, 336
toitainete sisaldus 168
toitainevaru 130
toitekude 119
toiteväärtus 190, 195
toitumisteadus 41, 47
tokaj 557
tokoferool 80, 98, 197, 327
toksilised raskemetallid 102
tolmeldajad 134
tolmlemine 133
tolmukad 133, 134

tolmukaniit 133
tolmukapea 133
tomat 140, 142, 158, 160, 163, 166, 178
tomatipastad 178
tõmbjuured 128
toniseerivad lisandid 516
töö 281
töömasinad 392
toomingas 139, 140
toormepartii 21
toorpiim 336, 595
toorsiider 550
toorsuhkur 188, 589
toortärklis 68
tooteahela alusfunktsioonid 19
tootearendus 42
tootegrupid 43
tootmishügieen 534
tootmisprotsess 393
topsijogurt 604
tõrud 137
torukolmikud 415
Torulopsis 546
torupõlved 415
torusoojusvahetid 439
torustik 391, 414
tõusev vool 129
traditsiooniline laap 341
traditsiooniline mahlapress 543
traditsiooniline õlletootmine 523
trahheerakud 122, 123
transaminaasid 349
transferaasid 333, 336
transgeensed taimed 164
trans-isomeerid 74
trans-konfiguratsioon 323
transkriptsioon 94, 115
trans-oleiinhape 73, 74
transpiratsioon 132
transpordiseadmed 392
trans-positsioonis 54
treoniin 83, 84
triatsüülglütserool 76, 151, 282, 320, 324, 327, 339, 342, 563
trieenid 78
trikarboksüülhappe (TCA) tsükkel 378
tripeptidaas 337

tripeptiid 87, 344
tRNA 115
trummelriiv 543
trüpsiin 334
trüptofaan 83, 84, 86
tselluloos 55, 66, 70, 112, 147, 149, 188
tsentraalvakuool 113
tsentrifugaaljõud 543
tsentrifugaalpumbad 420
tsentrifuug 591
tsentrifuugimine 67, 300, 322, 550, 566, 570
tseruloplasmiin 209
tsink 105, 172, 175, 177, 179, 183, 186, 191, 194, 197
tsirkulatsioon 313
tsisternauto 19
tsitraaditsükkel 378
tsitruselised 163
tsitrusvili 138
tsüaanglükosiid 192
tsüanobakterid 112
tsükkeltoimega võimasin 650
tsükkeltoimeline destillaator 303
tsükkeltoimelises masin 650
tsüklilised vormid 54
tsüklilised suhkrud 147
tsüklitool 147
tsüklon 566
tsüsteiin 83, 84, 85, 104, 224, 329
tsüsteiinijääk 90
tsüstiin 104
tsütaasid 524
tsütidiinfosfaat 115
tsütokiniin 127
tsütolüütilised ensüümid 524, 527, 528
tsütoplasma 113, 115
tsütoplasmavõrgustik 144
tsütosoom 113
tugikude 121
tugitaimed 172
tükeldumine 446
tülakoidid 143
tulemüür 29
tüll 484
tumbleerimine 701
tumbler 701

tume õlu 526
tümidiinfosfaat 115
tupplehed 133, 134, 138
turbeprogrammid 29
turbulentne vool 289
turgor 113, 150
türoksiin 212
türosiin 83, 84, 85
tuulamine 566, 567
tuultolmlemine 134, 196
tuum 113
tuumake 113, 116
tuumavedelik 114

U

uba 152
ubikinoon 98
UHT 441
UHT-töödeldud piim 598
UHT-Ultra High Temperature 595
uimastamine 249, 667, 710
Uimastamine suure kontsentratsiooniga süsinikdioksiidiga 668
uimastamiskoht 668
uimastamine/surmamine elektriliselt 710
uimed 258
ujupõis 260
ultrafiltratsiooni seadmed 536
ultrafiltreerimine 307
ultraheli 313
ultraheli kuivatus 301
ultrahelitöötlus 90
ultramikroelemendid 102
ultramikromineraalained 106
ultraviolettkiirtega kiiritamine 521
ultraviolettvalgus 90
uridiinfosfaat 115
uriinieritus 195
urvad 196
uurea tsükkel 84

