M. KAZANSKI
M. KOVALENKO
A. VOROBJOV
A. GRIŠTŠENKO

PIIMA JA PIIMATOODETE TEHNOLOOGIA



A-27101

M. KAZANSKI, M. KOVALENKO,
A. VOROBJOV, A. GRIŠTŠENKO

UDK 637.1/.3(0785.5).

PIIMA JA PIIMATOODETE TEHNOLOOGIA

VNFSV Kõrgema ja Kesk-eriharidu se Ministeeriumi poolt lubatud kasutada toiduainete tööstuse kõrgemate koolide tehnoloogiliste erialade õpikuna 19. XI 1959. a.

EESTI NSV RAHVAMAJANDUSE NÕUKOGU
TEHNILISE INFORMATSIOONI KESKBÜROO
TALLINN 1965

Originaali tiitel:
М. М. КАЗАНСКИЙ, М. С. КОВАЛЕНКО, А. И. ВОРОБЬЕВ,
А. Д. ГРИЩЕНКО
ТЕХНОЛОГИЯ МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ
Пищепромиздат. Москва — 1960
Спецредактор С. Ф. Кивенко

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
65040

ARHIIVKOGU

Raamatus on antud piima, hapupiimatoodete, jäätise, piimakonservide, või, juustu, kaseiini ja vadaku töötlemise tehnoloogia kirjeldus.

On toodud andmeid piima ja piimatoodete koostise kohta ja esitatud tootmise teoreetilised alused. Samuti on käsitletud piima ja piimatoodete konserveerimise (aurutamisega, kuivatamisega, suhkruga ja steriliseerimisega) aluseid.

Raamat on koostatud kooskõlas piimatööstuse kõrgemate koolide kursuse õppekavaga.

Raamatu I osa «Piim ja selle ettevalmistamine töötlemiseks. Juuretise valmistamine» tõlkis Liha- ja Piimatööstuse Kesklaboratooriumi vanem teaduslik töötaja M. Aaremäe; II osa «Täispiima, hapupiima ja jäätise tehnoloogia» Tartu PTK vaneminsener K. Rand; III osa «Piimakonservide tehnoloogia» insenertehnoloog E. Orasmäe ja V. Leosk; IV osa «Või tehnoloogia» agronoom A. Speek; V osa «Juustu ja kaseiini tehnoloogia» insenertehnoloog A. Ümarik (kaseiini tehnoloogia tõlkis K. Rand).

SISSEJUHATUS

Inimene kasutab piima iidsest ajast alates.

Arheoloogiliste uurimistega Kesk-Aasias ja Ukrainas on kindlaks tehtud, et juba 5000—8000 aastat enne meie ajaarvamist olid kodustatud metsikud ürgveised, keda inimene kasutas mitte ainult tööloomadena, vaid ka piimakarjana.

Meie kodumaa territooriumil toodeti piimasaadusi juba igivanal ajal. Juba sküüdid valmistasid võid, kumõssi, hapujuustu ja muid piimasaadusi.

Koos kaubavahetuse laienemisega tekib Venemaal kaubandusliku tähtsusega piimamajandus ja ilmub ettevõtteid, kus valmistatakse piimatooteid.

Esimene juustutööstus ehitati Lotošino külas Tveri kubermangus 1795. a. Varsti seejärel lasti käiku veel mõned tööstused. Esimesed piimatööstused linnades tekkisid 1860.—1869. a. Ööpäevane läbilaskevõime ei ületanud neil 120 tonni. Esimene kondenseeritud piima tootmise tööstus ehitati 1881. a. Orenburgi lähedal. Siiski oli piimatööstus reformide-eelsel ja reformideaegsel Venemaal algelises seisukorras. Alles möödunud sajandi 90. aastatel hakkas linnade kasvu, raudteede ehitamise ja võitööstuses separaatori juurutamise tulemusena arenema piima ja või tootmine (iseäranis Siberis). 1913. a. valmistati tööstuslikult (välja arvatud kodus valmistamine) juba 104 000 tonni võid, 7800 tonni juustu.[1]

Esimene maailmasõda ja kodusõda viisid piimatoodete valmistamise järsule vähendamisele. Nõukogude võimu võiduga algas rahvamajanduse harude, sealhulgas ka piimatööstuse taastamine ja edasiarendamine. Taastati, rekonstrueeriti ja ehitati uuesti suur hulk tööstusi. Juba 1940. a. valmistati võid (välja arvatud kodune valmistamine) kaks korda rohkem kui 1913. a., nimelt 226 000 tonni.[2]

---

[1] В. П. Зотов, Пищевая промышленность Советского Союза, Пищепромиздат, 1958.

[2] Народное хозяйство СССР, Статистический сборник, Госстатиздат, 1956.

Suur Isamaasõda (1941—1945. a.) tekitas Nõukogude Liidu rahvamajandusele palju kahju; õige tugevasti kannatas ka piimatööstus. Sõjajärgsetel aastatel on saavutatud suurt edu piimatööstuse toorainebaasi arendamisel. See võimaldas tunduvalt suurendada piimatoodete valmistamist. Nii toodeti 1958. aastal täispiima 3,2 korda, võid 3 korda, juustu 3,5 korda, kondenseeritud piima 4 korda ja piimapulbrit 10 korda rohkem kui 1940. a.

Vastavalt NSV Liidu rahvamajanduse arendamise seitsme aasta plaanile peab aastail 1959—1965 tunduvalt suurenema lehmade arv, väljalüps peab aga kolhoosides viidama 2600 kg-ni aastas. See võimaldab veelgi suurendada piimatoodete valmistamist. Nii tuleb 1965. a. täispiimatooteid (ümberarvestatult piimale) valmistada 13,5 miljonit tonni, s. o. 223% 1958. aasta toodangust, võid (riiklikest tooraineressurssidest) 1 006 000 tonni, s. o. 158%, võrreldes või valmistamisega 1958. aastal.[1]

Säärase ülesande lahendamiseks on vaja tootmisprotsessid mehhaniseerida ja automatiseerida. Seoses sellega on 1959.—1965. aasta plaanis ette nähtud juurutada piimatööstuse ettevõtteis täiuslikumaid ja mitmekesisemaid soojusjõuseadmeid, külmutusseadmeid ning tehnoloogilisi seadmeid: suure võimsusega pastörisaatoreid, jahuteid, homogenisaatoreid, separaatoreid, villimis- ning korkimisagregaate, vooluliine või valmistamiseks, juustuvalmistusmasinaid, vibraatoreid vadaku eraldamiseks, pneumaatilisi presse, pideva tegevusega aurutamisaparaate jne.

Tootmistehnoloogia ja -tehnika püsiv täiustamine nõuab piimatööstusele kõrge kvalifikatsiooniga spetsialistide ettevalmistamist.

Raamat aitab õppijatel saada teadmisi, mis on vajalikud õigete, teaduslikult põhjendatud tootmisprotsesside organiseerimiseks.

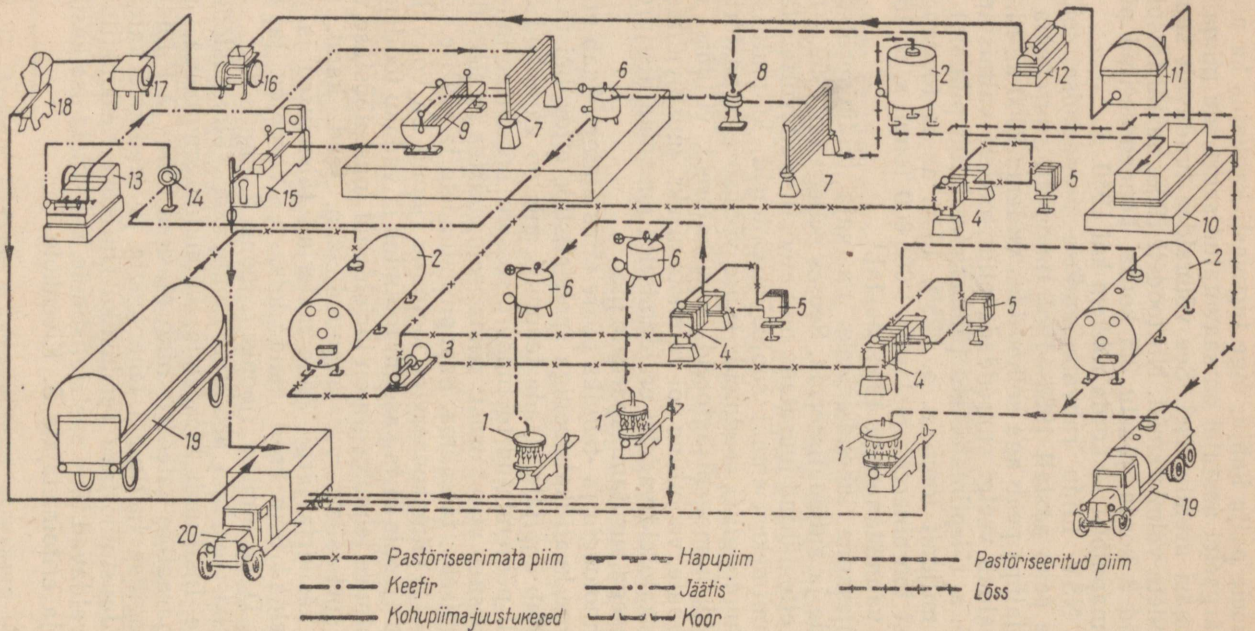
Raamat koosneb viiest osast: piima iseloomustus ja ettevalmistamine töötlemiseks; täispiima, hapupiimatoodete ja jäätise tehnoloogia (joonis 1), piimakonservide tootmine (joonis 2), või valmistamine, juustu (joonis 3) ja kaseiini tootmine ja vadaku töötlemine.

Juustu tootmise tehnoloogia on kirjeldatud juustutööstuse valdkonna suure spetsialisti, varalahkunud tehn. tead. kand. dots. A. Koroljovi käsikirja järgi. Selle materjali täiendused ja muudatused on teinud tehn. tead. kand. dots. A. Vorobjov ja tehn. tead. dr. prof. D. Grannikov (joonis 1, joonis 2, joonis 3).

Õpiku käsikiri on läbi arutatud Leningradi Külmutustööstuse Tehnoloogilise Instituudi biokeemia, külmutustehnoloogia, -protsesside ja -aparaatide kateedris ning Moskva Liha- ja Piimatööstuse Tehnoloogilise Instituudi tehnoloogia ja seadmete kateedris ning Või- ja Juustutööstuse Teadusliku Uurimise Keskinstituudis.

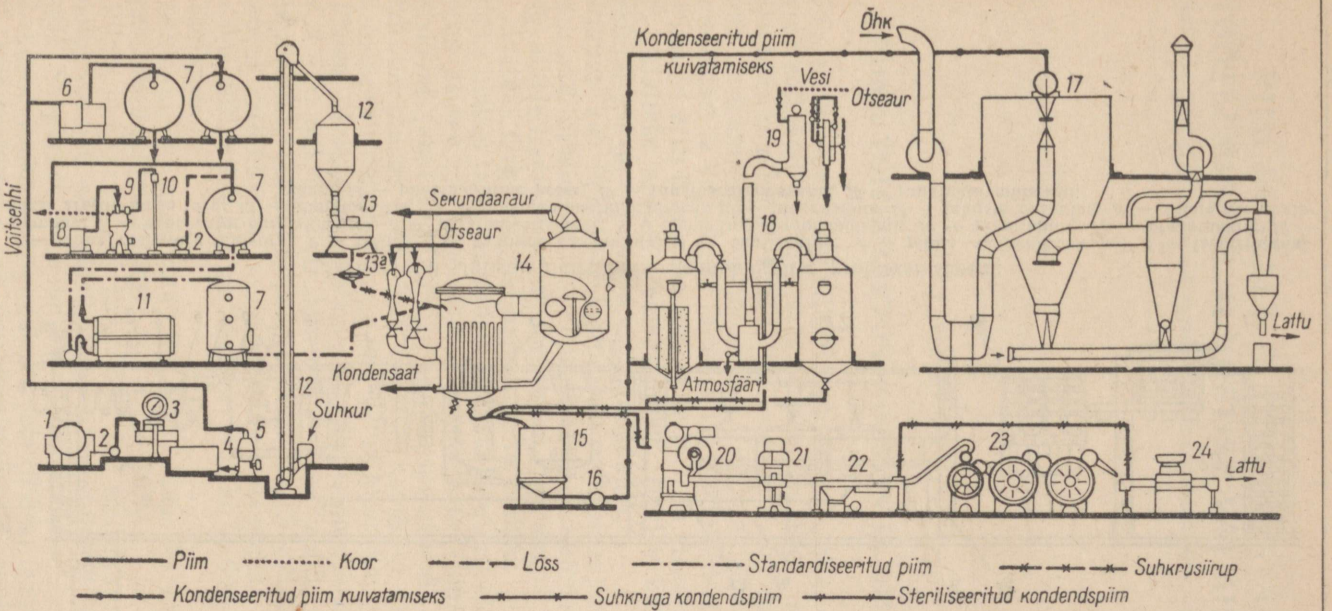
Autorid avaldavad tänu spetsialistidele, kes võtsid osa käsikirja arutlemisest ja eritoimetajale S. Kivenkole.

[1] NSV Liidu rahvamajanduse arendamise kontrollarvud aastaiks 1959—1965 Tallinn 1959.



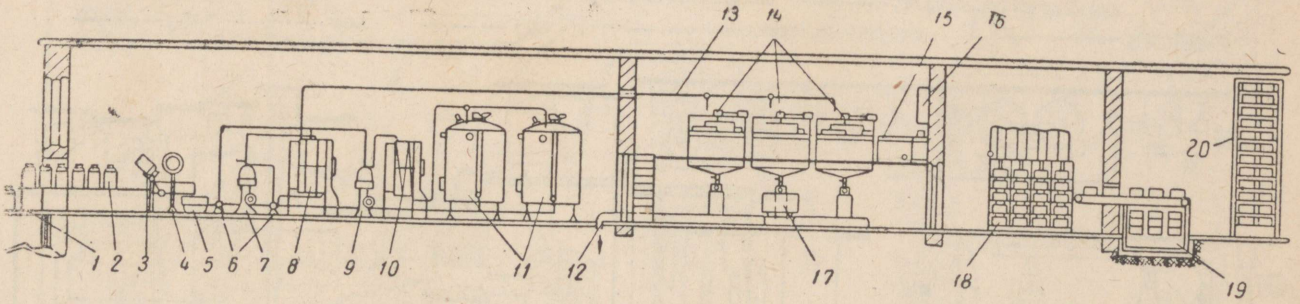
Joonis 1. Linna-piimatööstuse tehnoloogilise protsessi skeem:

1 — villimis- ja korkimisautomaat; *2* — tankid; *3* — pump; *4* — plaataparaadid; *5* — filtrid; *6* — ВДП; *7* — jahutid; *8* — separaator; *9* — koorevann; *10* — kohupiimavann; *11* — tsentrifuug; *12* — Loktjuhhovi jahuti; *13* — homogenisaator; *14* — filtrid; *15* — friiser; *16* — kaanetamismasin; *17* — kohupiimasegisti; *19* — tsisternid; *20* — autorefrigeraator.



Joonis 2. Piimakonservide tootmise tehnoloogiline skeem:

1 — tsistern; *2* — tsentrifugaalpumbad; *3* — vastuvõtukaalud; *4* — vastuvõtuvann; *5* — tsentrifugaal-piimapuhasti; *6* — plaatjahuti; *7* — piimatankid; *8* — eelsoojendi; *9* — separaator; *10* — lõssijahuti; *11* — torujahuti; *12* — suhkrulaadimisseade; *13* — siirupikeetmiskatel; *13a* — siirupifilter; *14* — vaakuumaurutusaparaat; *15* — kondenseeritud piima vahepaak; *16* — rotatsioonpump; *17* — pihustikuivati; *18* — vaakuumkristallisaator; *19* — baromeetriline segistikondensaator; *20* — villimismasin; *21* — kaanetamismasin; *22* — purgipesemismasin; *23* — sterilisaator; *24* — etikettimismasin.



Joonis 3. Juustuvalmistamise tehnoloogilise protsessi skeem:

1 — piima vastuvõtu platvorm; *2* — rulltee; *3* — kannude kummutaja; *4* — osutikaalud; *5* — piima vastuvõtu vann; *6* — tsentrifugaal-pumbad; *7* — separaator-normalisaator; *8* — plaatpastõrisaator; *9* — tsentrifugaal-piimapuhasti; *10* — plaatjahuti; *11* — piimatankid; *12* — lõssi ärajuhtimise toru; *13* — piimatorustik; *14* — juustuvalmistusseadmed; *15* — juuretisnõu; *16* — lahuste dosaator; *17* — liikuv vormimis-vann; *18* — pneumaatiline press; *19* — juustusoolamisvann; *20* — juustukuivamisriiul.

I OSA

PIIM JA SELLE ETTEVALMISTAMINE TÖÖTLEMISEKS. JUURETISE VALMISTAMINE

1. PEATÜKK

PIIMA TOITEVÄÄRTUS, KOOSTIS JA OMADUSED

Piima füüsikalis-keemilised omadused, toite- ja bioloogiline väärtus sõltuvad rasva-, valgu-, piimasuhkru-, mineraalaine- ja veesisaldusest ning ka lipoididest, orgaanilistest hapetest, vitamiinidest, fermentidest, hormoonidest, immuunkehadest, gaasidest, pigmentidest ja valkainete lagunemise produktidest.

Piim on eriti hinnaline toiduaine, sest ta sisaldab kõiki inimese eluks vajalikke aineid. Pealegi tegi I. Pavlov kindlaks, et piima omastamiseks on vaja väga vähe maomahla.

Piimas kui füüsikalis-kolloidses polüdispersses süsteemis on lahustunud aineid, mille dispersioonikeskkonnaks on vesi, kuid nende ainete lahused ise moodustavad samasuguse keskkonna teistele ainetele. Orgaanilised happed, piimasuhkur ja soolad on ioniseeritud olekus ja molekulidena; pikaks veninud ellipsoidsete kerakestena esinev rasv moodustab jahutamata (lüpsisoojas) piimas emulsiooni, jahutatud piimas aga suspensiooni. Rasvakerakesed paiknevad piimas 9,05—9,26 mikroni kaugusel üksteisest, koores aga, olenevalt rasvasusest, 4,98—2,5 mikroni kaugusel.

Piima üksikute komponentide dispersiooniaste on järgmine: rasv 1—20 mikronit (keskmiselt 2—3 mikronit), kaseiin — 100 millimikronit, albumiin ja globuliin 5—15 millimikronit, piimasuhkur 1 millimikron, mineraalsoolad ioonideks dissotsieerunult 0,4—0,5 millimikronit, molekulaar- või kolloidolekus aga 10—20 millimikronit.

Lehmapiimas moodustab dispersne faas (kuivaine) 11—12,5%, dispersioonikeskkond (vesi) aga 87,5—89%.

Piima koostis kõigub tunduvalt. See sõltub karja tõust, laktatsiooniperioodist, söötadest, pidamistingimustest ja muudest põhjustest. Seepärast on võimalik piima koostise kohta tuua ainult ligikaudsed keskmised andmed: vett 87,3%, rasva 3,75%, valku 3,5%, piimasuhkrut 4,75% ja mineraalaineid (tuhka) 0,70%.

Rasv kujutab endast kolmealuselise alkoholi glütseriini ja küllastunud ning küllastumata rasvhapete estrit. Rasva suur potentsiaalne energia (1 g rasva põlemisel eraldub 9,4 kcal) on tingitud kõrge kalorsusega vesiniku (1 g vesiniku põlemisel eraldub 34 kcal) olemasolust (10,9—12%), suurest süsinikusisaldusest (73—76%) ja õige vähesest rasva oksüdeerumisest.

Suure dispersiooniastme, järelikult ka suure pindala tõttu emulgeerub rasv hõlpsasti, reageerib hästi sapphapetega ning assimileerub peaaegu täielikult (93,6—96,1%). Seda soodustab piimarasva madal sulamistäpp (25—30° C), mis on lähedane organismi temperatuurile, ja asjaolu, et rasvakerakeste pinnal adsorbeerunud lipoproteiinained moodustavad soodsad tingimused lipaasfermendi hüdrolüütilisele toimele.

Rasva suurel dispersiooniastmel on positiivne tähtsus toitumises, või valmistamisel avaldab see aga negatiivset mõju. Rasvakerakeste mõõtmete vähenemisega väheneb rasva eraldumine piima separeerimisel ja alaneb rasva kasutamise aste koore võikslöömisel.

Umbes $^2/_3$ rasvhapetest, mida sisaldab piimarasv, on piirilised ehk küllastunud, $^1/_3$ aga alapiirilised ehk küllastumata happed.

Toome keskmised andmed piimarasva rasvhapete-sisalduse kohta.

Rasvhapped	Sisaldus %	Rasvhapped	Sisaldus %
Küllastunud		Küllastumata	
Võihape	3,3	Detseenhape	0,2
Kaproonhape	1,8	Dodetseenhape	0,3
Kaprüülhape	1,3	Tetradetseenhape	1,0
Kapriinhape	2,6	Heksadetseenhape (palmitooleiinhape)	2,4
Lauriinhape	2,7	Oleiinhape	32,2
Müristiinhape	10,7	Oktadetseenhape	2,5
Palmitiinhape	24,4	Arahhidoonhape	0,9
Stearinhape	9,5	Linoolhape	3,6
Dioksüstearinhape	0,2	Linoleenhape	0,2
Arahiinhape	0,6		

Rasva ja või omadused sõltuvad eri rasvhapete hulgast ja kombinatsioonist. Näiteks põhjustab suur stearin- ja palmitiinhappesisaldus rasva raske sulavuse; tulemuseks on kõva või. On rasvas ülekaalus küllastumata rasvhapped (oleiinhape, linoolhape jm.), siis saadakse pehme või.

Valgud esinevad piimas põhiliselt kaseiini α-, β-, γ-vormina, α-laktoalbumiinina, α-laktoglobuliinina, euglobuliinina, pseudoglobuliinina ja β-vadakalbumiinina.

Kaseiini mitmesugused vormid erinevad amiinohapete koostise ja omaduste poolest: α-kaseiin sisaldab 1% fosforit ja 0,7% väävlit, β-kaseiin 0,6% fosforit ja 0,9% väävlit, γ-kaseiin 0,1% fosforit ja kuni 1% väävlit; isoelektriline punkt (pH) — α-kaseiinil 4,6, β-

kaseiinil 4,9 ja γ-kaseiinil 5,5. Uurimised näitavad, et kaseiini on piimas ka *X*-, *Y*- ja *Z*-vormina, milledel on erinevad elektroforeetilised omadused. Näiteks *X*-kaseiin on õige suure elektroforeetilise liikuvusega ja on elektroforegrammil α-vormist eespool. *Y*-kaseiini elektroforegramm paikneb α- ja β-kaseiini vahel, kuid *Z*-kaseiinil on elektroforeetiline liikuvus väiksem kui β-kaseiinil.

Piimas esinevast valkude üldhulgast (3,15—3,65%) moodustab kaseiin 81,9%, albumiin 12,1% ja globuliin 6%.

Valgud on loom- ja taimorganismide kõige tähtsamad koostisosad. Nad täidavad plastilisi, energeetilisi ja reguleerimisfunktsioone. Valkude reguleerimisfunktsioonid avalduvad fermentide, hormoonide, vitamiinide ja antibiootikumide moodustamises.

Kaseiinimolekul, nii nagu iga valgu molekul, on üles ehitatud amiinohapete osistest (—HN—R—CO—), kus esinevad vabad happe- ja amiinorühmad. Gordoni järgi sisaldab kaseiin amiinohappeid järgmisel hulgal.

Amiinohapped	Sisaldumise %	Amiinohapped	Sisaldumise %
Arginiin	4,1	Treoniin	4,9
Histidiin	3,1	Leutsiin	9,2
Lüsiin	8,2	Isoleutsiin	6,1
Türosiin	6,3	Valiin	7,2
Trüptofaan	1,2	Glutamiinhape	22,4
Fenüülalaniin	5,0	Aspargiinhape	7,1
Tsüstiin	0,34	Glükokoll	2,7
Metioniin	2,8	Alaniin	3,0
Seriin	6,3	Proliin	11,3

Piima valgud kuuluvad täisväärtuslike loomsete valkude hulka ja neil on suur väärtus, sest nad omastatakse täielikumalt (93—96%) kui taimsed (90—92%). Täiskasvanud inimesel peab täisväärtusliku toidu hulka kuuluma vähemalt 1,5 g valku ööpäevas 1 kg kehakaalu kohta, lapsel aga 4 g 1 kg kehakaalu kohta.

Organismi suur valgutarve on tingitud vajadusest kompenseerida keha ülesehitamise, energia tootmise ja muud kulud ning säilitada lämmastiku tasakaal organismis. Pealegi võivad organismis valkudest moodustuda süsivesikud ja rasvad. Seepärast on toidu koostisosade hulgas valgul kõige tähtsam koht; ta osutub elusolendi eksisteerimisel hädavajalikuks.

Toitumise füsioloogilistes normides on ette nähtud, et ligikaudu 14% ratsiooni kalorsusest tuleb katta valkudega. Sõltuvalt töö iseloomust kõigub ööpäevane valgunorm 109 ja 168 g vahel. Valgu üldhulgast peab ratsioonis olema 30—60% loomset valku (sealhulgas piimavalku), mis sisaldab kõiki asendamatuid, organismi normaalseks ja igakülgseks arenemiseks tarvilikke amiinohappeid.

Et asendamatud amiinohapped (trüptofaan, lüsiin, metioniin, treoniin, leutsiin, histidiin, arginiin, valiin, fenüülalaniin, isoleut-

siin) organismis ei moodustu, siis tuleb need organismi anda toiduga.

Teoreetiliselt peab 1 g valgu põlemisel tekkima 5,711 kcal. Et valk organismis ei hapendu CO_2-ni, H_2O-ni ja H-ni, vaid karbamiidini, võetakse valgu (neto) kalorsuseks 4,109 kcal.

Lipoidid (fosfatiidid) etendavad eluprotsessides tähtsat osa; nad soodustavad sapi eritamist ja rasva imendumist. Täispiim sisaldab fosfatiide ligikaudu 0,1163—0,0364% (keskmiselt 0,0629%), lõss 0,0169, pett 0,18729, rõõsakoorevõi 0,26—0,38, hapukoorevõi 0,29—0,31 ja lemmikvõi 0,33—0,38%. Lipoididest on kõige rohkem uuritud letsitiini, mille molekuli koostisosadeks osutuvad glütseriin, fosforhape, koliin ja rasvhapped (steariin- ja oleiinhape).

Piim sisaldab vähesel hulgal (kuni 0,01%) kefaliini, mille molekuli koostisosadeks on glütseriin, rasvhapped (steariin-, oleiin-, linool- ja arahhishape) ning fosforhape. Lämmastikaluseks kefaliinimolekulis on oksüetanoolamiin ehk kolamiin ($CH_2OH \cdot CH_2NH_2$). Kefaliin võtab osa vere hüübimise protsessist.

Sfingomüeliin koosneb fosforhappest, kahest alusest — koliin ja sfingosiin — ja lignotseriinhappest.

Piim sisaldab ka steriine: kolesteriini või tema estrit kolesteriidi ja ka kolesteriinile lähedast ergosteriini, mis ultraviolettkiirtega töötlemise tulemusena omandab rahhiidivastase D_2-vitamiini (ergokaltsiferooli) toime.

Piimasuhkur (laktoos) on disahhariid, mis koosneb kahest monoosist: glükoosist ja galaktoosist. Piim sisaldab 4,7—5,1% laktoosi. Piimasuhkur on peedisuhkrust 6,25 korda vähem magus. Tema lahustuvus ei ole suur (0° juures 10,6%), muutub aga temperatuuri tõustes märgatavalt ja on 100° juures 61,2%. Aeglaselt imendudes jõuab piimasuhkur jämesooleni, kus teda võivad kasutada piimhappebakterid. Seejuures tekib piimhape, mis takistab ebasoovitavate roiskumisprotsesside arenemist.

Piima mineraalained kujutavad endast orgaaniliste ja anorgaaniliste hapete soolasid.

Piim sisaldab mineraalsoolasid järgmisel hulgal.

Soolad	Sisaldus %-des
Naatriumkloriid	0,0962—0,109
Kaaliumkloriid	0,083 —0,092
Monokaaliumfosfaat	0,1 —0,115
Dikaaliumfosfaat	0,083 —0,230
Kaaliumtsitraat	0,0495—0,067
Naatriumtsitraat	0,222
Dimagneesiumfosfaat	0,016 —0,034
Magneesiumtsitraat	0,0367—0,103
Magneesiumfosfaat	0,011
Dikaltsiumfosfaat	0,067 —0,175
Trikaltsiumfosfaat	0,081
Kaltsiumtsitraat	0,178 —0,213

Kaseiiniga seotud CaO	0,0465—0,061
Naatriumbikarbonaat	0,025
Kaaliumsulfaat	0,018
Kaltsiumkloriid	0,119

Ülekaalus on kaaliumi ja kaltsiumi katioonid ning sidrunhappe ja fosforhappe anioonid.

Mikroelementidest on piimas (mg/l): rauda 3—5, mangaani 0,04; vaske 0,66; tsinki 2—3,9; pliid 0,08; boori 0,2; fluori 0,03—0,11; joodi 0,043—0,054; arseeni 0,020—0,025. Leidub strontsiumi, liitiumi, titaani, rubiidiumi, germaaniumi, heeliumi, baariumi, väävlit, räni, alumiiniumi, kroomi, koobaltit, hõbedat, tina ja muid elemente. Piimas on keskmiselt 0,72% mineraalsoolasid. Nad on rakkude ja kudede struktuurielemendid, võtavad osa ainevahetusprotsessidest rakkude ja nendevahelise vedeliku vahel, mõjutades kudede ja väliskeskkonna vahelise vedelikuvooluse suunda, hoiavad püsival tasemel (6,6—7 atü) osmootse rõhu, vere ja lümfi pH.

Kuid soolade osa ei piirdu ainult füsioloogilise ülesandega; nemad, iseäranis kaltsium ja fosfor, soodustavad piima kalgendumist juustu ja kohupiima valmistamisel.

Vitamiinid kujutavad endast valkudega, rasvadega, süsivesikutega ja fermentidega seotud orgaanilisi ühendeid. Lahustite suhtes jagunevad nad rasvas lahustuvateks — A. D, E, K jm. — ning vees lahustuvateks — C, B_1, B_2, B_6, B_{12}, PP, P, H jm.

A-vitamiin (akseroftool) tõstab organismi vastupanu infektsioonidele, takistab silma sarvkesta kuivamist (kseroftalmia) ja kanapimeduse (nõrgenenud nägemine videvikus) tekkimist. Tema provitamiiniks osutub karotiin. Soolte seintes ja maksas oleva karotinaasi toimel katkeb karotiinis ahel, mis seob β-iooni ringi, ja tekib A-vitamiin. Täiskasvanud inimesel on A-vitamiini ööpäevane tarvidus 2 mg, imetavatel emadel ja rasedatel naistel 4—5 mg. A-vitamiini (mg/kg) sisaldub: piimas 0,14—0,55, ternespiimas 10—20; rõõsas koores 0,6—2; võis 4,2—7,8; kondenseeritud piimas 0,2—0,4; piimapulbris 1,6—2,5.

A-vitamiin on hapniku manuluseta püsiv kuumutamisel kuni 120° C. Õhuhapniku juurdepääsemisel ta osaliselt inaktiveerub 110—120° C juures.

D-vitamiin (kaltsiferool) reguleerib kaltsiumi ja fosfori ainevahetust ja kontide kasvu. D-vitamiini puudumise või vähesuse korral täheldatakse lastel rahhiiti, täiskasvanutel aga närvilisust ja kontide pehmenemist. Inimese ööpäevane vitamiinitarvidus on 13—25 γ. 1 liiter piima sisaldab D_2-vitamiini 2—2,5γ, 1 kg võid 18γ.

E-vitamiin kuulub α-, β-, γ-tokoferoolide hulka; kui teda on söödaratsioonis vähe, täheldatakse loomade sigimatust. E-vitamiini sisaldab (mg/kg) täispiim 0,2—0,9; või 17—40; lõssipulber 0,5, juust 2,5—5, hapupiimatooted 0,5—0,7. E-vitamiin on vastupidav termilisele töötlemisele: talub kuumutamist 270°-ni.

K-vitamiin (füllokinoon) kuulub naftakinooni derivaatide hulka. Tema vähesuse puhul hüübib veri aeglasemalt või üldse ei hüübi (hemofiilia). Ööpäevane tarvidus 1—1,5 mg, rasedatel naistel 2—3 mg. 1 liiter piima sisaldab K-vitamiini ligikaudu 0,1 mg.

B_1-vitamiin (tiamiin, aneuriin) etendab inimese organismis suurt osa. Tema vähesuse korral täheldatakse närvisüsteemi haigestumist, seederikkeid, nõrgeneb südame tegevus (unitõbi) ja kasv pidurdub. Täiskasvanud inimese ööpäevane tarvidus on 2 mg.

B_1-vitamiini sisaldab (mg/kg) täispiim 0,36—0,82; kondenseeritud piim 0,4; piimapulber 2,3. Tugevasti happelises keskkonnas talub B_1-vitamiin kuumutamist 120° C-ni, leeliselises ja neutraalses keskkonnas ta termostabiilsus aga väheneb.

B_2-vitamiin (riboflaviin, laktoflaviin) soodustab noore organismi kasvu, hoiab ära lihaste nõrkuse, kõrgenenud erutuvuse ja ka nägemise nõrgenemise. Täiskasvanud inimese ööpäevane tarvidus on 2 mg. 1 liiter piima sisaldab 0,88—1,3 mg. Hapus keskkonnas talub B_2-vitamiin kestvat kuumutamist 120° juures, nõrgalt leeliselises keskkonnas aga hävib sel temperatuuril pooleldi juba 60 minutiga. Riboflaviin hävib kiiresti ka päikesevalguses.

B_6-vitamiin (püridoksiin, adermiin) kujutab endast dekarboksülaasi kaasfermenti. B_6-vitamiini vähesuse puhul tekivad närvisüsteemi haigestumised, orienteerumisoskuse puudumine, unetus, sooltetegevuse nõrkus ja häired. Täiskasvanud inimese ööpäevane tarvidus on 2 mg. 1 liiter piima sisaldab ligikaudu 2,3 mg adermiini. B_6-vitamiin talub kuumutamist 120° C juures.

PP-vitamiin (püridiinkarboonhape ehk nikotiinhape või selle amiid — nikotiinamiid, niatsiin) kaitseb organismi haigestumise eest pellagrasse (karenahksus), millega kaasnevad närvisüsteemi häired, mälu nõrgenemine, peavalud, peapööritus ja kiire väsimine. Täiskasvanud inimeste ööpäevane PP-vitamiinitarvidus on 15—20 mg, imetavatel emadel ja rasedatel naistel 20—25 mg. PP-vitamiini sisaldab (mg/kg) täispiim 0,8—1,4, piimapulber 3,9—4,7; steriliseeritud kondenseeritud piim 2,8.

Pantoteenhape stimuleerib kasvu. Teda sisaldab (mg/kg) täispiim 2,2—3,1, pett 4,6, vadak 4,4.

H-vitamiin (biotiin) aktiveerib käärimisprotsesse, soodustab pärmseente ja teiste mikroorganismide kasvu. Trufanovi järgi sisaldab üks liiter piima 0,047 mg H-vitamiini (biotiini). On vastupidav kuumutamisele ja hapnikuga oksüdeerimisele.

C-vitamiin (askorbiinhape) väldib skorbuuti haigestumist, on mõningate fermentide tegevuse katalüsaator. Mõjub soodsalt kolesteriini ainevahetusele, koos P-vitamiiniga väldib verevalumeid. Täiskasvanud inimese ööpäevane C-vitamiini tarvidus on 50—100 mg, lastel 35—50 mg, rasedatel naistel ja imetavatel emadel 75—100 mg. Üks liiter lehmapiima sisaldab 7—28 mg C-vitamiini, märapiim 85—190 mg, üks liiter kumõssi 250—330 mg. Kontakti korral vase, raua ja muude tinutamata pindadega pole C-vitamiini

termostabiilsus suur, tinutatud pindadega kokkupuutumisel on C-vitamiini termostabiilsus suurem.

B_{12}-vitamiin (koobalamiin) võtab osa vereloomeprotsessist, lämmastiku ja valgu ainevahetusest, kasutatakse pahaloomulise aneemia ravimisel. Üks liiter lehmapiima sisaldab B_{12}-vitamiini 7,5—10 γ, lambapiim 1,4, kitsepiim 0,02, piimapulber 20—30 γ.

Fermendid on elavas organismis tekkivad spetsiifilised valgulised katalüsaatorid. Piimas leidub fermente, mis satuvad sinna piimanäärme rakkudest, ja fermente, mida eritab piima mikrofloora. Sõltuvalt nende toime iseloomust, võib fermente jaotada järgmisteks rühmadeks: hüdrolaasid ja fosforülaasid; lõhustavad fermendid; hapendus- ja taandusfermendid. Hüdrolaasid ja fosforülaasid jagunevad omakorda esteraasideks, karbohüdraasideks ja proteaasideks.

Esteraasid on katalüsaatoriteks estrite lõhustamisel ja sünteesil. Piimas leidub esteraasidest lipaasi ja fosfataasi. Lipaas on katalüsaatoriks rasva triglütseriidide hüdrolüüsil glütseriiniks ja rasvhapeteks, fosfataas — fosforhappe orgaaniliste estrite hüdrolüüsil. Fosfataasid etendavad suurt osa süsivesikute muutumisel fermentide toimel. Fosfataas ei ole kuumutamisele vastupidav: ta hävib juba pastöriseerimistemperatuuril (63—65° C). Sel fosfataasi omadusel põhineb piima pastöriseerimise proov (fosfataasproov).

Karbohüdraasid on katalüsaatoriteks süsivesikute hüdrolüüsil ja sünteesil. Piimas leidub karbohüdraasidest β-galaktosidaasi (laktaasi), mis lõhustab laktoosi glükoosiks ja galaktoosiks, ning β-amülaasi, mis hüdrolüüsib tärklise kuni maltoosini.

Proteaaside hulka kuuluvad proteinaasid, peptidaasid ja laapferment. Proteinaasid katalüüsivad valkude hüdrolüüsi kuni peptoonideni, polüpeptiidideni ja amiinohapeteni. Proteolüütiliste fermentide hulk, mis satub piimasse piimanäärmete kudedest, on tähtsusetu. Pealegi on need fermendid neutraalses ja happelises keskkonnas väheaktiivsed, millega ongi seletatav väga väike lõhustunud valkude hulk piimas. Suurt osa etendavad proteolüütilised fermendid, mida eritab peamiselt piimhappe mikrofloora.

Lõhustavatest fermentidest leidub piimas katalaasi, mis satub sinna piimanäärme rakkudest («originaalne» katalaas) või bakterite eritisena. Katalaasi eritab suurem osa baktereid, iseäranis eritavad teda roisubakterid. Piimhappebakteritel see võime puudub. Sel iseärasusel põhineb pastöriseeritud piimatoodete roisumikrofloora määramise meetod.

Hapendus- ja taandusfermentidest sisaldab piim dehüdraase. Need jagunevad anaeroobseteks (reduktaaside endise terminoloogia järgi), mis pole võimelised vesinikku hapnikule üle andma, vaid annnavad seda üle teistele ainetele, ja aeroobseteks (oksüdaasid), mis on võimelised vesinikku hapnikule üle andma.

Anaeroobsed dehüdraasid satuvad piimasse ja piimatoodetesse

mikroflooraga. Kodehüdraas I võtab osa piimhappelisest ja alkoholkäärimisest, kodehüdraas II aga sidrunhappe tekkimise protsessist. Piimas leiduva anaeroobse dehüdraasi (reduktaas) järgi määratakse bakterite hulka, järelikult piima kvaliteeti (reduktaasiproov).

Piim sisaldab tunduva hulga aeroobseid dehüdraase — peroksüdaase. Bakterid peroksüdaase ei erita. Peroksüdaasid ei talu soojendamist üle 80° C. Sel omadusel põhineb piima üle 80° C pastöriseerimise proov.

Immuunkehad (antikehad), mida sisaldab piim, kujutavad endast pseudoglobuliini modifikatsiooni. Nad pidurdavad mitmesuguste tõvestavate mikroorganismide arenemist organismis. Termilisel töötlemisel (65—70° C) nad inaktiveeruvad ja kaotavad kaitsetoime.

Immuunkehadest sisaldab piim antitoksiine, lüsiini, aglutiniini ja opsoniini.

Hormoonid on ained, mida eritavad sisesekretsiooninäärmed ja mis võtavad osa keerukatest biokeemilistest eluprotsessidest ning teostavad sidet üksikute organite vahel. Hormoonide prolaktiini ja türoksiini mõjul eritab piimanääre piima.

Värvained (pigmendid) on kahesugused. Loomse päritoluga pigmendid töötab välja loomorganism. Taimse päritoluga pigmendid (karotiin, klorofüll, ksantofüll) satuvad piimasse söödast. Piima kollane ja vadaku rohekaskollane värvus on tingitud riboflaviinist.

Orgaanilistest hapetest sisaldab piim sidrunhapet (0,14—0,23%) ja nukleiinhapet (Leontjevi andmetel kuni 130 mg/kg kaseiinis).

Vesi etendab taimede ja loomade organismis eriti suurt osa mitte ainult seetõttu, et ta on rakkude ja kudede hädavajalik koostisosa, vaid ta on ka keskkonnaks, milles toimuvad kõik organismi elutegevusega seoses olevad keemilised protsessid.

Piim sisaldab 87—89% vett.

Gaasidest sisaldab piim süsihappegaasi, hapnikku ja lämmastikku. Gaasidesisaldus ei ole püsiv, keskmiselt on see 50—80 ml 1 liitris piimas. Süsihappegaasi osa sellest on 55—73%, hapnikku on 4,11% ja lämmastikku 23—32%.

Vähesel hulgal (0,2—0,3%) sisaldab piim mittevalgulisi lämmastikaineid: proteoose ja peptoone, kusi- ja hipuurhapet, karbamiidi, kreatiini, kreatiniini, ammoniaaki, puriinaluseid ja muid valkude hüdrolüüsi produkte.

Rasv, valgud, süsivesikud ja mineraalsoolad moodustavad piima kuivaine. Nende sisaldusest sõltub valmistatud toodangu kogus. Rasvasisalduse suurenemine ainult 0,1% võrra võimaldaks saada (1958. a. toodangu maht) täiendavalt 20 000 tonni võid, 2000 tonni juustu. Täispiima ja lõssi kuivaine suurenemisega 0,1% võrra võib saada lisaks sadu tonne piimapulbrit. Pealegi väheneb

kontsentreerituma tooraine töötlemisel auru-, külma-, energia- ja ka toorainekulu ühe toodanguühiku kohta.

Piima kuivainesisaldus määratakse harilikult analüütiliste meetoditega. Analüüsid on aeganõudvad, seepärast on katsetatud (1878) koostada valemeid piima kuivainesisalduse määramiseks, lähtudes sõltuvusest tiheduse, rasva- ja kuivainesisalduse vahel. Fleischmann (1882) esitas alljärgneva valemi, mille rakendamisel on võimalik määrata piima kuivainesisaldust võrdlemisi kiiresti:

$$U = 1{,}2\,R + 2{,}665\,\frac{100\,T - 100}{T} + 0{,}5, \qquad \text{(I—1)}$$

kus U — piima kuivainesisaldus,
R — piima rasvasisaldus,
T — piima tihedus 20/4° C juures, g/cm³.

Liidetav 0,5 on valemisse sisse toodud seepärast, et NSV Liidus määratakse mitte erikaal 15/15° C juures, vaid piima tihedus 20/4° C juures, mistõttu arvutatud suurus, s. o. kuivainesisaldus, väheneb 0,5 võrra.

Rasva tihedus ja rasvata kuivainesisaldus sõltuvad piima koostisest. Zaikovski esitas piima kuivaine määramiseks järgmise valemi:

$$U = 1{,}21\,R + 2{,}528\,\frac{100\,T - 99{,}823}{T} \qquad \text{(I—2)}$$

Mitmetele Ukraina NSV oblastitele soovitab Stupnitski järgmist valemit:

$$U = 1{,}224\,R + 2{,}671\,\frac{100\,T - 99{,}823}{T} \qquad \text{(I—2a)}$$

Praktiliseks otstarbeks võib piima kuivainesisalduse määrata küllaldase täpsusega järgmise Farringtoni valemi järgi, mis on NSV Liidus võetud standardseks:

$$U = \frac{4{,}9\,R + A}{4} + 0{,}5, \qquad \text{(I—3)}$$

kus R — piima rasvaprotsent,
A — piima tihedus laktodensimeetri kraadides.

Piima füüsikalised omadused on antud tabelis 1.

Tabel 1

Tihedus g/cm³	pH	Erisoojus kcal/kg° C	Soojusjuhtivus kcal/mh° C	Elektrierijuhtivus $\cdot 10^{-4}$	Keemistemp. °C	Külmumistemp. °C	Osmootne rõhk atm	Viskoossus sentipuaasi	Pindpinevus dn/cm
1,028—1,031	6,65	0,92—0,94	0,426	39,4—51,3	100,16	0,54	6,78	1,75—2,60	43,6

PIIMALE ESITATAVAD NÕUDED

Töötlemiseks määratud piim peab värvuse, lõhna, maitse ja konsistentsi poolest vastama kindlaksmääratud nõuetele.

Organoleptiliste näitajate järgi on normaalsel piimal valge värvus kollaka (kreemika) varjundiga. Temas ei tohi esineda roosasid, tumepruune, siniseid ega punaseid täppe ja värvivarjundeid, mis vihjavad vereliblede olemasolule, ternespiimale või mikroorganismidest põhjustatud muutustele. Piima maitse on magusavõitu. Piimal ei tohi olla kõrvalisi, piimale mitteomaseid lõhnu. Konsistentsilt ei tohi ta olla veniv, ei tohi sisaldada valguhelbeid ega rasvaterakesi, peab olema nõrgalt viskoosne (kui me proovivõtla või segaja piimast välja tõstame, valguvad tilgad kiiresti alla). Vesisus vihjab piima lahjendamisele.

Külmunud või spetsiaalselt külmutatud piima kvaliteeti hinnatakse pärast sulamist (defrostatsiooni). Piima pinnal ei tohi esineda nähtavaid mehhaanilisi lisandeid (juukseid, kõrsi, karvu jm.). Piima puhtusaste määratakse proovi kurnamisega läbi spetsiaalse seadme (Rekord, Holland jm.). Puhtusastme järgi liigitatakse piim gruppidesse.

Esimesesse gruppi kuulub täiesti puhas piim (filtril puudub sade).

Piim arvatakse teise gruppi, kui filtrile jäävad vaevalt märgatavad hallikad väikesed kübemed.

Kolmandasse gruppi kuulub piim, kui filtrile jääb suuremaid osakesi (karvu, söödaosakesi, vereliblesid, valguhelbeid jm.).

Tööstusesse töötlemiseks suunatakse hea kvaliteediga piim, mis on saadud tervetelt lehmadelt mitte varem kui 7 päeva pärast poegimist ega sisalda ternespiima, kuid ka mitte hiljem kui 15 päeva enne laktatsiooniperioodi lõppemist.

Ternespiim, iseäranis esimesed kümme lüpsi, sisaldab suurema hulga (10—12%) termolabiilseid valgufraktsioone (albumiini, globuliini), omab erilist kõrvalmaitset ja lõhna. Seepärast on ternespiimast võimatu valmistada hea maitse, lõhna ja konsistentsiga piimatooteid.

Kinnijääva lehma piimal on soolakas ja eriline «vana» maitse. Ta sisaldab rohkem lipaasi ja selle poolt kergesti hüdrolüüsitavaid küllastumata rasvhappeid. Seepärast rikneb kinnijäävate lehmade piim kiiresti ja kvaliteetsete ning säilivate toodete valmistamine on raskendatud.

Piima kvaliteeti ei hinnata ainult organoleptiliselt, vaid ka füüsikalis-keemiliste uuringute andmete järgi. Piima rasvasus peab vastama kohapealse karjatõu keskmisele piimarasvasusele ega tohi ka olla alla standardi nõudeid, s. o. mitte alla 3,2%. Piima rasvasust on tarvis süstemaatiliselt kontrollida ja võidelda selle tõstmise eest.

Kuid piima rasvasuse tõstmise püüdlus võib viia tema koostise halvenemisele, eriti toite, bioloogia ja tehnoloogia seisukohalt

väärtusliku rasvata kuivaine, peamiselt valkude vähenemisele. Selle vältimiseks on otstarbekas kontrollida mitte ainult rasvavaid ka kuivainesisaldust ja piima eest tasu määrata rasva ja kuivaine suhte arvutuse alusel, mida praktiseeritakse juba mõnes välisriigis (Hollandis).

Piima happesus peab olema 16—18° Th piires. See sõltub üksikute piimakoostise komponentide omadustest (valk, süsihape, fosforhappe ja sidrunhappe soolad, sidrunhape ja muud); neist etendab suurt osa valk. Piima reaktsioon sõltub niihästi valkude hulgast, kaltsiumi ja kaaliumi fosforhappe ning sidrunhappe vesiniksooladest ja ka valgumolekuli peptiidsete kõrvalahelate iseloomust. Kui neis ahelais on ülekaalus COOH-rühmad, siis on valgul happeline reaktsioon, on aga valgu molekulis ülekaalus NH_2-rühmad, siis avaldab valk aluselist toimet ja piima happesus väheneb.