V

vaakum 312
vaakumaparaat 591
vaakumaurutus 655
vaakumdestillatsioon 302
vaakumpumbad 709

väänel 131
vaarikas 138, 140, 153, 163, 167
väävel 103, 104
vääveldioksiid 547, 548, 550, 552, 554, 556
vääveldioksiid antiosküdandina 549
vääveldioksiidi kontsentratsioon 549
väävlishape 591
vabad rasvhapped 81, 321, 327, 334, 339, 340, 343, 344
vaba vesi 201, 296
vabad radikaalid 102
vabad rasvhapped 77
vadak 299
vadakupulber 65, 660, 663
vadakuvalgud 204, 206, 207
vadakuvalkude denatureerumine 607
vahakiht 120
vahamaisi tärklis 351
vahatärklis 148
vahekest 138
vahelduvvool 292
vahemahuti 537
vahemeristeem 118
väherasvane kohupiim 612
vähirisk 180
vähivastane 194
vaht 231, 311, 312
vahtramahl 126
vahukoor 312
vahu püsivus 537
vahustamine 69, 310
vahuveinid 539, 550
vaigud 522
vaigufraktsioon 530
väike filterpress 543
väikepakendus 24
vakuoolid 113, 123, 127
valgehallitusjuustud 342
valge peakapsas 178
valge sinep 172
valge sõstar 193
valge vein 556
valgud 48, 49, 82, 87, 88, 147, 151, 168, 170, 171, 172, 174, 177, 179, 183, 185, 188, 191, 194, 197, 295, 319, 344, 522, 523, 536, 590

valgulised lämmastikühendid 531
valgulised ühendid 545
valgu lõhustumine 527
valguloome 94, 116
valgusade 589
valgusenergia 143
valgushulk 281
valgussäritus 281
valgustatus 281
valgustugevus 281
valgustustihedus 281
valgusvoog 281
valguvajadus 95
valiin 83, 84, 86, 103
väljameskimine 527
väljutusklapp 535
valkainete varu 152
valk-proteaaskompleks 451
valkude lõhustumine 346
valmimine 272, 336, 533, 535, 558
valmimisprotsesside 347
valmitama 217, 630
valmitamine 624, 648
valtsveskid 525
vanaadium 106
Van der Waalsi interaktsioonid 291
Van der Waalsi jõud 51, 289
varrastamine 737
varremugul 131
vars 129
varuained 121, 127, 176, 179
varumisring 20
varusuhkur 122
varuvalk 525
värvained 128, 157, 538, 590
värvainete redutseerimine 591
värvus 310, 537
värvuse hindamine 538
värvuse stabiliseerumine 691
vasikalaap 332
vask 106, 175, 186, 191, 194, 197, 328
vastastikune induktiivsus 281
vastuvõtuseadmed 391
vatt 281
vatt meetri ja kelvini kohta 281
vatt ruutmeetri kohta 280
vedelad toiduained 297

vedeliku faas 312
vedel paneerimissegu 733
vee agregaatolekud 285
vee aktiivsus 292, 296, 655, 659
vee aurumissoojus 288
veeber 280
vee jäätumine 289
vee karedus 526
vee keemistemperatuur 286
vee kolmikpunkt 287
veeldumine 308
veemolekuli klastrid 51
vee olekud 286
vee osarõhk 301
veesäilituskude 121
veesidumisvõime 52, 353, 354, 689, 701
veeslahustuvad vitamiinid 96, 99
vee soojusmahtuvus 289
vee superkriitiline olek 287
vee tihedus 289
vegetatiivne 126, 130, 141
vegetatiivsed organid 126
vein 156, 515, 519, 535
veinimahl 556
veinipärm 554
veinipärmi puhaskultuur 549
veinitehnoloogial 555
veinitüüp 556
ventiilid 415
verdoflaviin 100
vere hüübimine 92
veretustamine 670
vesinikioonide kontsentratsioon 292
vesinikkarbonaatioonid 526
vesinikperoksiid 159
vesiniksidemed 51, 52, 71, 88, 89, 286, 288, 290, 293, 294, 331, 351
vesinikukandja 143
vesinikülihapend 276, 335
vesi-õlis emulsioon 645, 646
vesirõngaspump 421
vesivann 303
Veterinaar- ja Toiduamet 28, 31, 33, 34, 36
veterinaar- ja toidulaboratoorium 35
vetikad 149

vibratsioon 313
viigimarjad 189
viilutamine 310
viilutus 589
viin 301, 515, 558
viinamari 139, 147, 153, 163, 167, 556
viinamarjade kestad 556
viinamarjamahl 555
viinamarjasordid 556
viinamarjasuhkur 56, 143, 544
viinamarjavein 558
viinamarjaviin 558
viinapuu 188
viirusetõrje programmid 30
vili 135
vilikond 136
viljad 126, 134, 180
viljakest 134
viljaliha 134, 138
viljaliha segment 139
viljaluu 139
viljapead 169
viljapuud 188
viljapuu õis 134
viljastumine 133
viljavars 138
villimine 523, 536, 537, 539
vinteriseerimine 579, 582
vinteriseeritud 564
virde eraldamine 523
virde filtreerimine 523, 527
virde hägusus 534
virde hapnikusisaldus 532
virde järelkeetmine 531
virde käärimine 532
virde kääritamine 523
virde keetmine 523
virde kuivainesisaldus 530, 531
virre 526, 529, 559
virsik 163, 189
viski 125, 301, 515, 558
viskoossus 81, 215, 287, 305, 312, 352, 520, 531, 537
vitameer 95, 99, 101
vitameeriaks 95
vitamiin 49, 95, 128, 194, 211, 295, 331, 516, 531, 551
vitamiinide prekursorid 95

vitaminoid 96, 98
vitelliinmembraan 227
või 292, 646, 651
võiderasvad 645
võihape 340, 347
võihappebakterid 365
võihappeline käärimine 348
võimsus 281
võipiim 646
võitoodete homogeniseerimine 283
või valmistamine 647
või valmistamine kõrgrasvasisaldusega koore struktuuri muutmise teel 646
volt meetri kohta 279
voolikpumbad 424
vooluliinid 393
voolutihedus 281
voolutugevus 279
võõrmikrofloora 532, 534
vorm 310
vormimine 310, 446, 701
vorstid 148
vorstikestad 681, 686, 690
vorstisegu 690
võsuastel 131
võsu 130
VTA 31
vürtsid 183, 313

Õ

õhuhapnik 547
õhukese maitsega õlu 528
õhukude 121
õhulämmastik 171, 187
õhulõhed 132
õied 126
õiekobarad 193
õiekroon 133
õiepõhi 124, 133, 134, 138
õieragu 133
õietolmu allergia 192
õis 133
õisik 133, 136
õistaimed 111
õlikaalikas 180
õlikultuurid 111, 158, 165, 180
õlikultuuride ahel 18
õlipalm 180

õlitaimed 178
õli-vees emulsioon 646
õlle filtreerimine 523, 529
õlle järeltöötlus 536
õlle kvaliteey 521
õlle laagerdamine 523
õllelinnased 170
õlleoder 170, 521, 522
õllepruulimine 524
õlleraba 529
õlle säilimine 522
õlletoore 22, 521
õllevaadid 537
õllevaht 312, 531
õllevahu moodustamine 522
õlle valmimise aste 534
õllevirde koostis 528
õllevirre 64, 519, 525, 526
õlu 515, 519, 558
õun 138, 147, 153, 163, 192, 538
õunaäädikas 192
õuna-kase allergia 192
õunamahl 192, 519, 538, 553
õunamahla koostis 544
õunamahla pH 553
õunamahla pressimine 542
õunapuu 139
õunaseemned 192
õunasüda 190
õunavalk 192
õunavein 192, 556
õunaviin 192, 558
õuna-virsiku allergia 192
õunhape 153, 154, 191, 545, 546, 548, 551, 555
õunhappe dekarboksüleerimine 548
õunhappe käärimine 540
õunvili 138, 139, 140

Ä

äädikhape 154, 547
äädikhappebakterid 363

Ü

üheidulehelised taimed 129
ühendusmuhvid 415
üldfüüsikalistest näitajad 290
üldine pindala 314

üldkaredus 521
üldseadmed 391
ülejahutamine 716
ülekandemehhanism 398
ülekriitiline vesi 305
ülekriitilised vedelikud 305
ülekriitiline süsihappegaas 305
üleküllastatud aur 288
üleküllastumine 283
ülekuterdamine 689
ülerõhk 286
ülerõhu ventiilid 535
ülessulatamine 293
ülevalmimine 167
ümberesterifitseerimine 82, 324
ümberesterifitseerumine 343

Y

Yang’i biokeemiline tsükkel 163