Kui kaltsiumisooli on söödaratsioonis vähe, siis annavad lehmad tihti kõrgema happesusega (22—24° Th) piima. Fosfori- ja kaltsiumi-ainevahetuse taastamiseks, järjelikult normaalse happesusega piima tootmiseks, tuleb lisada söödale 10—30 g $CaCO_3$ (kriiti) või muid kaltsiumisoolasid.

2. PEATÜKK

PIIMA SAAMINE

Piim osutub väliskeskkonnast pärinevate mikroobide arenemisele soodsaks keskkonnaks. Mikroorganismide elutegevuse tagajärjena täheldatakse piimas füüsikalis-keemilisi muutusi, mis põhjustavad piima riknemise. Sellega seoses rakendatakse piimatööstuses võtete süsteemi (pastöriseerimist, jahutamist jne.), mis tagab piima kvaliteedi säilimise.

HEA KVALITEEDIGA PIIMA SAAMISE TINGIMUSED

Et bakterid võivad nisakanalites tungida kuni piimani, on vajalik lüpsi algul esimesed piimajoad lüpsta eri nõusse.

Piima bakteriaalne saastumine ja mehhaaniline muutumine tulenevad lüpsmise sanitaar-hügieeniliste juhiste mittetäitmisest. On loomad puhastamata ruumides, siis võivad mustus looma karvastikult või pesemata udaralt, karvad, surnud naharakud, sõnnikuosakesed, allapanu, tolm jne. sattuda piimaga lüpsikusse. Pealegi sisaldavad mustuseosakesed suure hulga mitmesuguseid mikroorganisme. Seepärast tuleb karjalaudad hoida puhtad.

Lüpsjad peavad enne lehmade lüpsmist riietuma puhtaisse kitlitesse, ette siduma puhtad põlled ja pähe rätikud. Enne lüpsi tuleb

käed vee ja seebiga hoolikalt puhtaks pesta. Küüned peavad olema lõigatud lühikeseks.

Masinaga lüpsmisel on väga oluline hoida puhtad lüpsimasina osad, mis puutuvad kokku piimaga. Selleks tuleb neid süstemaatiliselt hoolega pesta ja desinfitseerida. Lüpsikuid ja muid piimanõusid tuleb enne tarvitusele võtmist hoolega pesta kuuma soodalahusega, aurutada ja kuivatada.

Piima bakteriaalse saastumise allikaks osutuvad ka kärbsed — mikroobide kandjad; nad võivad kanda piimasse tüüfuse, paratüüfuse ja muude nakkushaiguste tekitajaid.

Kõik piimalehmad peavad olema alatise veterinaarjärelevalve all, teenindav personal aga meditsiinilise valve all.

Tähelepanekud näitavad, et kui lüpstakse sanitaarhügieeniliste juhiste kohaselt, ei sisalda 1 ml piima üle 3000 mikroobi, juhiste mittetäitmise korral on neid kuni 200 000.

Piima absorbeerib kergesti kõrvallõhnu, seepärast on tarvis piim karjalaudast vahetult pärast lüpsmist suunata piimahoidlasse, vastuvõtupunkti või piimatööstusse.

Kui lüpstakse kaks korda päevas, on lüpsivaheajad pikad. Nende vältel võiks bakterite hulk udaras palju suureneda. Siiski ei ületa mikroobide hulk mõndasada ühes milliliitris, kui on tarvitusele võetud abinõud, mis väldivad nende sattumise piimasse väljastpoolt selle udarast väljumise momendil. Säärane asjaolu on tingitud piimanäärme kaitsefaktorite toimest. Nähtavasti kuuluvad nende hulka lüsosüüm, pindaktiivne fosfolipiid letsitiin, lakteniin 2 (piimas) ja (ternespiimas), milledel on tugev bakteritsiidne toime.

Kaitsefaktorid avalduvad iseäranis tugevasti ternespiimas — produktis, mis on määratud vastsündinud vasika toitmiseks.

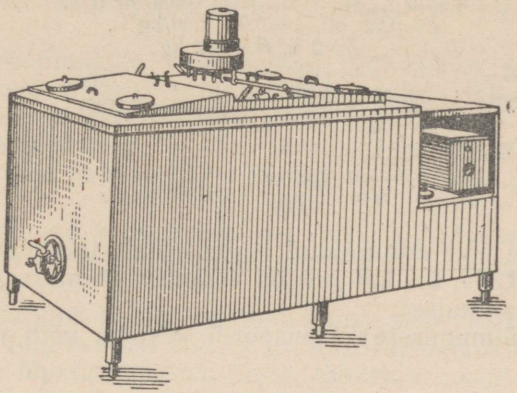
Kaitsefaktorid väldivad piima riknemist udaras, kaitsevad vastsündinud vasikat võimalike nakkushaiguste eest ja võimaldavad vastlüpstud piimal säilitada esialgset kvaliteeti 12—48 tunni kestel, sõltuvalt jahutustemperatuurist.

Aega, mille vältel vastlüpstud piimas bakterid ei arene, nimetatakse bakteritsiidseks perioodiks. On kindlaks tehtud, et bakteritsiidne toime säilib seda kauemini, mida kiiremini jahutatakse piim pärast lüpsmist, mida madalam on jahutustemperatuur ja mida vähem on piimas mikroobe, mis sinna on sattunud lüpsmisel. Piima kiirel jahutamisel (pärast lüpsmist) 4—5° C-ni võib bakteritsiidne toime säilida 1,5—2 ööpäeva, jahutamisel 10—12° C-ni 12—14 tundi, 16—18° C-ni 6—8 tundi; kui aga piim jäetakse pärast lüpsmist soojalt seisma, siis säilib bakteritsiidne toime 1—2 tundi.

Piim tuleb kohe pärast lüpsmist kurnata ja hästi maha jahutada. Selleks peavad loomakasvatusmajandid olema varustatud piima kurnamise seadistega ja jääga, kusjuures ühe tonni jahutatava piima kohta tuleb arvestada vähemalt 1 m^3 jääd.

Peale üldtuntud piima jahutamise viiside (piimakannude aseta-

mine allikavette, jää ja soola seguga vannidesse, jahutamine Lukjanovi ja Nikonovi aparaatides) rakendatakse viimastel aastatel jahuteid (vanne, tanke, tsisterne), mis on varustatud ammoniaagi, freooni või metüülkloriidi otsese aurustamise seadistega. Neid jahuteid (joonis 4) valmistatakse mitmesuguse kujuga ja mahuga 150 l kuni 5 t; nad on varustatud segajaga, kurnaga, õhutamis- ja piima mahu mõõtmise seadistega. Piima kiire jahutamisega



Joonis 4. Jahuti piima esialgseks töötlemiseks ja säilitamiseks.

3—8° C-ni ja sel temperatuuril hoidmise teel on võimalik suurendada bakteritsiidset perioodi 1—2 ööpäevani. Kuid piima kestev säilitamine (üle 2 ööpäeva) ka madalal temperatuuril võimaldab sageli fluorestseerivate bakterite arenemist piimas (*Bact. fluorescens*), mis põhjustab piima riknemist (mõruksminemist) ja ebameeldiva lõhna tekkimist. Tööstusse toodava piima temperatuur ei tohi suvel olla üle 10° C, talvel aga mitte alla 0° C, sest piima külmumistemperatuur on —0,56° C.

Piima vastuvõtu punkti töö õigel organiseerimisel tuleb piim jahutada enne tööstusse saatmist, kusjuures tuleb arvestada transporditingimusi (transpordi liiki, taarat, teede seisukorda). Muidugi pole tööstusse saabuva piima temperatuur 10° C alati isegi siis, kui ta vastuvõtupunktidest on ära saadetud ühel ja samal temperatuuril.

Selleks, et kindlaks teha, millisel temperatuuril saabub piim vastuvõtupunktist tööstusse, kasutatakse järgmist valemit:

$$\lg \frac{t_0 - t_1}{t_0 - t_2} = \frac{0{,}43\ FZk}{Pc}, \qquad (I—4)$$

kus t_0 — õhu temperatuur, °C,
t_1 — piima temperatuur ärasaatmisel, °C,

t_2 — tööstusse saabuva piima temperatuur, °C,
F — piimakannu pindala, m²,
Z — transpordi kestus, h,
k — soojusülekandetegur, kcal/m² h°C,
P — piima kaal kannus, kg,
c — piima erisoojus, kcal/kg °C.

Näide.

$$t_0=20°\text{ C};\ t_1=4°\text{ C},\ k=15\text{ kcal/m}^2\text{ h°C},$$
$$F=0{,}62\text{ m}^2,\ c=0{,}94\text{ kcal/kg°C},$$
$$Z=2\text{ h},\ P=41{,}2\text{ kg}.$$

$$\lg\frac{20-4}{20-t_2}=\frac{0{,}43\cdot 0{,}62\cdot 15\cdot 2}{41{,}2\cdot 0{,}94}=0{,}2065.$$

Siit

$$t_2=\frac{32{,}18-16}{1{,}609}=10{,}05°\text{ C}.$$

Talvel, kui pole ette nähtud piima kohale toimetada külmunult, on vaja selgitada, kui kaugele on võimalik piima transportida külmumiseta (kannudes).

Piima (külmumiseta) transpordi kestuse võib määrata valemist

$$Z=\frac{Pc(t_1-t_2)}{Fkt_k},\qquad (I-5)$$

kus t_k — temperatuuride keskmine logaritmiline vahe, ülejäänud tähistused on samad, mis valemis (I—4).

Piima kohalevedamisel autoga (liikumiskiirus 20—25 km/h) võib juhul, kui kannud on katmata, kõige suurem transpordiraadius olla ligikaudu 25 km, hobutranspordi korral aga 8—10 km.

Isoleeritud (näiteks ümbrisega, õlgmatiga, vateeritud tekiga, vildiga kaetud) taara kasutamisel muutub soojusülekandetegur, järelikult ka transpordi kestus ja raadius.

Kogemused näitavad, et piima transpordil suures taaras on tehnilis-majanduslikke eeliseid võrreldes väiketaaraga (kannud).

PIIMA VEAD JA NENDE TEKKIMISE PÕHJUSED

Vahel täheldatakse piima vigu, mida põhjustab peamiselt loomadele halva sööda andmine, piima saamise juhiste ja esialgse töötlemise tehnika ning transporditingimuste rikkumine ja mikroorganismide elutegevus.

Rohelised taimed, mis on küll bioloogiliselt ja toiteväärtuse poolest hinnalised söödad, põhjustavad sageli piima ja piimatoodete vigu. Nõndanimetatud segarohud on sageli rikkad kahjulike taimede poolest. Seepärast on suvel piimal mõnikord ebameeldiv lõhn, maitse ja ebanormaalne värvus.

Kahjulike taimede hulka kuulub näiteks mürgine jõeputk, mille söömise korral loomadel esinevad krambid ja piim omandab halva maitse. Vesikanep, india naeris ja kermes sisaldavad sinihapet ning on seetõttu loomadele kahjulikud.

Sööda kõrvalmaitsed on piimal iseäranis tunduvad, kui lehmi lüpstakse varsti (1—2 tundi) pärast söötmist. Piimal, mis on lüpstud 4—5 tundi pärast söötmist või karjatamist, on sööda lõhn ja maitse vähem tunda, sest osa neist kaob ainevahetusprotsessis. Seepärast tuleb lehmi sööta pärast lüpsmist või mõni tund enne seda.

Sööda kõrvalmaitsed väljenduvad tugevamini soojal piimal. Mõned lenduvad lõhnaained eemalduvad piima jahutamisel, soojalt õhutamisel või vaakuumis aurutamisel.

Paljud kõrvalmaitsed ei ole põhjustatud ainult lenduvatest rasvhapetest, vaid ka eeterlikest õlidest, mis satuvad piimasse vere kaudu.

Mõned lenduvad happed hävivad veres, kuid lagunemisproduktid, mis koosnevad aromaatsetest eetritest ja aldehüüdidest, eralduvad uriiniga.

Mõnikord tundub piimal «lehma» lõhna. Selle vältimiseks tuleb täita sanitaar-hügieenilist režiimi farmis, lüpsmisjuhiseid (nõude, udara, käte ja lüpsjate puhtus jms.), töödelda inventari ja nõusid desinfitseerivate ainetega või klooramiinipreparaatidega jne.

Maitse ja lõhna vead

Kui lehmad söövad palju metsikult kasvavat sibulat, omandab piim tugeva sibulalõhna ja punaka värvuse. Metsik küüslauk sisaldab eeterlikku õli allüülsulfiidi $(C_3H_5)_2S$, mille tõttu piim omandab terava küüslaugulõhna ja mõrkja maitse.

Koirohu söömise puhul satuvad ühes eeterlike õlidega piimasse santoniin ja artamisiin, mis annavad piimale mõru maitse ja koirohulõhna. Radikaalsed abinõud koirohulõhna kõrvaldamiseks puuduvad. Piima soojendamine seda lõhna täielikult ei kõrvalda, sest koirohu eeterlikel õlidel on kõrge keemispunkt (150° C); vaakuumis aurutamine vähendab, kuid ei kõrvalda koirohulõhna täielikult.

Ained, mis põhjustavad koirohu mõruduse, koonduvad peaasjalikult piima valguosasse, vähem vadakusse ja rasvasse. Konservpiima ja valgutoodete valmistamisel tuleb seda arvestada.

Metsik kummel annab piimale ebameeldiva lõhna, vesipipar — ebameeldiva maitse ja sinaka värvuse, sest piimasse siirduvad pipras sisalduvad terava maitsega värvained. Härgheina söömise tagajärjel omandab piim ebameeldiva maitse ja roheka värvuse.

Võipätakas eritab mahla, mis annab piimale ebameeldiva maitse ning muudab ta konsistentsilt kleepivaks ning venivaks.

Kui lehmadele söödetakse liiga palju naeri- ja redisepealseid ning kapsast, siis omandab piim redise-küüslaugu ja kapsa lõhna

ning kõrvalmaitse, sest glükonasturtsiin laguneb glükoosiks ja sinepiõliks.

Piima mõru maitset võib põhjustada loomadele ülemäärane kaunviljade, nagu herne, oa, lupiini ja muude alkaloidaineid sisaldavate taimede söötmine. Mõru ja soolase maitse võib omandada piim, mis saadakse mastiiti põdevatelt lehmadelt.

Soolase piima iseloomustajaks on suur mineraalainete sisaldus (peamiselt NaCl, KCl), vähene piimasuhkrusisaldus ja kaseiini omaduste muutumine. Seda viga täheldatakse peamiselt kinnijäävate lehmade piimas, kui piimanäärme normaalne tegevus on lakanud. Selle põhjuseks võib olla ka udarapõletik.

Peale söötade võivad piima maitsevigu põhjustada mikroorganismid ja nende fermendid. Näiteks võib mõru maitse olla tingitud fluorestseerivate bakterite tegevusest (*Bact. fluorescens*), mille toimel valgud hüdrolüüsuvad kuni peptoonideni ja albumoosideni.

Leelist tekitavad bakterid, mis eritavad lipaasfermenti, võivad põhjustada rasva hüdrolüüsi ja rääsinud maitset. Lipaasi toimel hakkavad juba lehma udaras rasvhapped — esmajärjekorras madalmolekulaarsed kahe ja kolme kaksiksidemega — hüdrolüüsuma:

$$C_3H_5(OCOR)_3 + 3H_2O \underset{\longleftarrow}{\overset{\text{ferment}}{\longrightarrow}} C_3H_5(OH)_3 + 3RCOOH.$$

Mittebakteriaalse päritoluga lipaas, mida vahel leidub kinnijäävate lehmade piimas, põhjustab võihappe tekkimise, mis annab piimale ebameeldiva lõhna ja rääsinud maitse.

Oksüdeerumise tõttu tekkinud maitsevigu peetakse sõltuvaks piima fosfatiididest, sest fosfatiidid sisaldavad polüküllastumata rasvhappeid rohkem kui glütseriidid ja pealegi õnnestus eriline oksüdeerumise (metalli) kõrvalmaitse saada sünteetilises piimas ainult fosfatiidide manuluse korral.

Fosfatiidid tekitavad oksüdatsioonist tingitud maitsevigu sel juhul, kui nad esinevad koos lipoproteiinkompleksiga (rasvakerakeste kestas), mitte aga plasmas dispergeerituna. See seletub asjaoluga, et antioksüdeerivate ja sünergeetiliste omadustega fosfatiidid esmajärjekorras hapenduvad ise. Oksüdatsioonist tingitud maitsevigade tekkimist põhjustavad küllastumata, iseäranis kahe ja kolme kaksiksidemega rasvhapped (linool- ja linoleenhape).

Päikesevalguse toimel tekkinud piima kõrvalmaitse sarnaneb oksüdeerunud rasva maitsega. Selle maitse väljendumise tugevust mõjutavad metall (vask, raud), valgus, iseäranis spektri ultravioletosa, ja hapnik.

Laktatsiooniperioodi algul hapendub piim hõlpsamini kui selle keskel või lõpul. Kõrges temperatuuris kuumutamine (keetmine) kaitseb piima oksüdeerumise eest paremini kui kestev pastöriseerimine. See pole tingitud mitte ainult lipaasi täielikust inaktiveeru-

misest, vaid ka labiilsete SH-rühmade tekkimisest, milledel on hapendumisvastane toime.

Rääsimist võib põhjustada *Bact. putidum*'i tüüpi bakterite arenemine temperatuuril alla 10°.

Seebimaitse avaldub piimas, mida on kauemat aega säilitatud temperatuuril alla 10°, kus peaasjalikult areneb fluorestseeriv ja roisumikrofloora. Siinjuures tekkivad leelisproduktid seebistavad rasva ja annavad piimale seebimaitse.

Metalli kõrvalmaitse on rasva oksüdeerumise algstaadiumi tunnuseks. See maitse tekib piimhappe toimel korrodeeruvatel metallseadmetel, kus hoitakse piima. Katsed tõestavad, et metalli kõrvalmaitse tekkimist võib takistada lisades piimale ühendeid, mis on võimelised siduma metalli-ioone. Selleks tuleb kasutada etüleendiamiintetraäädikhappe dinaatrium- ja dinaatriumkaltsiumning tetranaatriumsoola või naatriumdietüülditiokarbonaati.

Heeringa- ja kalakõrvalmaitse tekkimist piimal iseloomustab ebameeldiv riknenud kalarasva või heeringasoolvee lõhn. Selline viga on tingitud letsitiini lagunemisest trimetüülamiiniks, mis annab piimale heeringamaitse ja -lõhna.

Läppunud, juustu ja roiskunud kõrvalmaitset põhjustavad suuremal osal juhtudel peptoniseerivad bakterid *Bact. proteus*. Arenemise algstaadiumil avaldub see viga läppunud kõrvalmaitsena, hiljemini muutub valminud juustu lõhnaks ja lõpuks ebameeldivaks roiskunud maitseks. Selle vea tekitajateks võivad olla ka soolebakterid *Bact. coli*, iseäranis *Bact. coli-aerogenes*. Vea vältimiseks tuleb piima saamisel rangelt täita sanitaar-hügieenilisi nõudeid ja säilitatav piim termiliselt töödelda.

Värvuse vead

Piima värvuse vead võivad olla tingitud söödast, kuid võivad olla ka bakteriaalse päritoluga. Sinakas või sinine värvus, samuti ka hapukas lõhn tekivad siis, kui loomad söövad sääraseid taimi nagu härghein, putk, tarn, luga. *Bact. cyanogenes*'i arenemisel tekivad piima pealmises kihis sinakad täpid, mis muutuvad sinakasrohelisteks või määrdunult hallideks.

Vigu võivad põhjustada pigmenti tekitavad mikroorganismid (*Bact. prodigiosum, Bact. synxantum*), mis hästi arenevad tuulutamata karjalautades ja piimahoidlates.

Piima punane või roosa värvus võib olla tingitud verest, mis satub piimasse udara vigastuste tõttu, või piimalille, madara, lõhnheina söömisest. Veripunaseid täppe piima pinnale tekitavad mõningad *Bact. prodigiosum*'i liigid. Nende bakterite arenemisel piim pealegi koaguleerub. Kollast värvust võivad põhjustada piimasse sattunud ternespiim või *Bact. synxantum*'i arenemine.

Konsistentsivead

Need vead avalduvad piima limaseks, venivaks muutumises ja kalgendumises (kohupiimastumises).

Piima limasust ja venivust põhjustavad bakterid, mis produtseerivad valkude ja süsivesikute liitühendeid — glükoproteiide (mutsiin).

Piima limasust ja venivust koos happesuse märgatava tõusuga võivad põhjustada lima tekitavad liigid, näiteks *Bact. lactis viscosum*. Limasele piimale ei kerki seismisel koor peale ja kui vähe kerkibki, siis jääb suurem osa rasva piimasse.

Piima kohupiimastumine on tingitud piima happelisest käärimisest, millega kaasneb räitsakjate moodustiste tekkimine (kohupiim). Räitsakjaid valgumoodustisi võivad tekitada ka mikrokokid (nõrgad happetekitajad), mis eritavad laabisarnast fermenti.

Konsistentsi vigadest tuleb märkida veel teralist piima. Sellises piimas tekivad väga peened «liivaterad». Selle vea põhjus ei ole küllalt selge. Oletatakse, et põhjuseks on lehma udara haiglane seisukord.

3. PEATÜKK

PIIMA MEHHAANILINE TÖÖTLEMINE

PIIMA PUHASTAMINE MEHHAANILISTEST LISANDITEST

Piim tuleb enne töötlemist puhastada mehhaanilistest lisanditest, mis sinna on sattunud lüpsi ajal ja järgneval töötlemisel.

Piima kurnamine

Piim kurnatakse rõhu all (1—2 atü) läbi tiheda puuvillase riide (flanell, baika), mille karvane külg on piima poole.

Kui piim kurnast läbi läheb, jäävad tahked ja limased osakesed riide peale. Aegamisi koguneb kurnale mehhaanilistest lisanditest tihe sadestus. Seetõttu suureneb kurna takistus piima liikumisele mitmekordselt ja tekib tarvidus riide vahetamiseks, s. o. kurnamise katkestamiseks. Pidevaks kurnamiseks rakendatakse kaksikkurna, mille sektsioonid töötavad vaheldumisi. Kurna sektsiooni pideva töö kestus sõltub peamiselt filtreerimispinna suurusest, temperatuurist ja piima happesusest. Külma ja kõrgema happesusega piima kurnamisel tuleb filtreid sagedamini vahetada.

Piimajääkide kõrvaldamiseks pestakse kurnast väljavõetud kasutatud riiet algul sooja veega, seejärel kuuma leelisveega, loputatakse puhta veega, steriliseeritakse auruga või keedetakse vees 20—30 minutit ja kuivatatakse. Pärast seda kasutatakse riiet uuesti piima kurnamiseks.

Piimatööstuses kasutatavad ketas-, silinder- ja plaatkurnad erinevad piima riidele juhtimise viisi ja filtreeriva pinna suuruse poolest.

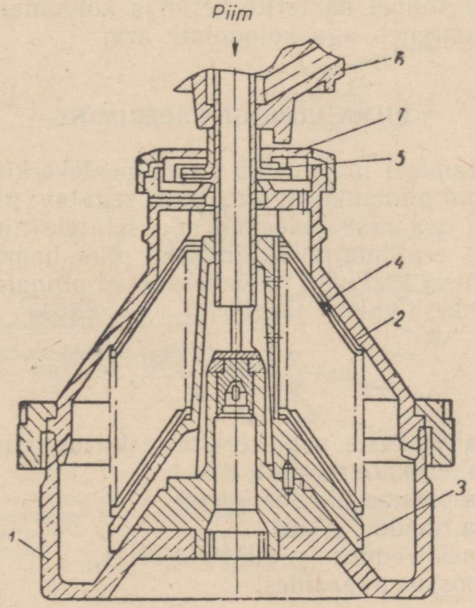
Kurnade puuduseks tuleb pidada perioodilist tööd ja riide sagedat vahetamist (15—30 minuti järel) ning kõrgema temperatuuri (35—40° C) kasutamist. Seetõttu suureneb mehhaaniliste lisandite sisseuhtumine ja lahustumine, järelikult väheneb kurnamise efektiivsus.

Piima puhastamine tsentrifugaalpiimapuhastites

Täiuslikumateks aparaatideks, millega piima mehhaanilistest lisanditest puhastatakse, on tsentrifugaalpiimapuhastid. Need töötavad tsentrifugaaljõu kasutamise põhimõttel.

Tsentrifugaalpuhasti kujutab endast separaatorit, millel on muudetud trumlit ja piima ärajuhtimise konstruktsiooni.

Tsentrifugaalpuhasti trumlis (joonis 5) on mustuse kogumise ruum suurem kui koorimisseparaatoril. Peale selle ei ole tal jaotustaldrikut ja taldrikute komplektil puuduvad augud.



Joonis 5. Poolhermeetilise piimapuhasti trummel:

1 — kere; *2* — kate; *3* — taldrikupesa; *4* — taldrikud; *5* — surveketas; *6* — piima väljavoolu toru; *7* — katte kaas.

Mehhaanilised lisandid setivad trumli vertikaalsetele seintele, puhastatud piim aga juhitakse piimapuhastisse paigutatud tsentrifugaalpumba surve abil väljavoolutorusse.

Surve on küllalt suur piima edasijuhtimiseks teistesse aparaatidesse.

Kui trumli mõõtmed ja vajalik võimsus on võrdsed, ületab piimapuhasti tootlikkus koorimisseparaatori tootlikkuse kahekordselt.

Piima puhastamine võib toimuda pidevalt (trumlit vahetamata) 3—4 tundi. Tsentrifugaalpuhastid töötavad küllalt hästi ka siis, kui piim on külm, kuid sel juhul on nende tootlikkus väiksem. Tsentrifugaalpuhastite eeliseks tuleb lugeda seda, et protsess kulgeb suletud voolusega ja ei teki piima vahutamist.

Mehhaanilistest lisanditest puhastatud piimas väheneb bakterite üldhulk, sest need adsorbeeruvad mustuse- ja limaosakestele, mis setivad trumli mustusekoguja ruumis.

Mõnel juhul, kui bakterite kolooniaid loendatakse kausikülvimeetodil, tekib eksiarvamus, nagu suureneks piima tsentrifugaalpuhastis puhastamise korral bakterite arv. Paraštšuki uuringud näitasid, et see suurenemine on näilik. Kui trummel on halvasti tasakaalustatud ja ajami osad tugevasti kulunud, siis tekib vibreerimine, mille toimel bakterite ketid ja kolooniad koost lagunevad. Sellega suureneb aga kolooniate arv.

PIIMA HOMOGENISEERIMINE

Piima säilitamisel moodustub rasva pealekerkimise tõttu kiht, mis on ülejäänud piimamassiga raskesti segatav; piima väljanägemine halveneb; osa rasva kleepub nõu seintele ning läheb seega kaduma. Rasva eraldumise vältimiseks piim homogeniseeritakse.

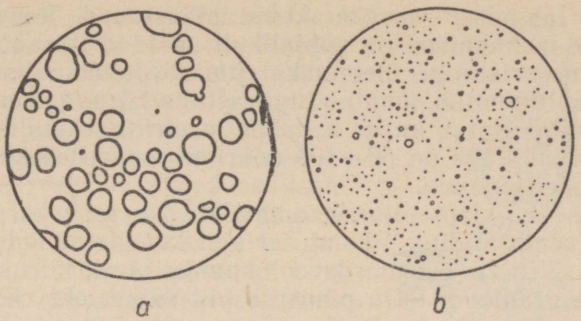
Piima seismisel kerkivad rasvakerakesed pinnale kiirusega, mis määratakse Stokes'i valemi järgi

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2(\varrho - \varrho_1)g}{\mu}, \qquad \text{(I—6)}$$

kus v — rasvakerakeste pealekerkimise kiirus, cm/sec,
r — rasvakerakese raadius, cm,
ϱ — piima plasma tihedus, g/cm^3,
ϱ_1 — rasva tihedus, g/cm^3,
g — raskuskiirendus (g=981 cm/sec^2),
μ — viskoossus puaasides.

Valemist (I—6) järeldub, et rasvakerakese pinnalekerkimise kiirus on võrdeline tema raadiuse ruuduga.

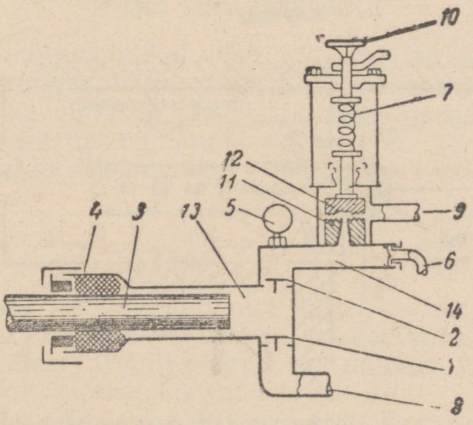
Homogeniseerimisel vähenevad rasvakerakeste mõõtmed 0,1—0,5 mikronini, s. o. umbes 10 korda (joonis 6). Järelikult vähe-



Joonis 6. Rasvakerakesed piimas:
a — enne homogeniseerimist; *b* — pärast homogeniseerimist.

neb rasvakerakese pinnalekerkimise kiirus 100 korda. Homogeniseeritud piimal rasv praktiliselt ei eraldu.

Homogenisaator kujutab endast kolmeastmelist kolbpumpa (joonis 7), mille survetorule on rakestatud homogeniseeriv sulgklapp.



Joonis 7. Homogenisaatori skeem:
1 — imiventiil; *2* — surveventiil; *3* — kolb; *4* — tihendkarp; *5* — manomeeter; *6* — kaitsetoru; *7* — vedru; *8* — imitoru; *9* — survetoru; *10* — rõhuregulaator; *11* — sulgklapi sadul; *12* — sulgklapp; *13* — silinder; *14* — survekamber.

Sulgklapp on vedru abil tihkelt surutud avale (sulgklapisadulale), mille diameeter on 5—10 mm. Kolbpump tekitab kõrgrõhu, mille toimel sulgklapp veidi avaneb. Seejuures tekib õige kitsas

pilu, mille läbimisel rasvakerakesed pihustuvad. Rasvakerakeste pihustamise mehhanismi on põhjalikult uurinud Baranovski.[1]

Et vooluse ristlõige üleminekul juurdevoolukanalist sulgklapi pilusse järsult muutub, muutub tugevasti ka kiirus (joonis 8). Juurdevoolukanalis ulatub kiirus v_0 mõne meetrini sekundis, sulgklapi pilus, mille läbilõige on 50—100 mikronit, suureneb kiirus v_1 aga kuni 100 m/sec ja enam.

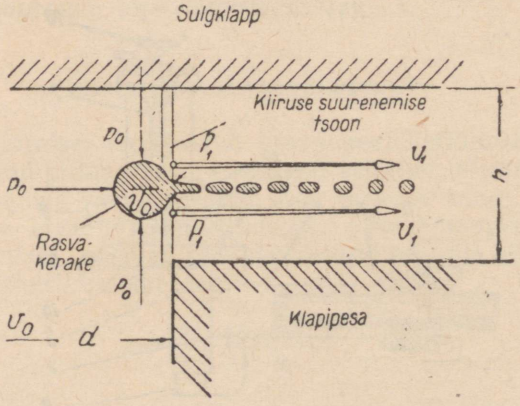
Sattudes sulgklapi pilusse, omandab osa rasvakerakesest kiiruse v_1 ja venib niidina pikaks, sel ajal kui ülejäänud osa rasvakerakesest säilitab veel juurdevoolukanalis oleva kiiruse.

Kiiruste gradiendi tõttu pihustub niit väikesteks rasvakerakesteks, kusjuures suurt osa etendavad rasva pindpinevusjõud ja kavitatsiooninähtused.

Parimat homogeniseerimisefekti täheldatakse temperatuuril 60° C. Kui tahame saavutada rasvakerakestele soovitud dispersiooniastet, võime homogeniseerimisrõhku orienteeruvalt arvutada Baranovski valemist (joonis 8)

$$d_k = \frac{12}{\sqrt{\Delta p}}, \qquad \text{(I—7)}$$

kus d_k — rasvakerakeste keskmine läbimõõt mikronites;
Δp — homogeniseerimisrõhk, atm.



Joonis 8. Homogenisaatori peas asetseva sulgklapi pilusse mineva rasvakerakese pihustamise skeem.

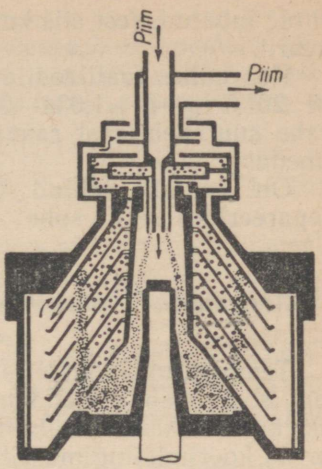
Homogenisaatorid töötavad harilikult 100—200-atmosfäärilisel rõhul.

Et vältida koore pinnaletõusu ja pudelites «koorekorkide» tekkimist, on viimasel ajal rasvakerakeste pihustamiseks homogenisaa-

[1] Н. В. Барановский, Гомогенизация молока в клапанном гомогенизаторе. «Молочная промышленность», 1957, № 2.

torite asemel kasutusele võetud klarifiksaatorid (joon. 9). Nende tegevus põhineb tsentrifugaaljõu kasutamisel. Erilise konstruktsiooniga trumlis eraldub koor piimast ja läheb survekambrisse. Liikumatut survevetast läbides rasvakerakesed osaliselt pihustuvad, koor aga pöördub tagasi kesktorusse, kus seguneb piimaga. Teistkordsel trumlist läbiminekul küllalt väikesed rasvakerakesed piimast ei eraldu, vaid väljuvad koos piimaga survekambri kaudu.

Nii läheb osa koort läbi ketta seni, kuni rasvakerakesed muutuvad nii väikesteks, et lakkavad piimast eraldumast. Tsentrifugaaljõu toimel piim mitte ainult homogeniseerub, vaid ka puhastub mehhaanilistest lisanditest.



Joonis 9. Klarifiksaatori trummel.

PIIMA SEPAREERIMINE

Koore saamine loomulikul viisil, piima seista laskmise teel, on liiga aeglane protsess. Kiire, peaaegu momentaalne koore eraldamine piimast saavutatakse raskuskiirenduse asendamisel tsentripetaalkiirendusega, mis on mitu korda suurem.

Tsentrifugaaljõu rakendamisel võtab Stokes'i valem (I—6) järgmise kuju:

$$v = \frac{2}{9}\left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 Rn^2r^2\frac{\varrho - \varrho_1}{\mu}, \qquad \text{(I—8)}$$

kus v — rasvakerakeste eraldumise kiirus, cm/sec,
R — separaatori taldriku töötava osa keskmine raadius, cm,
n — separaatori trumli pöörete arv minutis, ülejäänud tähistused on samad, mis valemis (I—6).

Valemist (I—8) järeldub, et rasvakerakeste eraldumise kiirus sõltub peamiselt nende mõõtmetest, rasva ja piimaplasma tihedusest ning on pöördvõrdeline piima viskoossusega. Piima soojendamisel väheneb tema viskoossus; see soodustab rasvakerakeste eraldumist.

Väikeste rasvakerakeste (alla 0,2 mikroni) eraldumist piimast takistab neid ümbritsev adsorbeerunud valgu kiht. Sääraste kerakeste tihedus võrdub ligikaudu plasma tihedusega.

Koorimise kvaliteedile mõjub tunduvalt trumli pöörete arv. Pöörete arvu suurendamine rohkem kui 10—15% üle passil märgitu

ei ole lubatud, sest siis kuluvad ajami osad kiiresti ja võib juhtuda avarii.

Koorimise kvaliteedile mõjub piima temperatuur. Temperatuuril 20° C $\varrho - \varrho_1 = 1{,}034 - 0{,}925 = 0{,}109$. Temperatuuri tõusuga see vahe suureneb, sest rasva tihedus väheneb kiiremini kui plasma tihedus.

On kindlaks tehtud (ВНИМИ), et temperatuuril 15—18° C separeerides kehtib suhe

$$\frac{\varrho - \varrho_1}{\mu} = 0{,}29\ t. \qquad \text{(I—9)}$$

Asendamisel võtab valem (1—8) kuju

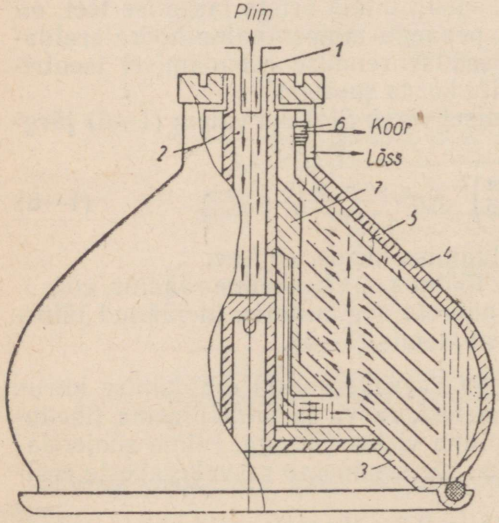
$$v = 0{,}0007\ r^2 R n^2 t. \qquad \text{(I—8a)}$$

Temperatuuri tõustes suurenevad rasvakerakeste mõõtmed. Pealegi soodustab soojendamine rasvakerakeste kokkukleepumist ja üksikute väikeste kerakeste liitumist suuremateks. Järelikult muutuvad koorimistingimused soojendatud piima puhul paremaks.

Piim separeeritakse harilikult 40—45° C juures.

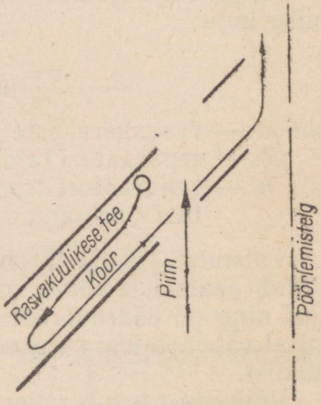
Separeerimisel (joonis 10) tõuseb piim taldrikute aukude kaudu trumli ülemisse ossa ja valgub õhukeste kihtidena taldrikute vahel trumli perifeeria suunas.

Rasvakerakesed kogunevad allpool asetseva taldriku pealmisele pinnale (joonis 11) ja liiguvad mööda pöörlevaid taldrikuid ülespoole trumli kesktoru juurde.



Joonis 10. Separaatori trumlis piima jagunemise skeem:

1 — regulaatorkausi otsapandud osa; *2* — tsentraaltoru; *3* — alus; *4* — kere; *5* — jaotustaldrik; *6* — reguleerimiskruvi; *7* — toruristmik.



Joonis 11. Skeem rasvakerakese liikumise kohta taldrikutevahelises ruumis.

Mida suurem on trumli seesmine diameeter, seda intensiivsem on separeerimine; väikese diameetriga separaatorid peavad töötama suurema pöörlemiskiirusega. Võrdse tsentrifugaaljõu saamiseks vajalik trumli raadiuse R (cm) ja tema pöörete arvu n (p/min) suhe saadakse valemist:

$$Rn^2 = 432 \cdot 10^6. \qquad (I—10)$$

Häid tulemusi võib saavutada ka külma piima separeerimisel, kui vähendada piima juurdevoolu separaatorisse poole võrra. Separeerimisaja pikenemise vältimiseks tuleb kasutada suure võimsusega separaatoreid.

Piima juurdevoolu vähendamisel tõuseb tunduvalt koore rasvasisaldus, mistõttu koor väljub trumlist raskesti. Nõutava rasvasusega (25—30%) koore saamiseks tuleb vähendada jaotustaldriku ribide pikkust.

Saastunud piima separeerimisel paisatakse mehhaanilised lisandid ja valguosakesed trumli seintele ja nad setivad separaatorisaastana. Mustuseruumi täitumise korral hakkab saast settima taldrikutele, mistõttu piima liikumine trumlis takistub ja separeerimine halveneb. Seepärast tuleb mustust sisaldava piima koorimisel trumlit sagedamini pesta või vahetada (iga 1—1,5 tunni järel).

Puhta piima koorimisel setib trumli mustuseruumi samuti separaatorisaasta, kuid vähemal hulgal, seepärast tuleb trumlit sel juhul pesta või vahetada iga 2 tunni tagant.

Piima separeerimise kvaliteedile mõjub taldrikute väljatöötuse täpsus ja nende kokkusurumise tingimused trumlis. Taldrikute vaheruum ei ole ühtlane. Seal, kus vahe on suurem on rasvakerakese teekond koorekihini jõudmiseni pikem.

Kaugus taldrikute vahel on keskmiselt 0,4 mm. Samasugune peab olema vahe ka alumise taldriku ja taldrikuhoidja koonilise pinna vahel.

Separaatori ekspluateerimisel väheneb taldrikute komplekti kõrgus aegapidi kulumise tõttu ja siis ei ole kindlustatud taldrikute nõutav kokkusurumine. Selle vältimiseks tegid Mironenko ja Jakubovski ettepaneku panna trumlisse lisataldrikuid (kuni saadakse tihe pakk).

Et parendada piima koorimist, tegi Surkov ettepaneku paigutada kooretaldrik pakki kolmandale kohale. Sel viisil muutub koorimine paremaks 37—40% võrra. Taldrikutevahelises ruumis vooluse ühtlustamiseks tuleb komplekti alumiste taldrikute servad üles painutada 45°-se nurga all.

Töötulemuste üle otsustatakse koorimisteravuse (kaasaegsete separaatoritega koorimisel jääb lõssi 0,01—0,02% rasva) kui ka lõssi jäävate rasvakerakeste suuruse järgi.

Lukjanov määras nende kahe näitaja sõltuvuse:

Rasvakerakeste maksimaalne läbimõõt mikronites	1,2—1,3	1,4	1,5	1,6
Lõssi rasvasisaldus %-des	0,02—0,04	0,03—0,05	0,04—0,06	0,05—0,07

Separaatori tehnoloogiline kasutegur ehk separeerimisaste (-efektiivsus) η_{sep} määratakse valemi järgi

$$\eta_{sep} = \frac{(P R_p - L R_l)\, 100}{P R_p}, \qquad (I—11)$$

kus P — piima kogus, l,
R_p — piima rasvasisaldus, %,
L — lõssi kogus, l,
R_l — lõssi rasvasisaldus, %.

Teatud rasvasisaldusega koore kogus K, mille võime saada piima separeerimisel, arvutatakse rasvabilansist:

$$P R_p = K R_k + L R_l,$$

kust

$$K = \frac{P (R_p - R_l)}{R_k - R_l}. \qquad (I—12)$$

Piima hulk, mida vajatakse teatud koguse kindlaksmääratud rasvasisaldusega koore saamiseks (arvestades lubatud piirkadusid), arvutatakse järgmise valemi järgi:

$$P = \frac{K (R_k - R_l) k}{R_p - R_l}, \qquad (I—13)$$

kus k on piima kaokoefitsient ($k = \frac{100}{100 - N}$, siin N on kaonorm %-des).

4. PEATÜKK

PIIMA PASTÖRISEERIMINE JA JAHUTAMINE

PIIMA KOOSTISOSADE MUUTUMINE TERMILISEL TÖÖTLEMISEL

Soojendamisel muutuvad pöördumatult mõningad termolabiilsed piima koostisosad ja tema füüsikalis-keemilised omadused ning väheneb ka toite- ja bioloogiline väärtus.

Piimarasv. Piima soojendamisel kuni 61° C tekivad rasvakerakeste kogumid, mille tõttu paraneb koore pinnalekerkimine. Edasisel soojendamisel (61—64° C) koore tekkimine väheneb, sest täheldatakse rasvakerakeste lahkuminekut, mis on tingitud rasvakerakeste kesta proteiinide osalisest denatureerumisest. O. Jenseni järgi moodustab toorpiimas rasva pinnalekerkimine 10%; pärast

termilist töötlemist ning 20-tunnist toatemperatuuris seismist on see järgmine:

Termilise töötlemise temperatuur, °C	59	60	61	62	63	64
Koore eraldumine, % . . .	11,2	11,8	10	9,6	9,6	8,0

Kestvale termilisele töötlemisele temperatuuril, mis on lähedane 100° C, kaasnevad sügavamad muutused rasvakerakeste kestades. Seetõttu toimub rasva väljasulamine ning selle liitumine tilgakesteks, mis vabalt ujuvad piima pinnal. Keedetud piimal on koore eraldumine 50—70% vähem kui toorpiimal.

Et piimarasva mõningad glütseriidid jahtumisel kristalliseeruvad, on jahutatud keedetud piima rasvakerakestel selge kristalliline struktuur.

Piimarasva keemiline koostis termilisel töötlemisel peaaegu ei muutu.

Piima valgud. Termilisel töötlemisel muutuvad oluliselt valgud: albumiin, globuliin ja kaseiin. Soojendamisel 40—45° C-ni kiireneb kaseiini osaline üleminek soolist geeli.

65° C juures algab albumiini denatureerumine, mis suureneb koos temperatuuri tõusuga ja selle toime kestusega. Albumiini täielik denatureerumine toimub 80—95° C juures (tabel 2).

Tabel 2

Piima soojendamine min.	Denatureeritud albumiin %-des temperatuuril °C						
	60	65	70	75	80	85	95
1	—	—	5	38	45	60	100
5	—	2	10	49	90	100	—
10	3	10	10	55	99	100	—
30	5	15	30	85	100	—	—
60	8	20	40	93	100	—	—

Kaseiini kaitsetoime tõttu koaguleerub denatureeritud albumiin peene suspensioonina ja setib osaliselt termiliste aparaatide kuumadele pindadele.

Sedamööda, kuidas albumiin koaguleerub, omandab kaseiin suurema hüdratiseerimisvõime, mis Paraštšuki tähelduste järgi saavutab maksimumi temperatuuril 90—95° C. Temperatuuri edasisel tõstmisel kaseiini hüdratiseerimisvõime väheneb. Piima globuliin denatureerub 75° C juures.

Termilise töötlemise toimel muutub ka kaseiin. Suureneb karboksüülrühmade hulk; tema isoelektriline punkt nihkub madalama pH poole; täheldatakse kompleksi tekkimist α-, β- ja γ-kaseiini vahel, mistõttu halveneb piima kalgendumine laabifermendi toimel.

Rõõsas piimas koaguleerub kaseiin 130° C lähedal. Suurema happesusega piimas koaguleerub kaseiin madalamal temperatuuril.

Valkude koaguleerumise temperatuuri ja piima happesuse vahel on järgmine sõltuvus:

Piima happesus, °Th	27—30	31	32	33	35	38	42
Valkude koaguleerumise temperatuur, °C	100	92	85	80	75	70	65

Piim happesusega 70° Th koaguleerub toatemperatuuril.

Kui piim sisaldab suure hulga albumiini (ternespiim), koaguleerub soojendamisel mitte ainult albumiin, vaid ka kaseiin.

Kõrge temperatuurini kuumutamisel lagunevad väävlit sisaldavates amiinohapetes (tsüstiin — $HOOC—CH(NH_2)—CH_2—S—$ $—S—CH_2CH(NH_2)COOH$) disulfiidsed (S—S) sidemed. Selle protsessi algstaadiumil tekib väävelvesinik, seejärel labiilsed tioolrühmad (SH), mis annavad tootele pähklimaitse ja osutavad antioksüdeerivat toimet.

Piimasuhkur. Piima kuumutamine kuni 100° C piimasuhkrule suurt mõju ei avalda. Kestev keetmine ja kuumutamine üle 100° C kutsub esile piima pruunistumise. See on tingitud tumedavärvilistest ainetest melanoidiinidest, mis tekivad mõningate piima amiinohapete toimel piimasuhkrusse.

Piima pruunistumine võib olla tingitud ka piimasuhkru karamellistumisest. See toimub temperatuuril üle 150° C, s. o. temperatuuril, milleni piima praktiliselt harva kuumutatakse.

Piima soolad ja gaasid. Piima soojendamisel muutuvad lahustuvad kaltsiumvesinikfosfaadid lahustumatuteks neutraalseteks sooladeks, mis setivad termiliste aparaatide kuumadele pindadele:

$$3CaHPO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + H_3PO_4.$$

Samasugusel viisil muutuvad ka kaltsiumtsitraadid. Tekkinud fosforhape võtab kaltsiumi osaliselt ära kaseinaatide koostisest. Kaltsiumioonide kontsentratsioon väheneb, mistõttu piim laabifermendi toimel halvasti kalgendub. Soolabilansi ja sellega seoses pH ja piima puhverdusvõime muutumine mõjuvad negatiivselt kaseiini termostabiilsusele steriliseerimistemperatuuril.

Piima soolabilansi seisukorrast, s. o. kaseiin-, fosfor- ja sidrunhappe kaltsiumi- ja magneesiumisoolade suhtest sidrun-, fosfor- ja piimhappe kaaliumi- ning naatriumisooladega, võivad ülevaate anda kaltsiumi- ja fosfaatide sisaldus. Suurenenud kaltsiumisisalduse korral võib kaseiini termostabiilsust tõsta, lisades piimale kaalium- või naatriumbifosfaate või -bitsitraate.

Gaaside hulk piimas sõltub nende lahustuvusest. Vastlüpstud piim sisaldab mitmesuguseid gaase ligikaudu 6—8 mahuprotsenti. Piima temperatuuri tõstmisega gaaside lahustuvus, järelikult ka lahustatud gaaside hulk, väheneb (tabel 3).

Tabel 3

Gaasid	Gaaside hulk %-des piima mahust			
	toorpiim	soojenda-tud 61,7° C-ni	pärast 30-min säilitamist	jahutatud lahtisel jahutil
CO_2	3,944	3,814	2,238	2,337
O_2	0,557	0,493	0,395	0,522
N_2	1,287	1,156	1,075	1,019
Kokku	5,788	5,463	3,708	3,878

Soojendamisel väheneb piima happesus süsihappegaasi eraldumise tõttu 1—2° Th võrra.

Piima jahutamisel ülevooluaparaatides ja säilitamisel lahtistes mahutites lahustunud gaaside hulk suureneb, kuid ei küüni esialgseni.

Vitamiinid ja fermendid. Piima soojendamisel kuni 100° C suur osa vitamiine oma esialgseid omadusi ei kaota. Mõningatel vitamiinidel võib aktiivsus väheneda alles kestva kõrge temperatuuri toimel.

Erandi moodustab C-vitamiin (askorbiinhape), mis inaktiveerub isegi madalal temperatuuril, iseäranis valguse mõjul ja hapniku ning vask- ja raudioonide manulusel. C-vitamiini oksüdeerumist ja lagunemist kiirendab piimas sisalduv askorbinaasferment.

Piima soojendamisel lahtistes halvasti tinutatud pindadega aparaatides laguneb C-vitamiin peaaegu täielikult.

C-vitamiini säilitamiseks peame piima termilisel töötlemisel kasutama kinnisi roostevabast terasest või hästi tinutatud pindadega aparaate.

Inihhovi ja Lavrovi andmetel väheneb piima kestval pastöriseerimisel C-vitamiini sisaldus 25%, Davidovi järgi aga moodustavad kuumutamisel 65—85° C juures C-vitamiini kaod 32—51,7%. Piima termilisel töötlemisel õhu juurdepääsuta on C-vitamiini kaod tunduvalt väiksemad. Need ei ületa 17%.

Piima soojendamisel toimub fermentide inaktiveerumine. Nii hakkab 55° C juures lagunema amülaasferment, 75° C juures — piima lipaas, reduktaas ja katalaas, 75—80° C juures proteolüütilised fermendid.

Kõige termostabiilsemad on bakteriaalse päritoluga peroksüdaas ja lipaas, mis lagunevad 85—95° C juures.

PIIMA PASTÖRISEERIMINE

Piim on hea toitekeskkond mikroorganismidele.

Saprofüütne mikrofloora põhjustab piima koostisosades sügavaid muutusi, mille tagajärjel tooted tihti riknevad.

Sattunud piimaga inimorganismi, tekitavad patogeensed mikro-

organismid nakkushaigusi, mis tihti muutuvad epideemiateks. Piima kaudu antakse edasi selliseid haigusi, nagu tuberkuloosi, brutselloosi, mastiiti, tüüfust, paratüüfust, düsenteeriat, koolerat ja difteeriat.

Infektsiooni piimasse sattumise allikaks võivad olla haiged lehmad ja batsillikandjad inimesed, kas haiged või terved.

Et piima ja piimatooteid tarbivad laiad ringkonnad, on piima nakkusohutuks tegemise ning seejuures ta toite- ja bioloogilise väärtuse säilitamise probleemil iseäranis suur tähtsus.

Juba vanasti märgati, et keemislähedase temperatuurini soojendatud piim säilitab mõne aja vältel esialgse kvaliteedi. Piima nakkusohutuks tegemine võttis kindla suuna Louis Pasteuri tööde ilmumisega. Tema nimega on seotud piima süstemaatiline termiline töötlemine mitte üle 100° C juures, selleks et lõpetada soovimata mikrobioloogilised protsessid, mida põhjustab patogeenne ja saprofüütne mikrofloora. Sellist termilist töötlemist hakati juba Pasteuri eluajal nimetama pastöriseerimiseks.

Soojuse toime eri mikroorganismidesse ei ole ühesugune: ühed hävivad võrdlemisi madalal temperatuuril, teised, olles väga termostabiilsed, säilivad ka kõrge temperatuuriga pastöriseerimisel. Viimaste hulka arvatakse nõndanimetatud termofiilsed piimhappebakterid, mis ei ole tõvestavad, kuid mille arenemine pastöriseeritud piimas ei ole soovitav.

Eoseid moodustavate mikroorganismide vegetatiivseid vorme võib pastöriseerimisega hõlpsasti hävitada, kuid nende eosed on temperatuuri toimele väga vastupidavad. Pastöriseerimise tulemusena väheneb ainult nende aktiivsus või pidurdub kasvamine. Eoseid võib hävitada piima kuumutamisega üle 100° C (steriliseerimisega) või korduva pastöriseerimisega (tündalliseerimisega), s. o. pastöriseerimisega, mis vaheldub piima teatavaajalise hoidmisega eoste idanemise optimaalsel temperatuuril.

Patogeensetest mikroorganismidest on suur termostabiilsus tuberkuloosibakteritel (*Mycobacterium tuberculosis*). Piimasse satub kõige sagedamini tuberkuloositekitaja nn. veisetüüp (*Typus bovinus*), mis on ohtlik inimesele, iseäranis aga lastele.

Pastöriseerimise bakteritsiidse toime määrab tuberkuloositekitaja hävitamise efektiivsus. Kuid seoses sellega, et piimas leiduvate tuberkuloosibakterite kindlakstegemine on keerukas ja võib põhjustada infektsiooni kandmist tööstusse, otsustatakse pastöriseerimise efektiivsuse üle selle järgi, kuidas on hävitatud mitte vähem termostabiilne soolekepike *Bact. coli.*

Soolekepikesel on tüüpilised tunnused: gaasitekitamine ja iseloomustav kasvamine söötmetel; seetõttu on ta kergesti määratav mitte ainult kvalitatiivselt, vaid ka kvantitatiivselt.

Tänapäevane arusaam pastöriseerimisest põhineb Kuki [1] poolt väljatöötatud seisukohtadel:

[1] Г. А. Кук, Пастеризация молока, Пищепромиздат, 1951.

mikroorganismide mahasurumine ja piima füüsikalis-keemiliste omaduste muutumine pastöriseerimistemperatuuri toimel kulgeb ajas;

organismide termostabiilsus sõltub keskkonnast, kus nad asuvad;

pastöriseerimistemperatuuri t ja selle toime kestuse Z vahel on funktsionaalne sõltuvus, mis väljendub Dahlbergi võrrandis:

$$\ln Z = \alpha - \beta t, \qquad (I—14)$$

kus α ja β on konstantsed suurused.

Kuk rõhutab, et Z langeb kiiresti isegi siis, kui temperatuuri tõsta kitsais piires.

Paljude piima pastöriseerimise valdkonnas tehtud uurimiste tulemusena, mida on kinnitanud praktika andmed, on kindlaks määratud kaks pastöriseerimisrežiimi, mille puhul temperatuur ja sellel hoidmise kestus on minimaalsed: $t = 61{,}1°$ C, $Z = 600$ sec; $t = 71{,}1°$ C ja $Z = 11{,}5$ sec. Neid pastöriseerimisrežiime võib väljendada võrrandiga

$$\ln Z = 33{,}5433 - 0{,}4443\ t. \qquad (I—15)$$

Tootmistingimustes on vaja tagada, et tuberkuloosibakterid kindlasti saaksid inaktiveeritud. Seepärast tuleb antud pastöriseerimisrežiime kõrgendada. Siis võtab valem (I—15) kuju:

$$\ln Z = 36{,}84 - 0{,}48\ t. \qquad (I—16)$$

Kasutades valemit (I—16), võime kindlaks määrata järgmised pastöriseerimise tootmisrežiimid:

Temperatuur °C	60	61,1	62	64	66	68	70	71,1	72	74	76
Kestus sec	3100	1930	1188	455	174	67	25,6	15	9,8	3,7	1,4

Suurem osa pastöriseerimisseadmetest kujutab endast agregaate, mis koosnevad regenereerimis-, pastöriseerimis-, kuumalt hoidmise ja jahutamissektsioonist.

Piima temperatuur muutub pastöriseerimisprotsessis järk-järgult sedamööda, kuidas piim liigub läbi aparaadi. Pastöriseerimistemperatuuri saavutamisel ei hävi mikroorganismid korraga. Võib arvata, et mikroorganismid surevad aja jooksul muutuva intensiivsusega ja sedamööda, kuidas saavutatakse kriitiline temperatuur. Antud pastöriseerimistemperatuurile vastab hoideaeg Z, mis on vajalik ja küllaldane mikroorganismide võimalikult maksimaalse hävimise tagamiseks.

Keskmine pastöriseerimisefekt ajavahemikus Z on $\frac{\Theta}{Z}$. Kui $\Theta = Z$, siis kulgeb protsess täielikult; kui $\Theta < Z$ — siis osaliselt. Kui $\Theta > Z$, siis pastöriseerimisprotsess aeglustub. Suurus $\frac{\Theta}{Z}$ — on dimensioo-

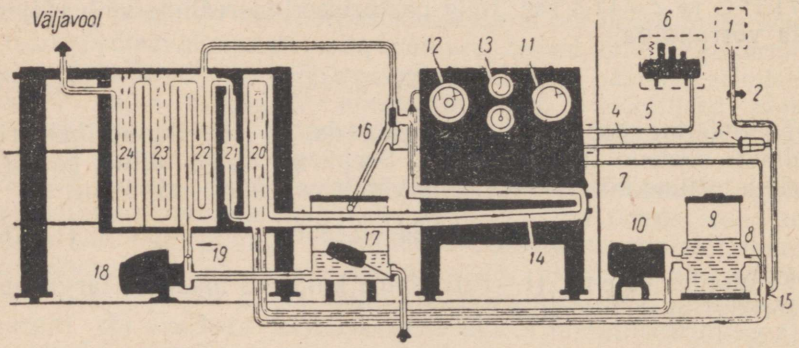
nita ja osutub protsessi lõpetatuse kriteeriumiks. Kuki ettepanekul tähistatakse suurust $\frac{\Theta}{Z}$ sümboliga Pa ja nimetatakse Pasteuri kriteeriumiks.

Mistahes lõpmata väikese ajavahemiku $d\Theta$ elementaarne pastöriseerimisefekt on $\frac{d\Theta}{Z}$ summaarne efekt Pa aja Z vältel:

$$Pa = \int \frac{d\Theta}{Z}.$$

Pasteuri kriteeriumi suurus oleneb temperatuuri ajalist muutumist kujutava kõverjoone iseloomust.

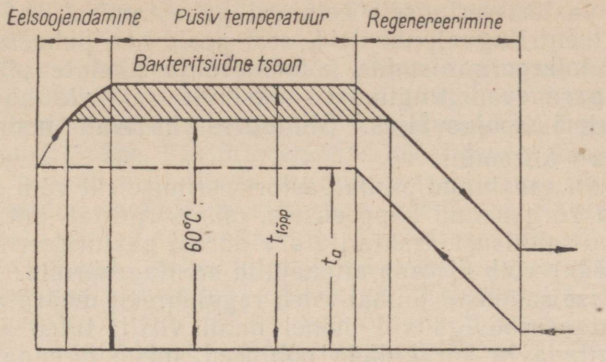
Joonistel 12 ja 13 on ära toodud pastöriseerimisagregaadi põhimõtte- ja temperatuuriskeem. Agregaat koosneb regenereerimis- ja pastöriseerimissektsioonist ning konstantse temperatuuriga kuumhoidurist.



Joonis 12. Pastöriseerimisseadme skeem:

1 — aurukatel; *2* — auru taandventiil; *3* — auru membraanventiil; *4* — kapillaar kuuma vee termoregulaatori juurest membraanventiili juurde; *5* — suruõhutorustik; *6* — õhukompressor; *7* — kapillaar termomeetri muna juurest kuuma vee termoregulaatori juurde; *8* — termomeetri muna; *9* — kuumaveepaak; *10* — pump; *11* — külma piima termograaf; *12* — kuuma piima termograaf; *13* — kuuma vee automaatne termograaf; *14* — piima kuumhoidur; *15* — auruinjektor; *16* — automaatne haruventiil; *17* — ujuk-ühtlustustank; *18* — piimapump; *19* — piima ühtlase vooluse reguleerimise ventiil; *20* — sektsioon piima soojendamiseks kuni pastöriseerimistemperatuurini; *21* — filtrid; *22* — regenereerimissektsioon; *24* — soolveega jahutamise sektsioon.

Külm piim soojendatakse regenereerimissektsioonis t_{alg} kuni t_{reg}, siis läheb ta pastöriseerimissektsiooni, kus tema temperatuur tõuseb kuni $t_{lõpp}$. Mikroorganismid hakkavad hävima 60° C juures, seepärast on joonisel 13 nivool 60° C tõmmatud horisontaaljoon, mis iseloomustab pastöriseerimisefekti madalamat piiri. Kõrgema piiri määrab piima lõpptemperatuur, millel piim läheb kuumhoidurisse. Pastöriseerimisefekti täheldatakse ka temperatuuri langemise korral kuni 60° C.



Joonis 13. Pastöriseerimisagregaadi temperatuuride skeem.

Summaarse (integraal-) efekti võib määrata üksikutel pastöriseerimisagregaadi sektsioonidel.

Vahelduva soojusväljaga pastörisaatoritel piima soojendamisel 60°-st kuni $t_{lõpp}$

$$Pa_{past} = \int_{60}^{t_{lõpp}} \frac{d\Theta}{Z}.$$

Kuumhoiduris ($t = \text{const}$)

$$Pa_{hoid} = \frac{\Theta_{hoid}}{Z_{hoid}}.$$

Regenereerimissektsioonis

$$Pa_{reg} = \int_{t_{lõpp}}^{60} \frac{d\Theta}{Z}.$$

Pastöriseerimine kulgeb lõpuni sel juhul, kui agregaadi sektsioonide pastöriseerimisefektide summa võrdub ühega või on sellest suurem,
s. o.

$$Pa_{past} + Pa_{hoid} + Pa_{reg} \geqslant 1.$$

Üldkujul igasuguse seadme jaoks:

$$\Sigma Pa \geqslant 1.$$

Enne pastöriseerimist tuleb piim puhastada mehhaanilistest lisanditest. Vastasel korral võivad säilida bakterid, mis on suletud mustuse- ja limaosakestesse. Mehhaaniliste lisandite läbikuumutamine on eriti raske kõrgtemperatuurilisel pastöriseerimisel, sest piim on sel juhul aparaadis ainult mõne sekundi.

Piima pastöriseerimisele eelneval puhastamisel on soovitatav kasutada tsentrifugaalpuhasteid, sest peale hea puhastamise saavutatakse mikroorganismide kolooniate ja ahelate pihustumine. Seetõttu paranevad tingimused üksikute rakkude hävitamiseks pastörisaatori soojusväljas. Siinjuures hävivad noored rakud märgatavalt kiiremini.

Tugevasti saastunud piima pastöriseerimisefekt võib olla madal vaatamata kõrgenenud happesusele, mis nõrgestab mikroorganismide termostabiilsust. Bakterite arv pärast pastöriseerimist (mikrofloora jääk) võib ületada ettenähtud sanitaarnormid.

Tööstusse saabuval piimal tuleb regulaarselt määrata bakterite arv reduktaasprooviga või mõnel muul viisil; tuleb õigeaegselt välja selgitada ja kõrvaldada põhjused, mis suurendavad piima bakteriaalset saastumist. Pastöriseerimise tulemusele mõjub negatiivselt piima vahutamine, mida kõige sagedamini täheldatakse lahtistes pastörisaatorites.

S. Koroljov tegi kindlaks, et toodetes, mis sisaldavad suurema koguse rasva ja kuivainet (koor, jäätisesegu), suureneb mikroorganismide vastupanu soojuse toimele, sest rasvakerakesed ja valkained ilmutavad mikroorganisme kaitsvat toimet. Sel juhul on esitatud pastöriseerimistemperatuurid vähe efektiivsed ja neid tuleb kõrgendada 10—15% võrra.

Piimatööstuses rakendatakse järgmisi pastöriseerimisrežiime: kestev pastöriseerimine — temperatuur 63—65° C, kuumana hoitakse 30 minuti vältel; lühiajaline pastöriseerimine — temperatuur 72—74° C, kuumana hoitakse 15 sekundi vältel; momentaanne pastöriseerimine — temperatuur 82—85° C.

Kestev pastöriseerimine muudab piima füüsikalis-keemilisi omadusi ja koostist kõige vähem; tagab kõigi piimaosade läbikuumutamise ja nakkushaigusi tekitavate mikroorganismide hävimise. Seda režiimi taluvad ainult mõned termofiilsed bakterid, mis võivad areneda isegi pastörisaatorites. Kestev pastöriseerimine on seotud tehniliste raskustega, sest peale pastörisaatorite tuleb kasutada tanke — piima kuumana hoidmiseks — ja vaakuum-kompressorseadeldist nende täitmiseks ning tühjendamiseks.

Kestva pastöriseerimise rakendamise võimalust piirab ka seadme kõrge hind, kusjuures tootlikkus on võrdlemisi madal. Aparatuur on pealegi kogukas ning teda tuleb sagedasti (iga 6 tunni järel) pesta, et vältida termofiilsete bakterite arenemist.

Lühiajaliseks pastöriseerimiseks kasutatakse õhukesekihilisi termilisi aparaate kombineeritult toru- või plaatkuumhoiduriga, mis on võrdlemisi väikese mahuga. See võimaldab tunduvalt vähendada aparaatide mõõtmeid, lihtsustada ja kergendada töörohket aparatuuri pesemist ning teostada pidevat tööprotsessi. Lühiajalise pastöriseerimise tulemusena hävivad termofiilsed bakterid tunduvalt paremini.

Tänapäeval on lühiajaline pastöriseerimine laialt levinud, kuigi

sellel on ka puudusi: muutub piima maitse, osaliselt koaguleerub albumiin jne.

Täheldatakse tendentsi loobuda piima kuumana hoidmisest, kusjuures püütakse pastöriseerida veel kõrgemal temperatuuril, sest kõrge temperatuuri silmapilksel toimel muutuvad piima omadused ja koostis vähe. Pastöriseerimine 85° C juures ilma kuumalt hoidmiseta toimub segistitega aurupastörisaatorites. Piim liigub neis aparaatides ebaühtlase kiirusega, seepärast ei ole tagatud kõigi osakeste nõutav soojendamine. Pastöriseerimise ajal on piim kokkupuutes õhuga, mille tõttu täheldatakse tema vahutamist. Aparaadi puudusi süvendab asjaolu, et soojuskandja, s. o. auru kõrge temperatuuri ($t \approx 105°$ C) ja võrdlemisi madal soojusülekandeteguri tõttu tõuseb soojenduspinna (seinte) temperatuur ja tekib piimakivi.

Aparaadi tehnilis-majanduslikke näitajaid võib parandada, kui segisti asendada väljatõrjetrumliga ja tarvitusele võtta piima kahekülgne soojendamine.

Segistitega pastörisaatorite katsetamised (Kuk jt.) näitasid, et tunduv bakteritsiidne efekt saavutatakse torustikus, mille kaudu piim ära juhitakse. Selles ühtlustub piima temperatuur, toimub tema kuumana hoidmine, järelikult saavutatakse küllaldane kuumuse toime mikrofloorasse.

Väga lühiajalisel piima läbivoolamisel torust 85°-sel temperatuuril muutub tema koostis palju rohkem kui 15-sekundisel kuumhoidmisel 72° C juures.

Paremaid tulemusi võib pastöriseerimisel ilma kuumhoidmiseta saavutada plaat- ja toru-regeneratiivpastörisaatorites. Kõige suurem efekt saavutatakse piima kuumutamisel õhukese kihina (1—2 mm). Seejuures võib soojusülekandetegur olla õige suur: $k = 4000—5000$ kcal/m²h°C.

Õhukese kihina pastöriseerimisel suureneb piima liikumise kiirus, intensiivistub soojusülekanne seintelt piimale, alaneb oluliselt kuumutuspinna temperatuur, erinedes keskmisest piima temperatuurist 8—10° C, ja piima koostisosad muutuvad minimaalselt. Seejuures tekib aparaadi seintele piimakivi vähesel hulgal, sest piim allub temperatuuri toimele, millel albumiin koaguleerub (60 kuni 85° C), ainult 0,1—0,3 sekundit.

Toru- ja plaataparaatidele rakestatakse pastöriseerimistemperatuuri automaatse reguleerimise ning temperatuuri üleskirjutamise seadis, samuti automaatselt töötav blokeerimissüsteem, mis ei lase pastöriseerimata jäänud piima järgmisse aparaati ja mahutisse.

Rangelt peab olema määratud piima viibimise aeg suure tootlikkusega vooluliiniaparaatides, iseäranis pastöriseerimistemperatuuri tsoonis. Seejuures tuleb lähtuda mitte piimavooluse keskmisest, vaid maksimaalsest kiirusest, mis sõltub piima liikumise režiimist ja vooluse geomeetrilisest kujust.

Piima liikumise kiirus pole vooluse ristlõikes ühtlane; ta saavutab maksimumi vooluse teljeosas. Vooluse teljeosas lähevad piimaosakesed läbi aparaadi kiiremini ja alluvad kõige vähem soojuse toimele.

Vedeliku vooluse temperatuur on kõige suurem seina lähedal, kõige väiksem telje lähedal.

PIIMA VAAKUUMPASTÖRISEERIMINE

Hariliku pastöriseerimise puudusteks on piima ülekuumendamine kihis, mis on vastu kuumutuspinda, piimakivi tekkimine ja piima ebaühtlane kuumenemine, sest vooluse teljeosas liigub piim kiiremini.

Need vead kõrvalduvad, kui aur juhtida otse piimasse. Seejuures aga lahjeneb piim kondensaadi tõttu. Liigse vee (kondensaadi) võib soojendatud piimast eemaldada vaakumis väljaaurutamisega. Seejuures võivad koos veeaurudega osaliselt eemalduda gaasid ja mõningad lõhnaained, millest on tingitud piima kõrvalmaitsed ja -lõhnad.

Auru otse piimasse juhtimisel on soojusülekandetegur (aurult piimale) väga suur (umbes 30 000).

PIIMA ELEKTRILINE PASTÖRISEERIMINE

Arvutus näitab, et isegi piimas, mis on bakteritega tugevasti saastunud (10^7 rakku 1 milliliitris), võtavad mikroorganismid enda alla ainult 5,2 mm^3.

Suure koguse piima soojendamine sellise väikese mahu mikroobide hävitamiseks on äärmiselt ebaratsionaalne toiming. Seepärast on arusaadav püüdlus muuta kaudne soojustoime otseseks. Sellise katse sooritas Vinogradov, kes selleks kasutas kõrgsagedusvoolu: $3 \cdot 10^7$ kuni $3 \cdot 10^8$ Hz.

Bakterite dielektrilised omadused erinevad piima omadest, seepärast on võimalik nende kuumutamine erinevalt, s. o. veidi kõrgemalt kui me kuumutame piima.

Vinogradovi tähelduse järgi saadakse kõrgsageduspastöriseerimise tulemusena positiivne efekt 50° C juures 1 sekundi vältel. 220-voldise pinge korral on kõige efektiivsem sagedus $5 \cdot 10^7$ Hz. Piima kõrgsageduspastöriseerimist võib teostada otse taaras (pudelis), mis on väga tähtis, sest sellega on välditud piima järelsaastumine mikroorganismidega.

Kõrgsagedusseadmete kasutegur on küllalt suur, kuid nende keerukus ja kallidus pidurdavad selle meetodi juurutamist tööstusse.

PIIMA PASTÖRISEERIMINE ULTRAHELIGA

Arvatakse, et ultraheli bakteritsiidne efekt on tingitud kavitatsiooninähtustest, mille tulemusena lagunevad mikroobide rakud. Pealegi kaasnevad kavitatsiooniga tootes lahustunud gaaside ioniseerumine ja uute ainete tekkimine.

Kavitatsiooniprotsessis täheldatakse gaasimullikeste elektrilist läbilööki spektri ultravioletses osas, seepärast kuulub ultraheli toime fotokeemiliste reaktsioonide hulka. Dobrovolski ja Kuznetsovi järgi on ultraheli toimel kõige suurem efektiivsus, kui mikroorganismide mõõtmed lähenevad ultraheli lainepikkusele.

Anarrouda konstrueeris aparaadi piima töötlemiseks ultraheli abil. Järgnenud rohkearvulised katsed näitasid, et piima ultraheliga töötlemisel bakterite põhimass hävib.

Kuid ka väga kestval ultraheliga toimimisel osa baktereid ei hävi. Seepärast pole ultraheliga pastöriseerimine leidnud kasutamist.

PIIMA ULTRAVIOLETTKIIRITAMINE

Galanin, Golovkin ja teised tegid kindlaks, et ultraviolettkiirtel on toiduainete mikrofloorasse bakteritsiidne toime. Bakterite hävimine ultraviolettkiiritamisel on seoses valguskvantide toimega rakusse, mille tuum sisaldab tümonukleiinhapet. See avaldab mõju valguskvantide (lainepikkusel 260 mμ) adsorbeerimisele raku poolt.

Ultraviolettkiired ei tungi piima sügavalt, seepärast on kõige parem töödelda piima õhukest kihti. Seejuures õnnestub võrdlemisi lühikese ajaga peaaegu täielikult hävitada piima patogeenne ja saprofüütne mikrofloora.

Ultraviolettkiirte toimel muutub hapnik osooniks, mis oksüdeerib oleiinhappe oksü- ja dioksüstearііnhappeks. Seetõttu omandab piim ebameeldiva lõhna ja vana maitse. Pealegi osoon kui tugev oksüdeerija hävitab piimas C-, B- ja A-vitamiini.

Ultraviolettkiired toimivad ergosteriinisse, muutes selle D-vitamiiniks, seepärast kasutatakse neid piima rikastamiseks D-vitamiiniga. Rasva rääsimise ja vitamiinide hävimise vältimiseks asendatakse lahustunud õhk süsihappegaasiga. Kuid ülemäärasel kiiritamisel võivad ergosteriinist peale D-vitamiini tekkida ka niisugused produktid nagu toksisteriin, suprasteriin I ja suprasteriin II, milledel on inimorganismisse toksiline toime.

IONISEERIVA KIIRGUSE TOIME PIIMASSE

Ioniseeriva kiirguse bakteritsiidne toime on teada röntgenikiirte avastamise ajast (1895) peale. Süstemaatilised uurimised kiirgusenergia rakendamise alal piima ja muude toiduainete pastö-

riseerimiseks ja steriliseerimiseks said võimalikuks siiski alles pärast radioaktiivsete isotoopide avastamist ning elementaarosakeste kiirendajate ja tuumareaktorite leiutamist.

Ioniseeriva kiirguse bakteritsiidne efekt põhineb bakterite rakkudes sisalduvate ainete otsesel ioniseerimisel ja vee kui keskkonna ioniseerimisel tekkinud vesinikülihapendi H_2O_2 ning aktiivsete radikaalide H, OH ja HO_2 oksüdeerival toimel.

Piima kiiritatakse mitmesuguse intensiivsuse ja läbitungimisvõimega β- ja γ-kiirtega.

Bakteritsiidse efekti saavutamiseks vajalik kiiritusannus sõltub mikrofloora koostisest, bakterite vanusest, toitekeskkonna keemilisest koostisest ja teistest teguritest.

Kahjulike mikroorganismide hävitamiseks on vaja 1,5 kuni 4 miljonit Rfe[1].

Kiiritamisel täheldatakse peale bakterite hävimise mõnede piima koostisosade keemilisi muutusi. Eriti tunduvalt hävivad A-, E-, C-, B_{12}- ja PP-vitamiin.

Kõige vähem tundlik kiiritamise suhtes on vitamiin B_2.

Kõige tundlikumad kiirituse suhtes on tsüsteiin ja muud väävlit sisaldavad amiinohapped. Aktiivsete radikaalide aktsepteerimisega osutavad nemad kaitsetoimet mikroorganismide rakkudele. Valkained sulforühma sisaldavate dipeptiididega moodustavad sulfhüdrogeenid ja merkaptaanid. Rasvades kulgevad peroksüüdide tekkimise ja rääsimise protsessid. Toodetel muutuvad maitse, lõhn ja värvus.

Fermendid, ebapüsivad termilisel töötlemisel, säilitavad aktiivsuse ka pärast kiiritamist. Kiiritatud produktide säilitamisel võivad seetõttu kulgeda soovimata biokeemilised protsessid ja tooted rikneda. Fermentide hävitamiseks on vajalik toodet enne kiiritamist termiliselt töödelda.

Kiiritatud toodete biokeemilisi muutusi ja nende füsioloogilist toimet inimorganismile ei ole küllaldaselt uuritud. Seepärast pole ioniseeriv kiirgus piima pastöriseerimisel seni leidnud tööstuslikku rakendamist.

PIIMA JAHUTAMINE

Kui piima töötlemine viivitub, siis jahutatakse ta temperatuurini 4—6° C, et vältida soovimata mikrobioloogilisi protsesse ja sellega seoses olevaid vigu. Sellise temperatuurini jahutatud piima võib säilitada kvaliteedi tunduva muutuseta küllalt kaua aega (ligikaudu 2 ööpäeva pärast lüpsmist). Tööstuses säilitatakse piima harilikult ühe vahetuse jooksul või mitte üle 12 tunni, seepärast piisab jahutamisest 6—8° C-le.

[1] Rfe (röntgeni füüsikaline ekvivalent) — kiiritusannuse ühik: ioniseerivate kiirte hulk, mis, toimides 1 g bioloogilisesse koesse, kutsub esile ionisatsiooni, mis on ekvivalentne õhu ionisatsioonile, mida põhjustab 1 röntgen.

Pastöriseeritud piima jahutamiseks kasutatakse mitmesuguseid ühesektsioonilisi jahuteid, kus külmaagendiks on soolvesi või jäävesi.

Kui pastöriseeritud piima on vaja säilitada kaubandusvõrku suunamiseni, siis jahutatakse piim 6—8° C-le, et ära hoida järelejäänud ja sekundaarmikrofloora arenemist.

Kui pastöriseeritud piim on määratud ümbertöötamiseks hapupiimaks, kohupiimaks ja muudeks toodeteks, siis fikseeritakse jahutustemperatuur arvesse võttes nende toodete tehnoloogilisi iseärasusi.

Mahajahutatud piima säilitatakse isoleeritud tankides, mille maht on 2000 kuni 10 000 l. Täiendavaks jahutamiseks on tankides spiraaltorud, kus tsirkuleerib jahutatud vesi või soolvesi. Piim segatakse tankides harilikult propellersegamisseadistega.

Jahutatud piima võib lühikest aega säilitada isoleerimata, kuid kaanestatud vannides ja paakides. Piima temperatuuri kontrollimiseks ja selle tõusu õigeaegseks vältimiseks tuleb iga piimatank varustatud distants- või paikse termomeetriga.

Ettenähtud temperatuuri säilitamiseks on parem varustada tankid automaatseadmetega.

5. PEATÜKK

PIIMATOODETE VALMISTAMISEKS KASUTATAVATE JUURETISTE TOOTMINE

Bakteriaalset juuretist hakati esmakordselt kasutama hapukoorevõi valmistamiseks (1860. a.), kasutades selleks kas heast võist saadud petti või hapendatud piima ning koort. Kuid alati ei saadud kõrgekvaliteedilist võid, sest sellistes looduslikkudes juuretistes esines peale piimhappebakterite ka muid baktereid.

Esimesed katsed piimhappebakterite puhaskultuuridest valmistatud juuretistega tehti Taanis 1888. a. Sellest ajast alates hakati neid kasutama paljudes maades.

Venemaal tegi ettepaneku valmistada juuretisi piimhappebakterite puhaskultuuridest esimesena S. Severin, kes töötas välja ka pulberjuuretise saamise viisi. Esimesed või pulberjuuretise partiid valmistati Moskva Bakterioloogilises Agronoomilises Jaamas 1898. a.

Piimhappebakterite puhaskultuuride kasutusele võtmise tulemusena paranes võitööstustes järsult või kvaliteet. Juustutööstuses ja hapupiima-dieettoodete tootmises hakati puhaskultuure kasutama XX sajandi algul.

MITMESUGUSTE PIIMATOODETE VALMISTAMISEKS VAJALIKE PUHASKULTUURIDE VALIMINE

Bakteriaalsed juuretised tuleb koostada niisugustest mikroorganismide kultuuridest, mille elutegevuse tulemusena saadakse kõrgeväärtuslikud piimatooted (juust, hapukoor, kohupiim jne.). Juuretiste jaoks puhaskultuuride valimisega ja nende omaduste kontrollimisega tegelevad spetsiaalsed laboratooriumid Moskvas, Uglitšis, Kiievis, Novosibirskis ja teistes linnades.

Puhaskultuure võib eraldada piimast ja kõrgekvaliteedilistest piimatoodetest (hapukoorest, keefirist, juustust) ja ka taimede pinnalt.

Ei tohi viia juuretisse kultuure, mis teisi liike maha suruvad.

Hapukoorevõi juuretis

Esimene katse kasutada piimhappebakterite puhaskultuure hapukoorevõi valmistamiseks näitas, et piimhappestreptokokk (*Str. lactis*) ja koorestreptokokk (*Str. cremoris*) ei anna võile täielikku maitse ja aroomi buketti, mida sageli täheldatakse looduslikkude juuretiste kasutamisel. See ergutas otsima mikroorganisme, mis oleksid võimelised aroomi tekitama. Tulemusena eraldati aroomi tekitavad streptokokid *Str. citrovorus* ja *Str. paracitrovorus,* küllalt nõrgad happetekitajad, kuid võimelised valmistama aineid, millest on tingitud hapukoorevõi eriline aroom.

Erilise aroomiga bakteriaalsete juuretiste ja kõrgekvaliteediliste või näidiste biokeemilise koostise uurimise tulemusena on kindlaks tehtud, et või aroom on tingitud diatsetüülist, lenduvatest hapetest ja eetritest. Ovtšinnikov leidis, et head aroomi täheldatakse juhul, kui 1 kg võid sisaldab 0,01—0,1 mg diatsetüüli, 180—300 mg lenduvaid happeid, kuni 100 mg alkoholi ja eetri jälgi, 1 kg juuretist aga 0,1—1 mg diatsetüüli, 600—900 mg lenduvaid happeid, kuni 2 mg eetrit ja 9—20 mg alkoholi.

Arvatakse, et hapukoorevõi aroomi põhiliseks komponendiks on diatsetüül, mis tekib mikroorganismide arenemise tõttu. Mõned autorid oletavad, et piimas tekib diatsetüül sidrunhappest, teised märgivad, et ta tekib ainult keskkonnas, milles koos esinevad laktoos ja sidrunhape. Enamik kaasaegseid uurijaid on jõudnud otsusele, et diatsetüül saadakse vaheproduktist, mis tekib püroviinamarihappest.

Piimhappebakteritest produtseerib kõige aktiivsemalt diatsetüül *Str. diacetilactis,* mis on ka aktiivne happetekitaja. Katsed kultiveerida *Str. diacetilactis*'t koos aroomi tekitavate bakteritega *Str. citrovorus* ja *Str. paracitrovorus* ei andnud soovitud tulemusi, sest aroom väljendus sel puhul nõrgalt.

Bogdanov ja Maksimova konstateerisid, et kui juuretis sisaldab *Str. citrovorus*'t ja *Str. paracitrovorus*'t, mis produtseerivad ainult atsetoiini, väheneb diatsetüüli hulk tunduvalt.

On selgeks tehtud, et piimhappebakterid, mille esinemisel juuretises järsult langeb või täielikult lakkab diatsetüüli tekkimine, moodustavad madala oksüdeerimis- ja taandamispotentsiaali. *Str. diacetilactis,* aga ka *Str. cremoris* tekitavad kõrgema potentsiaali, mille tõttu atsetoiin võib oksüdeeruda diatsetüüliks. Seepärast koostatakse võijuuretis tänapäeval *Str. lactis*'est, *Str. cremoris*'est ja *Str. diacetilactis*'est.

Kultuuridel, mis kuuluvad juuretise koostisse, kontrollitakse eelnevalt aktiivsust ja happetekitamise piiri; optimaalset arenemistemperatuuri; võimet anda piimale puhast hapupiimamaitset ja -aroomi. Aroomi tekitavatel kultuuridel kontrollitakse ka diatsetüüli tekitamise võimet, *Str. lactis*'el aga redutseerimisvõimet.

Võijuuretisse võetakse *Str. lactis*, millel on kõige väiksem taandav toime. Valmistatud juuretisel kontrollitakse piima hapendamise aktiivsust ja hinnatakse maitset ning lõhna.

Hapukoorejuuretis

Hapukoorejuuretisel on hapukoorevõi-juuretise koostis, seepärast kasutati nende toodete valmistamiseks kaua aega üht ja sama juuretist. Tänapäeval valmistatakse hapukoorejuuretist eraldi, lisades sellele konsistentsi parandamiseks mesofiilseid *Str. lactis*'e kultuure, mis tekitavad tiheda, hästi vadakut siduva kalgendi.

Kui kasutada juuretises *Str. diacetilactis*'t, pole tarvis hapendada koort madalal temperatuuril, sest selle kultuuri arenemise optimaalne temperatuur on 25—30° C. See võimaldab lühendada hapendamise kestust.

Hapupiimajuuretis

Metšnikovi ettepanekul kasutati hapupiima valmistamiseks esialgu ainult bulgaaria kepikese puhaskultuure (*Bact. bulgaricum*). Kuid selline toode ei rahuldanud tarbijat, sest tal oli happesus teravalt väljendunud. Dieetiliste omadustega toote saamiseks, millel oleks hea, puhas ja õrn maitse, viiakse hapupiimajuuretisse *Str. lactis*'t. Hapupiima ja muude hapupiimadieettoodete valmistamiseks kasutatakse ka antibiootiliselt aktiivset atsidofiilkepikest (*Bact. acidophilum*), mis sooltes kohaneb. Seda atsidofiilkepikese omadust kontrollitakse tema arenemisvõime järgi piimas, mille fenoolikontsentratsioon (0,5%) tunduvalt ületab selle kontsentratsiooni inimese sooltetraktis. Sellise kontrolliga tagatakse nimetatud kepikese püsivus inimese sooltes.

Et saada tiheda kalgendiga hapupiima, millest vadak halvasti eraldub, tuleb lisandada kultuure, mis tekitavad nõrgalt veniva konsistentsi.

Sõltuvalt hapupiima liigist viiakse piimhappebakterite kultuurid juuretisse järgmises vahekorras (tabel 4).

Tabel 4

Hapupiim	Kogus, %		
	Str. lactis	*Bact. bulgaricum*	*Bact. acidophilum*
Harilik hapupiim ja hapikpiim (ahjus hautatud hapupiim)	5—7	0,5—1	—
Atsidofiilpiim	5—7,5	—	0,1—0,5
«Lõuna»-hapupiim	0,05—1	5,7	—

Hapupiimajuuretise kultuuridel on erinev optimaalse arenemise temperatuur ja happetekitamispiir. Piimhappekepikesed arenevad hästi 38—42° C juures, piimhappestreptokokid aga 30—35° C juures. Kui neid kultiveeritakse üheskoos, on vaja temperatuuri nii reguleerida, et nende vahel säiliks kindlaksmääratud suhe.

Võib kasutada ka piimhappebakterite termofiilseid liike, mis tekitavad kalgendi 50—55° C juures 1,5—2 tunni kestel.

Keefirijuuretis

Keefirijuuretis saadakse, kui lastakse piimas areneda keefiriseenekesi, mis kujutavad endast mitmesuguste mikroorganismide keerukat sümbioosi.

Keefirijuuretises on ülekaalus streptokokid (*Str. lactis, Str. citrovorus* ja *Str. paracitrovorus*), enamasti alati esineb beetabakterite tüüpi ja streptobakterite tüüpi mesofiilseid piimhappekepikesi, kuid ka äädikhappebaktereid; pärmseened moodustavad mikrofloora üldhulgast 0,1—5%.

Peale piimhappe sisaldab keefirijuuretis lenduvaid happeid, süsihappegaasi ja alkoholi. Parima maitse ja lõhnaga keefir saadakse, kui seenekeste ja juuretisepiima vahekord on: 1 : 10—1 : 20.

Atsidofiliini, atsidofiilpiima ja atsidofiilpasta juuretis

Atsidofiilsete hapupiima-dieettoodete saamiseks kasutatakse põhiliselt samu kultuure, mida hapupiima ja keefiri tootmisel, kuid erinevas kombinatsioonis. Atsidofiiltoodete valmistamiseks kasutatavate kultuuride normid on toodud tabelis 5.

Tabel 5

Hapupiimadieettooted	Kogus, %		
	Str. lactis	*Bact. acidophilum*	Keefiri-juuretis
Atsidofiliin	1,5—2	1,5—2	1,5—2
Atsidofiilpiim	—	4 (limata liiki)	—
		1 (limajas liik)	—
Atsidofiilpasta	—	5 (limata liiki)	—

Kohupiimajuuretis

Kohupiimajuuretise koostisse kuuluvad ainult streptokokid: *Str. lactis, Str. cremoris, Str. diacetilactis.* Kui juuretise koosseisus on need mikroorganismid, siis hapendub piim küllalt intensiivselt ja saadud kohupiim on puhta hapupiimamaitsega. Kohupiimajuuretisele piimhappestreptokokkide valimisel tuleb pöörata erilist tähelepanu kultuuride võimele anda tihedat kalgendit, millest vadak hästi eraldub.

Juustujuuretised

Juustutööstuses rakendatakse laialt piimhappebaktereid (streptokokke ja kepikesi), milledel on proteolüütiline toime ja mis etendavad peaosa juustude valmimisel. Peale piimhappebakterite võib kasutada ka muid mikroorganisme. Propioonhappebakterid annavad juustule erilise maitse ja võtavad osa aukude moodustamisest kõrge järelsoojendusega (šveitsi, altai jm.) juustudel. Pehmete ja isepressuvate kõvade juustude valmistamisest võtab osa juustulima mikrofloora. Mõningate pehmete juustude tootmiseks kasutatakse mitmesuguseid hallitusi.

Madala järelsoojendusega ja järelsoojenduseta juustude valmistamiseks kasutatakse piimhappestreptokokkidest (*Str. lactis, Str. cremoris*), aroomi tekitavatest ja mesofiilsetest kepikestest — streptobakteritest — juuretist.

Kõrge järelsoojendusega juustude valmistamisel, nagu nõukogude juust, moskva juust, kasutatakse piimhappe- ja aroomi tekitavatest streptokokkidest, termofiilsetest ja mesofiilsetest piimhappekepikestest (juustukepike, streptobakterid) juuretist. Rokfoori juustu valmistamiseks toodetakse hallituse kuivkultuuri. See kujutab endast peent hallikasrohelist pulbrit, mis sisaldab hallituse *Penicillium roquefort*'i eoseid.

Pehmete suupistejuustude tarvis lastakse välja hallitusi *Penicillium camemberti* ja *Penicillium candidum.*

TRÜ Raamatukogu

Juuretise valmistamiseks tuleb võtta tervete, veterinaarjärelevalve all olevate loomade piima.

Piim peab olema eriti kõrge kvaliteediga: rõõsk (happesus 16—18° Th), puhas (mitte alla I klassi), minimaalselt saastunud bakteritega (reduktaasproovil ei tohi metüleensinine valastuda enne 5—5,5 tundi).

Juuretis valmistatakse tööstustes täispiimast või lõssist, mis pastöriseeritakse 90—95° C juures, lastakse seista sel temperatuuril 30 minutit ja jahutatakse sõltuvalt juuretise liigist kuni hapendamistemperatuurini.

Esialgse (ema-) juuretise valmistamiseks segatakse pastöriseeritud või steriliseeritud piimasse piimhappebakterite puhaskultuuri või kombineeritud juuretist.

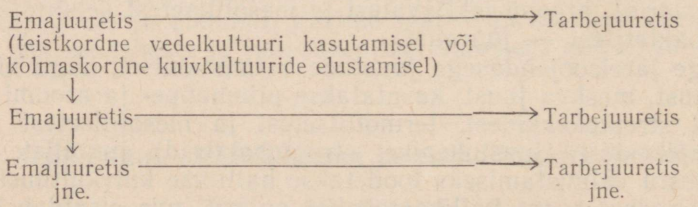
Piimatööstused saavad piimhappebakterite puhaskultuurid või kombineeritud juuretised (koosnevad mitmest kultuurist) vedelas või kuivatatud olekus. Vedeljuuretises on kultuur aktiivses olekus, seepärast on enne kasutusele võtmist nõutav teha ainult üks-kaks ümberistutamist. Kui puudub vastav jahutus, langeb pikaajalisel transportimisel vedeljuuretise kultuuride aktiivsus kiiresti.

Kuivkultuurid on transporditavad ja võivad säilida kauemat aega (3—6 kuud).

Kuivjuuretisest valmistatud esimene ehk emajuuretis ei ole küllalt aktiivne ega rahulda tarbejuuretisele esitatavaid nõudeid. Teise ja kolmanda ümberistutamise järel omandab juuretis antud liigile iseloomuliku maitse, happe tekkimine kiireneb, järelikult hapnemiskestus lüheneb. Tootmiseks võib kasutada juuretist alles pärast kolmandat ümberistutamist.

Et juuretist kasutada pikemat aega, on soovitatav rakendada kultuuride ümberistutamiseks kaherealist viisi. Seejuures saadakse emajuuretisest, mida valmistatakse vähesel hulgal, järgnevad ema- ja tarbejuuretised. Ema- ja tarbejuuretisi on kõige otstarbekohasem valmistada iga päev või üle päeva.

Kaherealist juuretise ümberistutamise viisi võib skemaatiliselt kujutada järgmiselt:



Keefirijuuretist võib valmistada alustatud seenekestest. Selleks lastakse kuivad seenekesed 2—3 päeva seista keedetud jahutatud vees. Seejärel asetatakse seened pastöriseeritud ja 20—22° C-ni

jahutatud täispiima või lõssi. Seenekeste kõlblikkuse üle otsustatakse nende pinnaletõusmise järgi.

Ümberistutamiste ajal pestakse keefiriseenekesi perioodiliselt (1 kord 7—10 päeva kestel) veega või lõssiga. Sellisel hooldamisel kasvavad seenekesed hästi ja juuretisel on iseloomustav maitse ning kõrge aktiivsus.

Keefirijuuretis võib saastuda piimahallitusega, soolekepikesega ja muude mikroorganismidega. Hallituse hävitamiseks pestakse seenekesi sooja (20° C) 2%-lise söögisoodalahusega, soolekepikese hävitamiseks aga tõstetakse juuretise happesus kuni 200° Th-ni.

Juuretise kvaliteet sõltub keskkonna (piima) omadustest ja kultiveerimisrežiimist (hapendamine, jahutamine, säilitamine, ümberistutamise sagedus jm.).

Kultiveerimisrežiimi rikkumise korral muutub kombineeritud juuretiste ümberistutamisel nende koostises olevate kultuuride vahekord.

Kultuuride aktiivsusele mõjub mikrofloora vanus, juuretise happesus ja säilitamistingimused. Allpool on esitatud eri juuretiste soovitatud optimaalne happesus.

Kultuurid ja juuretised	Soovitatud happesus °Th
Piimhappestreptokokid	80—100
Atsidofiilkepike	90—140
Bulgaaria kepike	90—140
Keefirijuuretis	80—100
Juustujuuretis	80—110
Või- ja koorejuuretis	80—100
Kohupiimajuuretis	80—100

Valmis juuretist hoitakse 4—8° C juures.

Juuretiste valmistamisel ja säilitamisel on tarvis silmas pidada neisse bakterifaagide sissesattumise võimalust, sest need on looduses laialt levinenud ja neil on nagu viirustelgi väga väikesed mõõtmed (kümned kuni sajad millimikronid).

Faagi põhiomaduseks osutub tema võime oma osakesi taastada ainult elavates rakkudes, mis on tundlikud faagi toime suhtes ja on paljunemisstaadiumis.

On kindlaks tehtud järgmised faagi toime arenemisjärgud: faagi osakeste adsorbeerumine bakteri pinnale; faagi osakeste tungimine rakku; rakus faagi uute osakeste tekkimine; raku bakteriolüüs ja faagi aktiivsete osakeste vabanemine.

Faagi avastamiseks tehakse tundliku kultuuri ja faagikahtlase aine külv tahkele söötmele. Faagisisalduse korral tekivad steriilsed täpid. Kui kanda kultuuri pinnale faagi sisaldava filtraadi tilku, siis kohal, kuhu sattus filtraadi tilk, kultuuri kasvu ei täheldata. Faagid kutsuvad esile bakteriolüüsi ainult teatud bakteritel (näiteks ainult *Str. lactis*'el) või isegi streptokoki üksikutel tüvedel.

Suur osa piimhappestreptokokkide faage hävib soojendamisel 70—75° C-ni 30 minuti kestel. Faagid hävivad õhus kloorlubjalahuse pihustamisel (kontsentratsioon 0,017 g aktiivset kloori 1 m^3 õhu kohta).

Juuretiste valmistamiseks tuleb kasutada faagi suhtes mittetundlikke kultuure ja juuretised valmistada eraldatud ruumis, kasutades selle desinfitseerimiseks kõiki abinõusid. Enne töö algust klooritada kõik torustikud ja aparaadid.

II OSA

TÄISPIIMA, HAPUPIIMATOODETE JA JÄÄTISE TEHNOLOOGIA

6. PEATÜKK

PASTÖRISEERITUD, STERILISEERITUD JA TAASTATUD PIIMA TEHNOLOOGIA

PASTÖRISEERITUD PIIM

Vastavalt standardi nõuetele peab pastöriseeritud piim sisaldama 3,2% rasva ja mitte vähem kui 8% rasvata kuivainet; kannupiimal ei tohi happesus ületada 22°Th ja pudelipiimal 21°Th. Puhtuselt peab pudelipiim vastama I grupile ja kannupiim II grupile.

Bakterioloogiliste näitajate järgi jagatakse pastöriseeritud pudelipiim 3 gruppi (tabel 6).

Tabel 6

Piima grupp	Üldine bakterite arv 1 ml piimas mitte üle	Soolekepikest lubatakse
Pastöriseeritud pudelipiim		
A	75 000	3 ml-is
B	150 000	0,3 ml-is
C	400 000	0,3 ml-is
Pastöriseeritud kannupiim	500 000	—

Kaubandusvõrku saatmiseni tuleb piim hoida temperatuuril kuni 8° C.

Pastöriseeritud piima tootmiseks kasutatakse rõõska (happesus mitte üle 19° Th), ilma mingisuguse kõrvalmaitse ja -lõhnata, võltsimata ja neutraliseerimata (happesust alandamata) piima. Selle konsistents peab olema ühtlane, sadestusteta ja helvesteta, värvus valge või kergelt kollaka varjundiga.

Seoses sellega, et piima standardne rasvasisaldus on madalam tööstustesse laekuva piima rasvasisaldusest, võib piima standardi-

seerida tsentrifugaalsest piimapuhastist-normaliseerijast läbilaskmisega või lõssi lisamisega.

Vajalik lõssi kogus määratakse võrrandist

$$PR_p + LR_l = (P+L)R_{st},$$

kust

$$L = P\frac{R_p - R_{st}}{R_{st} - R_l}, \qquad \text{(II—1)}$$

kus L — lõssi kogus, kg,
P — täispiima kogus, kg,
R_p — täispiima rasvasisaldus, %,
R_l — kooritud piima rasvasisaldus, %,
R_{st} — standardiseeritud piima rasvasisaldus, %.

Piima kogus, mida on vaja separeerida selleks, et saada arvutatud koguses lõssi, määratakse võrrandist

$$P_{sep} = \frac{100L}{V_l}, \qquad \text{(II—2)}$$

kus P_{sep} — separeerimisele kuuluv täispiima kogus, kg,
V_l — kooritud piima saagis, %.

$$V_k = \frac{100(R_k - R_p)}{R_k - R_l}, \qquad \text{(II—3)}$$

kus R_k on koore rasvasisaldus, %.

Kui on olemas ainult ühe partii täispiim, siis osa sellest separeeritakse. Saadud lõss segatakse täispiima allesjäänud osaga. Sel juhul arvutatakse piima kogus, mis on vaja antud partiist eraldada separeerimiseks, valemiga

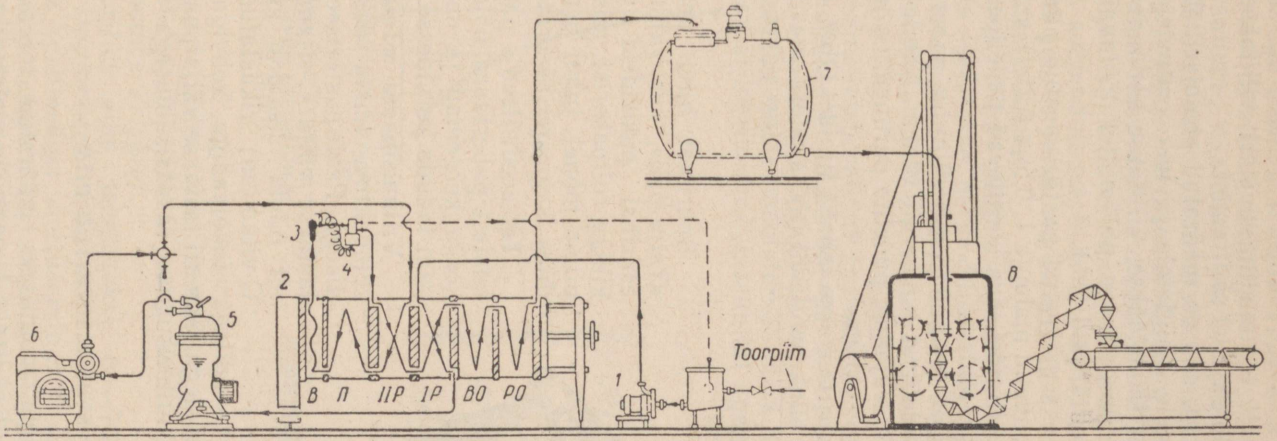
$$P_{sep} = \frac{P(R_k - R_l)(R_p - R_{st})}{(R_p - R_l)(R_k - R_{st})}. \qquad \text{(II—4)}$$

Et standardiseerimisel on kaod vältimatud, on vaja valemitesse sisse viia koefitsiendid vältimatute kadude arvestamiseks.

Rasva pinnalekerkimise ja pudelites «koorekorkide» moodustumise vältimiseks, samuti rasva omastatavuse tõstmiseks ja kiirendamiseks piim homogeniseeritakse 150—200 atü juures. Harilikult homogeniseeritakse 55—65° C-ni eelsoojendatud piima. On soovitatav piima homogeniseerida pärast tema puhastamist mehhaanilistest lisanditest. Selleks tuleb lülitada regeneratiivplaatpastörisaatori skeemi homogenisaator ja puhasti (joonis 14). Viimasel ajal on hakatud homogenisaatorite asemel kasutama klarifiksaatoreid.

Seejärel piim pastöriseeritakse režiimil, mis on iseloomulik kasutatavale termilisele aparaadile.

Pastöriseeritud piim jahutatakse kohe 6—8° C-ni pastöriseeri-



Joonis 14. Pastöriseeritud piima tootmisprotsessi skeem:

1 — tsentrifugaalpump; *2* — plaataparaat; *3* — termoregulaator; *4* — automaatne tagasilöögi klapp; *5* — tsentrifugaalpiimapuhasti; *6* — homogenisaator; *7* — pastöriseeritud piima tank; *8* — villimismasin «Tetra-pak»; *H* — kuumhoidur; *P* — pastöriseerimissektsioon; *I R* — esimene regenereerimissektsioon; *II R* — teine regenereerimissektsioon; *VJ* — vesijahutussektsioon; *SJ* — soolvesijahutuse sektsioon.

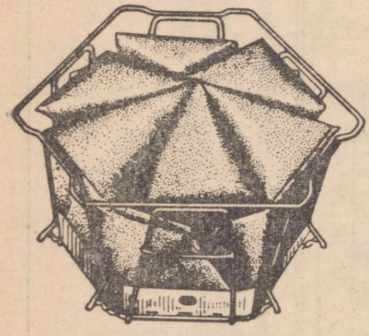
misseadme vesi- ja soolvesijahutuse regenereerimissektsioonides või jahuteis. Olenevalt tootmistingimustest villitakse jahutatud piim kohe või pärast lühiajalist säilitamist.

Pastöriseeritud piim, mis on määratud peamiselt ühiskondliku toitlustamise ettevõtetele, haiglatele ja lasteasutustele, kus teda teist korda termiliselt töödeldakse, villitakse kannudesse. Selleks kasutatakse mahulise doseerimise põhimõttel töötavaid aparaate (ujukmõõtjaid, karuselltäitjaid jm.).

Vahetuks tarbimiseks määratud pastöriseeritud piim villitakse väiketaarasse (klaaspudelid mahuga 1; 0,5 ja 0,25 l) automaatsetel või poolautomaatsetel liinidel, mis koosnevad pudelipesemis-, -villimis- ja -korkimisaparaatidest.

Viimastel aastatel on levinud piima villimine paberpudelitesse, mis kaaluvad klaaspudelitest tunduvalt vähem. Nende kasutamise korral jääb ära pesemisvajadus, pudelite purunemine ja piima riknemist põhjustav valguse mõju.

Piima villimine pabertaarasse toimub liinidel ОБР, «Tetra-pak» jt. Need koosnevad sünkrooniliselt töötavatest masinatest, mis täidavad automaatselt kõiki operatsioone alates pakendi valmistamisest kuni selle piimaga täitmiseni, korkimiseni ja kastidesse või korvidesse asetamiseni.



Joonis 15. Korv tetraeedriliste pakenditega.

Suurimat huvi pakub masin «Tetra-pak», mis valmistab tetraeedrilisi pakendeid polüetüleenkihiga rullpaberist, mis võimaldab piima mõnel juhul nendes pakendites isegi steriliseerida.

Tetraeedrilised pakendid on teistest pabertaara näidistest 3—4 korda kergemad ja neid on sobivam laduda korvidesse (joonis 15).

Villimismasin «Tetra-pak» on kompaktne, lihtsa doseerimisseadisega. Peale pastöriseeritud piima lastakse välja C-vitamiiniga (100 ml piima sisaldab kuni 17 mg C-vitamiini) rikastatud piima ja piima mitmesuguste lisanditega: šokolaadiga, kohviga, mandliga ja puuvilja-marjamahladega. Samuti lastakse välja pastöriseeritud ja homogeniseeritud mitmesuguse rasvasisaldusega (10, 20 ja 35%) rõõska koort.

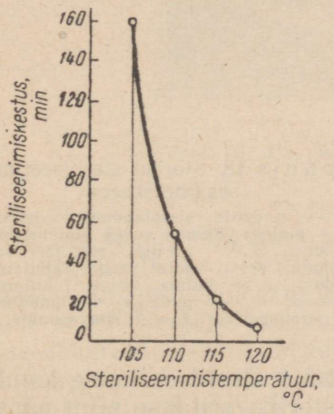
STERILISEERITUD PIIM

Steriliseeritud piima tootmiseks määratud toorainele esitatakse täiendavaid nõudeid lisaks 1. peatükis mainituile. Piim peab taluma kõrge temperatuuriga töötlemist, kusjuures ei tohi toimuda

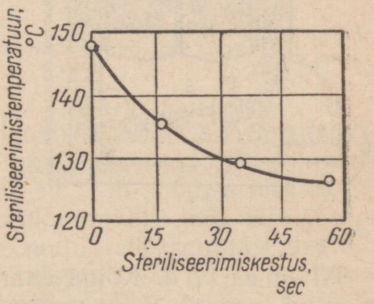
helvestumist ega kaseiini koaguleerumist. Piima vastupanu soojuskoagulatsioonile oleneb soolalisest koostisest ja kaltsium-, magneesium-, kaalium-, naatrium- jm. ioonide suhetest. Piima püsivust kontrollitakse katselise steriliseerimisega ning samuti alkoholja kaltsiumprooviga. Steriliseeritud piima tootmise protsess seisneb järgmises. Piima soojendatakse 30—40° C-ni ja puhastatakse tsentrifugaalpiimapuhastites mehhaanilistest lisanditest. Pärast puhastamist soojendatakse teda 60—70° C-ni, homogeniseeritakse 180—200 atü juures ning steriliseeritakse. On teada mitu piima steriliseerimise meetodit.

I meetod. Piim villitakse pudelitesse, korgitakse metallkapslitega ja asetatakse perioodiliselt või pidevalt töötava sterilisaatori korvidesse. Pudelites olev piim kuumutatakse steriliseerimistemperatuurini (118° C), tõstes temperatuuri kiirusega 1,5—2,5 kraadi minutis.

Steriliseerimistemperatuuri saavutamisel katkestatakse kuumutamine ja hoitakse pudeleid 18—20 minutit sellel temperatuuril. Seos steriliseerimistemperatuuri ja -kestuse vahel on graafiliselt kujutatud joonisel 16.



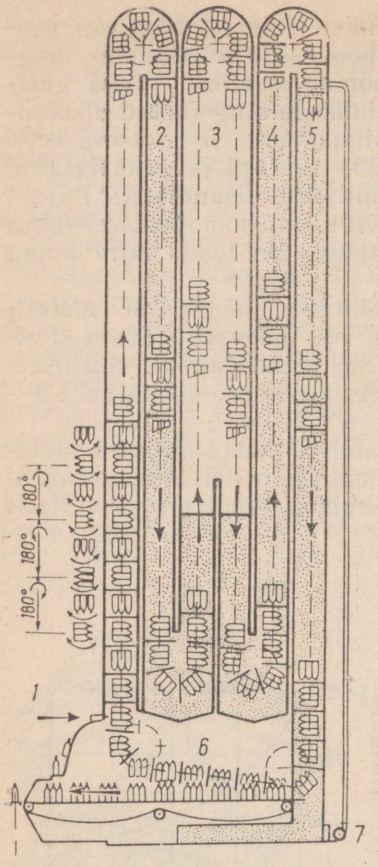
Joonis 16. Steriliseerimiskestuse sõltuvus temperatuurist (Heidti järgi).



Joonis 17. Eoste hävitamise kõver sõltuvalt steriliseerimisrežiimist.

II meetod. Piim steriliseeritakse toru- või auruinjektorvooluaparaatides 130—145° C juures kestusega, mida võib kindlaks teha joonise 17 järgi.

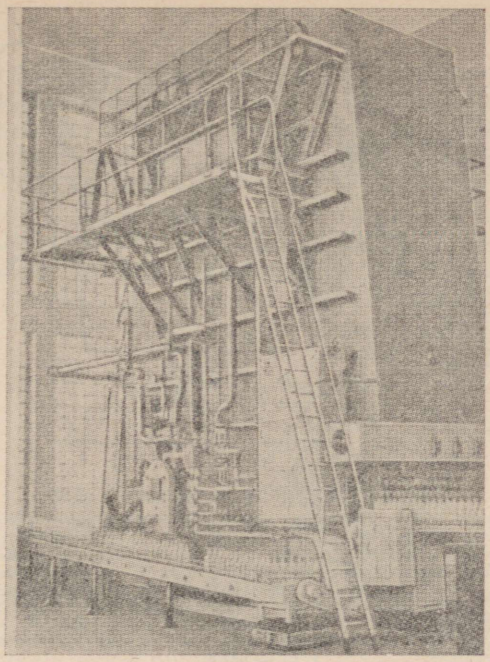
Steriliseeritud piim jahutatakse 65—70° C-ni ja villitakse aseptilistes tingimustes pudelitesse. Sellel tootmismeetodil saadakse kõrge kvaliteediga steriliseeritud piima. Kuid piima kuumutamise kõrge temperatuuri tõttu moodustub aparaatide pinnal valk- ja mineraalainetest piimakivi. Peale selle on steriilne villimine seotud raskustega.



Joonis 18. Storchi steriliseerimisseadme skeem:
1 — pudelite sisselaadimise kolonn; *2* — pudelite kuuma veega kuumutamise kolonn; *3* — auruga steriliseerimise kolonn; *4* — sooja veega jahutamise kolonn; *5* — külma veega jahutamise kolonn; *6* — pudelite väljalaadimise transportöör; *7* — külmaveepump.

III meetod. Kõige enam on levinud steriliseerimise kombineeritud meetod. Selle meetodi puhul steriliseeritakse piim pärast homogeniseerimist enne 130—135° C juures, jahutatakse 65—70°-ni ja villitakse pudelitesse lahtist tüüpi karusell-villimis- ja korkimisautomaadil. Seejärel pannakse pudelid piimaga Storchi (joonis 18) või Websteri (joonis 19) süsteemi pidevalt töötava sterilisaatori transportööri pesadesse. Nende sterilisaatorite esimeses kolonnis kuumutatakse pudeleid piimaga algul kuuma veega 100—105° C-ni, misjärel nad saabuvad teise kolonni aururuumi, kus nad kuumenevad 4—5 minuti jooksul 116—120° C-ni. Järgmistes kolonnides jahutatakse pudeleid piimaga vee abil.

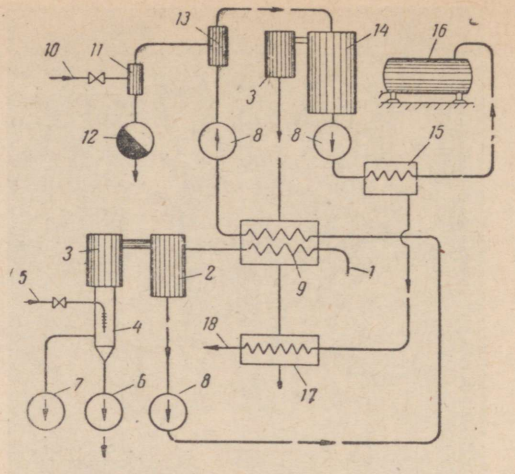
Mõnedes sterilisaatorites kasutatakse õhkjahutust (18—20° C). Viimasel ajal rakendatakse välismaal ikka laialdasemalt uut steriliseerimise meetodit — uperiseerimist (ülipastöriseerimist), mille puhul aur viiakse vahetult piima.



Joonis 19. Websteri süsteemi steriliseerimisseade.

Šveitsi firma «Ursina» seadmes teostatakse piima uperiseerimist järgmiselt (joonis 20). Pärast piima puhastamist suunatakse piim torusoojendisse *9*, kus ta soojeneb 50° C-ni soojuse regeneratsiooni arvel. Seejärel suubub piim vaakuumi all (80—90%) olevasse deaeraatorisse *2*. Deaeraatoris eemaldatakse piimast hapnik, mis põhjustab kuumutamisel hapendumisprotsesse ja C-vitamiini hävimist. Samuti kõrvaldatakse lenduvad ained, mis annavad piimale kõrvallõhnu.

Deaeraatorist suunatakse piim pumba *8* abil uuesti eelsoojendisse *9*, mille teises astmes ta kuumeneb 70—75° C-ni. Pärast seda suunatakse piim pumba *8* abil uperisaatorisse, mis koosneb kahest teineteise sisse asetatud ning äärikuga ühendatud torust. Piim liigub sisemist toru pidi, mille avaused on paigutatud keermekujuliselt ja mille läbimõõt toru otsa poole väheneb; torudevahelisesse ringruumi saabub aur rõhuga 10—13 atü. Seejuures kuumeneb piim sekundi jooksul 150° C-ni. Piima ühtlane kuumenemine saavutatakse tänu sellele, et sisemise toru avaused on tehtud toru telje suhtes terava nurga all, mille tõttu aur sisenemisel ületab kiiresti liikuva piima takistuse. Seejuures tekib piimas turbulentsus.



Joonis 20. Piima upereerimise skeem:

1 — piima sissevoolu torustik; *2* — deaeraator; *3* — separaator; *4* — kondensaator; *5* — vesiinjektor; *6* — kondensaadipump; *7* — vaakuumpump; *8* — piimapump; *9* — piima torusoojendi; *10* — kõrgrõhuauru torustik; *11* — aurupuhasti; *12* — aurupüüdja; *13* — uperisaator; *14* — aurusti (alarõhukamber); *15* — jahuti; *16* — uperiseeritud piima tank; *17* — aurustav kondensaator; *18* — kuuma vee väljumise torustik.

Uperisaatorist suundub kondensaadiga segatud piim aurustisse *14*, kus iseaurustumise teel piimast kõrvalduvad liigne kogus niiskust ja lenduvad ained. Seejärel antakse piim pumba *8* abil edasi jahutisse *15*, kust ta suundub tanki *16* ja seejärel steriilsesse taarasse villimisele.

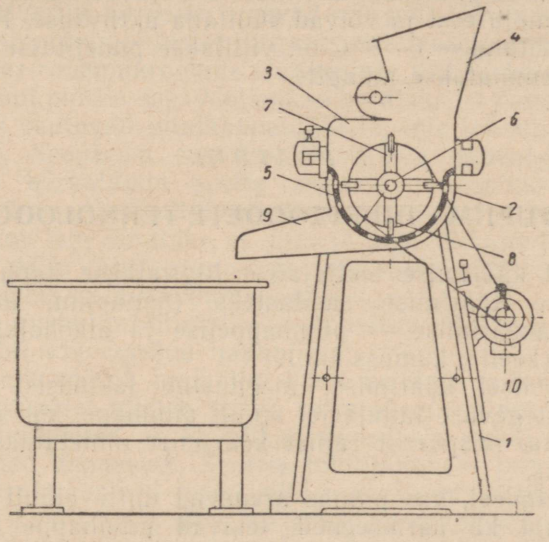
Steriliseeritud piimal on valge või pruunikas värvus, nõrgalt väljenduv keetekõrvalmaitse, mis on tingitud tioolrühmade moodustumisest väävlit sisaldavate amiinohapete (tsüstiini, metioniini) disulfiidsete sidemete lagunemisest.

Steriliseeritud piima mõnikord täheldatava pruunistumise põhjuseks võib olla liiga kõrge steriliseerimistemperatuur, steriliseerimistemperatuuril hoidmise kestuse suurendamine, piima aeglane jahutamine pärast steriliseerimist ja happesuse alandamiseks neutraliseerijate kasutamine. Vase- ja rauasoolad võivad põhjustada rasva kõrvalmaitse. See kõrvalmaitse võib ilmuda ka otseste päikesekiirte või neoonlampide valguse mõjul.

Ebanormaalse sooladebilansiga, kõrgenenud kaltsiumi- ja magneesiumisisaldusega või laapi moodustavaid baktereid sisaldava piima töötlemisel võib tekkida kaseiinihelbeid või koguni kaseiini koaguleerumine.

Sesoonsuse vähendamiseks elanikkonna varustamisel piimaga, eriti põhjarajoonides, lastakse välja taastatud piima, mida saadakse pihustikuivatis toodetud ja mitte vähem kui 95%-lise lahustuvusega kõrgekvaliteedilise täispiimapulbri lahustamisel vees.

Taastatud piim, mis on valmistatud heakvaliteedilisest ja värskest piimapulbrist, jääb maitselt ja bioloogiliselt väärtuselt vähe maha naturaalsest. Londoni jt. andmetel on piimapulbri valkude omastavus 94,6%, rasvadel 95—96% ja süsivesikutel 95—99%.



Joonis 21. Trummelsegisti:
1 — jalg; *2* — kate; *3* — kaas; *4* — piimapulbripunker; *5* — võrk; *6* — võll; *7* — löögilaud; *8* — ristmik; *9* — põhi; *10* — elektrimootor.

Piimapulbri kvaliteedi halvenemine avaldab tugevat mõju ka taastatud piimale. Peale selle kasvavad tootmiskaod lahustuvuse alanemisest, mis tekib mittehermeetilise pakendi puhul valkude pöördumatute denaturatsiooniprotsesside tagajärjel.

Taastatud piima tootmisel lahustatakse piimapulber kuumas vees (40—45° C). Kui vee temperatuur on madalam, alaneb piimapulbri lahustumise kiirus, temperatuuril üle 40—45° C võivad aga moodustuda tombud ja võib alata piimarasva osaline väljasulamine.

Piimapulbri veega segamiseks kasutatakse mitmesuguseid aparaate, näiteks trummelsegistit (joonis 21). Trummelsegistisse valatakse umbes 50% taastatud piima valmistamiseks ettenähtud veest.

Trummelsegistist väljuv segu filtreeritakse läbi filtrisse asetatud marli. Seejärel saabub ta vanni või tanki, kuhu lisatakse retseptile vastavalt ülejäänud kogus vett. Et piimaosakesed paisuksid ja täielikumalt lahustuksid, hoitakse taastatud piima 4—8 tundi 8—10° C juures. Pärast seda teda standardiseeritakse, nii et rasvasisaldus oleks 3,2% ja rasvata kuivainet vähemalt 8%. Seejärel piim homogeniseeritakse rõhul 100—120 atü, soojendatakse 40—45° C-ni ja filtreeritakse. Pärast seda piim pastöriseeritakse 75° C juures, kusjuures mõnevõrra suurendatakse hoidekestust (15—20 sekundi asemel). Hoidekestuse suurendamine on tingitud sellest, et nõrgalt paisunud piimaosakeste massis leiduvad bakterid on kaitstud soojuse mõju eest ja võivad säilitada aktiivsuse. Pastöriseeritud piim jahutatakse 6—8° C-ni, villitakse pudelitesse või kannudesse ning suunatakse müügile.

7. PEATÜKK

HAPUPIIMA DIEETTOODETE TEHNOLOOGIA

Olenevalt käärimise tekitajatest liigitatakse hapupiimatooted piimhappelise käärimise saadusteks (hapupiim, atsidofiilpiim jm.) ja segakäärimise — piimhappelise ja alkoholkäärimise — saadusteks (keefir, kumõss jm.).

Piimhappelisel käärimisel moodustub laktoosist piimhappebakterite elutegevuse tagajärjel ainult piimhape, kõrvaliste käärimissaadusteta, mispärast sellist käärimist nimetatakse homofermentatiivseks.

Segakäärimisel, kus piimas arenevad mitte ainult piimhappebakterid, vaid ka pärmseened, tekivad piimhappe kõrval veel alkohol, süsihappegaas ja lenduvad happed. Sellist käärimist nimetatakse heterofermentatiivseks.

HAPUPIIMATOODETE TOITE- JA DIEETILISED OMADUSED

Hapupiimatooteid omastab organism kergemini ja kiiremini kui täispiima. See selgub tabelist 7.

Tabel 7

Omastamise kestus tundides	Omastatavus %-des	
	piimal	hapupiimal
1	32	91
2	36	92
3	44	95,5

Selline järsk vahe piima ja hapupiima omastamises seletub valkude omaduste muutumisega kalgendumisprotsessis.

Hapupiimatooted on mitte ainult kõrge toiteväärtusega, vaid avaldavad ka füsioloogilist ja terapeutilist toimet.

Soolte roisumikrofloora lõhustab toidu valkusid, kusjuures moodustuvad amiinohapete dekarboksüleerimise ja desaminiseerimise saadused.

Amiinid, mis moodustavad amiinohapete dekarboksüleerimisel on enamikul juhtudel toksilised.

Nii moodustub ornitiinist putrestsiin, lüsiinist — kadaveriin, türosiinist — fenool ja kresool, trüptofaanist — skatool. Putrestsiin ja kadaveriin on üsna tugevad mürgid. Nende toksiliste saaduste imendumine põhjustab organismi enneaegset vananemist.

Käsitades roisumikroobide elutegevuse tõttu tekkivaid produkte kui organismi mürke, tegi Metšnikov kindlaks, et nende mikroobide vaenlasteks osutuvad piimhappebakterid, mis toksilisi produkte ei produtseeri. Seepärast soovitas Metšnikov enneaegse vanaduse vältimiseks kõrvaldada soolte «metsik» roisumikrofloora selle neutraliseerimise ja kultuurpiimhappelisega asendamise teel.

Metšnikov tegi kindlaks, et piim ja hapupiimatooted avaldavad üsna head mõju täiskasvanute ja eriti laste nõrgenenud või häiritud seedimise ja ainevahetuse korral.

Soolehaiguste profülaktikaks soovitas Metšnikov bulgaaria kepikese abil valmistatud hapupiima.

Peale selle mõjub hapupiim hästi neerude eritusfunktsioonile. Tema kasutamisel alaneb soolte roisumürgisisaldus.

Hapupiimatooted on kasulikud düspepsia puhul, kui on vajalik tõsta mao happesust. Sooltes toidujäätmete lagunemise tagajärjel tekkivaid raskeid mao-soolte haigestumisi võib välja ravida hapupiima dieettoodete süstemaatilise kasutamisega.

Atsidofiilsed hapupiimatooted on kasulikud soolte teravate ja selgesti väljenduvate roiskumisprotsesside, krooniliste koliitide, kõhukinnisuse, hemokoliitide, mädahaavandite ja põletikuliste protsesside profülaktikaks ja raviks.

Keefir on hästi seeditav, soodustab maomahla eritumist ja parandab peristaltikat. Keefir on kasulik organismi kõhetumise, kehvveresuse ning mao ja soolte kroonilise koliidi puhul.

Atsidofiilpärmipiimal, mis on valmistatud juuretisega, mille koostisse kuulub atsidofiilkepike ja antibiootiliste omadustega pärm, on kõrge antibiootiline aktiivsus ja teda võib kasutada kui tuberkuloosivastast profülaktilist vahendit.

Hapupiimatoodete kirjeldatud dieetilis-terapeutilised omadused on tunduval määral tingitud piimhappebakterite ja pärmseente võimest toota antibiootilisi aineid.

Piimhappebakterite poolt toodetud antibiootikum nisiin takistab tuberkuloosikepikeste arenemist. Sellel põhineb kumõssi kasutamine tuberkuloosi profülaktikas ja ravis.

Antibiootikum diplokoktsiin, mida eritab *Str. cremoris*, takistab kuldse stafülokoki ja soolekepikese arengut. Piimhappekepike *Str. plantarum* eritab bakteriostaatilist mõju avaldavat laktoniini. *Bact. acidophilum,* mis on püsiv fenooli ja nõrgalt leelisese reaktsiooni (pH=8) suhtes, võib eluneda sooltes ja ergutada mao ja kõhunäärme sekretoorset tööd.

PIIMALE ESITATAVAD NÕUDED JA PIIMA ETTEVALMISTAMINE

Piim, mida kasutatakse hapupiimatoodete tootmiseks, peab olema konditsiooniline ja happesusega mitte üle 20° Th; lõssi happesus ei tohi ületada 21° Th.

Hapupiimatoodete tootmiseks kõlblikuks tunnistatud piim pastöriseeritakse. Eelnevalt teda filtreeritakse või puhastatakse tsentrifugaalpiimapuhastites selleks, et tõsta pastöriseerimise efektiivsust.

Piima termilise töötlemise erirežiimide tundmaõppimise tulemusena on kindlaks tehtud, et kestva pastöriseerimisega saavutatakse täiesti rahuldav bakteritsiidne efekt ja et küllalt hästi säilib piima maitse ning bioloogiline täisväärtuslikkus. Kuid tihti säilib seejuures ka ferment lipaas, mis kutsub esile rasva triglütseriidide hüdrolüüsi glütseriiniks ja rasvhapeteks:

$$C_3H_5(OCOR)_3 + 3\,H_2O \rightleftarrows C_3H_5(OH)_3 + 3\,RCOOH.$$

Peale selle pole madalal temperatuuril pastöriseerimise korral võimalik saavutada kaseiini küllaldast hüdratatsiooni ega saada tihedat kalgendit, sest natiivses seisundis säilivad globulaarsed valgud on kaitstud atraktsiooni eest hüdratatsiooniliste kestadega.

Kõrgel temperatuuril (85—95° C) pastöriseerimise puhul toimub valgu sügavam denaturatsioon. Selle tõttu lagunevad molekulisisesed sidemed: soojuse mõjul toimub hüdrofoobsete külgahelate paljastumine, mille tagajärjel kõrgenevad valgu hüdratatsioonilised omadused ja paraneb tiheda kalgendi moodustumise võime.

Seega tuleb hapupiimatoodete tootmisel rakendada piima lühiajalist pastöriseerimist.

Selleks et anda toodetele nagu hapikpiim (ahjus hautatud hapupiim) iseloomulikku pruunikat varjundit, tuleb piima steriliseerida 110—120° C juures.

Pastöriseeritud piim jahutatakse hapendamistemperatuurini, mis sõltub tooteliigist ja hapendamiseks kasutatavatest puhaskultuuride juuretistest.

Nii on tavalise hapupiima tootmisel hapendamistemperatuur 38—42° C, atsidofiilpiimal 38—45° C, «lõuna»-hapupiimal 38—44° C, kooritud hapupiimal 28—30° C ja keefiri tootmisel 18—20° C.

Hapendamistemperatuur mitte ainult ei soodusta mikroorganismide arenemist, vaid mõjub ka kalgendi iseloomule. Temperatuuri tõstmisega omandavad hüdrofiilsed kolloidid võime piiritult

paisuda — minna üle lahuseks. Soojendustemperatuuri mõju paisumisastmele on nähtav järgmistest andmetest (tabel 8).

Tabel 8

Soojendamistemperatuur, °C	Kaseiini maht, ml	Veesisaldus %	Soojendamistemperatuur, °C	Kaseiini maht, ml	Veesisaldus %
30	12,9	82,10	60	5,6	75,53
40	8,8	79,90	70	5,4	75,13
50	6,8	77,76	80	5,2	74,12

HAPUPIIM

Hapupiima tootmisel on põhiliseks kultuuriks *Str. lactis*. Olenevalt lisatavatest piimhappekepikestest või pärmseentest toodetakse pastöriseeritud piimast tavalist hapupiima kas bulgaaria kepikese lisamisega või ilma selleta; atsidofiilpiima — pastöriseeritud piimast atsidofiilkepikese lisamisega; «lõuna»-hapupiima — pastöriseeritud piimast piimhappekepikese ja pärmseente lisamisega või ilma pärmseenteta; hapikpiima (ahjus hautatud hapupiima) — steriliseeritud piimast piimhappekepikeste lisamisega või ilma nendeta.

Kultuurid valmistatakse eraldi. Alles kasutamise momendil võib neid, olenevalt tootest, segada tabelis 4 toodud vahekorras.

Enne juuretise piimale lisamist eemaldatakse temalt lusika või kühvliga pealmine kiht; kalgend peenendatakse ja segatakse hoolikalt. Seejärel valatakse juuretis väikese joana piimasse, segades teda seejuures energiliselt ja pidevalt (mitte vahtu tekitades).

Et juuretis ühtlaselt jaotuks, tuleb villimisel piima pidevalt segada. Juuretisega segatud piima villimisel tuleb kinni pidada mahu mõõtmise kehtestatud täpsusest (2—5%).

Täidetud klaasid või purgid kaanetatakse ja asetatakse kandikutele või pesaraamidesse ning paigutatakse termostaatkambrisse, kus säilitatakse toote hapendamiseks vajalikku püsivat temperatuuri. Termostaatkambris ei tohi esineda temperatuuri langust üle 2 kraadi.

Piimhappelise käärimise tulemusena moodustub piimhape, mis, andes reaktsiooni kaltsiumkaseinaadiga, võtab ära kaltsiumi ja vabastab kaseiini (kaseiinhappe). Vaba kaseiinhape koaguleerub, moodustades kalgendi. Seda protsessi võib skemaatiliselt kujutada järgmiselt:

$$\underset{\text{kaltsiumtetrakaseinaat}}{NH_2—R—(COOH)_2(COO)_4Ca_2} + \underset{\text{piimhape}}{2C_3H_6O_3} =$$

$$= \underset{\text{kaltsiumdikaseinaat}}{NH_2—R—(COOH)_4(COO)_2Ca} + \underset{\text{kaltsiumlaktaat}}{(C_3H_5O_3)_2Ca}$$

Hapendamise lõpp määratakse kalgendi iseloomu ja toote happesuse järgi. Kalgend peab olema ühtlane, küllalt tihe, taara seintelt kergesti eralduv ja ei tohi eritada vadakut. Hapupiima happesus ei tohi olla madalam kui 75° Th.

Üksikute gaasimullide esinemine kalgendis on lubatav ainult juhul, kui hapupiimapreparaadi mikroskoopilisel vaatlusel ei avastata kõrvalist mikrofloorat. Sünereesi [1] vältimiseks ei tohi lubada hapupiima termostaatkambris liiga kauast hoidmist, ülekuumenemist ega ülehapendamist. Sellepärast jahutatakse hapupiim pärast nõutava happesuse saavutamist 6—8° C-ni.

Hapupiima jahutamisel nõrgenevad mikrobioloogilised protsessid, ent toimub valgu paisumine, mille tagajärjel väheneb veesisaldus ja suureneb seotud vee kogus. Seetõttu saadakse tihe kalgend.

Tööstusest väljastamisel peab hapupiima temperatuur olema 8—10° C.

Maitse- ja aroomiaineid sisaldava magusa hapupiima tootmisel kasutatakse suhkrut, mett, vanilliini, kaneeli jne. Vanilliin lisatakse pärast hoolikat läbihõõrumist peensuhkruga. Enne lisamist kaneel jahvatatakse ja sõelutakse ning seejärel valmistatakse pastöriseeritud piimaga ekstrakt. Maitse- ja aroomiained viiakse piima kas naturaalses olekus või piimas tõmmata lastud ekstrakti kujul kohe pärast piima juuretisega segamist.

Selleks et kaneel ei sadestuks ja oleks piimas ühtlaselt jaotatud, on tarvis reservuaar, millest juuretisega segatud piim villitakse pudelitesse või klaasidesse, varustada segistiga või segada juuretisega segatud piima käsisegajaga.

Enne kui piimale lisatakse suhkur või tolmsuhkur, tuleb neid sõeluda ja nende lahused filtreerida.

Kui kuivaine kontsentratsioon piimas tõuseb, kasvab kalgendi moodustamise kiirus. See on tingitud osakeste suuremast aheldumisest nende omavahelise kokkupõrkamise sageduse suurenemisel. Nii moodustub kindlam geelivõrk ja pidurdub vadaku eraldumine. Kuivainesisalduse tõstmiseks võib piima kondenseerida

---

[1] Sünereesi, s. t. vadaku eraldumist kalgendi kokkusurumisel, seob Dumanski koaguleerunud osakeste ja nende kristallisatsiooni kokkukasvamisprotsessiga. Seetõttu nõrgeneb seos osakeste ja lahusti vahel ning sadestuses tekib tihedam valguosakeste pakk, mille tagajärjel vedelik (vadak) välja surutakse.

Sünereesi kiirus kasvab dispersse faasi kontsentratsiooni kõrgenemisega. Sünereesi kiiruse määramiseks esitab S. Lipatov järgmise võrrandi:

$$V_{sün} = \frac{dx}{dt} = K(a-x), \qquad \text{(II—5)}$$

kus x — aja t jooksul eralduv vedelikukogus,

a — maksimaalne vedelikukogus, mis eraldub sel juhul, kui osakeste vahel saavutatakse kõige vähem vahemaa

$$K = \frac{1}{\ln} \cdot \frac{a}{a-x} \qquad \text{(II—6)}$$

kuni 90% algmahust või lisada 1—3% lahjat piimapulbrit ja kasutada homogeniseerimist.

Kovalenko jt. tegid kindlaks, et juhul, kui piimale lisada 10—30% aurutatud (vahekorras 1:3) piima, suureneb kuivainesisaldus kuni 18—20%, tõuseb hapupiima toiteväärtus ja paraneb konsistents. Tänu segu suurenenud puhverdusvõimele pole sel hapupiimal teravalt väljenduvat haput maitset.

ATSIDOFIILSED HAPUPIIMATOOTED

Atsidofiilsete hapupiimatoodete saamiseks hapendatakse piim atsidofiilkepikese *Bact. acidophilum* kultuuriga.

Atsidofiilkepike erineb *Str. lactis*'est ja *Bact. bulgaricum*'ist mitte ainult eraldamise allika poolest (atsidofiilkepike on saadud lapse sooltest, *Str. lactis* ja *Bact. bulgaricum* aga piimast), vaid ka võimega eluneda sooltes ja vastupidavusega fenoolile. Peale selle võib atsidofiilkepike paljuneda leeliselisemas keskkonnas (pH=8) kui bulgaaria kepike (pH=7) ning ergutada mao ja kõhunäärme tööd. Sellest on tingitud atsidofiilsete toodete dieetilised omadused.

Penitsilliin ja teised meditsiinis rakendatavad antibiootikumid hävitavad mitte ainult infektsioonitekitajaid, vaid ka sooletrakti baktereid. Soolte normaalne mikrofloora võib taastuda, kui kasutatakse hapupiimatooteid, mis sisaldavad streptokoki ja soolelise päritoluga atsidofiilkepikese spetsiaalseid kultuure, mis on vastupidavad antibiootikumide mõjule.

Palladina tegi kindlaks, et mõned atsidofiilkepikesed ja piimhappebakterid (streptokokid ja kepikesed) võivad sünteesida B_{12}-vitamiini.

Atsidofiilpiim. Seda toodet valmistatakse naturaalse või taastatud piima hapendamise teel *Bact. acidophilum*'i puhaskultuuridega.

Atsidofiilpiim erineb atsidofiilsest hapupiimast sellega, et tema tootmisel kasutatakse ainult atsidofiilkepikese *Bact. acidophilum*'i kultuure, kuna atsidofiilse hapupiima tootmisel kasutatakse atsidofiilkepikese kõrval piimhappe streptokokki (*Str. lactis*).

Toorainele, selle puhastamisele ja kuumtöötlemise (pastöriseerimise) režiimile esitatavad nõuded on põhiliselt samad, mis hapupiima tootmisel.

Atsidofiilpiima tootmiseks määratud piimapulbrist tuleb valmistada piima samal viisil nagu taastatud piima tootmisel. Saadud taastatud piim pastöriseeritakse samal temperatuuril, mis täispiimgi, s. o. 85—90° C juures hoidekestusega 10—15 minutit.

Juuretisena kasutatakse atsidofiilkepikeste kultuuride kahte liiki: üks nendest moodustab limase konsistentsiga ja madala happesusega (140° Th) kalgendi, teine ei anna limasust, ent on suure happe moodustamise võimega: tema abil hapendatud piima happesus võib ulatuda 260—320° Th-ni. Iga kultuuri valmistatakse eradi.

Selleks et saada mitte väga venivat atsidofiilpiima, lisatakse juuretist järgmises vahekorras: 80% atsidofiilkepikese mittelimasest tüvest ja 20% limasest tüvest. Reguleerides suhet mittelimaste ja limaste tüvede vahel, mis produtseerivad venivust põhjustavaid glükoproteiine — mutsiine, võib saada mitmesuguse normaalse konsistentsiga atsidofiilpiima.

Pastöriseeritud piim jahutatakse 40—42° C-ni, lisatakse talle juuretis, villitakse pudelitesse, korgitakse ja mahutatakse termostaatkambrisse, kus teda hoitakse kuni kalgendi tekkimiseni. Valmistoote happesus peab olema 90—140° Th. Valmis atsidofiilpiima säilitatakse külmkambris 3—5° C juures.

Võib toota kõrgema toiteainetesisaldusega rasvast atsidofiilpiima, magusat suhkruga või meega atsidofiilpiima jne.

Suhkrut või mett lisatakse retseptis ettenähtud koguses. Suhkur lahustatakse enne kuumas piimas vahekorras 1:1 (kaaluliselt). Saadud lahus filtreeritakse ja kuumutatakse kuni keemistemperatuurini või 90—95° C-ni hoidekestusega 10—15 minutit.

Kõrgema toitainetesisaldusega atsidofiilpiima valmistatakse naturaalsest või taastatud piimast, lisades rööska koort, sest kõrgema toitainetesisaldusega atsidofiilpiima rasvasisaldus ei tohi olla alla 8%.

Atsidofiilpärmipiim. Atsidofiilpärmipiima [1] tootmisel kasutatakse piima pärmseente ja atsidofiilkepikese puhaskultuure, mis produtseerivad antibiootikumi nisiini. Piim keedetakse, jahutatakse 45—50° C-ni ja hapendatakse nende kultuuridega.

Juuretisega segatud piim villitakse pudelitesse ja jäetakse kalgendumiseni temperatuurile 25° C. Hapendatud piima hoitakse 12—24 tunni jooksul toatemperatuuris; seejuures tekib käärimise tulemusena väike kogus alkoholi ja süsihapet.

Valmis atsidofiilpärmipiimal on kergelt veniv konsistents, happesus 100—120° Th ja kergelt terav värskendav maitse. Kui teda kasutatakse laste toitmiseks, tuleb lisada suhkrut.

Atsidofiilpasta. Atsidofiilsete piimhappekultuuride üsna hea mõju mao- ja soolehaiguste ja haavade ravimisel oli eeltingimuseks atsidofiilpasta saamise meetodite väljatöötamisel (Hlebnikova, Gibšman, Vereštšagina jt.).

Piim pastöriseeritakse kõrgel temperatuuril või keedetakse ning jahutatakse 42—45° C-ni. Jahutatud piimasse lisatakse 5% *Bact. acidophilum*'i puhaskultuuride juuretist.

Saadud pastataoline kalgend tiheneb kuni vadaku täieliku eraldumiseni. Maitse parandamiseks lisatakse 8% rasvasisaldusega pastale kuni 24% suhkrut või puuviljalisi lisandeid (sukaade) ja 6%-se rasvasisaldusega pastale kuni 28% suhkrut ja puuviljalisi lisandeid.

Atsidofiliin. Atsidofiliini tootmisel pastöriseeritakse piima 85—95° C juures hoidekestusega 10—15 minutit. Seejärel seda

[1] Atsidofiilpärmipiima saamise meetodi on välja töötanud Skorodumova.

jahutatakse 28—32° C-ni ja segatakse 4,5—6% juuretisega, mis on koostatud võrdsest kogusest kolme liiki kultuurist: atsidofiilkepikese, piimhappestreptokoki ja keefiriseente juuretisest.

Juuretise lisamise kestel segatakse piima pidevalt. Juuretisega segatud piim villitakse hoolikalt pestud, klooritatud ja veega loputatud 0,25 ja 0,5 l pudelitesse.

Atsidofiiliini pudelitesse villimise kestel tuleb juuretise ühtlaseks jaotumiseks paagikeses olevat piima segada. Täidetud pudelid korgitakse alumiiniumkapslitega või pappkettakestega ja suunatakse termostaati, kus neid hoitakse 18—25° C juures, kuni happesus tõuseb vähemalt 70° Th-ni ja moodustub ühtlane ning tihe kalgend. Pärast seda säilitatakse atsidofiiliini külmkambrites 6—8° C juures.

Atsidofiiliini toodetakse täispiimast ja kooritud piimast maitse- ja aroomiainete (suhkru, vanilliini, vanilli ja kaneeli) lisamisega või lisamiseta.

KEEFIR

Keefiri saamiseks hapendatakse piima keefiriseentel valmistatud juuretisega. Selles juuretises leiduvad piimhappebakterid ja pärm kutsuvad esile segakäärimise (piimhappelise ja alkohoolse), mis kulgeb järgmise skeemi kohaselt.

Laktoos hüdrolüüsub laktaasfermendi toimel (β-galaktoosidaasiga) glükoosiks ja galaktoosiks:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6.$$

Glükoosist moodustub rea fermentatiivsete muundumiste tagajärjel kaks püroviinamarihappe molekuli.

Piimhappelisel käärimisel taandub püroviinamarihape fermendi laktokodehüdraasi toimel piimhappeks:

$$CH_3COCOOH + 2H \rightarrow CH_3CHOHCOOH.$$

Piima pärmseente poolt esilekutsutud alkoholkäärimisel laguneb püroviinamarihape fermendi karboksülaasi mõjul atseetaldehüüdiks ja süsihappegaasiks:

$$CH_3CO\,COOH \rightarrow CH_3COH + CO_2.$$

Atseetaldehüüd taandub etüülalkoholiks:

$$CH_3COH + 2H \longrightarrow CH_3CH_2OH.$$

Sümbioosses seenelises juuretises sisalduvad proteaasid kutsuvad esile valgu peptoniseerumise, mille tagajärjel suureneb järk-järgult peptoonide arv. Kui juuretise lisamise momendil piim sisaldas 0,09% petoone, siis ööpäeva pärast 0,139, kahe pärast 0,190 ja kolme ööpäeva pärast 0,230%.

Olenevalt keefiri nõutavast kangusest määratakse hapendamise lõpp kalgendi seisukorra ja happesuse järgi.

Nõrga (ühe-ööpäevase) keefiri tootmisel lõpetatakse hapendamine siis, kui juuretisega segatud piim kergelt kalgendub.

Keskmise (kahe-ööpäevase) ja kange (kolme-ööpäevase) keefiri tootmisel hapendatakse piima seni, kuni ta kalgendub. Sellise piima happesus peab olema umbes 70—75° Th.

Piimahappelise käärimise lõpetamise järel hoitakse keefirit 1—3 ööpäeva jooksul madalamas temperatuuris (8—10° C). Seejuures keefir valmib, s.t. toimub alkoholi ja süsihappe kogunemine ning valkude paisumine.

Nõrgal (ühe-ööpäevasel) keefiril peab happesus olema 80—90° Th, keskmisel (kahe-ööpäevasel) 80—105° Th ja kangel (kolme-ööpäevasel) 90—120° Th.

Hapupiimatoodete tootmise pidev kasv, püüe parandada toodete kvaliteeti, paremini kasutada tootmispinda, alandada kulusid ja omahinda ergutab tehnoloogia täiustamisele. Seepärast juurutatakse reas suurtes ettevõtetes keefiri tankis valmistamise meetodit.

Selle meetodi järgi pastöriseeritakse piim 85° juures plaatpastörisaatoriga. Pastöriseeritud piima hoitakse 15 minuti jooksul vahereservuaaris ja seejärel jahutatakse samas nõus kuni hapendamistemperatuurini (22° C). Jahutatud piim saabub tankidesse, vannidesse või teistesse mahutitesse. Samasse mahutisse lisatakse ka 5—7% juuretist. Keefiri tootmisel kestab hapendamine 12—16 tundi. Moodustunud mitte üle 80—85° Th happesusega kalgendit jahutatakse veega, mida juhitakse vanni või tanki seintevahelisse ruumi. Jahutamise ajal segatakse kalgendit perioodiliselt kuni homogeense seisundi saavutamiseni ja suunatakse villimisele. Korgitud pudelid tootega saabuvad külmkambrisse, kus neid säilitatakse 6—8° C juures kuni väljastamiseni realiseerimiseks.

Keefiril peab olema puhas, hapupiimale iseloomulik värskendav maitse. Tema konsistents peab olema ühtlane, värvus piimjasvalge nõrga kreemika varjundiga.

Kui keefirit säilitatakse kõrgemas temperatuuris, võib tal tekkida võihappebakterite arenemise tagajärjel ebameeldiv maitse ja lõhn. Võihappelisele käärimisele allub käärimata piimasuhkur või madala kontsentratsiooniga piimhape.

Moodustuv võihape annab keefirile liigselt terava maitse ja ebameeldiva lõhna, võihappelise käärimise produktid — süsihape ja vesinik — kutsuvad aga esile keefiri gaseerumise.

Äädikhappele omane maitse ja lõhn ilmub keefiril äädikhappe bakterite poolt esilekutsutud äädikhappelise käärimise tagajärjel. Need bakterid hapendavad etüülalkoholi äädikhappeks.

See protsess kulgeb kahes faasis: algul toimub alkoholi hapendumine, kusjuures moodustub atseetaldehüüd:

$$2CH_3CH_2OH + O_2 = 2CH_3COH + 2H_2O;$$

seejärel hapendub atseetaldehüüd äädikhappeks:

$$2CH_3COH + O_2 = 2CH_3COOH.$$

Äädikhappeline käärimine kui rangelt aeroobne toimub õhu juurdepääsul, kui keefiripudelid on ebatihedalt korgitud või kui pastöriseerimistemperatuur on madal või tööstuse madala sanitaar-hügieenilise režiimi korral, samuti aga keefiriseente kultiveerimise normaalsetest tingimustest kõrvalekaldumise puhul, mis põhjustab keefiris liigset äädikhappebakterite arenemist.

Keefiri roiskunud, samuti ammoniaagi lõhn ja maitse ilmuvad roiskumisprotsesside arenemisel, kui valgud lagunevad H_2S ja NH_3 eritades. Seejuures moodustub väävlit sisaldavate amiinohapete (tsüstiini, metioniini) lagunemise tõttu väävelvesinik:

$$HSCH_2CH(NH_2)COOH + H_2 \rightarrow H_2S + CH_3CH(NH_2)COOH.$$

Ammoniaagilõhn tekib amiinorühma eraldumisel mingist amiinohappest, näiteks alaniinist:

$$CH_3CH(NH_2)COOH + H_2 \rightarrow CH_3CH_2COOH + NH_3.$$

Selle vea kutsuvad esile juuretisse või keefirisse sattunud roisubakterid. Vea avastamisel tuleb keefirijuuretis asendada uuega, aktiivsemaga, hoolikalt desinfitseerida aparatuur ja torustik ning hoida ruumid puhtad.

Soolekepikese sattumisel keefirisse moodustuvad selles «silmakesed», mõnikord suurel hulgal. Piimas võivad gaasi tekitada ka pärm ja aroomi tekitavad bakterid.

Gaasi tekitavate bakterite poolt esilekutsutud tugevnenud gaasimoodustumise puhul saadakse käärinud keefir.

Uurimisega tehti kindlaks, et keefiripaisumine Ukraina tööstustes oli esile kutsutud gaasi tekitavate aeroobsete eoseid moodustavate kepikeste *Polynexa* (*Prazmovski mogula*) poolt. Selle vea vältimiseks on vaja rangelt kinni pidada pastöriseerimisrežiimist, aparatuur hoolikalt desinfitseerida ning hoida ruumid ja hoiukambrid puhtad. On vaja perioodiliselt kontrollida juuretise kvaliteeti ja vigadega juuretis välja praakida.

Keefiri ülevalmimisel ja hoidmisel temperatuuris üle 8° C täheldatakse mõnikord vadaku eraldumist. Vadaku eraldumine on seotud valgulise elastse koageeli sünereesiga, mille puhul kalgend (geel) kokku tõmbub, eraldades teatava hulga vadakut. Keefiri kalgendi terviklikkust rikub alkoholkäärimise tõttu moodustuv ja erituv süsihape. Keefiri hoidmisel temperatuuris mitte üle 8° C süsihape kalgendit peaaegu ei riku. Temperatuuris üle 8° C tugevneb gaasi moodustumine, rikundub kalgend ja toimub sünerees.

Lääget maitset täheldatakse keefiris, mida ei ole küllaldaselt hoitud piimhappelise käärimise staadiumis, või keefiris, mis on enneaegselt (enne nõutava happesuse saavutamist) maha jahutatud.

Kuni 1863. a. arvati, et kumõssi saamine põhineb eranditult alkoholkäärimisel. Leparski (1863) tegi kindlaks, et kumõssis toimub nii piimhappeline kui ka alkoholkäärimine.

Tänapäeval on kindlaks tehtud, et kumõssi saamiseks on vaja pärmi, mis kääritab laktoosi (*Torula kumus*), ja piimhappelist käärimist esilekutsuvaid baktereid. Kumõssi kasulikke omadusi tunti juba XVIII sajandi teisel poolel (P. Rõtškov, John Greaves jt.).

Kumõss on kasulik nõrgenenud või ebaõige seedimise, kõhukinnisuse ja kroonilise kõhulahtisuse puhul, ta tõstab söögiisu, imendub kergesti, soodustab lämmastikutasakaalu hoidmist ja lämmastiku kinnipidamist organismis, soodustab kusiaine eritumist ja vähendab piimhappe kogunemist, kõrgendab organismi sekretoorset ja motoorset funktsiooni ja tugevdab seedenäärmete mahlu eritavat talitlust.

Kumõssiga tuberkuloosi ravimisel saavutatud efekti seoti ainult tema hea füsioloogilise mõjuga organismile. Käesoleval ajal on kindlaks tehtud, et piimhappestreptokokkide ja pärmseente poolt toodetav antibiootikum nisiin takistab tuberkuloosikepikeste arenemist.

Kumõss on kombineritud käärimise saadus. Ta kujutab enesest vahutavat meeldiva hapuka maitsega jooki, mis on piimjasvalge värvusega ning sisaldab peeni valguhelbeid.

Vaatamata sellele, et kumõssis ja keefiris kulgevad ühesugused biokeemilised protsessid, erineb kumõss keefirist nii koostise kui ka suure alkoholisisalduse poolest. See on tingitud hobuse- ja lehmapiima keemilise koostise erinevustest.

Keefiris on piimhappelise käärimise ergutajaks *Str. lactis*, mis pidurdab pärmseente arenemist. Seetõttu koguneb keefirisse vähem alkoholi.

Kumõssis on piimhappelise käärimise põhilisteks esilekutsujateks kepikesed, mis ei avalda pärmseentele tugevat takistavat toimet. Selle tagajärjel ja samuti kumõssi kestva aeratsiooni tõttu valmistamisprotsessis kulgeb alkoholkäärimine intensiivselt, mistõttu kumõssi koguneb rohkem alkoholi ja süsihapet. Peale selle langeb kõrgema hapendumistemperatuuri ja valmiva hobusepiima madalama puhverdusvõime tõttu pH kumõssis väga kiiresti 4—4,2-ni. Sellise happesuse puhul on streptokokkide arenemine takistatud.

Käesoleval ajal on laialdasemalt kasutamisel järgmine kumõssi valmistamise meetod. Käärimise tekitajaks võetakse kaukaasia või bulgaaria kepike ja laktoosi kääritavad piimapärmseened.

Tööstuslikku puhaskultuuride juuretist valmistatakse temperatuuril 25—26° C, kusjuures happesus viiakse kuni 140° Th-ni. Valmis juuretist jahutatakse 6—8° C-ni.

Jahutatud juuretis lisatakse lüpsisoojale või 32—34° C-ni soojendatud hobusepiimale. Juuretis viiakse piima sellise arvestusega, et juuretisega segatud piima happesus oleks 45° Th ümber. Juuretisega segatud piim segatakse ja villitakse pudelitesse, mis korgitakse hermeetiliselt ja paigutatakse 6—7° C juures valmima ja jahtuma.

Kodustes tingimustes valmistatakse kumõssi burdjukimeetodil.[1] Rõõsk hobusepiim valatakse 25—30-liitristesse nahkkottidesse.

Käärimise tekitajateks on looduslikud juuretised. Üht sellistest juuretistest «kor» (kuiv kumõssipärm ehk -terad) saadakse vana kõva kumõssi sadestusest. Sadestust pestakse hoolikalt, kuivatatakse ja säilitatakse talvel külma käes nõudes, kuhu õhk sisse ei pääse.

Bakterioloogiliste uurimistega on kindlaks tehtud, et see juuretis sisaldab kepikesi ja pärmseeni.

Burdjukkidesse valatud piima segatakse hoolikalt segajaga, selleks et piimas ühtlaselt jaotada juuretise kalgendeid, mida leidub põhjas ja naha õmbluste õnarustes. Piimhappelise käärimise tagajärjel piim hapendub. Hapendatud piima jahutamisel aeglustub piimhappeline käärimine, kuna alkoholkäärimine kestab. Käärimisprotsessis koguneb alkoholi ja süsihapet, samuti valkude lagunemise produkte: peptoone ja albumoose.

Vastavalt kumõssi tarbimisele valatakse burdjukki rõõska piima peale nii kaua, kuni veel säilib kumõssi meeldiv ja värskendav maitse. Kui kumõssi maitse halveneb, siis burdjukke pestakse, kuivatatakse ja desinfitseeritakse. Hiljem hakati nahkkottide asemel kasutama savi- ja puittšeljakke (pärnapuust õõnestatud pütte).

Kooritud lehmapiimast valmistatakse kumõssi järgmisel viisil. Et vähendada valgusisaldust, lisatakse kooritud lehmapiimale 20% vett; selleks et tõsta süsivesikutesisaldust, lisatakse 5% suhkrut. Normaliseeritud kooritud lehmapiim pastöriseeritakse 90—96° C juures ja hoitakse sellel temperatuuril 15—30 minutit. Seejärel jahutatakse piim 35—37° C-ni ja hapendatakse 3—5% juuretisega, mille happesus on 75—80° Th ja mis koosneb 75% *Str. lactis*'est ja 25% *Bact. acidophilum*'ist või samadest kogustest atsidofiil- ja bulgaaria kepikestest. 35—37° C juures kestab piima hapendamine happesuseni 60—65° Th 4—5 tundi, 30—32° C juures aga 16—18 tundi.

Hapendatud piima segatakse hoolikalt kuni ühtlase konsistentsi saamiseni. Seejärel jahutatakse teda 30° C-ni ja lisatakse leiva- ja šampanjapärmist koosnev juuretis (lähtudes arvestusest — 2,5 g pärmi 1 liitri kumõssi kohta). Eelnevalt hõõrutakse pärm laiali, valatakse üle 30° C-se standardiseeritud lõssiga ja hoitakse samal temperatuuril 6—8 tundi.

---

[1] Burdjuk — nahkkott umbselt nülitud kitse- või lambanahast. (Toim. märkus.)

Et saada nõrka kumõssi, lisatakse juuretis, mis sisaldab umbes 15 milj. pärmseent 1 ml-s, sel momendil, kui hapendatud piima happesus saavutab 65—70° Th. Kui on tarvis saada keskmist kumõssi, lisatakse juuretis, mis sisaldab 20—30 milj. pärmseent piimasse happesusel 90—95° Th. Tugeva kumõssi saamiseks lisatakse juuretis, mis sisaldab 1 milliliitris üle 30 miljoni pärmseene, siis, kui piima happesus on üle 100° Th.

Peale pärmjuuretise lisamist segatakse toodet hoolikalt ja jäetakse see seisma 1—2 tunniks kuni gaasimullikeste eraldumiseni. Valmis jook villitakse pudelitesse ja paigutatakse valmimiseks kambrisse, kus temperatuur on 10—12° C.

Nõrk kumõss valmib 4—6 tundi, keskmine 8—10 tundi ja kõva 12—16 tundi. Valmis kumõss jahutatakse 2—4° C-ni. Kumõssi säilitatakse 4—8° C juures. Ei ole soovitatav tõsta säilitamistemperatuuri, sest siis jätkuks alkohol-, veel kõrgema temperatuuri puhul aga ka piimhappeline käärimine. Mõlemal juhul halveneb joogi kvaliteet.

8. PEATÜKK

KOHUPIIMA, KOHUPIIMATOODETE JA HAPUKOORE TEHNOLOOGIA

KOHUPIIM

Kohupiim kuulub hapupiimatoodete hulka. Ta on kõrge toite- ja dieetilise väärtusega, tema kalorsus on 1500—2400 cal/kg. Väävlit sisaldav amiinohape metioniin ja fosfolipiid koliin põhjustavad kohupiima lipotroopse toime, mis lubab teda kasutada maksa rasvumise profülaktikas. Koliin ja metioniin põhjustavad letsitiini hulga suurenemist veres. See takistab kolesteriini sadestumist arterite seintele ja sklerootiliste nähtuste arenemist. Nende omaduste tõttu kasutatakse kohupiima ateroskleroosi profülaktikas.

Kohupiim sisaldab 14—19% valke, 9—18% rasva; mineraalainetest: umbes 3 g/kg kaltsiumi, mis on väga vajalik luu moodustamiseks ja ainevahetuseks, 2,35—4,14 g/kg fosforit, mis täidab tähtsat osa tsentraalse ja perifeerse närvisüsteemi funktsioonides ning rasvade, valkude ja süsivesikute vahetuses, 6 mg/kg rauda, mis, kuuludes hemokromogeeni osana hemoglobiini koostisse, mõjutab viimase hapendumist hematiiniks; 50 mg/kg magneesiumi, millel on suur tähtsus mineraalide, eriti kaltsiumi ainevahetuses ja kasvuprotsessides, kuni 0,41 g/kg naatriumi, mis põhjustab keha massi intensiivset suurenemist; 1,52 g/kg kloori, mis võtab osa osmootse rõhu reguleerimisest ja veevahetusest.

Kohupiima toodetakse pastöriseeritud täispiimast, standardi-

seeritud või kooritud piimast, hapendades seda mesofiilsete piimhappebakterite puhaskultuuridest juuretistega.

Kohupiima on lubatud toota pastöriseerimata toorainest. Sel juhul töödeldakse teda poolfabrikaatideks (keedupirukateks, kohupiimakotlettideks jm.), kasutatakse sulatatud juustu tootmisel või kulinaarias, kus ta allub pastöriseerimist kompenseerivale termilisele töötlemisele.

Kõrgema sordi kohupiim peab olema puhta õrna hapupiimamaitse ja -lõhnaga, õrna konsistentsiga, valge või kergelt kollaka värvusega.

I sordi kohupiimal lubatakse nõrgalt väljenduvat söödakõrvalmaitset, taara-(puidu)kõrvalmaitset ja nõrka mõrudust. Tema konsistents võib olla kergelt rabe, määritav, lahja kohupiim võib veidi vadakut eraldada.

Happe- ja laabimeetodi puhul, mida kasutatakse rasvase kohupiima tootmisel, puhastatakse standardiseeritud piim mehhaanilistest lisanditest, pastöriseeritakse 80° C juures hoidekestusega 20—30 sekundit ja jahutatakse hapendamistemperatuurini (30—32° C). Pastöriseeritud ja jahutatud piimale lisatakse segades 5% piimhappebakterite tarbejuuretist ja kui on saavutatud happesus 32—35° C, siis 40%-list kaltsiumkloriidi ($CaCl_2$) lahust, arvestades 1,254 l lahust 1 tonni piima kohta.

$CaCl_2$ mõjul toimub kaseiinkaltsiumfosfaadi H-iooni ja Ca-iooni vahetus, mille tõttu valku sadestub (Djatšenko järgi):

$$2\ (\text{kaseiinkaltsiumfosfaat})-H^+ + Ca^{++} \rightarrow \underset{\text{sade}}{(\text{kaseiinkaltsiumfosfaat})\downarrow}\ 2Ca^{++} + 2H^+.$$

Pärast kaltsiumkloriidilahuse lisamist segatakse piima hoolikalt ja lisatakse laabifermendi (aktiivsusega 100 tuhat ühikut) lahust 0,8—1 g laapi ühe tonni kohta või pepsiini (aktiivsusega 40—60 tuhat ühikut) 2—2,5 g ühe tonni kohta, kui hapendatakse standardiseeritud piima. Pepsiini aktiivsuse tõstmiseks tuleb pepsiinilahus valmistada hapust (60—70° Th) vadakust.

Kalgendi happesus peab olema 58—60° Th, konsistents aga tihe. Piima mittetäielikul hapendumisel eraldub vadak halvasti ja saadakse jämeda ja kummilise konsistentsiga kohupiim. Piima ülehapendamisel saadakse määritava konsistentsiga hapu kohupiim. Peale selle väheneb toote väljatulek: esimesel juhul valkude mittetäieliku koaguleerumise tagajärjel, teisel juhul lahustub liigse happesuse tõttu valguvalgend ja suureneb valgu üleminek vadakusse. Piimhappebakterite lisamise momendist alates ei tohi hapendamine kesta rohkem kui 4,5—5 tundi.

Moodustunud kalgend lõigatakse kuni 2 cm servamõõduga kuubikuteks. Lõigatud kalgend jäetakse mõneks ajaks seisma.

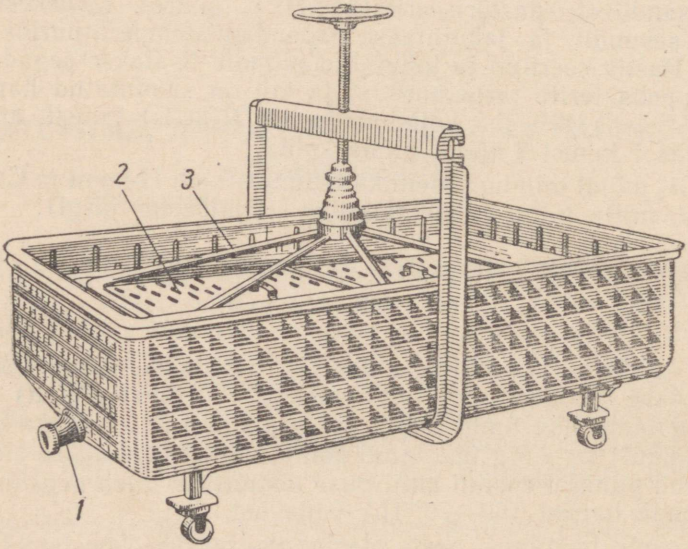
Seejuures täheldatakse geeli (kalgendi) sünereesi, mille tulemusel eraldub vadak.[1]

Lähtudes kuivainete bilansist, võib kohupiima tootmisel eralduva vadaku kogust määrata järgmisel viisil:

$$V_{vad} = 100\frac{U_t - U_p}{U_t - U_{vad}}, \qquad (II—7)$$

kus V_{vad} — vadaku kogus, %,
U_t — toote (kohupiima, juustu) kuivainesisaldus, %,
U_p — sama piimas, %,
U_{vad} — sama vadakus, %.

Eraldunud vadak eemaldatakse vannist sifooni abil või lastakse välja kraanist. Kohupiimamassi kadude vältimiseks on vadaku eemaldamisel tarvis kasutada võrkfiltrit. Vadakust osaliselt vabastatud kalgend lastakse vanni kraanist bjasskottidesse, täites neid mitte rohkem kui kolmveerandini.



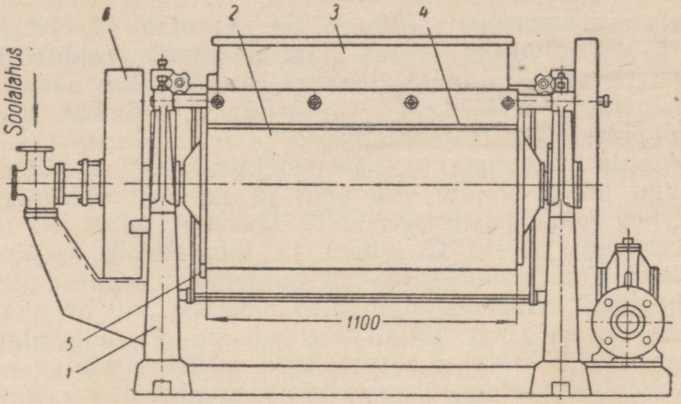
Joonis 22. Kärupress:
1 — kraan vadaku väljalaskmiseks; *2* — metallplaat; *3* — raam kruvipressiga.

Kalgendiga täidetud kotikesed laotakse kärupressi (joonis 22) isepressumiseks, mis peab kestma vähemalt tunni. Pärast vadaku osalist eraldumist laotakse kotikesed võrkjale valepõhjale, kaetakse metallrestiga ning pressitakse kohupiima.

[1] Protsesse, mis toimuvad kalgendis ja põhjustavad vadaku eraldumist, on kirjeldatud 7. peatükis.

Happesuse tõusu vältimiseks pressitakse kohupiima temperatuuril mitte üle 8° C (parem 3—4° C). Pressimise lõpp määratakse kohupiima veesisalduse järgi, mis ei tohi ületada 65% (18%-lise rasvasisaldusega kohupiima puhul) või 77—80% (9%-lise rasvasisaldusega kohupiima puhul).

Vadaku kõrvaldamiseks kohupiimast võib kasutada filtreerivaid või isetühjenevaid tsentrifuuge. Pressitud kohupiim jahutatakse Loktjuhhovi silinder-(trummel-)jahutites (joonis 23).



Joonis 23. Loktjuhhovi kohupiimajahuti:
1 — jalg; *2* — trummel; *3* — täitmispunker; *4* — nugakaabits; *5* — kilbike; *6* — kate.

Happemeetodi puhul, mida kasutatakse peamiselt lahja kohupiima tootmisel, hapendatakse 80° C juures 30-sekundise hoidekestusega pastöriseeritud ja suvel 30—32° C-ni ning talvel 34—36° C-ni jahutatud kooritud piima 3—5% tarbejuuretisega piimhappebakterite puhaskultuuridest. Pastöriseerimata piima hapendatakse suvel 26—28° C ja talvel 30—32° C juures. Pärast 3—5% tarbejuuretise lisamist segatakse piima hoolikalt 2—3 korral iga tunni tagant. Piimhappebakterite elutegevuse tõttu moodustub piimhape, mis, reageerides kaseiiniga, eraldab viimasega seotud kaltsiumi. Seejuures moodustub lahustuv kaltsiumlaktaat, kaseiin aga koaguleerub, kui happesus on 62—65° Th.

Saadud kalgend lõigatakse lahti ja jäetakse seejärel 10—15 minutiks seisma, et vadak osaliselt eralduks ja kalgend tiheneks.

Vadaku täielikumaks eraldamiseks kasutatakse kuumutamist («keetmist») vanni (toobri) seintevahelisse ruumi suunatava auruga või kuuma veega või vahetult massi juhitava kuuma (82—85° C) vadakuga.

Massi tuleb soojendada aeglaselt, sest temperatuuri kiire tõstmise puhul saadakse jämeda ja teralise konsistentsiga kohupiim.

Kui soojendatakse madalamal temperatuuril, saadakse vähem aktiivse sünereesi tõttu veerikkam kalgend, mis võib edaspidi liiga hapneda.

Kui soojendamisel temperatuur tõuseb 36—38° C-ni või kohupiima seismise perioodil (1—1,5 tundi) happesus kasvab 77—79° Th-ni, tõmbub geel kokku, laguneb valkude adsorptsioonilis-hüdraatne kest ja tekivad tahke (geel) ja vedel (sool) faas, s. o. eraldub vadak. Muutes kalgendi temperatuuri ja happesust, võib reguleerida kohupiima kuivuse astet.

Nõutava temperatuuri (36—38° C) saavutamisel jäetakse kalgend 15—20 minutiks seisma. Sel perioodil eraldub kalgend vadakust ja kerkib pinnale. Seejärel eemaldatakse vadak ja lastakse kalgend välja läbi kraani või tõstetakse välja kühvliga. Edasi kalgend pressitakse ja jahutatakse.

Kui lahja kohupiima tootmisel ei kasutata järelsoojendamist, võib kogu protsessi läbi viia ühes ja samas hoobkruvipressiga vannis. Sel juhul pastöriseeritakse kooritud piima 30 minutise hoidekestusega 65—67° C juures ja jahutatakse seejärel kuni hapendamistemperatuurini (35° C). Juuretisega segatud piim segatakse hoolikalt. Hapendamine tuleb lõpetada, kui on saavutatud happesus 70—75° Th ja küllalt tihe kalgend. Saadud kalgend lõigatakse katki ja kaetakse serpjankaga, millele asetatakse metallrest. Tunniajalise seismise kestel toimub isepressumine. Resti peale kerkiv vadak valatakse ära. Seejärel pressitakse vadakust osaliselt vabanenud kalgendit kruvipressi abil 1,5—2 tundi, kuni on saavutatud nõutava kuivusega (veesisaldusega) kohupiim. Pressitud kohupiim jahutatakse 8° C-ni.

Valmis kohupiim pakitakse suurde puittaarasse ja parafineeritud paberist pakikestesse kaaluga 0,25, 0,5 ja 1 kg. Kohupiima tuleb säilitada temperatuuril 3—4° C või rohkem, kuid mitte üle 8° C.

Välismaal tehtud katsed on näidanud, et juhul, kui kohupiima tootmisel kasutatakse kõrge aktiivsusega termofiilseid piimhappebaktereid, moodustub kalgend 2—2,5 tunniga, mistõttu lüheneb tootmistsükli kestus.

ВНИМИ uuringud kohupiima tootmise üksikute protsesside intensiivistamise alal näitasid, et suurendatud doosi kaltsiumkloriidi (50 g 100 l piima kohta) lisamisel tõuseb happesus kiiremini 60—65° Th-ni ja kalgend moodustub umbes 1 tunni ja 10 minuti võrra kiiremini kui tavalise hapendamismeetodi puhul. Peale selle väheneb rasva eraldumine, paraneb tooraine kuivaine siirdumine tootesse, kiireneb vadaku eraldumine ja paraneb kohupiima väljatulek.

ВНИМИ-s tehti katseid kasutada ühealuselist kaltsiumfosfaati, soolade segu, mis sisaldab 20 g $CaCl_2$, 24 g NaH_2PO_4 ja 15 g Na_2HPO_4; ultratsiidi tüüpi soolade segu (80% 23—25%-st $CaCl_2$-lahust, 18% KNO_3, 2% sidrunhapet) koguses, mis on ekvi-

valentne 50 g kaltsiumkloriidiga 100 liitri piima kohta. Selgus, et kvaliteedilt see kohupiim peaaegu ei jää maha sellest, mida saadakse ainult kaltsiumkloriidi kasutamisel. Seejuures kiireneb märgatavalt kalgendi moodustumine ja sünerees. Katsed näitasid, et kui piima eelnevalt piimhappega hapendada 32—35° Th-ni, moodustub kalgend umbes 1,5 tundi varem. Kaltsiumkloriidi ja piimhappe koosmõjul paraneb vadaku eraldumine ja tõuseb 7% võrra kohupiima väljatulek.

Kohupiimakalgendi veesisalduse vähendamiseks võib kasutada filtreerivaid tsentrifuuge. Seejuures on tarvis kalgend mahutada kottidesse ja tsentrifuugida ringkiirusega 23 m/sec. Üsna häid tulemusi saavutatakse rasvase kalgendi veesisalduse vähendamisel ja kohupiima kvaliteedi tõstmisel kasutades vaakuumfiltreid, milles filtreerivate materjalidena kasutatakse toimseid metallsõelu nr. 75/130 ja siidsõelu nr. 38 või toimseid metallsõelu nr. 100/175 ja kahes kihis marlit.

KOHUPIIMATOOTED

Kohupiimatooteid lastakse välja laiás sortimendis.

Valmistatakse magusaid, soolaseid, rasvaseid ja lahjasid ning mitmesuguste lisanditega (šokolaadiga, vanilliga, meega, tomatiga, laabijuustudega jne.) kohupiimamassi ja -juustukesi. Samuti lastakse välja šokolaadiga ja maitse- ning aroomiainetega kohupiimatorte, mille rasvasisaldus pole alla 23%, ja vanilli ja šokolaadiga kohupiimakreeme, mis sisaldavad vähemalt 18% rasva.

Kohupiimatoodetesse (massi ja juustukesesse) lisatavate üksikute komponentide kogused on näidatud nende toodete retseptides.

Kohupiimamassi ja -juustukeste valmistamine seisneb kohupiima ettevalmistamises ja valtsimises, tema segamises töödeldud ingredientidega ja saadud massi fassimises.

Kohupiimamassi ja kohupiimatooteid võib valmistada rasvasest ja lahjast värskest ja külmutatud kohupiimast, mis vastab maitselt, lõhnalt, konsistentsilt ja keemiliselt koostiselt standardi nõuetele. Külmutatud kohupiim defrosteeritakse 15—20° C juures.

Lisandid ja maitseained tuleb kasutamiseks ette valmistada. Peensuhkur, kakaopulber ja keedusool sõelutakse, mesi ja siirupid aga kurnatakse. Sukaadid lõigatakse peenikesteks tükikesteks (0,6—0,8 cm) või hõõrutakse peeneks. Kuivad puuviljad (aprikoosid, rosinad) pestakse, vabastatakse oksakestest ja viljavarrekestest, kuivatatud aprikoosid aga lõigatakse peale selle tükikesteks. Mandlid ja pähklituumad vabastatakse koorest, valatakse keeva veega üle, purustatakse 0,4—0,5 cm suurusteks tükikesteks ja praetakse kuni helepruuni värvuse ilmumiseni. Kohvi lisatakse 1 kaaluosa kohvi ja 3 kaaluosa kuuma vee segust saadud ekstraktina, mida viis minutit keedetakse, siis jahutatakse ja filtreeri-

takse. Nelki lisatakse samuti ekstraktina. Köömned ja till pestakse mitu korda soojas vees, valatakse üle keeva veega ja kasutatakse aurutatud seemnete kujul. Kaneel peenendatakse, sõelutakse, valatakse veega üle, soojendatakse 30 minuti jooksul 63° C-ni ja lisatakse kuni 10° C-ni jahutatuna. Vanilliin ja vanillaal segatakse viiekordse koguse peen- või tolmsuhkruga. Või sulatatakse. Laabijuustud puhastatakse koorikust, lõigatakse väikesteks tükkideks ja peenendatakse valtsidel.

Et saada ühtlast ja plastilist toodet, peenendatakse kohupiim valtsidel.

Kohupiima peenendatakse ühe- või kahepaarilistel valtsidel. Igal valtsipaaril on erinev ringkiirus:

$$v_1 < v_2 \text{ ja } \frac{v_1}{v_2} = f < 1,$$

kus f on valtside hõõrdetegur. Materjaliosakesed liiguvad valtside vahel eri kiirusega, mis väheneb kihti keskuse suunas, valtside pindade puutekohtades aga kiirusega v_1 ja v_2.

Valtsimisefekt kasvab, kui suureneb kiiruse gradient, mis võrdub

$$\text{grad } v = \frac{v_1 - v_2}{h_1} = \frac{v_2}{h_1}(f - 1). \qquad \text{(II—8)}$$

Materjali deformeerumise keskmise kiiruse määramiseks soovitab Krupin järgmist võrrandit:

$$v_{\text{kesk}} = \frac{2v\sqrt{\Delta h R}}{(2h_1 + \Delta h)R}, \qquad \text{(II—9)}$$

kus $\Delta h = h_a - h_1$ (h_a ja h_1 — valtsitava materjali alg- ja lõpppaksus), mm,
R — valtsi raadius, mm.

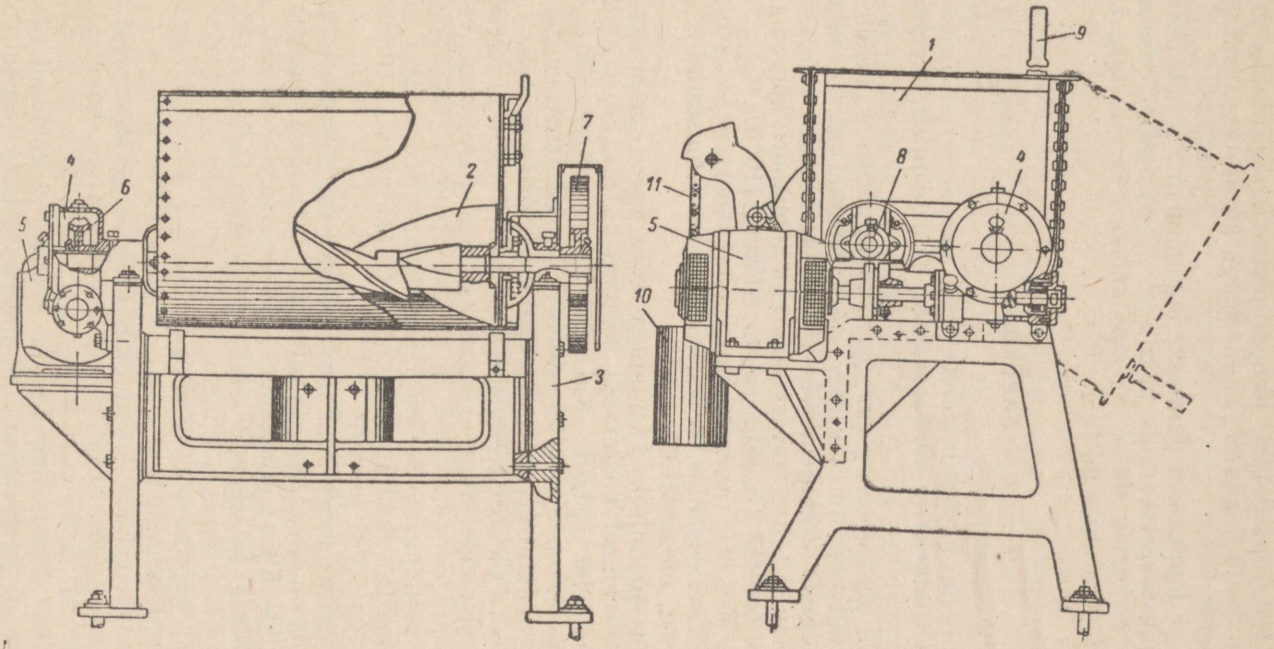
Et haaramiskaarel jaotuvad valtside kiirused ebaühtlaselt, eristatakse haaramis- ja laialihõõrumistsooni. Materjaliosakesed saavad valtside pöörlemise kiiruse alles laialihõõrumistsoonis; haaramistsoonis aga surutakse kihi keskel leiduvad osakesed valtsimisprotsessil välja.

Laialihõõrumisaste kõrgeneb rõhu ja materjali valtsil hõõrdumise koefitsiendi suurenemisega, samuti aga haardenurga vähenemisega.

Aega, mil materjal viibib deformatsioonitsoonis, arvutatakse suhtest

$$t = \frac{l_h}{V_m}, \qquad \text{(II—10)}$$

kus l_h — haardekõõlu pikkus ($l_h = r \sin \alpha$),
v_m — materjali liikumise kiirus.



Joonis 24. Kohupiimasegisti:

1 — kopp; *2* — Z-kujulised labad; *3* — jalg; *4* — reduktori karp; *5* — elektrimootor; *6* — tigureduktor; *7* — hammasratas; *8* — veetava laba laager; *9* — kopa kallutamise hoob; *10* — vastukaal; *11* kett.

Läbi valtside lastud kohupiim omandab ühtlase (teradeta), õrna ja seotud konsistentsi. Kohupiimamassi segamiseks maitset ja aroomi andvate lisandite ja vürtsidega kasutatakse kohupiimasegistit (joonis 24).

Töötlemise lõppemisel pannakse kohupiimamass püttidesse või fassitakse juustukesteks, mis pakitakse pärgamenti ja asetatakse karpidesse või korvikestesse. Kohupiimamassi ja -juustukesi tuleb säilitada temperatuuris mitte üle 8° C.

HAPUKOOR

Hapukoor on hapupiimatoode, mis saadakse pastöriseeritud rõõsa koore (naturaalse või taastatud) hapendamise ja valmimise tulemusena.

Hapukoor peab olema puhta, õrna, kõrvalmaitsete ja -lõhnadeta hapupiimamaitsega ja ühtlase, agregeerunud rasvaosakesteta ning kohupiimaliste kalgenditeta (teradeta) konsistentsiga.

Toodetakse 30%-lise rasvasisaldusega hapukoort; kõrgema sordi happesus on 65—90° Th, esimesel sordil kuni 110° Th.

Et saada 30%-lise rasvasisaldusega hapukoort, peab kasutatava rõõsa koore rasvasisaldus, arvestades lõssist valmistatud 5% juuretise lisamist, olema 31,6%.

Hapukoore tootmiseks kasutatava rõõsa koore saamiseks tuleb piima separeerimisel koorekruvi reguleerida nii, et rõõsa koore rasvasisaldus oleks 31,6%. Kui tööstusse saabuva rõõsa koore rasvasisaldus ei vasta nõuetele, tuleb teda standardiseerida.

Pärast standardiseerimist rõõsk koor pastöriseeritakse.

Rõõsa koore pastöriseerimisrežiimi valikul tuleb arvestada, et pastöriseerimistemperatuuri kõrgendamisega paranevad valkude hüdratatsioonilised omadused ja sellest olenevalt ka hapukoore konsistents valmimisel. Sellest lähtudes pastöriseeritakse rõõska koort 30-minutise hoidekestusega 63° C juures või 10-minutise hoidekestusega 75° C juures.

Pastöriseeritud rõõsk koor jahutatakse kuni hapendamistemperatuurini, mis on suvel 18° C ja talvel 22° C; seejärel hapendatakse rõõska koort 3—5%-se piimhappe- või koorestreptokoki (*Str. lactis* või *Str. cremoris*) ja aroomi tekitava streptokoki (*Str. diacetilactis*) juuretisega.

Et vältida hapukoorest vadaku eraldumist, soovitatakse lisada siduvate streptokokkide liike.

Hapendamise esimese kolme tunni kestel segatakse koort hoolikalt iga tunni tagant. Seejärel jäetakse ta seisma, kuni saadakse happesus 65—90° Th.

Hapendatud koort (hapukoort) segatakse hoolikalt, jahutatakse 2—8° C-ni ja jäetakse valmimiseks seisma. Seejuures toimub rasva triglütseriidide kristalliseerumine (tahkestumine) ja

valkude paisumine, mille tõttu hapukoor omandab tihedama konsistentsi. 2—4° C juures paisuvad valgud rohkem kui näiteks 6—8° C juures, seepärast saame esimesel juhul nõutava konsistentsiga hapukoore $^3/_4$—1 ööpäeva pärast, teisel juhul aga alles teisel ööpäeval.

Hapukoore konsistentsi halvenemise (vedeldumise) vältimiseks ei tohi koort üle hapendada. Peale selle paisuvad valgud kõrgema pH (6,6) juures paremini ja saadakse püsivam rasvaemulsioon.

Hapukoor pakitakse tavaliselt püttidesse, vahetult realiseerimiseks määratut võib aga fassida mitmesuguse mahuga (100—500 g) klaasist või parafineeritud paberist klaasikestesse.

ВНИМИ-s on välja töötatud tehnoloogia hapukoore tootmiseks mitmesugustest valk- ja rasvkomponentidest, näiteks täispiimast, rõõsakoorevõist või kõrge rasvasisaldusega rõõsast koorest ja piimapulbrist (lõssist või täispiimast). Nendest komponentidest segu koostamisel on tarvis järgida põhilist tingimust: kindlustada valmistootes nõutav rasvasisaldus (30%) ja rasvata kuivaine sisaldus. Hapukoore rasvata kuivaine sisaldust saab määrata võrrandist

$$KRA_{hk} = \frac{(100 - R_{hk})}{10{,}615}. \qquad (II—11)$$

Segu koostatakse retsepti järgi või arvutatakse materjalibilansi võrrandist.

Näide. On tarvis valmistada segu piimast, rõõsakoorevõist ja piimapulbrist. Rõõsakoorevõi rasvasisaldus $R_{rkv}=82\%$, täispiima rasvasisaldus $R_p=4\%$, piimapulbri rasvasisaldus $R_{pp}=26\%$, hapukoore rasvasisaldus $R_{hk}=30\%$.

Tähistame: A — või kogus 100 osas segus; B — piima kogus 100 osas segus; C — piimapulbri kogus 100 osas segus.

Rasvata kuivainet on võis 1%, piimas 9%, piimapulbris 70% ja 30%-lises hapukoores 6,6%.

Koostame võrrandid rasvabilansi, rasvata kuivaine ja hapukoore komponentide koguse kohta:

$$82A+4B+26C=30\cdot 100;$$
$$1A+9B+70C=6{,}6\cdot 100;$$
$$A+B+C=100.$$

Lahendades võrrandite süsteemi saame: $A=33{,}45$; $B=66{,}1$ ja $C=0{,}45$.

Väljaarvutatud piima kogust soojendatakse 65—70° C-ni ja lisatakse segades rõõsakoorevõi ja piimapulber kõrditaolise massina.

Pärast sulamist ja piimapulbri lahustumist pastöriseeritakse segu 85° juures. Viskoossuse ja valkude paisumise suurendamiseks homogeniseeritakse segu rõhul $p=100$—150 kg/cm² või emulgeeritakse. Edaspidi on hapukoore saamise protsess analoogiline tema saamisega naturaalsest rõõsast koorest.

ВНИМИ-s on välja töötatud ka tootmistehnoloogia lemmik-hapukoore, s. o. kõrgema rasvasisaldusega (40%) hapukoore jaoks.

Selle hapukoore tootmisel separeeritakse piima sellise arvestusega, et temast saadaks 44,5%-lise rasvasisaldusega rõõsk koor. Rasvasem rõõsk koor standardiseeritakse lõssiga. Rõõska koort

pastöriseeritakse 90—92° C juures 10—15-minutise hoidekestusega, seejärel jahutatakse 50° C-ni ja homogeniseeritakse rõhul 100 atü.

Homogeniseeritud rõõsk koor hapendatakse temperatuuril 45—50° C juuretisega, mis koosneb aktiivse happesuse ja diatsetüüli moodustamise võime järgi valitud termofiilsetest ja mesofiilsetest streptokokkidest. Juuretise koosseisu kuulub 50% termofiilseid ja 50% mesofiilseid liike.

Juuretist lisatakse 10% rõõsa koore kogusest. See alandab rõõsa koore rasvasisaldust nõutava 40%-ni. Hapendamine kestab tavaliselt 16 tundi; hapendamine lõpetatakse koore happesuse tõusmisel 55° Th-ni.

Hapendatud koort jahutatakse Loktjuhhovi silindrilises jahutis 5—6° C-ni ja fassitakse seejärel 100-grammisteks brikettideks automaadil O3K. Lemmik-hapukoore fassimisel on parimaks materjaliks läikiv alumiiniumileht pärgamendil. Saadud briketid pakitakse kastidesse ja asetatakse külmkambrisse valmima. See peab kestma 5—6° C juures vähemalt 12 tundi. Tööstustest väljastamisel ei tohi hapukoore temperatuur ületada 8° C. Lemmik-hapukoore happesus on 55—90° Th.

Nullile lähedasel temperatuuril võib hapukoort säilitada suhteliselt kaua aega. Kui säilitamistemperatuur on alla 0° C, eriti kui valmimisprotsessis ei saavutatud valkude küllaldast hüdratatsiooni (paisumist) ja niiskusesiduvust, võivad hapukoores tekkida jääkristallid.

9. PEATÜKK

JÄÄTISE TEHNOLOOGIA

Jäätis kujutab endast piima, suhkru, stabilisaatorite, maitseainete ja aroomiainete külmutatud pastöriseeritud segu. Olenevalt koostisest eristatakse koore-, piima-, puuvilja-marjajäätist ja aromaatset jäätist.

Jäätise nimi määratakse segusse lisatavate maitse- ja aroomiainete järgi. Näiteks kui piima- või koorejäätise segusse lisatakse vanilli või vanilliini, nimetatakse seda jäätist piima- või koorejäätiseks vanilliga; kui lisatakse pähkleid, šokolaadi või sukaadi, nimetatakse toodet vastavalt piima- või koorejäätiseks pähkliga, šokolaadiga või sukaadiga; aroomsete essentside lisamisel saab jäätis nimetuse vastavalt essentsi aroomile (sidruni-, aedmaasika-, vaarika- jne. jäätis). Jäätise põhiliigid peavad koostiselt rahuldama järgmisi nõudeid (tabel 9).

Jäätises ei tohi olla patogeenseid ega toksigeenseid mikroorganisme (*Salmonella*'de rühmast, stafülokokke). Kui külve on tehtud kolme katseklaasi, igaühte 0,1 ml, lubatakse soolekepikese esinemist ainult ühes katseklaasis. Üldine mikroobide arv 1 ml jäätises ei tohi ületada 250 000.

Tabel 9

Jäätis	Sisaldus, %			
	rasv, mitte alla	suhkur, mitte alla	kuivaine	Happesus °Th mitte üle
Piimajäätis				
vanilliga, pähkliga, kohviga, šokolaadiga	3,5	15	29	22
puuvilja-marja-	2,8	16	29	50
kreembrülee	3,5	15	31	22
karamelliga	3	16	33	40
Koorejäätis				
vanilliga, pähkliga, šokolaadiga, sukaadiga jm.	10	14	34	22
puuvilja-marja-	8	15	33	50
kreembrülee	10	14	36	22
karamelliga	9	15	38	40
Plombiirjäätis				
sukaadiga rosinatega, pähkliga, kohviga, šokolaadiga	15	15	40	22
puuvilja-marja-	12	16	38	50
kreembrülee	15	15	42	22
karamelliga	13,5	15	43	40
Puuvilja-marjajäätis				
(aedmaasika-, kirsi-, vaarika-, sidruni- vm. jäätis)	—	27	30	70
Aromaatne				
(aedmaasika-, kirsi-, vaarika-, sidruni- vm. jäätis)	—	25	25	70

Kalorsus on koorejäätisel 2000 kcal/kg, plombiiril 2600 ning piima- ja puuviljajäätisel 1300—1350 kcal/kg.

Jäätis avaldab head mõju seedeorganite sekretoorsetele ja motoorsetele funktsioonidele. Teda kasutatakse tihti maoverejooksude puhul ja pärast mao- ja sooltetrakti operatsiooni.

Jäätise tootmise protsess koosneb järgmistest operatsioonidest: segu koostamine ja lähteingredientide (tooraine, pooltoodete) ettevalmistamine, segu pastöriseerimine, homogeniseerimine, jahutamine ja laagerdamine ning jäätise eelkülmutamine (friiserdamine) ja järelkülmutamine (kalestamine).

Koore- ja piimajäätise tootmisel on põhiliseks tooraineks täispiim ja lõss happesusega mitte üle 22° Th, rõõsk koor happesusega mitte üle 20° Th, piimakonservid ja rõõsakoorevõi, puuviljajäätise tootmisel aga värsked või konserveeritud puuviljad ja marjad, samuti mahlad ja siirupid.

Abimaterjalid jagatakse suhkur-, maitse-, aroomi- ja stabilisaatoraineteks. Suhkurainetest kasutatakse peedisuhkrut, mett, siirupit, glükoosi jm. Suhkur annab jäätisele mitte ainult magusa maitse, vaid ka õrna struktuuri ja alandab külmumistemperatuuri.

Mett kasutatakse kui magusat ja aroomi andvat ainet, samuti ka jäätise külmumistemperatuuri alandamiseks.

Siirup annab puuviljajäätisele õrna konsistentsi; kasutatakse ainult kõrgema sordi karamellsiirupit. Glükoos on peedisuhkrust vähem magus; suhkru täielik asendamine glükoosiga ei ole soovitatav, sest glükoos alandab järsult segu külmumistemperatuuri. Stabilisaatoritena kasutatakse želatiini, agar-agarit, agaroidi, tärklist, naatriumkaseinaati, naatriumalginaati, mune ja muid aineid, millel on hüdrofiilsete kolloidide omadusi ja suur tursumisvõime, mistõttu paraneb jäätise konsistents ega moodustu suuri jääkristalle.

Želatiin absorbeerib paisumisel vett 15 korda rohkem oma kaalust, lahustub soojas vees, kuid 70° C juures hakkab kaotama želatineerimisvõimet.

Agar-agar on želatiiniga sarnane, kuid annab tootele jämedama konsistentsi. Tema želatineerimisvõime on tingitud pektiinainetest. Külmas vees ta ei lahustu, kuid tursub ja absorbeerib vett 18 korda rohkem oma kaalust. Agar-agari hüübumine algab 40—42° C juures. Agaroidi želatineerimisvõime on väiksem kui agar-agaril.

Tärklise želatineerimisvõime on madalam kui želatiinil ja agar-agaril; ta annab jäätisele kõrvalmaitse.

Naatriumalginaat ja -kaseinaat on kõrge želatineerimisvõimega ja annavad jäätisele hea struktuuri.

Maitse- ja aroomiainetest kasutatakse vanilli või vanilliini, kakaopulbrit, šokolaadi, naturaalset kohvi, pähklituumasid, mandleid, sukaade jne.

Kakaopulbrit kasutatakse šokolaadijäätise tootmisel. Teda saadakse fermenteeritud, kuivatatud, praetud ja jahvatatud kakaoubadest.

Võib kasutada sarapuu-, funduki- ja kreeka pähkleid, rohelisi mandleid ja magusmandli valmeid vilju. Ei lubata kasutada mõrumandlit, sest see võib sisaldada 2,5—3,5% amügdaliini β-glükosiidi, mis võib fermentide ja hapete mõjul laguneda glükoosiks, bensaldehüüdiks ja sinihappeks, mis avaldab toksilist toimet.

Jäätise valmistamiseks on suur arv retsepte; see lubab koostada segu sõltuvalt olemasolevast toorainest. Kui retseptis näidatud toorainet ei ole, siis tuleb arvutada ingredientide kogus vastavalt olemasolevale toorainele. Arvutus tehakse järgmisel viisil.

Näide: on olemas 35%-lise rasvasisaldusega rõõska koort, 4%-lise rasvasisaldusega piima ja piimapulbrit, mis sisaldab 25% rasva ja 70% rasvata kuivainet. On tarvis määrata ingredientide kogus järgmise koostisega koorejäätise jaoks: rasva 10%, rasvata kuivainet 10%, peedisuhkrut 16%, želatiini 0,5%. Rasvata kuivaine kogust piimas määratakse valemiga (I—3), kusjuures rasv lahutatakse rõõsas koores aga valemi (II—11) järgi.

Piim sisaldab umbes 8,5—9,1% ja rõõsk koor 5,8—6,8% rasvata kuivainet. Võtame arvutuse aluseks rasvata kuivaine sisalduse piimas 9,1% ja rõõsas koores 6,1%. Tundmatutena esinevad: rõõsa koore kogus K, piima kogus P ja piimapulbri kogus PP. Segu 100 osa sisaldavad 16 osa suhkrut, 0,5 osa želatiini ja 83,5 osa piimatooteid. Koostame võrrandi:

$$K+P+PP=83{,}5.$$

Teades piimatoodete ja jäätise rasvasisaldust, koostame teise võrrandi:

$$0{,}35K+0{,}04P+0{,}25PP=10.$$

Lähtudes piimatoodete ja jäätise rasvata kuivaine sisaldusest, koostame samal viisil kolmanda võrrandi:

$$0{,}061K+0{,}091P+0{,}70PP=10.$$

Lahendades need võrrandid, leiame, et $K=18{,}13$ osa, $P=60{,}42$ osa ja $PP=4{,}95$ osa. Arvutuse tulemused on toodud tabelis 10.

Tabel 10

Ingrediendid	Osade arv	Sisaldus %-des		
		rasv	rasvata kuivaine	kuivaine
Peedisuhkur	16	—	—	16
Želatiin	0.5	—	—	0,45
Rõõsk koor rasvasisaldusega 35%	18,13	6,3455	1,1059	7,4514
Piim rasvasisaldusega 4%	60,42	2,4268	5,4378	7,8546
Piimapulber rasvasisaldusega 25%	4,95	1,2374	3,4650	4,7025
Kokku	100,00	9,9998	10,0087	36,4585

Vastavalt valitud retseptile või arvutuse tulemusele kaalutakse nõutav ingredientide kogus ja segatakse seguvannides.

Piim ja rõõsk koor soojendatakse eelnevalt 60—70° C-ni ja valatakse seejärel seguvanni. Samal ajal lisatakse ka suhkur. Niipea kui suhkur lahustub, lisatakse kondenseeritud piim või piimapulber, või, munad, ja stabilisaator.

Enne segamist tuleb toorained, maitseained ja stabilisaatorid ette valmistada. Piimapulber segatakse sõelutud peensuhkruga. Seejuures võetakse kahe osa piimapulbri peale üks osa peensuhkrut. Stafaaži puhul rõõsakoorevõi algul puhastatakse ja seejärel lõigatakse tükkideks.

Želatiin, agar-agar ja naatriumalginaat lisatakse 5—10%-lise lahusena. Lisandite eemaldamiseks ja lahustuvuse tõstmiseks pestakse želatiini veega, mis ei sisalda sulfaate, eriti aga kaltsiumisoolasid. Seejärel hoitakse teda tursumas 20—30 minutit ning pärast seda lahustatakse kuumas (50—60°) vees, piimas või rõõsas koores.

Enne lahustamist pestakse agar-agarit ja naatriumalginaati 3—5 tunni kestel. Seejuures agar-agar tursub.

Pestud agar-agar ja naatriumalginaat lahustatakse kuumas vees (85°).

Stabilisaatorite paisumisel laienevad nende molekulid ühtlaselt ja absorbeerivad lahustit (vett).

Stabilisaatorite (näiteks želatiini) lahustamisel külmas vees täheldatakse piiratud tursumist, mille puhul nõrgeneb osakeste vahel molekulaarne side, ilma et stabilisaator märgatavalt lahustuks. Kui aga temperatuuri tõsta, laguneb molekulaarne side, molekulid hakkavad üksteisest eemalduma ja hüdrofiilne kolloid saab piiritu tursumise (lahuseks muutumise) võime.

Tärklis keedetakse keeva veega pidevalt segades, kuni ühtlase konsistentsi saavutamiseni.

SEGU TÖÖTLEMINE

Segu pastöriseerimine. Ettevalmistatud segu pastöriseeritakse 68—70° C juures 30-minutise hoidekestusega.

Kõrgema pastöriseerimistemperatuuri kasutamine on tingitud sellest, et jäätisesegu sisaldab piimast rohkem valke ja rasvu, mis avaldavad segu mikrofloorale kaitsvat mõju.

Segu homogeniseerimine. Jäätise komponentide vajalik dispersiooniaste ja struktuuri paranemine saavutatakse segu homogeniseerimisega. Homogeniseerimise efekt suureneb loomulike emulgaatorite (fosfolipiidide) või kunstlikult lisatavate fosfolipiidirikaste munarebude (sisaldavad kuni 10,7% letsitiini ja kuni 1,7% kolesteriini) ja steariinhappe mono- ja diglütseriidide, sorbiidi toimel. Emulgaatorite osa kasvab segule sulatatud või, samuti teiste fosfolipiidivaeste ainete lisamisel. Homogeniseerimise kõrge temperatuur, segu madal happesus, vähene kahevalentsete katioonide sisaldus ja suur anioonide-(tsitraatide-, fosfaatide-)sisaldus väldib rasvakuulikeste kogunemist, mis on nähtavasti tingitud rasva ja plasma piiril kõrge elektrokineetilise potentsiaali loomisest.

Pastöriseeritud segu filtreeritakse kuumana (55—65° C) ja homogeniseeritakse rõhul 100—150 atü. Homogeniseerimise tõttu tõuseb segu viskoossus 5—15 korda, segu vananemisel ei tõuse rasv pinnale ja paraneb segu vahustuvus friiserdamisel.

Segu jahutamine ja laagerdamine. Homogeniseeritud segu jahutatakse 2—4° C-ni ja suunatakse seejärel tankidesse ning van-

nidesse, kus teda hoitakse 2—4 tunni kestel ja kauem (kuni ööpäev).

Laagerdamise kestus oleneb stabilisaatori hüdrofiilsusastmest: mida väiksem hüdrofiilsus, seda kestvam on laagerdamine.

Laagerdumis-(vananemis-)protsessis neelavad kõrgmolekulaarsed ained (valgud) ja stabilisaatorid (želatiin, agar-agar jt.) vett, tursuvad ja tarduvad, moodustades nõrga elastse geeli.

Tursumise algstaadiumiga kaasneb kõrgmolekulaarsete ainete (valkude) molekulide polaarsete gruppide hüdratatsioon, millele on iseloomulik eksotermilisus (hüdratatsioon soojuse eraldumisega) ja segu mahu kontraktsioon (kokkutõmbumine). Hüdratatsioonisoojuse suurus oleneb neeldunud vee kogusest. Mahu kontraktsiooni tõttu asetuvad hüdraatkesta orienteerunud molekulid üksteisele lähemale.

Tardumine kulgeb seda kiiremini, mida väiksem on osakeste liikumise kiirus, s. o. mida madalam on temperatuur.

Kõrgete hüdratatsiooniliste omadustega stabilisaatorite (želatiini, agar-agari) kasutamise puhul piisab täiesti segu sügavast jahutamisest (2—4° C).

Segu võime vananemisel želeed moodustada oleneb stabilisaatori kontsentratsioonist. Želatiin moodustab tarretise 1—1,5%-lise kontsentratsiooni puhul, agar-agar aga 0,25% juures. See sõltub osakeste asümmeetrilisuse astmest. Mida suurem on osakeste pikkus võrreldes nende laiusega, seda vähem on vaja osakesi sõrestiku moodustamiseks ja seda madalamaks jääb aine kontsentratsioon tardumisprotsessis. Stabilisaatori kontsentratsiooni tõstmisel suureneb tardumiskiirus, sest väheneb vahemaa osakeste vahel ja suureneb vastastikuseks mõjutamiseks võimeliste ahelagruppide kontakti tõenäosus.

Arvestades stabilisaatorite erinevaid omadusi, lisatakse piima- ja koorejäätise ning plombiiri segule 0,5% želatiini, puuvilja- ja marjajäätise ja aromaatse jäätise segule aga 0,9% želatiini või vastavalt 0,3 ja 0,7% agar-agarit ja agaroidi; 0,2 ja 0,3% naatriumalginaati; 2 ja 3% tärklist või nisupüüli. Piima- ja koorejäätise segusse lisatakse kuni 1% naatriumkaseinaati. Segu vananemise tõttu ei teki tema friiserdamisel suuri jääkristalle, õhk jääb vahustatavasse segusse paremini püsima ja jäätis saab õrna struktuuri. Aroomiainete säilitamiseks lisatakse 0,005—0,15% vanilliini enne segu friiserdamist.

NSV Liidu suurtes jäätisevabrikutes juurutatakse käesoleval ajal katkematu vooltootmise meetodit, mille puhul peaaegu kõrvaldatakse segu vananemise protsess. Segu vananemise protsessi väljajätmise võimalikkus seletub järgmisega:

piimakontsentraatide (kondenseeritud piima ja piimapulbri) kasutamisega põhiliste toorainetena ja üsna suurt hüdrofiilsust omavate agar-agari ja agaroidi kasutamisega stabilisaatoritena;

pastöriseeritud segu homogeniseerimisega ja sügava jahutamisega (2—4° C);

jahutatud segu viibimisega ½—1 tunni jooksul enne friiserdamist vahetankis;

segu kiirendatud eelkülmutamisega pideva tegevusega friiseritest.

Segu eelkülmutamine. Jäätise tootmise põhiliseks operatsiooniks on segu eelkülmutamine. Tootmisel väikeses ulatuses võib kasutada segu eelkülmutamiseks käsi- või ajamjäätisemasinaid (Isleri esmaesildus 1845. a.). Kuid seejuures saadakse madala kvaliteediga toode (nõrk vahustus, jäme struktuur ja suured jääkristallid). Tööstuse tingimustes kasutatakse segu eelkülmutamiseks friisereid. Friiseri seinte vahelises ruumis tsirkuleerib külmaagent; segu külmub seintel. Kiiresti pöörlevate nugakaabitsatega eemaldatakse ta seintelt ja pöörlev segisti segab segu; selle tagajärjel klopitakse temasse õhk ja segu külmub ühtlaselt.

Friiserdamise ajal mõnikord täheldatav rasvakuulikeste kogunemine oleneb friiseri segisti konstruktsioonist ja friiseri töötingimustest. Kui friiseri töötingimused on head, eemaldatakse jahutavale seinale liibunud külmunud kiht kaabitsaga kiiresti ja täielikult. Kihi üleliia kiire eemaldamise korral suureneb hõõrdumine ja eraldub rohkem soojust, mis kutsub esile väikeste jääkristallide sulamise, segu teistkordsel külmumisel moodustuvad siis suured jääkristallid. Segu eelkülmutamisel külmub 40—60% veest ja suureneb jäätise hulk. Jäätisesegu kujutab endast küllalt kontsentreeritud lahust. Seetõttu kaldub tema külmumistemperatuur kõrvale Raoul'i seadusest, mida kasutatakse peamiselt üsna lahjendatud lahuste puhul. Segu külmumistemperatuur kõigub —22° C-st kuni —3,4° C-ni. Suhet jäätise temperatuuri ja külmunud vee koguse vahel võib väljendada Mihhailovi (ВНИХИ) poolt esitatud võrrandiga

$$W = 100\left(1 - \frac{5{,}64Q_s + 6Sah_s}{Wt'}\right) \qquad \text{(II—12)}$$

Segu külmumistemperatuuri määramiseks soovitab Mihhailov kasutada järgmist valemit:

$$t' = \frac{5{,}64O_s + Sah_s}{W_s}, \qquad \text{(II—13)}$$

kus W — külmutatud vee kogus, %,
W_s — veekogus segus, %,
t' — jäätise temperatuur friiseris, °C,
O_s — rasvata kuivaine sisaldus segus, %,
Sah_s — sahharoosisisaldus segus, %.

Normaalne piima- ja koorejäätise vahustus on 75—95%, puuviljajäätisel 35—40%. Vahustust kontrollitakse spetsiaalsete kaaludega.

Vahustust võib määrata valemist

$$Vah = \frac{V_j - V_s}{V_s} \times 100, \qquad (II—14)$$

kus V_j — jäätise maht,
V_s — segu maht enne eelkülmutamist.

Jäätise vahustuse (õhuga küllastumise) astmele mõjuvad segu koostis, s. o. rasvata ja rasvase faasi kogus, suhkrukogus, stabilisaatori liik, segu ettevalmistamise füüsikalis-mehhaaniline reziim ja teised tegurid, samuti rasva loomus ja kõrgema emulgeerimisvõimega fosfolipiidide sisaldus. On kindlaks tehtud, et värskest rõõsast koorest jäätisesegu vahustub paremini kui külmutatud rõõsast koorest või rõõsakoorevõist jäätisesegu.

Hüdratatsiooniastmele mõjuv segu töötlemistemperatuuri tõstmine tingib jäätise vahustuse kõrge astme. Suure karedusega vee kasutamisel vahustus halveneb, naatriumtsitraat, naatriumkaseinaat või dinaatriumfosfaat soodustavad aga jäätise vahustuse suurenemist. Suhkru koguse suurenemisega alaneb jäätise vahustus ja pikeneb maksimaalse vahustuse saamiseks vajalik aeg. Optimaalseks jäätise vahustuseks (protsentides) loetakse jäätises sisalduva kuivaine kolmekordset kogust.

Jäätise kvaliteet on suurel määral olenev õhumullikeste mõõtmetest, nendevaheliste vaheseinte paksusest ja jääkristallide mõõtmetest. Jäätise kuivaine koguse suurenemisega vähenevad kristallide mõõtmed, veest moodustub vähem jääd ja suureneb segu külmumata osa viskoossus. Rasv tingib jäätise õrna konsistentsi, piirab jääkristallide suurust ja takistab nende kasvu.

Rasva mõju jäätise kvaliteedile kasvab rasva dispersiooniastme suurenemisega.

Friiserdamine lõpetatakse, kui segu temperatuur on —4° C kuni —5° C ja on saavutatud soovitav vahustusaste. Puudulikult külmutatud jäätisesegu sisaldab vähem õhku (raske jäätis) ja omab mitteküllaldaselt õrna struktuuri. Friiseri liiga hiline tühjendamine raskendab jäätise väljavõtmist. Mida rohkem vett külmub friiserdamisprotsessis, seda vähem aega kulub järelkülmutamiseks ja seda paremaks muutub jäätise kvaliteet.

Jäätise järelkülmutamine. Friiserist väljumisel on jäätise konsistents nõrk, seepärast tuleb teda allutada järelkülmutamisele (kalestamisele), mille tagajärjel jäätis muutub tihedamaks. Jäätise järelkülmutamiseks kasutatakse jää ja soola segu ja soolvett.

Jää ja soola segu kasutamisel langeb jäätise temperatuur 8—10 tunni jooksul —14° C-ni, külmutatud vee üldine kogus tõuseb 75—80%. Praktiliselt ei ole võimalik täielikult külmutada kogu segus leiduvat vett. See seletub asjaoluga, et juhul, kui süsivesikute ja soolade kontsentratsioon ja vee seostumine hüdrofiilsete kolloididega kasvab, langeb täieliku külmumise temperatuur —45° C kuni —50° C-le.

Tehiskülma puhul jahutatakse jäätise järelkülmutamiseks kasutatavat soolvett kompressori aurustis. Tihti kasutatakse külmutuskambreid, kus ammoniaak vahetult aurustub. Kui kambris on külma õhu sundtsirkulatsioon, lüheneb järelkülmumise kestus peaaegu kahekordselt. Mugav on kasutada tunnelkalestuskambreid, kus hülsid, kandikud ja muu jäätise taara liigub konveieril ja teda uhutakse külma (—35°) õhuga.

Jäätise koostise ja tema järelkülmutamise kestuse vahel leidis Svente järgmise sõltuvuse: mida vähem on jäätises kuivainet, seda kiiremini tuleb teostada külmutamine. Umbes 35% kuivainet sisaldava jäätise järelkülmutamine peab kestma vähemalt 9 tundi, 26%-lise kuivainesisalduse puhul aga 3,5 tundi. Jäätisele, mis sisaldab kuni 25% kuivainet, piisab 2,5 tunnist.

Kiirel järelkülmutamisel tekivad väiksemad kristallid ja saame parema struktuuriga jäätise.

Realiseerimiseni tuleb jäätist hoida madalas temperatuuris (—18° C kuni —25° C).

PIIMAKONSERVIDE TEHNOLOOGIA

10. PEATÜKK

PIIMA JA PIIMATOODETE KONSERVEERIMISE ALUSED

Toiduained, mis sisaldavad rasva, valke, süsivesikuid, mineraalsooli, vett, riknevad kiiresti peamiselt biokeemiliste protsesside tõttu, mida kutsuvad esile mikroobid. Et säilitada toodet pikemat aega, kasutatakse konserveerimist. Seejuures püütakse saada toodet, mille omadused, toite- ja bioloogiline väärtus erineksid võimalikult vähem esialgsetest.

Konserveerimine seisneb toote töötlemises mitmesuguste meetoditega, et mikrofloorat hävitada või selle elutegevust pidurdada. Konserveerimise meetodid on rajatud bioosi, anabioosi, tsönabioosi ja abioosi printsiipidele.

Bioos. Bioosi printsiibil konserveerimise puhul kasutatakse elavate organismide loomulikku immuniteeti mikroorganismide suhtes. Sellele printsiibile on rajatud piima hoidmine bakteritsiidse faasi perioodil. Bioosi kasutamisel on tarvis luua mikroobide arenemiseks ebasoodsad tingimused.

Anabioos. Anabioosi olemus seisneb tootes bakteriaalsete protsesside mahasurumises keemiliste ja füüsikaliste vahenditega.

Keemiliste konserveerimisviiside hulka kuulub keskkonna reaktsiooni muutmine pH alandamise suunas, hoidmine gaaside (atomaarse hapniku, süsihappegaasi, lämmastiku) atmosfääris või hapnikuta keskkonnas; füüsikaliste konserveerimisviiside hulka aga jahutamine, külmutamine, osmootse rõhu tõstmine ja kuivatamine.

Toodete säilimine keskkonna reaktsiooni (pH) muutmisel on rajatud sellele, et enamik baktereid areneb neutraalses või nõrgalt leeliseses, hallitus- ja pärmseened arenevad aga nõrgalt happelises keskkonnas.

Mikroorganismide elutegevus lakkab või nõrgeneb märgatavalt pH korral, mis on nende arenemiseks ebasoodus.

Piimhappebakterite arenemiseks soodsal temperatuuril moodustub piimhape, mis takistab roisu-, tõvestavate ja teiste bakterite elutegevust. Sellele on rajatud hapupiima ja teiste hapupiimatoodete tootmine.

Hofius ja Richter tegid kindlaks, et atomaarse hapniku atmosfääris kõrge rõhu (10—13 atü) juures võib hoida pastöriseeritud piima pikemat aega (ühe kuu jooksul).

Välismaised kogemused näitavad, et süsihappegaasiga (CO_2) töödeldud piimal on hea maitse ja lõhn.

Toodete hoidmine süsihappegaasi atmosfääris põhineb selle võimel lahustuda, muuta keskkonna reaktsiooni ja maha suruda mikroobide elutegevust. Tuntud on veetu piimarasva, kuiva piima ja koore tööstuslik hoidmine hermeetilises taaras, mille vaba ruum (kaane all) on täidetud lämmastikuga.

Füüsikalistest konserveerimisviisidest kasutatakse piimatööstuses kõige laialdasemalt osmootse rõhu tõstmist ja kuivatamist.

Konserveerimine osmootse rõhu tõstmise teel põhineb asjaolul, et osmootse rõhu tõstmine ja sellega seotud plasmolüüs, mis kaasneb raku ja seda ümbritseva keskkonna (toote) vahelise loomuliku ainevahetusprotsessi rikkumisega, mõjuvad ebasoodsalt bakterite elutegevusele.

Toitainete liikumine bakterrakku ja ainevahetuse produktide eemaldumine toimub diosmootsel alusel. Osmootsete voolude tõukejõuks on toitelahuse ja raku sisemuse ainete kontsentratsiooni vahe.

Toitainete liikumise suund oleneb nende kontsentratsioonist rakus ja väljaspool rakku. Hüpertoonilistes lahustes on juhul, kui väliskeskkonnas lahustunud ainete kontsentratsioon on suurem kontsentratsioonist raku sees, osmootne vool suunatud raku protoplasmast väliskeskkonda. Seetõttu hakkab vesi imbuma rakust lahusesse, rakumahla ruumala väheneb ja protoplasma tuleb kihina kesta küljest lahti. Seda nähtust nimetatakse plasmolüüsiks. Hüpotoonilistes lahustes, s. t. lahustes, kus osmootne rõhk on väiksem kui raku sisemuses, on vee osmootne vool suunatud ümbritsevast keskkonnast rakku. Seetõttu paisub rakk tugevasti: algab plasmoptüüs. Raku struktuuri normaalne seisund ja tema elutegevus säilib isotoonilistes lahustes. Püsiva plasmolüüsi puhul muutub raku struktuur ja toitainete imbumine rakku saab rikutud. Selle tagajärjel luuakse raku elutegevuseks ebasoodsad tingimused. Kuid soodsate tingimuste (temperatuur, keskkonna pH, niiskus) puhul võib rakk aegamööda kohaneda väliskeskkonna kõrgema osmootse rõhuga.

Osmootset rõhku mõõdetakse kas osmomeetriga või lahuse külmumis- või keemistemperatuuri järgi.

Krüoskoopilisel meetodil määratud piima külmumistemperatuuri alanemine $\Delta t = 0{,}55 - 0{,}57°$ C. Lähtudes piima koostisest ja vee krüoskoopilisest konstandist võib määrata külmumistemperatuuri alanemist ka järgmise valemi abil:

$$\Delta t = 1{,}86 \left(\frac{L}{m} + \frac{M}{m_1} \right) 10, \qquad \text{(III—1)}$$

kus L — piima laktoosisisaldus, %,
M — mineraalainesisaldus (tuha järgi), %,

m — laktoosi molekulkaal,
m_1 — mineraalainete molekulkaal,
1,86 — vee krüoskoopiline konstant.

Kui $L = 4{,}8\%$, $M = 0{,}75\%$ (tuha järgi), laktoosi molekulkaal $m = 342$ ja mineraalainete molekulkaal $m_1 \approx 42{,}5$, siis piima külmumistemperatuuri alanemine

$$\Delta t = 1{,}86 \left(\frac{4{,}8}{342} + \frac{0{,}75}{42{,}5} \right) 10 = 0{,}56^\circ \text{ C}.$$

Teades Δt, võib osmootse rõhu P_{osm} lahuse igasuguse temperatuuri korral määrata valemi järgi

$$P_{osm} = \frac{22{,}4\, \Delta tT}{1{,}86 \cdot 273}$$

või

$$P = \frac{12{,}4\, \Delta tT}{273}, \qquad \text{(III—2)}$$

kus T — lahuse absoluutne temperatuur, °K,
22,4 — lahuse osmootne rõhk 0° C juures.

Piima osmootne rõhk 37° C juures

$$P_{osm} = \frac{22{,}4 \cdot 0{,}56 \cdot 310}{1{,}86 \cdot 273} = 7{,}6 \text{ atü}.$$

Niisiis asuvad piima mikroorganismid, mille rakusisene rõhk on 4—6 atü, peaaegu isotoonilistes tingimustes. Seepärast võivad nad areneda värskes piimas, põhjustades selle riknemist.

Kui kuivaine hulk kondenseeritud piimas suureneb 2,5 korda, kasvab vastavalt ka osmootne rõhk. Veel märgatavamalt tõuseb osmootne rõhk, kui lisatakse 17—18,5% suhkrut.

Katseandmete põhjal on värske, suhkruga kondenspiima külmumistemperatuur —14,9 kuni —15,4° C ja osmootne rõhk, mis on leitud valemi (III—2) järgi, 170—180 atü.

Osmootse rõhu järsk tõus suhkruga kondenspiimas loob hüpertoonilised tingimused, mis on mikroorganismide elutegevuseks täiesti ebasoodsad.

Piima esialgne termiline töötlemine, õhu juurdepääsu sulgemine (hermetiseerimine) ja seoses sellega sekundaarmikroflooraga saastumise piiramine võimaldavad säilitada suhkrut sisaldavaid piimakonserve temperatuuril 6—12° C pikka aega.

Konserveerimine kuivatamise (veest vabastamise) teel põhineb niiskuse eemaldamisel tootest ja füsioloogilise kuivuse loomisel, mis põhjustab bakterraku ja ümbritseva keskkonna osmootse rõhu vahe suurenemist.

Seda viisi kasutatakse laialt kuivade piimasaaduste tootmisel.

Minimaalne niiskusesisaldus, mille juures arenevad bakterid ja pärmseened, on 20—25%, hallitusseentel on see 10—15%. Järelikult võib niiskuse eemaldamisega allapoole mikroobide normaalseks elutegevuseks vajalikku miinimumi tõsta toote säilivust.

Piimapulbri tootmisel hävivad peamiselt mikroobide vegetatiivsed vormid, eoseid moodustavad bakterid võivad aga latentses seisundis säilida.

Et vältida mikroorganismide arenemist kuivas tootes, tuleb seda hoida tingimustes, kus puuduvad niiskumise ja ümbritsevast keskkonnast mikrofloora sissesattumise võimalused.

Peale selle on teda tarvis hoida madalas temperatuuris.

Tsönabioos. Tsönabioosi olemus seisneb toote loomuliku mikrofloora asendamises teisega. Piimatööstuses kasutatakse tsönabioosi kohupiima ja teiste hapupiimatoodete tootmisel.

Abioos. Konserveerimine abioosi printsiibil on rajatud tootes leiduvate mikroorganismide täielikule hävitamisele. Seda tehakse mitmesuguste füüsikalis-keemiliste ja mehhaaniliste vahenditega.

Füüsikalis-keemiliste vahendite hulka kuulub termiline töötlemine (steriliseerimine, pastöriseerimine), keemiliste ainete kasutamine, töötlemine röntgenikiirtega, ultraviolettkiirtega ja ultralühilainetega, suitsutamine jne.

Soojuse, kiirgusenergia (ultraviolettkiirte, radioaktiivsete kiirte) ja ultralühilainete bakteritsiidset toimet on kirjeldatud 4. peatükis.

Konserveerimine keemiliste ainetega põhineb nende reageerimisel bakterraku protoplasmaga. Seejuures täheldatakse valkude dehüdratatsiooni, soolutamist ja kalgendumist, mistõttu bakterraku elutegevus on takistatud.

Keemilistest konservantidest kasutatakse bensoehapet või tema naatriumisoola, boorhapet ja teisi happeid, aga ka propüülalkoholi.

Suitsutamisega konserveerimisel avaldavad toiduainetele mõju suitsu koostisosad (sipelghape, äädikhape, atsetoon, metüülalkohol, formaldehüüd, atseetaldehüüd, fenool ja orto-, meta- ning parakresool). Aldehüüdidel ja fenoolidel on hapendumisvastased omadused. Suitsutamisel lahustuvad nad hästi ja kontsentreeruvad rasvades, vältides rasva oksüdeerumist. Formaldehüüd ja atsetoon, olles parkaine omadustega, alandavad valkude lahustuvust ja tõstavad toote säilivust.

Suitsutamise tulemusena omandab toode omapärase maitse ja lõhna. Piimatoodetest suitsutatakse juustu ja brõnsat.

Piimatööstuses kasutatakse järgmisi konserveerimise meetodeid: osmootse rõhu tõstmist kondenseerimise ja suhkru lisamise teel, termilist steriliseerimist ja piima kuivatamist.

PIIMAKONSERVIDE ÜLDTEHNOLOOGIA

Toodetakse järgmisi piimakonserve:
suhkruta kondenspiima (pastöriseeritud ja steriliseeritud),
kondenseeritud piimatooteid suhkruga või lisanditega,
kuivi tooteid (piima, lõssi, koort, võid jt.).

Operatsioonide kõrval, mis on iseloomulikud üksikute piimakonservi liikide tootmiseks, on olemas rida üldisi operatsioone: tooraine vastuvõtmine, puhastamine, reserveerimine, standardiseerimine, esialgne termiline töötlemine ja kondenseerimine.

TOORAINE VASTUVÕTMINE, PUHASTAMINE JA RESERVEERIMINE

Piimakonservide tootmiseks määratud piim peab olema eriti heakvaliteediline, ilma mehhaaniliste lisanditeta ja sisaldama vähe baktereid. Piima happesus ei tohi olla üle 20° Th.

Vastuvõtmisel piim kaalutakse ja määratakse kvaliteet. Konditsiooniline piim puhastatakse. Pärast puhastamist tuleb ta kohe ümber töötada. Et aga piima laekumine päeva jooksul ei ole ühtlane, siis on tarvis pideva töö tagamiseks luua ajutine jahutatud piima varu. Selleks peavad varuks olema segistitega tankid või paagid. Piima hoidmisel tuleb perioodiliselt kontrollida ta happesust ning temperatuuri ja vajaduse korral jahutada teistkordselt.

TOORAINE STANDARDISEERIMINE

Tooraine standardiseerimise all mõistetakse rasva ja rasvata kuivaine viimist niisuguse vahekorrani, nagu see peab olema valmistootes. Juhud, kus rasva- ja rasvata kuivaine sisalduse vahekord piimas ühtib nende vahekorraga valmistootes, on väga harvad. Seepärast tuleb enamasti alati piima standardiseerida, lähtudes tema analüüsi andmetest ja valmistoote koostisest. Selleks on vaja teada piima kaalu, tihedust ja rasvasisaldust, aga ka standardiseerimiseks kasutatava koore või lõssi rasvasisaldust.

Standardiseerida võib kahel viisil. Esimese viisi järgi standardiseerimisel määratakse algul piima (segu) vajalik rasvasisaldus ja seejärel lõssi või koore kogus. Teise viisi rakendamisel arvutatakse vahetult vajalik koore või lõssi kogus.

Kui standardiseeritakse esimesel viisil, määratakse vajalik segupiima rasvasisaldus R_{sp} valemi järgi

$$R_{sp} = \frac{R_v \cdot O_{sp}}{O_v}, \qquad \text{(III—3)}$$

kus R_v — valmistoote vajalik rasvasisaldus, %,
O_v — valmistoote vajalik rasvata kuivaine sisaldus, %,
O_{sp} — segupiima vajalik rasvata kuivaine sisaldus (O_{sp} võetakse sama, mis piimas), %.

Kui vajalik R_{sp} erineb töötlemisele määratud piima rasvasusest, leitakse tarvisminev lõssi või koore kogus materiaalse bilansi võrrandist.

Esimesel viisil standardiseerimisel on lubatav rasvata kuivaine kogust standardiseeritavas piimas ja standardiseerimiseks kasutatavates produktides (lõssis) lugeda võrdseks. Tegelikult aga rasvata kuivaine sisaldus lähtepiimas ei ühti kuivaine sisaldusega standardiseeritud piimas (segus), s. t. O_p ei võrdu O_{sp}-ga. Seepärast soovitatakse teist standardiseerimise viisi, mille puhul arvutatakse vahetult välja

a) lõssi kogus:

$$L = \frac{\frac{R_p}{U} - O_p}{O_l - \frac{R_l}{U}} \cdot K_p; \qquad \text{(III—4)}$$

b) koore kogus:

$$K = \frac{K_p(O_p U - R_p)}{R_k - O_k U}, \qquad \text{(III—5)}$$

kus K_p — piima kogus, kg,
R_p — piima rasvasisaldus, %,
O_p — rasvata kuivaine sisaldus piimas, %,
O_k — sama, koores, %,
O_l — sama, lõssis, %,
R_l — lõssi rasvasisaldus, %,
R_k — koore rasvasisaldus, %,
U — rasva ja rasvata kuivaine suhe valmistootes.

PIIMA ESIALGNE TERMILINE TÖÖTLEMINE

Piima kondenseerimisele eelneva termilise töötlemise ülesandeks on mitte ainult mikroorganismide hävitamine ja fermentide inaktiveerimine, vaid ka piima temperatuuri ja piima vaakuumaparaadis keemise temperatuuri vahe vähendamine, mis kindlustab piima silmapilkse keemahakkamise.

Vaakuumaparaati juhitav külm piim kuumeneb küttepindadega kokkupuutumise tagajärjel üle. Seejuures valgu termolabiilsed fraktsioonid — albumiin ja globuliin — koaguleeruvad ja sadestuvad kalorisaatori torudele. Seetõttu halveneb soojusülekanne, pikeneb aurutuskestus ja suurenevad soojuskulud.

Peale selle omandab toode mõnikord pruunika värvuse ja

kõrbemaitse. Suhkruga kondenspiima tootmisel kergendab piima eelsoojendamine vahetult piimale või lõssile lisatava suhkru lahustumist. Teatud termilise režiimi juures stabiliseeruvad ka piima füüsikalis-keemilised ja kolloidsed omadused; sellega välditakse suhkruga kondenspiima paksuks muutumist säilitamisel.

Suhkruta kondenseeritud (steriliseeritud) piima tootmisel sadestuvad termilise eeltöötlemise tulemusena osaliselt valgu termolabiilsed fraktsioonid, kaltsiumfosfaadid ja tõuseb piimavalkude termostabiilsus steriliseerimisel.

Piimapulbri tootmisel aitab termiline eeltöötlemine teatud režiimi korral tõsta valmistoote säilivust.

Suhkruga kondenspiima tootmisel võib rakendada kestvat pastöriseerimist 63° C juures 30 minuti kestel ja momentaanset pastöriseerimist (ilma pastöriseerimistemperatuuril hoidmiseta) 85—95° C ja 104—110° C juures.

Kestev pastöriseerimine väldib valmistoote paksenemist säilitamisel. Kuid selle režiimi rakendamisel ei lõhustu lipaas, mistõttu kondenseeritud piimal esineb rääsinud maitset. See puudus ja ka kogukad seadmed piiravad kestva pastöriseerimise kasutamise võimalusi eriti just suurtes ettevõtetes.

On kindlaks tehtud, et termilisel eeltöötlemisel 85—95° C juures tõuseb kaseiini hüdratatsioonivõime, mis soodustab toote paksenemist säilitamisel. Kuid paksuks muutumise oht väheneb, kui parandatakse säilitamistingimusi, vähendatakse rasvata kuivaine hulka valmistootes, suurendatakse suhkrusisaldust ja ollakse nõudlikum tooraine suhtes. See aga võimaldab pastöriseerida piima temperatuuril 85—87° C. Piima eeltöötlemisel temperatuuril 104—110° C nõrgeneb samuti toote kalduvus paksemaks muutuda.

Pastöriseeritud piim läheb vahemahutisse (tanki või vanni), kust ta suunatakse vaakuumaparaati.

KONDENSEERIMISPROTSESS

Kondenseerimist tuleb alustada kohe, niipea kui piima (segu) kogus keeduks on küllaldane.

Kondenseerimisprotsessis eemaldub toorainest osa vett, mille tulemusena kuivaine kontsentratsioon tõuseb.

Piima võib kondenseerida aurutamisega, kusjuures piimas sisalduv vesi muutub auruks (see kondenseerub ja eemaldub veena) või sel teel, et veeauru neelab õhk, mida puhutakse läbi kondenseeritava vedeliku.

Ühe ja sama temperatuuri korral on vesilahuste (sealhulgas piima) aururõhk väiksem kui lahusti (vee) aururõhk. Seepärast on lahuste keemistemperatuur alati kõrgem lahusti keemistemperatuurist. Antud vedeliku aururõhu kõver arvutatakse Babo, Raoult'i või Dühringi seaduse järgi.

Dühringi seaduse järgi

$$\frac{t_{ved} - t'_{ved}}{t_v - t'_v} = K = \text{const}, \qquad \text{(III—6)}$$

kus t_{ved}—t'_{ved} — on mingi vedeliku keemistemperatuuride vahe kahe erineva rõhu puhul,

t_v—t'_v — mingi teise vedeliku keemistemperatuuride vahe nendesamade rõhkude puhul.

Teiseks vedelikuks võetakse tavaliselt vesi, mille keemistemperatuur igasuguse rõhu juures on teada. Kogurõhk võetakse võrdseks 1 atü. Dühringi seadus on õige ainult aurutamisprotsessi algstaadiumi kohta, kui vedelik läheb üle aurutaolisse olekusse. Seejuures on vedeliku aururõhk võrdne ümbritseva keskkonna rõhuga.

Piima keemistemperatuuri atmosfäärirõhu juures võib määrata praktiliseks otstarbeks küllaldase täpsusega valemist

$$t_k = 100 + 0{,}52\left(\frac{L}{m} + \frac{M}{m_1}\right)10, \qquad \text{(III—7)}$$

kus tähistused on samad, mis valemis (III-1).

Kui vee ebullioskoopiline konstant on 0,52, piima laktoosisisaldus $L = 4{,}8\%$ ja laktoosi molekulkaal $m = 342$, mineraalainete-sisaldus (tuha järgi) $M = 0{,}75\%$ ja nende keskmine molekulkaal $m_1 = 42{,}5$, siis piima keemistemperatuur atmosfäärirõhu juures

$$t_k = 100 + 0{,}52\left(\frac{4{,}8}{342} + \frac{0{,}75}{42{,}5}\right) \cdot 10 = 100{,}16 \approx 100{,}2^\circ\,\text{C}.$$

Lahuse (piima) keemistemperatuur t_k on kõrgem lahuse kohal oleva auru temperatuurist t_s. Faaside (vedelik—aur) piiril on temperatuuride vahe (depressioon) $\Delta t_1 = t_k - t_s$, mis oleneb vedeliku kontsentratsioonist ja füüsikalis-keemilistest omadustest, aga ka välis- ja hüdrostaatilisest rõhust.

Hüdrostaatiline rõhk vedeliku alumises kihis

$$\Delta p = \gamma \cdot H \text{ kg/m}^2, \qquad \text{(III—8)}$$

kus γ — toote erikaal, kg/m³,

H — vedelikusamba kõrgus, m.

Arvestades seda, et torud ei ole vedelikuga kaetud täielikult, arvutatakse praktiliselt hüdrostaatiline rõhk keskmises kihis kõrgusega $\frac{H}{2}$, s. t.

$$\Delta t = \gamma \cdot \frac{H}{2} \text{ kg/m}^2. \qquad \text{(III—8a)}$$

Teades sekundaarauru rõhku, leitakse lahuse keemistemperatuuri tõus (hüdrostaatilise rõhu arvel) Δt_2, mida nimetatakse hüdrostaatiliseks depressiooniks. Sellega piima tegelik (tõeline) keemistemperatuur keskmises kihis

$$t_k = t_s + \Delta t_1 + \Delta t_2. \qquad \text{(III—9)}$$

Kondenseerimisprotsessis kasvab kuivainesisaldus 23—25%-lt 70—74%-ni, tihedus aga 1,07—1,23-lt 1,27—1,30 g/cm³-ni (kondenseerimise lõppstaadiumis); keemistemperatuur tõuseb umbes 2,08 kraadi võrra. Depressioonide tõttu tekkivad soojuskaod moodustavad 3—3,5 kraadi.

Piima kondenseerimiseks vajalik soojus kulutatakse tööks, mis on seotud molekulide kohesioonjõudude ületamisega vedeliku muutumisel auruks, ja vedeliku mahu suurendamiseks auru mahuni.

Kondenseerimisprotsessis piima keemisel moodustuv veeaur siirdub pidevalt kondensaatorisse, kus ta jahtub ja läheb üle vedelasse olekusse, mistõttu ta maht järsult (umbes 10 000 korda) väheneb.

Niisiis muutub vee väljaaurutamisel piimast (kondenseerimisel) tema agregaatolek kaks korda: algul tekib veeaur, mis hiljem kondenseerub veeks.

Esimene protsess toimub vaakuumaparaatides, teine kondensaatorites.

Piima kondenseerimine võib toimuda nii aurutamise tulemusena, mida teostatakse (Fialkovi, Raffi) kontsentraatorites kui ka vedeliku keetmise teel lahtistes mahutites atmosfäärirõhu juures ja hermeetiliselt suletud aparaatides, mis töötavad vaakuumi abil.

Kui oleks võimalik enne eemaldada vaakuumaparaadist õhk ja ära hoida õhu juurdevoolu aurutatavast vedelikust (piima gaasidest), samuti vältida jahutusvees lahustunud õhuhapniku eraldumist ja õhu sissepääsu, siis tekiks tasakaal ja vaakuum püsiks muutumatuna.

Et aga nendest allikatest tungib paratamatult õhku süsteemi, siis tuleb püsiva vaakuumi hoidmiseks õhku eemaldada lisaseadmete, nimelt vaakuumpumba, vee- ja aurujoaejektorite abil.

Järelikult koosneb vaakuumaurutusseade mahutist, milles toimub vedeliku keemine ja vee auramine (vaakuumaparaat); aparaadist auramisel tekkiva auru kondenseerimiseks (kondensaator); kuiva ja märja õhu vaakuumpumbast või ejektoritest, mis imevad õhku süsteemist välja.

Vaakuumaurutamisel on soojuskulu sisemisele aurustussoojusele suurem kui aurutamisel atmosfäärirõhu all. Peale selle nõuab vaakuumpumba või aurujoaejektorite töötamine täiendavat energiakulu.

Sellele vaatamata on vaakuumaparaatides aurutamisel, võrreldes atmosfäärirõhul aurutamisega, järgmised eelised:

vaakuumis ($t_k < 60°$ C) on võimalik aurutada niisuguseid vedelikke, mille keemisega atmosfäärirõhul ($t_k > 100°$ C) kaasnevad füüsikalis-keemilised muutused ja bioloogilise väärtuse kadumine;

väheneb soojuskadu ümbritsevasse keskkonda ja järelikult ka kütteauru kulu;

on võimalik kasutada heitauru (töötanud auru) ja sekundaar-

auru, mis võimaldab vähendada otseauru kulu ja saavutada soojuse kokkuhoidu;

kondenseerimine toimub kiiremini ja auramine küttepinna 1 m^2-lt on soojuskandja ja aurutatava vedeliku suurema temperatuurivahe tõttu märgatavalt suurem.

Nende eeliste tõttu on vaakuumis aurutamine piimatööstuses laialt kasutusel.

Piimatööstuses kasutatavaid vaakuumaparaate võib liigitada:

töötamisprintsiibi järgi (perioodilised ja pidevad);

küttepinna asetuse ja kuju järgi;

sekundaarauru soojuse kasutamise järgi (sekundaarauru kasutavad ja mittekasutavad);

korpuste arvu järgi (ühe- ja mitmekorpuselised).

Piimatööstuses kasutatakse vaakuumaparaate, mis töötavad sekundaarauru kasutamiseta või sekundaarauru termokompressiooniga.

Sekundaarauru termokompressiooniga vaakuumaparaatides saavutatakse hea soojusefekt. Otseauru kulu ühekorpuselises termokompressiooniga aparaadis on 0,50—0,60 kg 1 kg väljaaurutatud vee kohta, kahekorpuselises aga 0,35—0,40 kg/kg. Väiksem aurukulu termokompressiooniga aparaatides põhjustas nende kasutamist komplektis pihustikuivatitega, mille kõrge auru erikulu kuivatamisel osaliselt kompenseerub väiksema kuluga kondenseerimisel. USA-s oli näitusel eksponeeritud madalas temperatuuris aurutamise seade. Selle iseärasuseks on asjaolu, et aurutusaparaat on lülitatud ammoniaagi-kompressori kinnisesse tsüklisse. Rõhupoole ammoniaaki (temperatuur mitte üle 45° C) kasutatakse siin kütteagendina, imipoole ammoniaaki aga auru kondenseerimiseks. Piima keemistemperatuur on 30° C, kondenseerumistemperatuur 21° C. Nii madalad temperatuurid võimaldavad aurutada kõrgema kontsentratsioonini kui tavaliselt.

Aurutusaparaadid täidetakse vedelikuga nende töömahu ulatuses. Perioodilise tegevusega aurutusaparaadi töömahu määraks tuleb lugeda niisugust kogust, mis on vajalik küttepinna (torude, aurusärgi, spiraaltorustiku, rõngastorustiku jne.) katmiseks. Töötsükli jooksul kondenseeritava vedeliku üldkogus aga määratakse kindlaks, arvestades küttesüsteemi katmiseks vajalikku vedeliku kogust (esialgne täitmine), kondenseerimisastet, toote tiheduse ja mahu muutumist kondenseerimisprotsessis.

Segu koguse, mis on tarvis töödelda töötsükli (keedu) jooksul, võib leida, kasutades valemit

$$\Sigma K_{sp} = \frac{A_v(\Sigma K_{sp} - W_v)}{A_{sp}}, \qquad \text{(III—10)}$$

kus K_{sp} — töötsükli jooksul töödeldava segu kogus, kg,
W_v — väljaaurutatava vee kogus, kg,
A_{sp} — segu kuivainesisaldus enne kondenseerimist, %,

A_v — valmistoote kuivainesisaldus, %,
ΣK_{sp} — W_v kujutab endast valmistoote kogust K_v.
Siis

$$\Sigma K_{sp} = \frac{A_v \cdot K_v}{A_{sp}}. \qquad \text{(III—10a)}$$

Valemist (III—10) järgneb, et töötsükli jooksul töödeldava segu koguse määravad kondenseerimisaste ja valmistoote kogus. Kondenseerimisprotsessis hoitakse segu nivoo püsivana, samal kõrgusel nagu aparaadi esialgsel täitmisel. Seepärast on valmistoote kogus mahu järgi võrdne vaakuumaparaadi töötäitega:

$$\Sigma K_{sp} = V\varrho \frac{A_v}{A_{sp}} \text{ ehk } \Sigma K_{sp} = V \cdot \varrho \cdot n, \qquad \text{(III—11)}$$

kus ϱ — valmistoote tihedus,
n — kondenseerimisaste,
V — aparaadi töötäide liitrites.

Kui on teada aparaadi aurutusvõime W_v kg/h, võib vajaliku segu koguse määrata valemi järgi

$$\Sigma K_{sp} = \frac{W_v}{\left(1 - \frac{A_{sp}}{A_v}\right)}. \qquad \text{(III—12)}$$

Kõik arvutusandmed, välja arvatud A_{sp}, on tavaliselt teada. Suurust A_{sp} on kerge määrata valemi järgi

$$A_{sp} = \frac{PU_p + K_o U_{ko} + SU_s}{P + K + S + E},$$

kus P — piima kogus, kg,
U_p — piima kuivainesisaldus, %,
K_o — standardiseerimisel lisatava komponendi (lõssi või koore) kogus, kg,
U_{ko} — lisatava komponendi kuivainesisaldus, %,
S — suhkru kogus, kg,
U_s — suhkru kuivainesisaldus, %,
E — vee hulk siirupis, kg.

12. PEATÜKK

SUHKRUGA KONDENSPIIMA TOOTMINE

KONDENSEERITUD TÄISPIIM SUHKRUGA

Suhkruga kondenspiim peab sisaldama mitte üle 26,5% vett, mitte alla 28,5% kuivainet (sealhulgas mitte alla 8,5% rasva) ja mitte alla 43,5% peedi- või pilliroosuhkrut. Tal on järgmised omadused:

tihedus		1,280—1,295 g/cm³,
erisoojus		0,54 —0,58 kcal/kg °C,
soojusjuhtivus		0,22 —0,24 kcal/m h° C,
temperatuurijuhtivus		$3{,}4 \cdot 10^{-4}$ m²/h,
värske piim, viskoossus		29—30
paksuks läinud piim		100

Vastavalt aditiivsusseadusele moodustub kondenseeritud piima tihedus üksikute koostisosade tihedustest:

$$\frac{100}{\varrho} = \frac{a+b+c}{\varrho a+\varrho b+\varrho c}. \qquad \text{(III—14)}$$

Teades üksikute komponentide sisaldust tootes ja nende tihedust, võib määrata kondenseeritud piima tiheduse järgmisel viisil:

$$\varrho = \frac{100}{\frac{R_v}{\varrho_r}+\frac{O_v}{\varrho_o}+\frac{S_v}{\varrho_s}+E_v}. \qquad \text{(III—14a)}$$

Keskmise koostisega kondenseeritud piima tihedus

$$\varrho = \frac{100}{\frac{8{,}8}{0{,}93}+\frac{20{,}8}{1{,}63}+\frac{44{,}8}{1{,}588}+25{,}6} = 1{,}30 \text{ g/cm}^3.$$

1 kg kondenseeritud piima kalorsus on 3350—3400 kcal. Ligikaudu võib seda arvutada valemi järgi

$$Cal_v = (9{,}23R+4{,}1B+3{,}945C) \cdot 10, \qquad \text{(III—15)}$$

kus R, B, C — rasva-, valgu- ja süsivesikutesisaldus %-des.

Suhkruga kondenspiima valmistamisel tehakse peale kõigi piimakonserviliikide tootmise üldiste operatsioonide veel kaks operatsiooni: suhkru lisamine ja laktoosi kristalliseerimine kondenseeritud piima jahutamisel, mille kirjeldamisel me peatume.

Suhkru lisamine piimale

Nagu eespool näidatud, on suhkru konserveeriv toime tingitud osmootse rõhu tõusust, mille tulemusena algab bakterrakkude plasmolüüs ja jäävad seisma biokeemilised protsessid.

Mitmesuguste süsivesikute võime konserveerida toiduaineid ei ole ühesugune, sest see oleneb osmootse rõhu suurusest. Näiteks tekitab 1%-line sahharoosilahus osmootse rõhu 0,7 atü, glükoos — 1,2 atü. Bakteritele mõjumise astme poolest võib suhkrud paigutada järgmisse ritta: fruktoos>glükoos>sahharoos>laktoos. Suhkru suhtes on termofiilsed liigid tundlikumad kui mesofiilsed.

Kui sahharoosi magusus võtta üheks, on eri suhkrute võrdlev magusus järgmine: glükoos 0,73, maltoos 0,6, levuloos (d-fruktoos) 1,73, invertsuhkur 1,27, laktoos 0,28.

Välismaal (USA) kasutatakse kondenseeritud lõssi konserveerimiseks sageli glükoosi. Kui glükoosi segada sahharoosiga vahekorras 1:1, saadakse paremaid tulemusi kui puhta glükoosi kasutamisel.

Konserveerimiseks kasutatav suhkur (peen või tükksuhkur) peab vastama standardi nõuetele, s. t. sisaldama mitte üle 0,05% redutseerivaid aineid, mitte üle 0,03% tuhkainet ja 0,05—0,15% niiskust. Niiskumise ja sellega seotud redutseerivate ainete hulga suurenemise ja mikroorganismide, eriti hallitusseene *Catenularia fuliginea* arenemise vältimiseks tuleb suhkrut hoida kuivades puhastes hästi ventileeritavates ruumides. Suhkur omandab kergesti kõrvallõhnu, mistõttu teda ei tohi hoida koos teravalt lõhnavate toodetega.

Piima konserveerimiseks vajaliku suhkru koguse määramine. Tootmises vajalik suhkru kogus arvutatakse, lähtudes kondenseerimisele mineva segu ja valmistoote suhkru- ja rasvasisalduse vahekorrast või suhkru- ja rasvata kuivaine sisalduse vahekorrast. Viimasel juhul määratakse suhkru hulk võrdusest

$$S_{sp} = \frac{S_v \cdot O_{sp}}{O_v}, \qquad \text{(III—16)}$$

kus S_v — valmistoote vajalik suhkrusisaldus, %,
O_{sp} — segupiima rasvata kuivaine sisaldus, %,
O_v — sama, valmistootes, %.

Analoogilised on ka valemid, mis on rajatud suhkru- ja rasvasisalduse või suhkru- ja üldise kuivainesisalduse vahekorrale. Arvestades kõrvalainete olemasolu suhkrus ja kadusid, viiakse valemisse (III—16) paranduskoefitsient $K_v = 1{,}0207$.

Suhkru lisamine. Segule lisatakse vahetult suhkur või selle vesilahus.

Esimene suhkru lisamise viis on ökonoomsem; seda kasutatakse peamiselt kondenseeritud lõssi tootmisel, välismaal aga konservide valmistamisel siseturu jaoks. Seejuures väheneb soojuskulu (umbes 40—60 kg auru 1 t segu kohta) ja lüheneb aurutuskestus.

Kui aga suhkrut vahetult lisada pastöriseeritud piimale, võib piim saastuda suhkru mikroflooraga.

Suhkru lisamise teise viisi kasutamisel võib siirupit kuumutada kuni keemiseni, mis hoiab ära piima teistkordse saastumise vee ja suhkru mikroflooraga. Vaatamata täiendavale soojuskulule, eelistatakse seepärast lisada suhkrut vesilahusena, eriti kui valmistatakse toodet, mis on ette nähtud pikemaajaliseks säilitamiseks.

Suhkrusiirup juhitakse seguvannidesse või -tankidesse surumisprintsiibil, vaakuumaurutusaparaati aga imemisprintsiibil.

Siirupi jaoks surupumpa valides tuleb arvestada viskoossust ja tihedust; viimast võib arvutada valemi järgi

$$\varrho = \frac{9991{,}6 + 38{,}204S + 0{,}1683S^2}{10\,000}. \qquad \text{(III—17)}$$

Praktiliseks otstarbeks võib kasutada järgmist ligikaudset valemit:

$$\varrho = \frac{100}{\frac{S}{1{,}588} + E}, \qquad \text{(III—18)}$$

kus S — suhkru kontsentratsioon siirupis, %,
E — vee kogus, %.

Siirupi jaoks vajatava vee hulga määramine. Selleks, et arvutada küllastatud suhkrulahuse valmistamiseks vajaliku vee kogust, määratakse algul suhkru lahustuvus olenevalt temperatuurist järgmise valemi järgi:

$$y_s = 64{,}185 + 0{,}13477t + 0{,}0005307t^2, \qquad \text{(III—19)}$$

kus y_s — suhkru lahustuvus, %,
t — lahuse temperatuur, ° C.

Kui siirupi temperatuur on 95° C, siis suhkru lahustuvus

$$y_s = 64{,}185 + 0{,}13477 \cdot 95 + 0{,}0005307 \cdot 95^2 = 81{,}77\ \%,$$

s. t. 81,77 kaaluosa suhkrut lahustub 18,23 kaaluosas vees.

Arvutanud suhkru lahustuvuse, leiame veekoguse E %-des järgmise valemi järgi:

$$E = (100 - y_s). \qquad \text{(III—20)}$$

Küllastunud siirupi filtreerimine läbi tiheda riide (näiteks flanelli) on raske, sest riide poorid ummistuvad kergesti. Peale selle langeb filtreerimisel lahuse temperatuur, mistõttu võib toimuda kristallisatsioon.

Seepärast viiakse valemisse (III—20) parandus α

$$E = (100 - y_s)\alpha. \qquad \text{(III—20a)}$$

Katseliselt on kindlaks tehtud, et $\alpha = 1{,}48—1{,}65$.

Siirupi termiline töötlemine. Enne kui kondenseeritavasse segusse lisatakse siirup, kuumutatakse seda 90—95° C-ni või keemistemperatuurini.

Esimesel juhul väheneb aurukulu, lüheneb siirupi valmistamise kestus ja siirup ei omanda pruunikat varjundit. Kuid niisuguse töötlemisrežiimi puhul ei ole garanteeritud termofiilse ja spoore tekitava mikrofloora küllaldane hävitamine.

Teisel juhul tõuseb lahuses leiduvate mikroobide hävitamise efektiivsus, kuid pikeneb siirupi valmistamise protsess ja tõuseb soojuskulu.

Siirupi termilise töötlemise režiimi valimisel tuleb arvestada vee ja suhkru bakteriaalset seisukorda.

Siirupi ja vee tugeva bakteriaalse saastumise korral tuleb siirupit keeta 5—10 minuti jooksul. Siirupi pikemaajalist hoidmist kee-

mistemperatuuril tuleb vältida, sest juba 105° juures võib siirup pruunistuda.

Olenevalt suhkru kontsentratsioonist võib siirupi keemistemperatuuri arvutada valemi järgi

$$t_k = 100 + \frac{2{,}33S}{E}, \qquad \text{(III—21)}$$

kus tähistused on samad, mis valemis (III—18).

Siirupi valmistamisel võib auru juhtida otse lahusesse. Sel juhul võetakse suhkru lahustamiseks vett umbes 15% suhkru kaalust. Vajaliku kontsentratsiooniga lahuse saamiseks tarvismineva ülejäänud vee kogus kondenseerub aurust. Auru juhtimisel otse lahusesse kiireneb siirupi valmistamine ja väheneb aurukulu.

Enne piimaga segamist suhkrusiirup filtreeritakse või tsentrifuugitakse. Seejuures peab siirupi temperatuur olema 85—90° C ja kontsentratsioon 70—72%. Madalama temperatuuri ja kõrgema kontsentratsiooni puhul tõuseb märgatavalt siirupi viskoossus, mille tagajärjel alaneb puhastamise efektiivsus. Häid tulemusi saab lahuse laskmisel läbi kahe filtri, millest üks hoiab kinni suured osakesed, teine aga väikesed.

Suhkruga piima kondenseerimine

Täispiima, lõssi ja suhkrulahuse standardiseeritud segu läheb kondenseerimisele.

Suhkur tõstab piima viskoossust, mistõttu langeb aurutamise intensiivsus. Et kiirendada aurutamist perioodiliselt töötavates vaakuumaparaatides, tuleb suhkrusiirup lasta vanni pärast seda, kui osa ($^1/_2$ või $^2/_3$) vannis olnud piima on juhitud aparaati.

Pidevalt töötavate vaakuumaparaatide kasutamisel tuleb suhkrusiirup sisse imeda üheaegselt standardiseeritud seguga. Sel juhul kasutatakse aurutamise intensiivsuse alanemise ärahoidmiseks sundtsirkulatsiooni.

On kindlaks tehtud (Stebnitz, Sommer), et kondenseeritud piima konsistents sõltub suhkrusiirupi ettevalmistamise režiimist ja selle vaakuumaparaati viimise viisist. Kui suhkur lahustatakse piimas ja nende termiline töötlemine toimub koos, siis esineb tendents paksenemisele, s. t. viskoossuse suurenemisele, mis esimesel säilitamisnädalal kasvab 8—10 puaasilt 80—85 puaasini, teise nädala lõpuks 120 ja kolmanda nädala lõpuks ulatub 180 puaasini ja üle selle. Kui suhkrut ja piima soojendatakse eraldi ja nad segatakse enne vaakuumaparaati juhtimist 56° C juures, on valmistoote viskoossus säilitamise algul 20—40 puaasi ja alles kolmanda nädala lõpuks 80 puaasi. Kui suhkur lahustatakse vees ja siirup lisatakse kondenseerimise lõpul, kasvab toote viskoossus säilitamise ajal 8—10 puaasilt 20—25 puaasini ja jääb sellele tasemele pikemaks ajaks.

Seoses veesisalduse vähenemisega muutuvad kondenseerimisprotsessis piima füüsikalised omadused: viskoossus, tihedus, erisoojus (tabel 11).

Tabel 11

	Tihedus g/cm³	Viskoossus sentipuaasides	Erisoojus kcal/kg° C
Piim	1,028	1,23—1,40	0,92—0,94
Standardiseeritud piim:			
siirupita	1,06	7,7—12,1	0,84—0,86
siirupiga	1,23—1,26	13—18	0,60—0,67
Kondenseeritud piim	1,28—1,30	20—35	0,54—0,58

Perioodiliselt töötavates aparaatides ei tohi kondenseerimise kestus ületada 3 tundi. Pikemaajalise protsessi korral rikutakse töötsüklit, vajatakse täiendavaid seadmeid ja võib halveneda toote kvaliteet (maitse, värvus ja konsistents).

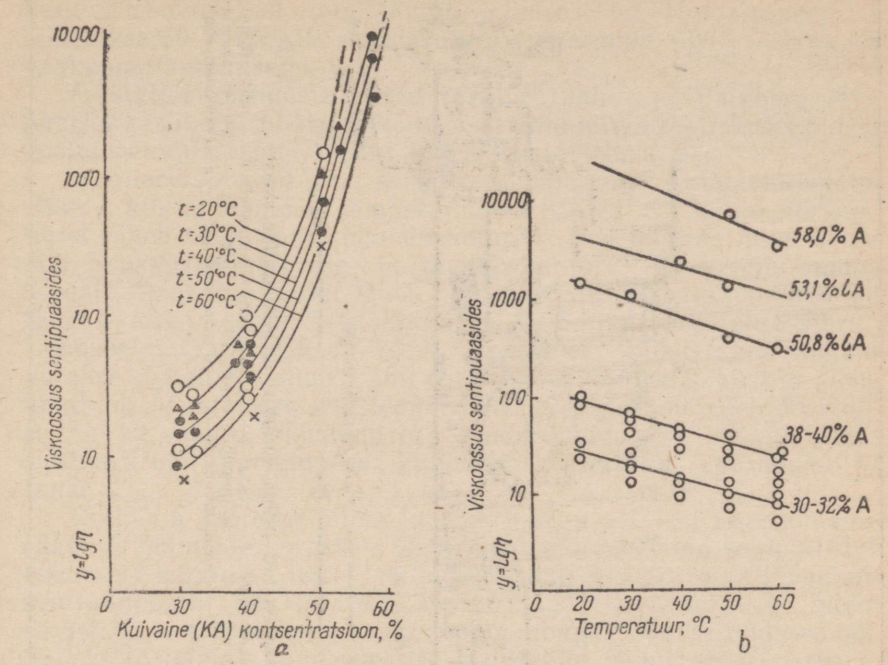
Pideva aurutamise puhul suureneb seadmete läbilaskevõime, tõuseb töötootlikkus ja väheneb energiakulu.

Pidevalt töötav aparaat töötab kaua aega peatumatult ja protsess kulgeb nii, et kuivaine lõppkontsentratsioon jääb muutumatuks. Kondenseeritavat segu juhitakse aparaati pidevalt ja samuti pidevalt eemaldub valmistoode; seejuures hoitakse kogu töötsükli kestel suhe kondenseeritava segu ja eemalduva valmistoote koguse vahel püsivana.

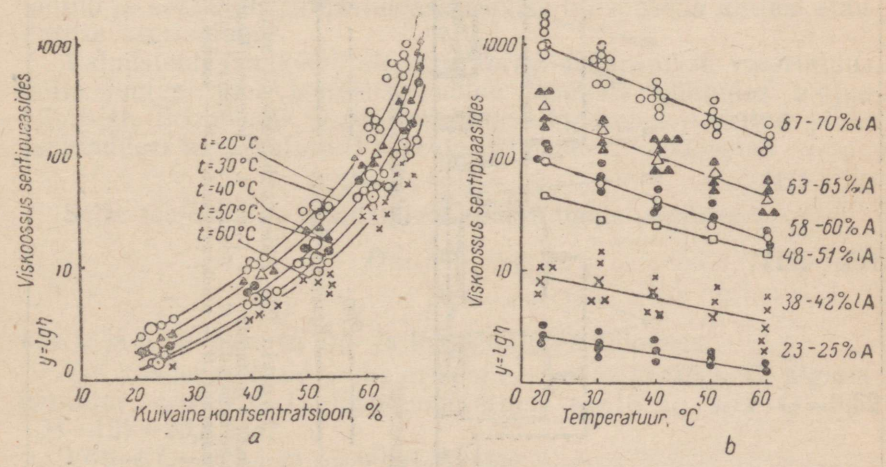
Strahhov, Vainberg jt. (ВНИМИ) uurisid järgmisi suhkrusiirupi lisamise viise pideva aurutamise korral: pärast piima kondenseerimist ja enne kondenseerimist. Kui suhkrusiirup lisatakse pärast kondenseerimist, on vaja, et kuivainesisaldus kondenseeritud piimas oleks 63—64%. Nii kõrge kondenseerimisastme puhul tõuseb märgatavalt happesus (80—90° Th), mille tagajärjel madalakvaliteedilise tooraine korral võib esineda valgu termolabiilsete fraktsioonide koagulatsiooni, järelikult ka valgu denatureerunud osakeste agregeerumist ja nende ühinemist aglomeraatideks, millega kaasneb viskoossuse tõus.

Kondenseerimisprotsessis, sedamööda kuidas suureneb kuivaine kontsentratsioon ja muutub temperatuur, kasvab märgatavalt viskoossus struktuurilise viskoossuse (joonis 25) tekkimise tõttu ja halveneb aurutamise efektiivsus, mistõttu on raske tõsta kuivaine kontsentratsiooni üle 59%. See pidurdab meetodi kasutamist, kus suhkur lisatakse pärast kondenseerimist.

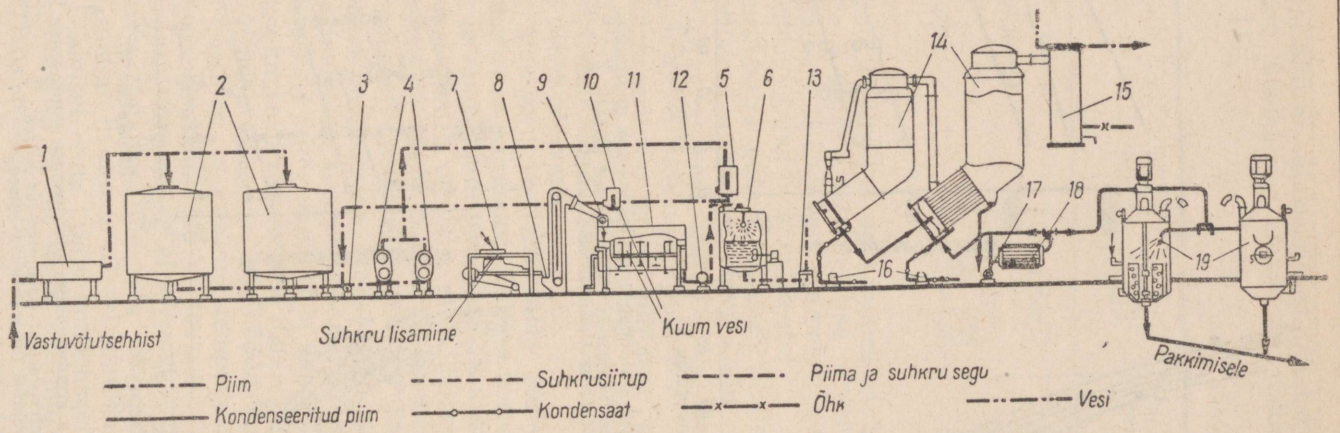
Suhkru lisamisel enne piima kondenseerimist võib viia kuivainesisalduse 70%-ni ja üle selle. Siinjuures on kerge teostada pidevat kondenseerimist kuivaine lõppkontsentratsioonil (69—71,5%), säilitades kondenseeritava segu küllaldast liikuvust ja



Joonis 25. Suhkruta kondenspiima viskoossuse muutumise kõverad:
a — olenevalt kuivaine kontsentratsioonist (laboratoorsed katsed); *b* — olenevalt temperatuurist (laboratoorsed katsed).



Joonis 26. Suhkruga kondenspiima viskoossuse muutumise kõverad:
a — olenevalt kuivaine kontsentratsioonist (laboratoorsed katsed); *b* — olenevalt temperatuurist (laboratoorsed katsed).



Joonis 27. Pidevvoolumeetodil suhkruga kondenseeritud piima tootmise tehnoloogiline skeem:
1 — jahuti; *2* — tankid; *3* — pump; *4* — torupastörisaator; *5* — paakdosaator; *6* — tank; *7* — suhkru vibratsioonsõel; *8* — suhkrutõstuk; *9* — doseerimisseadis; *10* — dosaator; *11* — aparaat suhkru lahustamiseks; *12* — kolbpumpdosaator; *13* — filter; *14* — kahekorpuseline vaakuumaparaat; *15* — pindkondensaator; *16* — kondensaadieemaldaja; *17* — rotatsioonpump; *18* — torusoojendi; *19* — püstvaakuumjahuti.

head tsirkulatsiooni, mis nähtub joonisest 26. Kuivainesisaldus tõstetakse 69—71,5%-lt standardseni (miinimum 73,5%) järgneva vaakuumjahutamisega.

Teostatud uurimuste alusel tegid Strahhov ja Vainberg ettepaneku kasutada suhkruga kondenseeritud piima tootmiseks pidevvoolumeetodil järgmist põhimõtteskeemi (joonis 27).

Standardiseeritud piim surutakse pumbaga *3* torupastörisaatorisse *4*, kus ta soojeneb temperatuurini 85—87° C. Torupastörisaatorist läheb kuum piim paakdosaatorisse *5*. Üleliigne piim suundub paakdosaatorist üle- ja tagasivoolutorustiku kaudu pumba *3* peale. Paakdosaatorist läheb piim pidevalt segistiga varustatud tanki *6*, kus ta seguneb suhkrusiirupiga. Suhkur tõstetakse vibratsioonsõelale *7*. Mehhaanilistest lisanditest puhastatud suhkur antakse sõelalt *7* tõstuki *8* abil doseerimisseadmele *9*, kust ta läheb aparaadi *11* esimesse sektsiooni. Sellesse sektsiooni tuleb dosaatorist *10* ka suhkru lahustamiseks vajalik kuum vesi. Vajalik kogus suhkrusiirupit pumbatakse kolbpumpdosaatoriga aparaadist *11* tanki *6*.

Tankist *6* imetakse piima ja suhkru segu pidevalt vaakuumaparaadi *14* esimesse korpusse. Osaliselt kondenseeritud segu siirdub esimesest korpusest teise, kus teda aurutatakse kuivaine lõppkontsentratsioonini (69—71,5%). Et auramist teises korpuses intensiivistada, teostatakse rotatsioonpumbaga sundtsirkulatsiooni. Selleks tõstetakse kondenseeritava vedeliku temperatuuri torusoojendis *18*.

Saavutanud vajaliku kontsentratsiooni, pumbatakse rotatsioonpumbaga *17* osa kondenseeritud piima vaakuumjahutisse *19*, kus ta jahtub ja saavutab järelkondenseerumise tulemusena ühtlasi standardse veesisalduse.

Valmistoote vaakuumjahutuse korral määratakse veesisaldus, mille juures tuleb kondenseerimine lõpetada, lähtudes soojusbilansist. Soojushulk Q, mis eraldub 1 kg kondenseeritud piima jahutamisel temperatuurilt t_a temperatuurile t_1, moodustab:

$$Q = K_v \cdot c\,(t_a - t_1). \qquad \text{(III—22)}$$

Selle soojushulga eraldamisel kaotab toode veeauru:

$$D = \frac{Q}{\frac{i_a + i_1}{2}}\ \text{kg}, \qquad \text{(III—23)}$$

kus i_a ja i_1 on veeauru alg- ja lõppentalpiad kalorites.

Kui kondenseeritud piima erisoojus $c = 0{,}52$ kcal/kg °C, algtemperatuur $t_a = 56°$ C ja lõpptemperatuur $t_1 = 16°$ C, siis $Q = 0{,}52\,(56 - 16) = 20{,}8$ kcal.

Võttes $i_a = 620{,}4$ ja $i_1 = 602{,}4$, saame:

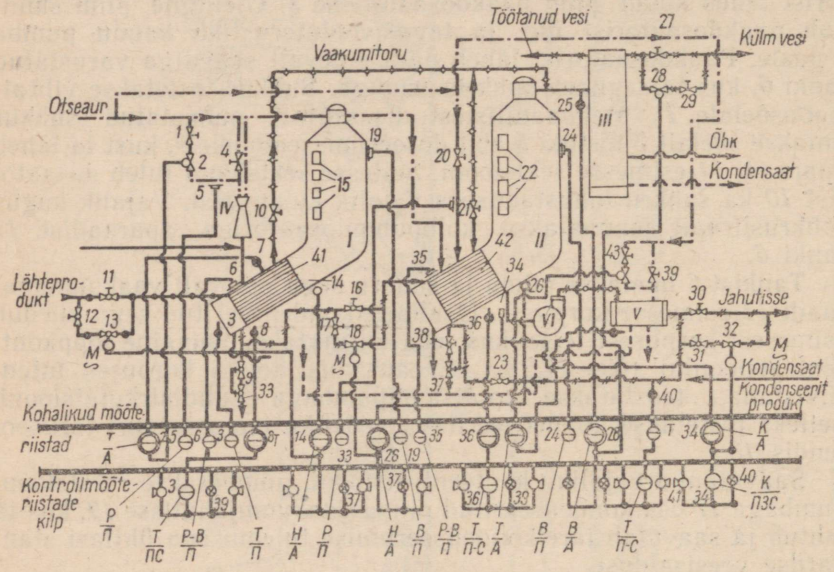
$$D = \frac{20{,}8}{\frac{620{,}4 + 602{,}4}{2}} = 0{,}0342\ \text{kg} \approx 3{,}4\%.$$

Standardse veesisaldusega (mitte üle 26,5%) toote saamiseks tuleb kondenseerimine lõpetada, kui veesisaldus tootes on 29,9% (26,5+3,4).

Tšekulajeva soovitab samaks otstarbeks kasutada valemit

$$E_v = (248 + 0{,}58\, t_a + 0{,}002245\, t_a^2)\ 10^{-3}\ \text{kg/kg}. \qquad \text{(III—23a)}$$

Käsitletud pideva vooltootmise skeemis on automaatkontrolli



Joonis 28. Pideva aurutamise automaatkontrolli ja reguleerimise skeem:

1 — ventiil auru laskmiseks termokompressorisse; *2* — automaattermoregulaator; *3* — termomeeter kütteauru temperatuuri kontrollimiseks; *4* — termoregulaatoriga blokeeritud ventiil; *5* — otseauru rõhu kontrollimise manomeeter; *6* — manovaakuummeeter; *7* — soojustundlik element (tajur); *8* — distantstermomeeter piima keemistemperatuuri kontrollimiseks vaakuumaparaadi esimeses korpuses; *9* — kraan proovi võtmiseks esimesest korpusest; *10* — ventiil aururõhu reguleerimiseks esimese korpuse kalorisaatoris; *11, 12, 16, 30, 32* — kraanid; *13* — aparaati segu juurdevoolu reguleerimise automaatkraan; *14* — piima tasapinna automaatregulaator esimeses korpuses; *15, 22* — vaateavad; *17, 31* — sulg- ja drosselkraan; *18* — automaatkraan; *19* — vaakuummeeter; *20* — ventiil auru laskmiseks teise korpuse kalorisaatorisse; *21* — ventiil kütteauru rõhu reguleerimiseks teises korpuses; *23* — ventiil kondenseeritud toote etteandmiseks; *24* — vaakuummeeter; *25* — soojustundlik element; *26* — kontaktelektroodid; *27* — ventiil; *28* — automaatreguleerimisklapp; *29* — sulgventiilid; *33* — kraan proovi võtmiseks esimesest korpusest; *34* — andur; *35* — manovaakuummeeter; *36, 40* — näitav ja signaliseeriv distantstermomeeter; *37, 38* — kraanid proovi võtmiseks teisest korpusest; *39* — termoregulaatoriga blokeeritud ventiil; *41* — esimese korpuse kalorisaator; *42* — teise korpuse kalorisaator; *43* — ventiil. *I* — vaakuumaparaadi esimene korpus; *II* — vaakuumaparaadi teine korpus; *III* — kondensaator; *IV* — aurujoapump; *V* — torusoojendi; *VI* — tsirkulatsioonipump.

(joonis 28) põhilisteks elementideks kondensaatorisse jahutusvee andmise reguleerimine ning kütteauru, aurutusaparaadis asuva toote hulga ja kuivaine kontsentratsiooni astme hoidmine ühesugusel tasemel.

Kondensaatorisse jahutusvee andmist reguleeritakse seadisega РПД, mis on varustatud kahepoolse klapiga, kütteaurú temperatuuri püsivust ühepoolse klapiga varustatud seadisega РПД, aurutusaparaadis asuva vedeliku hulka elektronregulaatoriga РУ-3; kuivaine kontsentratsiooni astme reguleerimine põhineb segu sisselaskmise ja valmistoote väljalaskmise tasakaalus hoidmisel.

Toote valmiduse määramine. Perioodilisel kondenseerimisel määratakse toote valmidust areomeetriga ja refraktomeetriga.

Parem on topeltskaalaga refraktomeeter, mis näitab vahetult toote kuivainesisaldust. Pideva kondenseerimisprotsessi puhul on otstarbekohane kasutada seadiseid, mis võimaldavad toote veesisaldust automaatselt kontrollida. Nende hulka kuuluvad seadised, mille töötamisprintsiip põhineb elektritakistuse mõõtmisel; viimane muutub olenevalt kuivaine kontsentratsioonist, s. t.

$$\frac{1}{\lambda}\varkappa=\eta\,\lambda\,\gamma, \qquad \text{(III—24)}$$

kus η — lahustunud aine ekvivalentne kontsentratsioon,
λ — ekvivalentne elektrijuhtivus,
$\varkappa$ — elektrierijuhtivus,
γ — lahuse dissotsiatsiooniaste.

Tootmistingimustes võib toote valmidust määrata ka vaakuumaparaadis oleva kondenseeritud piima mahu ja kogu kondenseerimisprotsessile kulutatud aja järgi.

Kui toote valmidus on kindlaks määratud, lõpetatakse kondenseerimine: suletakse auruventiil, katkestatakse vee andmine kondensaatorisse ja lülitatakse välja vaakuumpump või ejektor. Seejärel avatakse õhukraan, lastakse õhk aparaati, võrdsustatakse rõhk ja avatakse valmistoote väljalaske kraan. Toote ülekuumenemise ja paksenemise vältimiseks tuleb aparaat tühjendada võimalikult kiiresti.

Kondenseeritud piima koguse arvutus. Suhkruga kondenspiima tootmise protsessis võib esineda tooraine ja materjalide kadu. Lubatud tehase-üldkadudeks on rasva puhul võetud 0,55%, kondenseerimisel võivad aga lubatud kaod ulatuda 0,3%-ni.

Kui arvesse võtta kadusid, saab valmistoote koguse määramise valem (III—10a) kuju.

$$K_v=\frac{A_{sp}\,\Sigma K_{sp}}{A_v I}, \qquad \text{(III—25)}$$

kus I — koefitsient, mis võtab arvesse tootmiskadusid ($I=1{,}0055$).

Suhkrut sisaldava piima kondenseerimise astet (kordsust) võib väljendada kondenseerimisele läinud segu (piim, lõss, koor, suhkur, vesi) ja kondenseeritud piima kaalulise suhtena, s. t. $\frac{\Sigma K_{sp}}{K_v}$, mis

on umbes 2,9:1—3:1; segupiima (piim, lõss, koor) ja kondenseeritud piima suhtena, s. t. $\frac{K_{sp}}{K_v}$, mis on umbes 2,35:1—2,5:1; segupiima ja kondenseeritud piima piimkomponentide suhtena, s. t. $\frac{K_{sp}}{(K_v - K_s)}$ mis on umbes 4,3:1—4,5:1.

Kondenseeritud piima jahutamine

Suhkruga kondenspiima jahutamisel on kaks ülesannet: jahutamine ja piimasuhkru kristalliseerimine.

Eriti tähtis on teise ülesande lahendamine, sest säilitamisel langeb piimasuhkur vältimatult spontaanselt lahusest välja. Seetõttu võivad moodustuda suured kristallid ja alaneda toote kvaliteet.

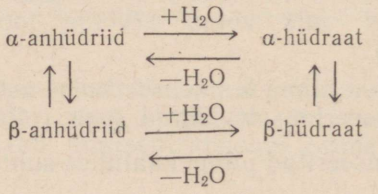
Piimas on laktoos molekulaarlahusena (osakeste suurus 1 mμ). Aurutamis-(kondenseerimis-)protsessis suureneb piimasuhkru kontsentratsioon proportsionaalselt niiskuse vähenemisega. Jahutamata kondenseeritud piimas on piimasuhkur küllastunud lahuse olekus.

Toote jahutamisega ja sellega seotud piimasuhkru lahustunud osakeste kineetilise energia ja liikumiskiiruse vähenemisega kaasneb tema üleminek küllastunud lahusest üleküllastunuks ja seejärel kristallilisse olekusse.

Kondenseeritud piima jahutamise protsessis on vaja taotleda mitte ainult piimasuhkru väikeste kristallide saamist, vaid ka tema võimalikult täielikku kristalliseerumist. Piimasuhkru mitte küllalt täieliku kristallisatsiooni korral võib tootes pikemaajalise madalas temperatuuris hoidmise ajal toimuda spontaanne kristallisatsioon, millega kaasneb suurte kristallide (üle 10—25μ) moodustumine. Sellest on tingitud toote jahune ja liivjas konsistents.

Spontaanse kristallisatsiooni oht on suurem nendel juhtudel, kui valgud neelavad niiskust ning seetõttu vaba lahusti (vee) hulk väheneb. Seotud olekus kaotab vesi kondenseeritud piima süsivesikute lahusti omadused. Seepärast algab mitte ainult laktoosi, vaid ka sahharoosi kristallisatsioon.

Laktoos (piimasuhkur) esineb piimas kahe struktuuri isomeerina: α ja β. Teatud tingimustes muutub üks vorm teiseks järgmise skeemi järgi:



Antud juhul mõistetakse hüdraatvormi all kristallisatsioonivett, mitte aga struktuuriliselt seotud vett.

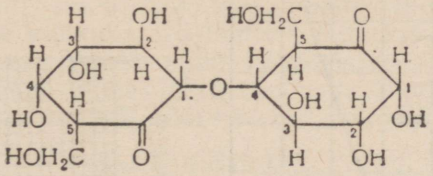
Vastastikune $\alpha \rightleftarrows \beta$-vormide teineteiseks üleminek toimub väikese kiirusega, mida võib kindlaks teha pöördenurga järgi või leida võrrandist

$$\frac{dx}{dt} = K_1(a-x) - K_2(b+x), \qquad \text{(III—26)}$$

kus a — α-vormi kontsentratsioon protsessi algul,
b — β-vormi kontsentratsioon protsessi lõpul,
x — α-vormist aja t jooksul β-vormiks muutunud laktoosi hulk,
K_1 — $\alpha \rightarrow \beta$ suunas kulgeva reaktsiooni konstant,
K_2 — $\beta \rightarrow \alpha$ suunas kulgeva reaktsiooni konstant.

Pärast tasakaalu saavutamist muutub suhe $K = \frac{K_1}{K_2} = \frac{\beta}{\alpha}$ olenevalt temperatuurist.

Laktoosi α- ja β-vorm on optiliselt aktiivsed ja erinevad teineteisest peamiselt füüsikaliste omaduste: eripöörde, sulamistemperatuuri, põlemissoojuse, tiheduse, erisoojuse jt. poolest. See on tingitud H ja OH erinevast asetusest süsiniku asümmeetriliste aatomite juures:



Galaktoos *Glükoos*

0°-se temperatuuri puhul on laktoosi α- ja β-vorm piimas tasakaalus: β-vorm moodustab 62,25%, α-vorm 37,75%, mis vastab tasakaalukonstandile 62,25:37,75 = 1,65:1.

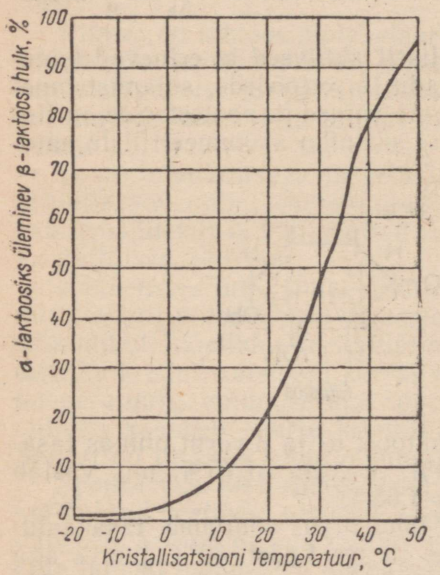
Temperatuuri tõustes laktoosi lahustuvus suureneb, tasakaalukonstant aga väheneb. 0° C juures on see 1,65:1, 60° C juures aga kuni 1,48:1. β-vormi α-vormiks muutumise kiirus eri temperatuuride puhul 60 minuti jooksul kuni tasakaalu saavutamiseni on näidatud joonisel 29.

Laktoosi α- ja β-vormi lahustuvuse uurimise tulemusena on kindlaks tehtud, et tema lahustuvus oleneb temperatuurist. Seda tõendavad järgmised andmed (tabel 12).

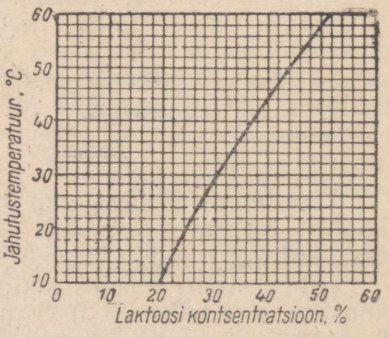
Laktoosi α-vormi lahustuvus on peaaegu 1,5-korda väiksem β-vormi lahustuvusest. Seepärast kristalliseerub välja tavaliselt α-vorm. Seoses sellega kaob tasakaal α- ja β-vormi vahel ja β-vorm muutub uuesti α-vormiks. Edasisel jahutamisel saavutatakse jälle α-vormi üleküllastumine ja tema kristalliseerumine. See põhjustab uuesti β-vormi muutumise α-vormiks.

Tabel 12

Temperatuur °C	Tasakaalukonstant	Laktoosi lahustuvus %			Laktoosi lahustuvus, g 100 g H_2O kohta		
		üldine	α-vormil	β-vormil	üldine	α-vormil	β-vormil
0	1,65	10,6	4,0	6,6	11,9	4,49	7,41
10	1,62	13,1	5,0	8,1	15,1	5,76	9,34
20	1,59	16,1	6,2	9,9	19,2	7,4	11,8
25	1,58	17,8	6,9	10,9	21,7	8,4	13,3
30	1,57	19,9	7,7	12,2	24,8	9,7	15,1
40	1,54	24,6	9,7	14,9	32,6	12,8	19,8
50	1,51	30,4	12,1	18,3	43,7	17,4	26,3
60	1,48	37,0	14,9	22,1	58,7	23,7	35,0



Joonis 29. α-vormi β-vormiks muutumise graafik.



Joonis 30. Intensiivse kristallisatsiooni temperatuurikõver olenevalt piimasuhkru kontsentratsioonist.

Kristallisatsiooniprotsess koosneb ühelt poolt kristallide tekkimise ja teiselt poolt kristallide kasvu staadiumist. Kristallisatsioon on võimalik, kui lahuses on olemas elementaarne mono- või polükristall või tükike kristallilist keha. Seda spontaanselt tekkinud või valmis kristallilist keha nimetatakse kristalli algmeks, kristallisatsioonitsentriks, kristallisatsiooniteraks jne.

Kondenseeritud piima jahutamisel saavutab laktoos üleküllastuse, mille juures algab kristallialgmete, kristallisatsioonitsentrite tekkimine.

Kristallisatsioonitsentrite tekkimise kiiruse määrab algme enda moodustumise kiirus ning ülejahutatud lahuse ja algme vahel molekulide vahetamise kiirus. Kristallide tekkimise vajalikeks tingimusteks on lahuse üleküllastumine, kristallilise aine lisamine, raputamine, hõõrumine ja intensiivne segamine. Kui kristallilist ainet ei lisata, siis tekivad kristallide algmed lahuses liikuvate lisandite ja tolmukübemete pinnal. Üleküllastunud emalahuses sadestub lahustunud aine kristalli servadele, mille tulemusena kristall kasvab; küllastumata lahustes, ümberpöördult, võib kristall lahustuda. Järelikult on kristalli algme kasv võimalik siis, kui kogu kristallisatsiooniprotsessi kestel hoitakse üleküllastunud olekut, kusjuures kristalli alge oma servadega igalt poolt kokku puutub ühtlase üleküllastunud lahusega, millel on vastav kontsentratsioon.

Tekkivate või lisatavate kristallisatsioonitsentrite arvul ja kujul on suur praktiline tähtsus, sest sellest sõltub moodustuvate kristallide suurus ja arv.

Tööstuslikes tingimustes kasutatakse kolmeastmelist jahutamist (kristallisatsiooni). Esimesel astmel jahutatakse toode kondenseerimistemperatuurilt intensiivse kristallisatsiooni temperatuurini (joonis 30), mille valikul tuleb lähtuda piimasuhkru kontsentratsioonist valmistootes. Teades piima laktoosisisaldust ja kondenseerimisastet, võib leida piimasuhkru kontsentratsiooni tootes. Piima laktoosi hulga määramiseks võib kasutada järgmist valemit:

$$L = (a+R)\,0{,}143, \qquad \text{(III—27)}$$

Kui tihedus $\varrho = 1{,}03$, $a = 30$ ja rasvasisaldus on 4%, siis piima laktoosisisaldus

$$L = (30+4)\,0{,}143 = 4{,}86\,\%.$$

Kondenseeritud piima laktoosisisaldus arvutatakse valemi järgi:

$$L_v = \frac{L \cdot O_v}{O_{sp}}. \qquad \text{(III—28)}$$

Antud juhul

$$L_v = \frac{(4{,}86 \cdot 20{,}8)}{8{,}64} = 11{,}7\,\%.$$

Siit piimasuhkru kontsentratsioon 25,7%-lise veesisaldusega kondenseeritud piima vesilahuses

$$A_1 = \frac{11{,}7 \cdot 100}{11{,}7+25{,}7} \approx 31{,}2\,\%.$$

Piimasuhkru selle kontsentratsiooni puhul on intensiivse kristallisatsiooni temperatuur 30° C (vt. joonis 30).

Jahutamise teisel staadiumil, mida nimetatakse hoidestaadiumiks, katkestatakse külmutusagensi andmine ja lisatakse intensiivselt segades kristallilist ainet. Kristalliliseks aineks võib võtta eelmise keedu kondenseeritud piima 1% jahutatava toote kaalust või spetsiaalselt töödeldud laktoosikristalle (suurusega 2—6μ) mitte vähem kui 0,02% toote kaalust.

Kolmandal astmel jahutatakse toode võimalikult kiiresti temperatuurini, mille juures ta pakitakse. Et laktoos paremini kristalliseeruks, on otstarbekohane rakendada jahutamise lõpptemperatuuri, mis on lähedane toote säilitamise temperatuurile (10—12° C). Kuid viskoossuse suure tõusu tõttu (15—30 puaasilt vaakuumaparaadist väljumisel 20—45 puaasini pärast jahutamist) halveneb soojusülekandetegur, mistõttu järsult kasvab jahutamise kestus. Seepärast piirdutakse jahutamisega 16—18° C-ni.

Kolmeastmelise režiimi rakendamisel kestab jahutamine 2 kuni 4 tundi ja vahel isegi kauem; jahutamise tsükkel on katkeline ja seadmete tootlikkus väheneb. Seepärast on tehtud katseid kasutada suhkruga kondenspiima pidevat jahutamist (kristallisatsiooni).

Pidevat kristallisatsiooni võib teostada, kui rakendada eriti kiiret jahutamist, mis loob tingimused massiliseks kristallisatsiooniks ja väikeste laktoosikristallide saamiseks. Massilise kristallisatsiooni otsustavaks teguriks on kristallisatsiooni kiirus. See peab olema nii suur, kristallide algmeid aga niivõrd palju, et süsteem viidaks üleküllastunud olekust, mis on tingitud jahutamisest, küllastunud olekusse staadiumis, mil kristallid ei ole veel liitunud.

Mida suurem on jahutamise kiirus, seda rohkem tekib väikesi kristalle. Rakendades lahuse momentaanset jahutamist, kusjuures temperatuur palju langeb, võib saada palju kristallisatsioonitsentreid.

Pideva kristallisatsiooni teostamiseks aeglustati piimasuhkru kristallide kasvuprotsessi niinimetatud «antikristallisaatorite» (letsitiini, invertsuhkru, tärklisesiirupi) abil. Kuid tärklisesiirupi lisamise korral tõusis niivõrd tugevasti toote viskoossus, et praktiliselt oli raske seda kindlaks määrata.

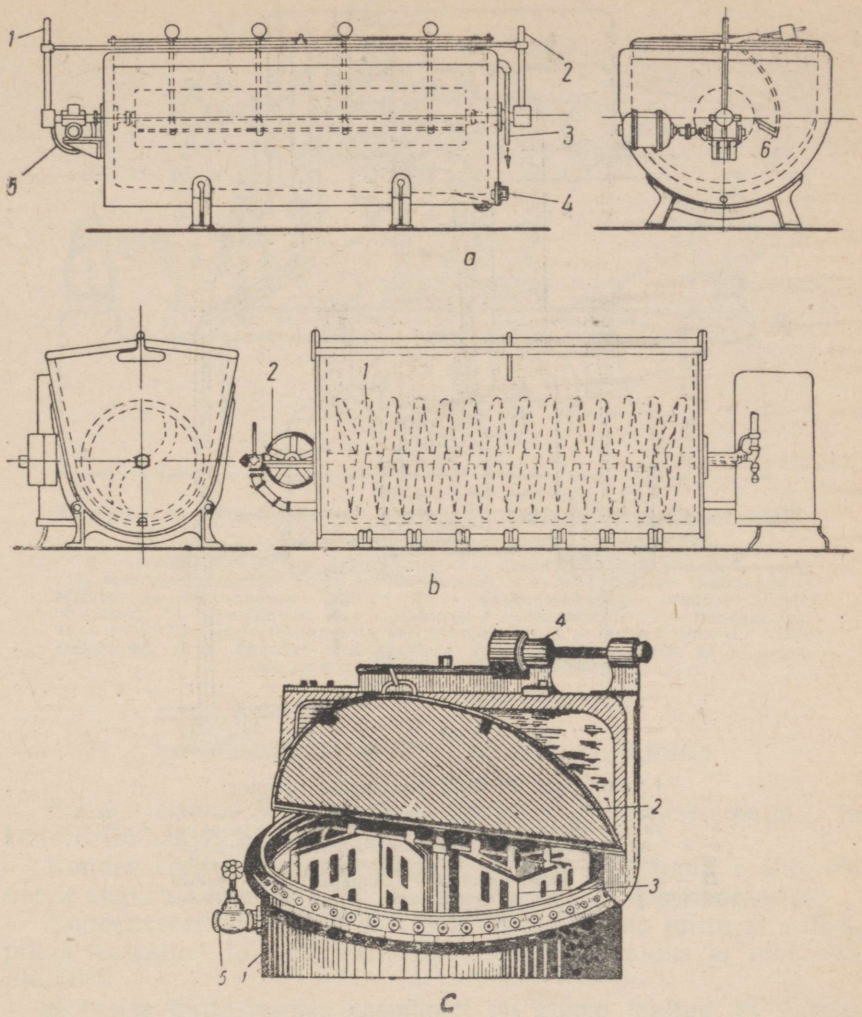
Piimasuhkru kristalliseerimisel kondenseeritud piimas ultraheli abil suureneb kristallisatsioonitsentrite arv ning protsessi kiirus ja saadakse peenekristalliline struktuur.

Häid tulemusi annab toote hoolikas läbihõõrumine intensiivse kristallisatsiooni perioodil. Seejuures saadakse umbes 99% väikesi kristalliteri, suurusega kuni 12μ.

Ühtlasi katsetati ka või tootmise vooluliinides kasutatavaid võimoodusteid. Saadud toode oli poorse konsistentsiga ja oksüdeerus õhu sissetöötamise tõttu kiiresti.

Firma Harris (USA) pakub pideva jahutamise (kristallisatsiooni) jaoks sisemiste torudega jahuteid.

Kondenseeritud piima pidevat jahutamist võib teostada «Rota

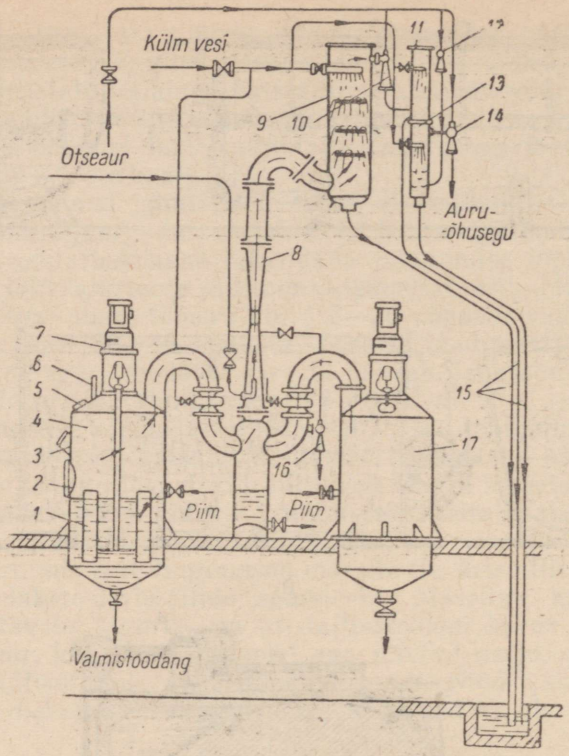


Joonis 31. Lahtiste jahutite-kristallisaatorite tüübid:

a — trummelsegistiga vannjahuti; *1* — toru vee laskmiseks trummelsegistisse; *2* — vee väljalaskmise toru; *3* — toru vee väljalaskmiseks veesärgist; *4* — toote väljalaskmise kraan; *5* — ajam; *6* — eraldushari;
b — spiraalsegistiga horisontaalne vann; *1* — spiraalsegisti; *2* — ajam;
c — vertikaalne vann; *1* — korpus; *2* — kaas; *3* — segisti; *4* — ajam; *5* — jahutusveetoru.

Pro» aparaatides, mis töötamisprintsiibilt on sarnased võimoodustitega.

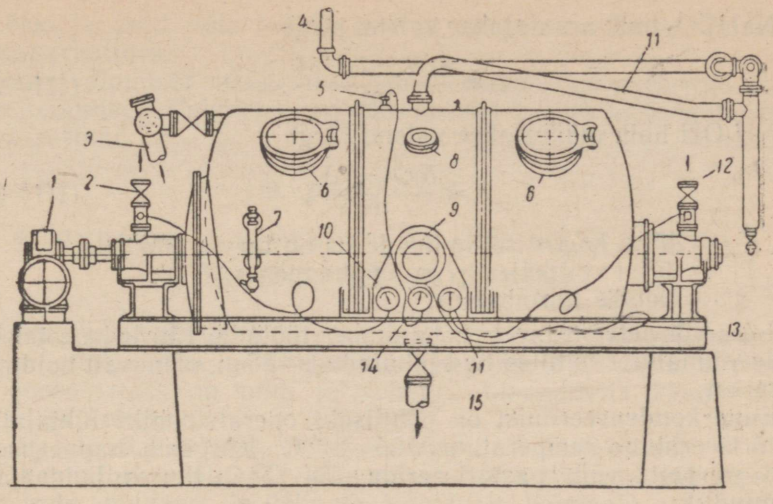
Suhkruga kondenspiima jahutatakse (kristalliseeritakse) lahtistes (joonis 31) või kinnistes (vaakuum-) püst- ja horisontaaljahutites.



Joonis 32. Püst-vaakuumkristallisaator:
1 — segisti; *2* — luuk; *3* — vaateklaas; *4*, *17* — aurusti; *5* — valgustusklaas; *6* — termomeeter; *7* — reduktor; *8* — aurujoapump; *9* — esimese astme kondensaator; *10* — teise astme pump; *11* — teise astme kondensaator; *12* — kolmanda astme pump; *13* — kolmanda astme kondensaator; *14* — neljanda astme pump; *15* — baromeetrilised torud; *16* — käivitus-aurujoapump.

Efektiivsem on jahutamine vaakuumkristallisaatorites, mis võimaldavad toodet kiiresti ja kogu mahu ulatuses ühtlaselt jahutada. Peale selle hoitakse ära sekundaarmikrofloraga saastumine, väheneb oksüdeerumisoht, kogu tootmistsükkel toimub kinnise vooluna.

Vaakuumkristallisaatoreid-jahuteid jaotatakse aparaatideks, milles toode jahtub hõrendatud ruumis aurustumissoojuseks mineva soojuskao tõttu ilma külmutusagendi kasutamiseta (joonis 32), ja kombineeritud tegevusega aparaatideks (joonis 33), milles toode jahtub mitte ainult auramise tulemusena, vaid ka täiendavalt antava külmutusagensi (vee, soolvee) arvel.



Joonis 33. Kombineeritud tegevusega horisontaal-vaakuumkristallisaator:

1 — reduktorülekandega elektrimootor; *2* — kraan külma vee väljalaskmiseks; *3* — toru kondenseeritud piima sisselaskmiseks; *4* — hõrendustoru kaheastmelise ežektori ja kondensaatori juurde; *5* — vaakuummeetriga ühendav kraan; *6* — luuk; *7* — proovikraan; *8* — vaateklaas; *9* — termograaf; *10* — termomeeter; *11* — torud hõrenduse tekitamiseks kristallisaatoris; *12* — kraan külma vee sisselaskmiseks; *13* — ühendus termograafiga; *14* — vaakuummeeter; *15* — kraan kondenseeritud piima väljalaskmiseks.

KONDENSEERITUD LÕSS JA PETT SUHKRUGA

Kondenseeritud lõssi ja petti kasutatakse peamiselt pagari- ja kondiitritööstuses ning jäätise tootmisel.

Kondenseeritud lõssi ja petti suhkruga võib toota eraldi või nende segust. Viimasel juhul lisatakse petti 25% lõssi kogusest.

Kondenseeritud lõss ja pett peavad sisaldama mitte alla 26% piima kuivainet ja 44% suhkrut. Toote veesisaldus ei tohi olla üle 30%.

Koostise ühtlustamise eesmärgil on kokku lepitud, et valmis kondenseeritud lõssis suhkruga peab olema keskmiselt 28,5% vett, 27% piima kuivainet ja 44,5% peedisuhkrut.

Lõss peab värvuselt olema valge, sinaka varjundiga. Ta happesus ei tohi olla üle 21° Th. Kõrge happesusega lõssi kasutamisel valk koaguleerub, mille tagajärjel pastörisaatori ja aurutusaparaadi pinnal tekib kivistis kiiremini. See raskendab puhastamist ja vähendab aparaatide tootlikkust. Halveneb valmistoote maitse ning muutub konsistents (märgatavalt tõuseb viskoossus).

Normaalsest kõrgema happesusega lõssi (happesus kuni 28° Th) ja peti (kuni 35° Th) happesus tuleb enne alla viia 18° Th-ni söögisooda ($NaHCO_3$) või ammoniaagi vesilahus (NH_4OH) abil.

$NaHCO_3$ hulk arvutatakse valemi järgi

$$K = \frac{K_1(T_a - T_1) \cdot 84}{100}. \qquad \text{(III—29)}$$

NH_4OH hulk määratakse valemi järgi

$$K = \frac{K_1(T_a - T_1)}{100\,n}, \qquad \text{(III—30)}$$

kus K_1 — lõssi kogus, mille happesus on tarvis alla viia,
T_a, T_1 — lõssi või peti alg- ja lõpphappesus, °Th,
n — lahuse normaalsus.

Lõss või pett on tarvis kohe ümber töötada. Kui kohe töödelda ei ole võimalik, siis tuleb nad jahutada 6—8°-ni, olenevalt hoidmise kestusest.

Enne kondenseerimist on põhiliseks operatsiooniks lühiajaline pastöriseerimine temperatuuril 85—87° C. Kõrgema happesusega lõssi ja petti võib pastöriseerida 75—77° C juures hoideajaga 10 minutit.

Lõssi ja petti konserveeritakse tavaliselt peedi- või pilliroosuhkruga. Välismaal kasutatakse ka puhastatud maisisuhkrut — dekstroosi (*d*-glükoosi).

Sahharoosi kontsentratsioon kondenseeritud lõssis kõigub 60 ja 64% vahel. Vajalik suhkru hulk arvutatakse valemi (III—16) järgi. Paranduskoefitsient suhkru kao arvestamiseks on 1,034.

Lõssi kuivainesisaldust võib määrata valemi järgi

$$A_{\text{lõss}} = 0{,}2\,R_{\text{lõss}} + \frac{a}{4} + 0{,}74. \qquad \text{(III—31)}$$

Suhkur lahustatakse vees, lõssis või lõssi ja peti segus.

Lahustamiseks võetakse lõssi või lõssi ja peti segu 35—40% suhkru kogusest.

Lahus soojendatakse temperatuurini 90—95° C. Lõssis valmistatud suhkrulahuse soojendamisel kuni keemistäpini (105° C) võivad tekkida furaani derivaadid.

Nende ühendite tekkimise protsess kiireneb, kui lõssi happesust eelnevalt alandada. Suhkru ja amiinohapete vahelise hapendus- ja taandusreaktsiooni esimesel staadiumil toimub desamineerumine ja furaanaldehüüdide (furfurooli, oksümetüülfurfurooli, isopalderjanaldehüüdi, metüülglüoksaali jm.) tekkimine. Need karbonüülühendid moodustavad karamellisatsiooniproduktide kondenseerumise tulemusena vabade amiinohapete või karbamiidi NH_2-rühmadega amiinosuhkrud — melanoidiinid, mis annavad tootele pruuni värvuse ja spetsiifilise maitse ning alandavad lahustuvust. Intensiivset pruunistumist seostavad mõned autorid kinoonidega, mis tekivad türosiini hapendumisel.

Vett võetakse siirupi valmistamiseks umbes 25% suhkru kaalust ja see lisatakse enne keemist.

Filtreeritud lahus juhitakse aurutusaparaati.

Lõssi ja petti võib kondenseerida kontsentraatorites ja vaakuumaparaatides.

Toote valmidust määratakse samuti nagu kondenseeritud täispiima tootmisel. Valmistoote jahutamiseks kasutatakse kolmeastmelist režiimi.

13. PEATÜKK

SUHKRUGA JA LISANDITEGA (KAKAO JA KOHVI) KONDENSPIIMA TOOTMINE

Kakaoga ja kohviga kondenspiima tootmise tehnoloogiline protsess on analoogiline suhkruga kondenspiima tootmisele. Põhilisteks tooraineteks on piim ja suhkur. Lisanditena kasutatakse kakaod ja kohvi.

Kakao saadakse taime *Theobroma cacao* kakaoubadest.

Kakaopulbri kvaliteedi hindamisel tuleb pöörata tähelepanu välimusele, maitsele ja lõhnale. Vastavalt kehtivale standardile peab kakaopulber sisaldama rasva mitte alla 18%, tselluloosi mitte üle 5,5%, tuhkainet mitte üle 6% (prepareerimata kakaos) või mitte üle 9% (prepareeritud kakaos). Niiskust võib kakaopulbris olla mitte üle 6%, hoidmisel üle 30 päeva aga kuni 7,5%.

Kakaopulber peab olema hästi peeneks jahvatatud ja läbima sõela, mille 1 cm^2 kohta tuleb 1600 ava.

Kakaopulbri segamisel veega või piimaga peab saama peene suspensiooni, mis ei anna sadet 2 minuti jooksul.

Kohv saadakse kohvipuu *Coffea arabica, Coffea liberica* seemnetest.

Jahvatatud kohv on puhas ega sisalda lisandeid (sigurit või viigimarja) üle 20%.

Kehtiva standardi järgi peab kohv olema pruuni värvusega ja ilma kõrvallõhnadeta. Kohvile ei ole lubatud lisada aroomi-, maitse- ega värvaineid. Kohv peab sisaldama niiskust mitte üle 5%, tuhkainet 5—5,5%, kofeiini 0,56—0,7%.

Tammetõrukohvi valmistatakse puhastatud, pruuniks praetud ja peeneks jahvatatud tammetõrudest (puu *Quercus pedunculata*). Ta sisaldab palju tärkliserikkaid (54—55%) ja parkaineid (10—11%). Toniseerivate ainete (kofeiini ja teobromiini) puudumise ja parkainete (tanniinide) vähese lahustuvuse tõttu loetakse tammetõrukohvi väärtuslikuks joogi valmistamise aineks.

KONDENSPIIM KAKAO JA SUHKRUGA

Kakaoga kondenspiim ei tohi sisaldada vett üle 27,5% ega peedisuhkrut alla 43%. Piima ja kakao kuivaine üldkogus ei tohi olla alla 28,5%, sealhulgas rasva mitte alla 7,5% ja kakaokuivainet mitte alla 7%.

Piima ettevalmistamine toimub samuti nagu suhkruga kondenspiima valmistamisel.

Heakvaliteediline konditsiooniline piim standardiseeritakse. Piima rasvasisalduse tõstmiseks segu nõutava rasvasuseni lisatakse piimale koort.

Arvutusel tarvisminevaid andmeid koore kuivaine ja rasvata kuivaine kohta võib leida järgmiste valemite järgi:

$$A_k = \frac{100 + 9{,}615\,R_k}{10{,}615}, \qquad \text{(III—32)}$$

$$O_k = \frac{100 - R_k}{10{,}615}. \qquad \text{(III—33)}$$

Segu suhkrusisalduse võib arvutada valemi (III—16) järgi.

Standardiseeritud segusse lisatava kakaopulbri vajalik kogus (arvestades veesisaldust) määratakse valemi järgi.

$$K_{kakao} = K_{sp} \cdot \frac{A_{kakao} \cdot O_{sp}}{O_v(100 - W_{kakao})}, \qquad \text{(III—34)}$$

kus K_{kakao} — kakaopulbri kogus,
K_{sp} — segu kogus,
A_{kakao} — kakaopulbri kuivainesisaldus valmistootes, % (A_{kakao} pole alla 7%),
O_{sp} — rasvata kuivaine sisaldus segus, %,
O_v — rasvata kuivaine sisaldus valmistootes, %,
W_{kakao} — kakaopulbri niiskusesisaldus, %.

Kakaod võib lisada kondenseeritud piimale kahel viisil: koos suhkrulahusega kondenseerimise lõpul või osa suhkrulahusega kristallisaatoritesse.

Esimese viisi kasutamisel jaotatakse suhkur kahte ossa: ühest osast valmistatakse siirup, teisest aga kakao lahus siirupis. Kakao segatakse suhkruga, lisatakse vett kuni 30% kakao ja suhkru segu kogusest ning keedetakse siirupikeedukatlas. Kakaost, suhkrust ja veest valmistatud kuum siirup filtreeritakse ja juhitakse kondenseerimise lõpul vaakuumaparaati. Selle viisi puuduseks on aroomi kadumine ja aurutamise intensiivsuse langus.

Teise viisi kasutamisel lisatakse samuti üks osa suhkrut siirupina vaakuumaparaati, teist osa keedetakse aga koos kakaoga. Kakaopulbrist ja suhkrust lahuse valmistamiseks võetakse selline kogus vett, et lahuse kuivainesisaldus vastaks kuivainesisaldusele valmistootes.

Bakterite täielikumaks hävitamiseks kuumutatakse lahust kuni keemistäpini, lastakse keeda 4—5 minutit või katkestatakse kuumutamine kohe keemispunkti saavutamisel. Pikemaajalisel keetmisel esineb kakaopulbris sisalduvate tärklisterade hüdratatsiooni, nende depolümerisatsiooni, mis kokkupuutel valguga põhjustab toote želeetaoliseks muutumist.

Valmistatud siirup segatakse kondenseeritud piimaga vahetult jahutites-kristallisaatorites.

Jahutusvannidesse lisamisel peab lahuse temperatuur olema võrdne kondenseeritud piima temperatuuriga. Kakaoga ja suhkruga kondenspiim jahutatakse samuti nagu suhkruga kondenspiima. Pärast jahutamist toode pakitakse.

KONDENSPIIM KOHVI JA SUHKRUGA

Valmistoode peab sisaldama vett mitte üle 29%, suhkrut mitte alla 44%, piima kuivainet ja kohvi ekstraktiivaineid kokku mitte alla 27%, sealhulgas rasva mitte alla 7% ja kohvi ekstraktiivaineid mitte alla 5%.

Piim, mis on määratud kohviga ja suhkruga kondenspiima valmistamiseks, standardiseeritakse samuti nagu suhkruga kondenspiima valmistamisel.

Naturaalkohvi vajatav kogus arvutatakse järgmisel viisil.

Keeduks vajalik kohvi ja siguri ekstraktiivse kuivaine hulk leitakse valemi järgi

$$A_{k.s.} = \frac{K_{sp} \cdot A_{k.s.v.} \cdot O_{sp}}{100 \cdot O_v}, \qquad \text{(III—35)}$$

kus $A_{k.s.}$ — kohvi ja siguri ekstraktiivse kuivaine hulk, kg,
$A_{k.s.v.}$ — kohvi ja siguri ekstraktiivse kuivainesisaldus valmistootes, %,

ülejäänud tähistused on samad, mis valemis (III—34).

Kohvi- ja siguripulbri keetmisel saadava ekstraktiivse kuivaine hulk on keskmiselt 30%.

Vajalik kohvikogus K_{kohv} ja sigurikogus K_{sigur} määratakse valemi järgi

$$K_{kohv} + K_{sigur} = \frac{A_{k.s}}{0{,}3}. \qquad \text{(III—36)}$$

Naturaalse kohvipulbri kogus arvutatakse valemi järgi

$$K_{kohv} = \frac{K_{kohv} + K_{sigur}}{1{,}2}. \qquad \text{(III—37)}$$

Protsessi iseärasuseks on kohvilahuse valmistamine. Kohvis sisalduva kuivaine ekstraheerimiseks valatakse segisuga ja kaanega katlasse 4,5—5 kaaluosa vett 1 kaaluosa kohvi kohta.

Vee koguse suurendamisel tõuseb difusiooni kiirus, mille tõttu ekstraheerimine kulgeb täielikumalt. Täiesti piisav on viiekordne vee kogus; eriti peene jahvatuse puhul võetakse vett natuke rohkem, et vältida paksu massi saamist. Seejuures kasvab aga soojuskulu ja keetmise kestus.

Pidades kinni nendest tingimustest, võib segu keema lasta ja hoida teda keemistemperatuuril 3—5 minutit.

Kui algul võtta 75% kohvisegust, võib ülejäänud 25% lisada pärast keetmist; kui aga kogu kohvisegu lisatakse korraga, siis katkestatakse segu kuumutamine pärast 3—5 minutist keetmist ja jäetakse tõmbuma 30—35 minutiks. Pärast seda lastakse kohviekstrakt läbi filtri. Ekstraktiivse kuivaine täielikumaks eraldamiseks sadet pressitakse. Pressimisel eraldunud ekstrakt segatakse varem saadud ekstraktiga ja lisatakse piimale.

Pärast pressimist võib kohvimassi teistkordselt keeta. Saadud ekstrakt segatakse esimese osaga või kasutatakse vee asemel, mis on ette nähtud kohvi lahustamiseks järgmises keedus.

Kohviekstrakti võib lisada mitmel viisil: kogu ekstrakt lisatakse piimale kondenseerimise lõpul; suurem osa ekstrakti lisatakse vaakuumaparaati kondenseerimise lõpul, ülejäänud osa pannakse aga kristallisaatoritesse jahutamise esimesel staadiumil; kogu ekstrakt lisatakse kristallisaatoritesse.

Et vältida toote paksuks muutumist, ei tohi lisatava ekstrakti temperatuur erineda kondenseeritud piima temperatuurist.

Kondenseeritud toode jahutatakse nii, nagu on kirjeldatud eespool. Tammetõrukohviga toode sisaldab 24—27,5% vett, 43—46% suhkrut, mitte alla 15% piima rasvata kuivainet, mitte alla 7% rasva ja mitte alla 5% tammetõru- või naturaalkohvi, siguri või viigimarja ekstraktiivainet.

1 kg valmistoote kohta tuleb lisada 136 g tammetõrukohvi, 20,2 g naturaalkohvi, 31,2 g sigurit või viigimarju.

14. PEATÜKK

STERILISEERITUD KONSERVIDE TOOTMINE

STERILISEERITUD KONDENSEERITUD PIIM

Steriliseeritud kondenseeritud piim peab sisaldama vähemalt 7,8% rasva ja 17,7% rasvata kuivainet.

Steriliseeritud kondenseeritud piimasse ei ole lubatud lisada mingeid konserveerimisaineid.

Et saada valmistoodet, mis rahuldaks ettenähtud nõudeid, tooraine standardiseeritakse.

Tooraine termostabiilsus tehakse eelnevalt kindlaks kaltsiumi- või fosfaadiprooviga.

Piima madalam termostabiilsus esineb tavaliselt kaltsiumi- ja magneesiumisoolade liigsuse korral. Piima termostabiilsuse tõstmiseks steriliseerimisprotsessis on vajalik eelnev soolade tasakaalustamine. Seda saavutatakse kas piimasse naatriumisoolade lisamisega või temast kaltsiumi- ja magneesiumisoolade osalise eemaldamise teel.

Naatriumisooladest on kõige efektiivsemateks stabilisaatoriteks osutunud dinaatriumfosfaat ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$) ja naatriumtsitraat ($Na_3C_6H_5O_7 \cdot 5H_2O$).

Soolade tasakaalutust piimas tehakse kindlaks järgmiselt. Katseklaasi võetakse 1 ml ühealuselise kaaliumfosfaadi lahust, mis on saadud 68,1 g kaaliumfosfaadi lahustamisel ühes liitris destilleeritud vees, ja valatakse juurde 10 ml uuritavat piima. Segu loksutatakse segamini ja katseklaas asetatakse 5 minutiks keevasse vette. Seejärel võetakse ta välja ja vaadeldakse visuaalselt. Valkude sadestumine vihjab piima ebatermostabiilsusele. Soolade tasakaalu parandamiseks dinaatriumfosfaadiga võib soovitada Ramsdelli ja Johnsoni meetodit. Selle meetodi järgi hinnatakse lähtepiima kvaliteeti järgmiselt:

kui katseklaasi väljavõtmisel keevast veest avastatakse proovipiimas kerge liivasarnane sadestus katseklaasi seintel või õhuke kelme pinnal, on piim heakvaliteediline, termostabiilne, soolade tasakaalu parandada ei ole vaja;

helveste esinemise korral, kui želeeks muutumist ei esine, on vaja lisada 400 g veevaba soola 1000 l lõssi või 600 g veevaba soola 1000 l täispiima kohta;

želeeks muutumise ja vadaku eraldumise korral on vaja lisada 800 g veevaba soola 1000 l lõssi või 1200 g veevaba soola 1000 l täispiima kohta.

Kui piimasse stabiliseerimiseks lisatavate soolade koguste kindlaksmääramiseks kontrollitakse piima termostabiilsust pärast kondenseerimist, siis teostatakse katseline steriliseerimine. Selleks lisatakse viide kondenseeritud piima toosi, välja arvatud kontrolltoos, 0,05 kuni 0,3% (kuid mitte üle 0,4%) 25%-list dinaatriumfosfaadi või naatriumtsitraadi lahust.

Kui kontrolltoosis või muus toosis katselisel steriliseerimisel piima valgud on koaguleerunud või on ilmunud väikesed valguhelbed, siis lisatakse üldisse kondenseeritud piimapartiisse stabilisaatorit sellises vahekorras nagu katsetoosile, milles tootel oli parim maitse ja konsistents.

Viimasel ajal eemaldatakse termostabiilsuse tõstmiseks osa kaltsiumi ja magneesiumi tavalise, pöörd- või ühend-deioniseerimisskeemi järgi.

Tavalise deioniseerimisskeemi järgi lastakse piim läbi H- või Na-kationiidi. Seejuures tekivad anioonid (SO_4^-, Cl^-, PO_4^- jm.), mis OH-anioniidis vahetuvad OH^-, CO_3^- jm. anioonidega.

Pöörd-deioniseerimisskeemi järgi lastakse piim läbi tugeva aluselise OH-anioniidi, kusjuures soolad muunduvad oksiidhüdraatideks. Lahuse järgmisel läbi SO_3H või COOH-kationiidi laskmisel moodustuvad naatriumisoolad.

Pöörd-deioniseerimisskeemis ei teki happeid, mis võiksid esile kutsuda süsivesikute inversiooni ja valkude koaguleerumist.

Ühend-deioniseerimisskeemi järgi kontakteeritakse lahus (piim)

perioodiliselt SO_3H-kationiidi ja tugeva aluselise OH-anioniidi seguga.

Osa (20—25%) Ca vahetuse ja eemaldamise tulemusena väheneb piima omadus koaguleeruda laabi toimel või kuumutamisel.

Tööstuslikes tingimustes kasutatakse kõige laiemalt tavalist deioniseerimisskeemi.

Steriliseeritud kondenseeritud piima tootmisel on suur tähtsus termilise eeltöötlemise režiimil.

Madalal temperatuuril (65° C) pastöriseeritud piim on steriliseerimisel vähem termostabiilne. Paremaid tulemusi saadakse 88—93° C juures 10—15 minuti vältel pastöriseeritud piima steriliseerimisel. Piima eelkuumutamine 104—110° C-ni tõstab samuti piima termostabiilsust steriliseerimisprotsessis.

Piima stabiliseerumise tõusu seletatakse sellega, et kõrges temperatuuris kuumutamisel albumiin ja globuliin koaguleeruvad, mille tagajärjel tõuseb kaseiini hüdrofiilsus.

Peale selle sadestuvad osaliselt kaltsiumi- ja magneesiumisoolad, mis kutsubki esile valkude termostabiilsuse tõusu.

Praktikas võib juhul, kui termilise töötlemise temperatuur on kõrgem, olla steriliseerimistemperatuur mõnevõrra madalam (115—117,5° C asemel 106,5° C).

Aurutamine on steriliseeritud kondenseeritud piima tootmisel intensiivsem kui suhkruga piima kondenseerimisel. See on seletatav esimese vähesema tihedusega ja viskoossusega.

Aurutamise lõpp määratakse kindlaks nii, nagu eespool kirjeldatud. Suhkruta kondenspiima tihedus kõigub sõltuvalt kondenseerimisastmest 1,05 ja 1,13 vahel.

Et vältida rasva eraldumist, tuleb kondenseeritud piim homogeniseerida. Kui piima homogeniseeritakse enne kondenseerimist, on tema efektiivsus kõrgem, kuid sel juhul on kondenseerimisel rasva kadu pritsmetena suurem. Peale selle on vaja 2—2,5 korda võimsamat homogenisaatorit. Lõpuks, nagu näitasid ВНИМИ tööd, põhjustab kondenseerimine rasvakuulikeste agregeerumist. Seepärast homogeniseeritakse harilikult pärast kondenseerimist.

Homogeniseeritakse rõhul 175—280 atü.

Kõrgrõhul homogeniseeritud kondenseeritud piima termostabiilsus steriliseerimisel langeb, seepärast on otstarbekohasem rõhku järk-järgult suurendada. Seda saavutatakse kaheastmeliste homogenisaatoritega, mille esimeses astmes on rõhk 140—150 atü, teises, sõltuvalt steriliseerimisrežiimist, aga 175—200 või kuni 280 atü. Rõhku kuni 280 atü kasutatakse juhul, kui piima steriliseeritakse madalal temperatuuril, mis väldib piima koaguleerumise võimaluse.

Kui piima temperatuur pärast homogeniseerimist on kõrge, jahutatakse kondenseeritud piim fassimistemperatuurini (18—20° C) või 4—6° C-ni, kui fassimine mõne aja viibib.

Fassimist ja tooside sulgemist on soovitatav teostada vaakuummasinates. Õhu eemaldamise tulemusena tõuseb säilivus, väheneb vigade tekkimise võimalus (paikne tihenemine, gaasi tekkimine ja tardumine), aeglustub roostetamisprotsess, ei saa toimuda toote tumenemine ja paraneb järgneval steriliseerimisel soojuse üleandmise koefitsient. Peale selle väheneb steriliseerimisel tooside siserõhk. Seda rõhku võib arvutada valemi järgi

$$P = \frac{T_{st}\left(\frac{B}{735{,}5} - P_s\right) \cdot \left(V - \frac{G}{\gamma_s}\right)}{T_s[1 + (T_{st} - T_s)\,0{,}00085] \cdot V \frac{G}{\gamma_{st}}} + P_{st} - \frac{B}{735{,}5}, \quad \text{(III—38)}$$

kus P — ülerõhk toosis steriliseerimisel ($P = 2-2{,}5$ atü),
T_{st} — absoluutne temperatuur steriliseerimisel, °K,
T_s — absoluutne temperatuur tooside sulgemisel, °K,
P_s — veeauru rõhk tooside sulgemise temperatuuril, kg/cm²,
V — suletud toosi täielik sisemaht, cm³,
G — toosi sisaldise netokaal tooside sulgemise temperatuuril, g,
γ_s — toote erikaal tooside sulgemise temperatuuril,
γ_{st} — toote erikaal steriliseerimistemperatuuril,
P_{st} — veeauru rõhk steriliseerimistemperatuuril (tehakse kindlaks veeauru tabelite järgi), kg/cm²,
B — baromeetriline rõhk, mm Hg,
$\frac{B}{735{,}5}$ — atmosfääri rõhk, kg/cm².

Pärast sulgemist toosid steriliseeritakse. Steriliseerimisel on tarvis saavutada mikroorganismide elutegevuse lakkamine, säilitades seejuures toote kõrge kvaliteedi. Sellest lähtudes peaks kasutama kõrget steriliseerimistemperatuuri (üle 120° C), mille puhul hävivad mitte ainult mikroorganismide vegetatiivsed, vaid ka eoselised vormid. Kuid kõrges temperatuuris võivad tunduvalt muutuda ka kondenseeritud piima füüsikalised ja keemilised omadused. Seepärast on steriliseerimisel vaja luua sellised tingimused, mille täitmisel bakterid ei saa kondenseeritud piimas areneda ega riknemist esile kutsuda. Nendeks tingimusteks on osutunud keskkonna nõutav reaktsioon (pH), pakendi hermeetilisus jne.

Steriliseerimise kestus sõltub taara materjalist, paksusest ja läbimõõdust. Et kondenseeritud piima fassimiseks kasutatava plekktaara paksus ei ole märkimisväärne (0,21—0,30 mm), võib arvestada, et tooside seinte paksus praktiliselt kuumutamise kestust ei mõjuta.

Steriliseerimise temperatuuri ja kestuse vahel on järgmine seos: temperatuuri tõusmisel aritmeetilises progressioonis väheneb mikroorganismide hävitamiseks vajalik aeg geomeetrilises progressioonis.

Steriliseerimise kestuse määrab nii aeg, mis on vajalik toosi sisu täielikuks läbikuumutamiseks, kui ka aeg, mis on vajalik mikroorganismide hävitamiseks. Seda võib arvutada valemi järgi

$$t = \frac{\varrho \cdot cD^2}{\lambda} \cdot f\left(\frac{\Delta T_a}{\Delta T_1}, \frac{L}{D}\right), \qquad \text{(III—39)}$$

kus λ — toote soojusjuhtivus,
ϱ — tihedus,
c — erisoojus,
L — toosi kõrgus,
D — toosi läbimõõt,
ΔT_a — toosi väliskihi ja keskpunkti temperatuuri vahe kuumutamise algperioodil,
ΔT_1 — toosi väliskihi ja keskpunkti temperatuuri vahe kuumutamise lõpp-perioodil.

Valemis (III—39) ei ole arvestatud toosi pöörlemise mõju. Vaatlused näitasid, et kui kondenseeritud piima steriliseerimine tooside pöörlemiseta 115° C juures kestab 18 minutit, siis tooside pöörlemisel steriliseerimise kestus väheneb.

Steriliseerimine toimub kas perioodilise või pideva tegevusega aparaatides.

Sterilisaatorisse saabunud toosid kuumendatakse steriliseerimise algul 95—100° C-ni; selle temperatuurini jõudes suurendatakse rõhku sellise arvestusega, et steriliseerimistemperatuur oleks 115—118° C. Sel temperatuuril hoitakse toose sterilisaatoris 15—20 minuti vältel, kusjuures karkass pidevalt pöörleb. Steriliseerimise lõpetamise järel toosid jahutatakse sterilisaatorisse juhitava veega kuni 20° C.

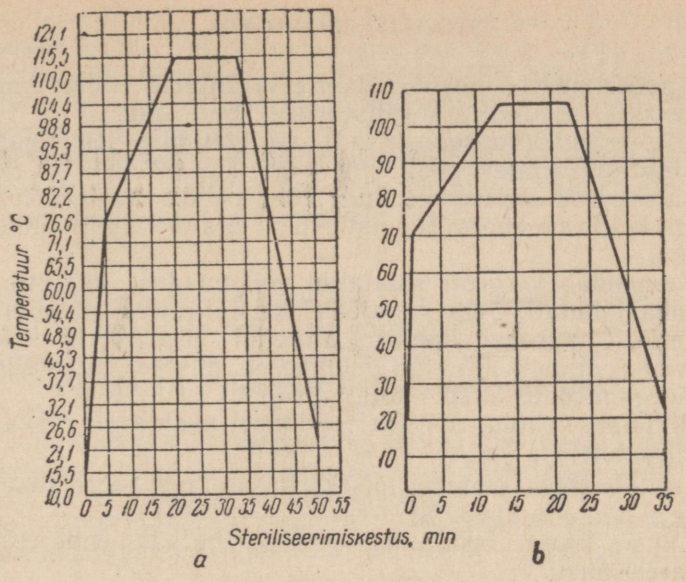
Steriliseerimise režiimi kontrollitakse maksimumtermomeetriga, mis asetatakse kontrolltoosi, või kohaldatakse selleks termopaarid. Sterilisaatoris hoitava kuumutamis-, steriliseerimis- ja jahutamistemperatuuri muutmise kiirus on kujutatud joonisel 34.

Pidevsteriliseerimisel asetatakse toosid temperatuuri järsu muutumise vältimiseks algul eelkuumutitesse. Ühe eelkuumutiga sterilisaatorites tõstetakse toosi algtemperatuur pikkamööda (15—20 minuti jooksul) 95—97,5° C-ni. Kahe eelkuumutiga sterilisaatorites tõstetakse tooside temperatuur esimeses 93° C-ni 15—18 minuti jooksul ja teises 97,5° C-ni 12 minuti jooksul.

Kuumutamisel liiguvad toosid sirgjooneliselt ja pööreldes. Eelkuumutist lähevad toosid hermeetilisust kontrollivasse testerisse, kus mittehermeetilised toosid välja praagitakse.

Sterilisaatoris kuumutatakse toosid 17—20 minuti jooksul 117,5° C-ni, kusjuures nad kogu aeg pöörlevad.

Sterilisaatorist suunatakse toosid jahutisse, kus neid 15 minuti jooksul veega jahutatakse. Tooside mahajahutamisel on lõpptemperatuur 20—25° C.



Joonis 34. Steriliseerimise kõverad:
a) steriliseerimistemperatuur 115—118° C; b) steriliseerimistemperatuur 106,5° C.

Et vältida kondenseeritud piima tihenemist toosi seinte juures pärast steriliseerimist, toose raputatakse.

Pidevsteriliseerimisel kestab tooside rappumine 30—35 sekundit, perioodilisel steriliseerimisel aga 1—2 minutit. Tooside raputamiseks kasutatakse vastavat masinat.

Enne steriliseeritud konservide väljalaskmist tööstusest on vaja kontrollida steriliseerimise efektiivsust ja toote säilivust. Selleks hoitakse toose steriliseeritud kondenseeritud piimaga 8—10 ööpäeva temperatuuril 37° C. Tehasest on lubatud välja lasta steriliseeritud kondenseeritud piima ka ilma termostaadis hoidmiseta tingimusel, et tooside hermeetilisust kontrollitakse põhjalikult plekktoositsehhist väljatulekul ja et pärast fassimist bakterioloogilisele analüüsile kuuluvate tooside arv suurendatakse kahelt viiele. Kui avastatakse kas või üks mittesteriilse tootega toos, hoitakse kõiki äntud autoklaavis steriliseeritud toose 10 päeva temperatuuril 37° C. Kui selle aja jooksul konservid mikroorganismide elutegevuse tõttu ei rikne, talub toode pikaajalist (garanteeritud) hoidmist.

Pärast termostaadis hoidmist toosid sorteeritakse. Sealjuures praagitakse välja paisunud (bakterioloogilise bombaažiga), väljajooksnud sisuga, aukudega ja deformeerunud toosid. Defektideta toosid etiketitakse, pakitakse kastidesse ja saadetakse hoidlasse, kus nad on talvel temperatuuril mitte alla 0° C (värskes olekus on külmumistemperatuur —1,34° C) ja suvel mitte üle 12° C.

STERILISEERITUD VÕI

Steriliseeritud või toosides (konserv) kujutab endast hermeetilisse taarasse fassitud ja steriliseeritud koorevõid.

Steriliseeritud (konserveeritud) või tootmise tehnoloogia on välja töötatud Gorjajevi poolt.

Steriliseeritud (konserveeritud) võid loetakse täisväärtuslikuks sel juhul, kui ta on koorevõi omadustega ega ole muutunud sulatatud võiks.

Või omandab kergesti sulatatud või omadusi, kui ülirasvane koor maha jahutati. Selle tagajärjel kristalliseeruvad piimarasva triglütseriidid, puruneb lipoidse proteiini adsorbeeriv kelme ja vabanevad (paljastuvad) rasvakuulikesed, mis kergesti välja sulavad ja seega moodustavad sulatatud või.

On kindlaks tehtud, et steriliseerimisel avaldavad rasva väljasulatamisastmele mõju:

a) teistkordseks separeerimiseks kasutatava koore rasvasisaldus, mis ei tohi olla üle 37%;

b) kuuma koore pikaajaline seismine õhu käes enne teistkordset separeerimist;

c) koore kuumutamine kõrge temperatuurini (üle 90° C) esimese separeerimise eel;

d) piima või koore kõrgem happesus;

e) ülirasvase koore kokkupuutumine õhuga ja jahtumine enne steriliseerimist.

Steriliseeritud või tootmise tehnoloogiline protsess on järgmine.

Tööstusse laekunud piima soojendatakse 40—45° C-ni ja separeeritakse. Saadud 30—35%-lise rasvasisaldusega koort kuumutatakse 80—85° C-ni ja separeeritakse teistkordselt (parem aga on ülirasvane koor saada ühekordsel separeerimisel).

Separaatori trumlisse tuleb koort lasta sellise arvestusega, et saadaks standardse rasvasisaldusega koor. Rasva väljasulamise vältimiseks peab separaatori torust väljuv koor suunduma kuuma veega soojendatava renni või toru kaudu taarasse (toosidesse). Ülirasvase koore (või) igasugune kokkupuutumine õhuga soodustab pinnakihtides rasva kristalliseerumist ja tema järgnevat väljasulamist, seepärast peavad koore väljajooksutoru ja vastuvõtja või toos, millesse või fassitakse, asetsema võimalikult lähestikku. Sel juhul puutub või vähem kokku õhuga.

Plekktoosidesse villitud ülirasvane koor suunatakse kohe steriliseerimisele.

Kui suletud toose kohe ei steriliseerita, siis on rasva väljasulamise vältimiseks otstarbekohane asetada nad kuni steriliseerimiseni kuuma vette. Konservvõi steriliseerimiseks võib kasutada järgmist režiimi: 110° C juures steriliseeritakse 55—60 minutit; 115° C juures 50—55 minutit ja 120° C juures 45 minutit.

Steriliseeritud või jahutatakse pideva tegevusega sterilisaatori jahutussektsioonis või autoklaavsterilisaatoris külma veega või lastakse toosid mahutisse, millest voolab läbi külm vesi.

Enne tööstusest väljalaskmist suunatakse konservvõi bakterioloogilisele kontrollimisele.

Real juhtudel on soovitav saada kõrgema sulamistemperatuuriga konservvõid. Selleks lisatakse koorevõile hüdrogeniseeritud puuvillaõli või teisi raskesti sulavaid rasvu.

15. PEATÜKK

PIIMA JA PIIMATOODETE KUIVATAMINE

Et vett saab piimast eemaldada külmutamisega, on teada juba ammust ajast. Juba XVIII sajandil saadi Siberis sel viisil piimast «loomulikku piimajahu» ehk piimapulbrit.

Esimesed kirjeldused loomuliku piimajahu saamise kohta piimast vee väljakülmutamise teel pärinevad nähtavasti J. Erichilt 1791. a.

Vee väljakülmutamise põhimõttele on rajatud sublimatsioonkuivatus, mis tagab kuiva toote kõrge kvaliteedi ja on seepärast leidnud rakendust bioloogiliste preparaatide jms. kuivatamisel.

1799. a. sai Kritševski kuivast piimast teada Irkutski arstliku valitsuse inspektorilt Resleinilt. Katsetanud kuiva piima mitmesugustes tingimustes (suvel, talvel, samuti transportimisel), sai ta positiivseid tulemusi.

Fortchroë järgi (1800) saadi Prantsusmaal piimakompvekke piimast vee väljaaurutamise teel, kusjuures lisati uhmerdatud mandleid, suhkrut ja pomerantsiõisi.

Kirchhoff (1808) tegi ettepaneku kasutada piima ja munade pikaajaliseks säilitamiseks vee täielikku eemaldamist aurutamise teel. Kirchhoff soovitas hõõruda kuivatatud toode pulbriks ja hoida seda kinnises anumas.

Bobrov (1867) kirjeldas oma publikatsioonis piima vaakuumis kondenseerimist ning sellele järgnevat toote kuivseisundini viimist.

Põhjapoolusele suunduva Kane ekspeditsiooni varustamiseks valmistasid Harris, Blatchford, Dalson (1850) tablette, Grimwade (1855) aga valmistas piimapulbrit lahtistes kateldes vee väljaaurutamise teel.

Kuivpiima (esialgul linnasepiima) tööstuslik tootmine algas möödunud sajandi lõpul (1883—1887).

Iga materjali võib kuivatada ainult seni, kuni on saavutatud niiskuse tasakaal, mis vastab kuivatusagensi suhtelisele niiskusele ja temperatuurile.

Piimas olevat vett võib liigitada kuivatamisel eemaldatavaks, s. o. selliseks, mis on üle niiskuse tasakaalu, ja mitte-eemaldatavaks, s. o. alla niiskuse tasakaalu.

Niisket materjali iseloomustab see, et lõpmatu väikese kuivatuskiiruse puhul on kiirus, millega eemaldatav niiskus materjali pinnalt aurub, võrdne vee vabalt pinnalt aurumise kiirusega. Sel juhul võrdub veeauru rõhk materjali kohal vastaval temperatuuril küllastatud auru rõhuga.

Hügroskoopilist materjali iseloomustab asjaolu, et lõpmatu väikese kuivatuskiiruse puhul on kiirus, millega eemaldatav niiskus aurub, väiksem kui vee vabalt pinnalt aurumise kiirus ja veeauru rõhk materjali kohal on madalam kui rõhk niiske materjali kuivatamisel.

Kuivatamise mehhanism seisneb selles, et kuivatatava materjali pinnalt eemaldatakse niiskus. Tema asemele tuleb difusiooni mõjul niiskus toote sisemistest kihtidest. Kuivatamise kestus sõltub väljaaurutatava niiskuse asendumise kiirusest.

Kuivatatava materjali omadustest kuivatuse eri perioodidel sõltub ka auruva niiskuse koguse jagunemine ajaliselt. Mida enam eraldub tootest niiskust, seda tugevamini püsib ülejäänud osa niiskusest kohesioonjõudude suurenemise tõttu tootes. See tingib kuivatustemperatuuri tõstmist või kuivatatava materjali suuremat dispergeerimist.

Vaba niiskuse eemaldamisel, s. o. kuivamisel, saabub moment, kus aurumispind väheneb. Sealjuures kasvab kapillaaridesse tungiva liikumatu õhukihi suurenemise ja kitsaste kapillaaride kaudu liikuva veeauru hõõrdumise (pidurdamise) kasvu tõttu ka vastupanu auruks muutuva vee liikumisele.

Vee liikumise takistuse suurenemise tagajärjel väheneb kuivamise kiirus ning auruva niiskuse kogus lakkab olemast proportsionaalne kuivatusajaga.

Järelikult kestab pinnalt kuivatamine senikaua, kuni difusioonivoolude arvel niiskust pinnale tuleb. Difusioonivoolude intensiivsus mõjub tugevasti kuivatamisprotsessile. Hügroskoopilise niiskuse jäägid eemalduvad veelgi aeglasemalt kui vaba niiskuse jäägid.

Kui niiskusesisaldus on suurem kui see vastab tasakaaluseisundile, kuivab toode senikaua, kui ei ole saavutatud tasakaaluseisundit, kui aga kuivatamisel saadakse niiskusesisaldus alla tasakaaluseisundit, absorbeerib toode niiskust õhust.

Järelikult on kuivamis- ja niiskumisprotsess identne, sõltudes sellest, kuidas niiskus on seotud toote kuivainega, ja õhu ning toote niiskuse vastastikusest toimest.

Suhteline õhuniiskus iseloomustab õhu kui niiskuse absorbendi seisundit. Niiskus aurab välja siis, kui auruva vedeliku pinnal on veeauru rõhk kõrgem auru partsiaalrõhust õhus. See tuleneb järgmisest võrrandist:

$$W = C(P_{v.p} - P_{p.õ}), \qquad \text{(III—40)}$$

kus W — ühelt ruutmeetrilt tunnis väljaaurava vee kogus,
C — koefitsient, mis sõltub õhu liikumise kiirusest aurumispinna kohal ja õhu tihedusest,
$P_{v.p}$ — aururõhk auruva vedeliku pinnal (küllastunud veeauru rõhk vee aurumistemperatuuril),
$P_{p.õ}$ — auru osarõhk õhus aurumispinnal.

Valemist (III—40) järgneb, et kui $P_{v.p} = P_{p.õ}$ siis $W = 0$, kui $P_{v.p} > P_{p.õ}$ toimub aurumine ja kui $P_{v.p} < P_{p.õ}$, ilmneb aurumispinnal õhuniiskuse kondenseerumine, s. o. niiskumine. Niisiis tuleb sõltuvalt sellest, kas ülesandeks on välja aurutada või niisutada, täita teatavaid tingimusi.

Väljaaurutamise puhul on vaja hoida õhu suhtelist niiskust φ alla 100%-st küllastumist ja niiskuse väljaaurutamise temperatuuri alla märja termomeetri temperatuuri; 100%-lise küllastumise puhul (suhteline niiskus) peab niiskuse väljaarutamise temperatuur olema ümbritseva õhu temperatuurist kõrgem. Selleks tuleb väljaaurutatavale niiskusele anda soojust juurde väljastpoolt.

Piimapulber absorbeerib õhuniiskust kuni tasakaalu saavutamiseni ($P_{v.p} = P_{p.õ}$), kui teda säilitatakse atmosfääris 100%-lise niiskuse juures ja temperatuuril, mis on võrdne piimapulbri temperatuuriga, sest veeauru rõhk piima pinnal $P_{v.p}$ on madalam aururõhust õhus $P_{p.õ}$ Õhu suhtelise niiskuse ja piimapulbri niiskusesisalduse vaheline sõltuvus leitakse katseliselt. Graafilises vormis kannab see niiskuse tasakaalu kõvera (joonis 35) või sorptsiooni (desorptsiooni) isotermi nime.

Piimapulbri niiskuse tasakaalu määramiseks on Maksimov soovitanud järgmist valemit:

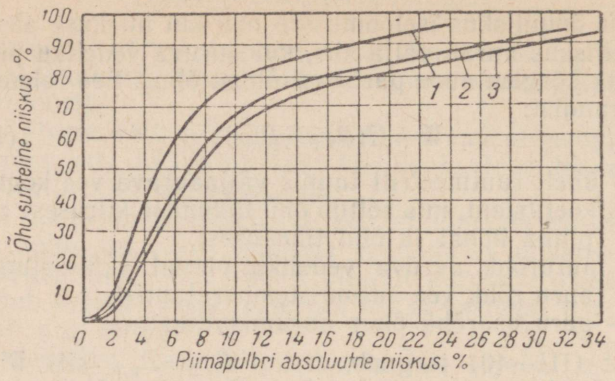
$$\lg N_t = 0{,}01445\varphi_õ + \lg(1{,}423 - 0{,}00543t), \qquad \text{(III—41)}$$

kus N_t — piimapulbri niiskuse tasakaal %-des,
$\varphi_õ$ — õhu suhteline niiskus %-des,
t — piimapulbri temperatuur.

Andrejev soovitab saadava pulbri niiskuse leidmiseks temas leiduva valgu (ümberarvutatult kuivainele V_{pulb}) alusel järgmist empiirilist valemit:

$$N_{pulb} = 0{,}12\,V_{pulb} - 0{,}22. \qquad \text{(III—41a.)}$$

Niiskuse tasakaalu saavutamiseks on vajalik teatud aeg, seepärast tuleb kuivatist väljuva õhu suhtelise niiskuse valimisel jätta varu.



Joonis 35. Piimapulbri absoluutne niiskus %-des. Niiskuse tasakaalu kõverad:
1 — pihustamise teel valmistatud täispiimapulbril; *2* — pihustamise teel valmistatud lõssipulbril; *3* — kelmekuivatamise teel valmistatud lõssipulbril.

Väljaaurutatud niiskuse (vee) kogust võib kindlaks määrata valemi järgi

$$W = G_1 - G_2 = G_1 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_2} = G_2 \frac{w_1 - w_2}{100 - w_1} \text{ kg/h}, \qquad \text{(III—42)}$$

kus G_1 ja G_2 — lahuse kogus enne ja pärast kuivatamist, kg/h,
w_1 ja w_2 — lahuse veesisaldus enne ja pärast kuivatamist, %.

Kuivati materiaalne bilanss niiskusesisalduse järgi moodustab:

$$\frac{G_1 w_1}{100} + L \frac{d_1}{1000} = \frac{G_2 w_2}{100} + L \frac{d_2}{1000} \qquad \text{(III—43)}$$

ehk

$$L = \frac{1000}{d_2 - d_1} \text{ kg/h}, \qquad \text{(III—44)}$$

kus L — õhukulu kuivatamiseks, kg/h,
d_2 — õhu niiskusesisaldus kuivatamise lõpul,
d_1 — õhu niiskusesisaldus kuivatamise algul.

Õhukulu kg-des ühe kg väljaaurutatud vee kohta moodustab

$$\frac{L}{W} = l = \frac{1000}{d_2 - d_1} \text{ kg/kg}. \qquad \text{(III—45)}$$

Kuivatamise kiirus sõltub veeauru rõhust materjali pinnal $p_{v.p}$, veeauru osarõhust õhus — $p_{p.õ}$ õhu temperatuurist $t_õ$ kuivatatava materjali temperatuurist t_m, aurumispindalast (soojuse äraandmise pindalast F_a, s. o. õhuga kokkupuutuva kuivatatava vedeliku töödeldava pindala suurusest.

Aurumispindala suurendamiseks on vaja materjal maksimaalselt pihustada.

Ühe liitri piima pihustatud osakeste suhteline pindala F sõltuvalt dispergeerimisastmest määratakse kindlaks vahekorrast $Fd=6$. Osakeste maksimaalse läbimõõdu (30μ) puhul $F=200$ m², minimaalse läbimõõdu (10μ) puhul aga $F=600$ m².

Osakeste suuruse (pihustusastme) leidmiseks ketaspihustiga kuivatite kasutamise korral rakendatakse Kuki valemit

$$r=\frac{4\alpha}{C\varrho v^2}, \qquad \text{(III—46)}$$

Lourier' valemit

$$d=98{,}5\,\frac{1}{n}\sqrt{\frac{\alpha}{R\gamma}} \qquad \text{(III—47)}$$

või Andrejevi valemit

$$P=\frac{K}{\sqrt[3]{\varrho\cdot v^2}}.$$

Osakeste suuruse kindlaksmääramiseks düüspihustamise korral soovitab Panassenkov järgmist valemit:

$$d=\frac{6{,}4\,D}{\mathrm{Re}\,0{,}125}. \qquad \text{(III—48)}$$

Toodud valemites
α — vedeliku pindpinevus, kg/m,
C — takistustegur,
ϱ — tihedus, g/cm³,
v — ketta pöörlemise ringkiirus, m/sec,
n — ketta pöörete arv minutis,
γ — pihustatava vedeliku erikaal, kg/m³,
R — ketta raadius,
D — pihusti ava läbimõõt,
d — osakese läbimõõt,
r — osakese raadius.

Tööstuslikes tingimustes saadakse pihustamisel osakesed suurusega 20 kuni 150 mikronit. Dispersiooniastmele (osakese suurusele) mõjub dispergeerimise pinge.

$$p=\frac{\gamma\cdot v_r^2}{\alpha g\cdot\mu^2}\ \mathrm{kg/cm^2}, \qquad \text{(III—49)}$$

kus γ — pihustatava vedeliku erikaal,
v_r — ketta pöörlemise ringkiirus,
μ — düüsi konstruktsioonist olenev koefitsient.

Reaalsetes kuivatamistingimustes on dispergeerimispinge 140—190 kg/cm².

Pihustatud osakesed liiguvad kuivatuskambri raadiust mööda.

Osakeste lennukauguse arvutamiseks kambris soovitab G. Kuk valemit

$$S = \frac{8 r \varrho_o}{3 C \varrho_õ} \cdot \ln \frac{w_a}{w_l}. \qquad \text{(III—50)}$$

Lennukauguse kindlaksmääramiseks soovitab Andrejev kasutada järgmist valemit:

$$S = \frac{18{,}7 \cdot r \cdot \gamma_v}{C \cdot \gamma_õ} \cdot \ln \frac{w_a}{w_l}. \qquad \text{(III—51)}$$

Nendes valemites
w_l — osakese liikumise lõppkiirus, m/sec,
w_a — osakese liikumise algkiirus, m/sec,
ϱ_o — piimaosakese tihedus, g/cm³,
$\varrho_õ$ — õhu tihedus, g/cm³,
C — takistuskoefitsient,
γ_v — vedeliku erikaal,
$\gamma_õ$ — õhu erikaal,
r — osakese raadius, μ.

Tilga suurus kuivatamisel peaaegu ei muutu. Seda seletatakse asjaoluga, et kuivatamisprotsessi vältel tekib osakese sees ülerõhk, mille tagajärjel temas tekib palju vakuoole (õhutühikuid). Õhutühikute arvu ehk poorsust iseloomustab pooride all olev mahuosa.

Pulbri poorsust võib kindlaks määrata valemi järgi

$$P = 100\left(1 - \frac{\varrho_p}{\varrho_k}\right), \qquad \text{(III—52)}$$

kus ϱ_p — pulbri tihedus,
ϱ_k — piima kuivaine tihedus.

Kui piima kuivaine tihedus on 1,303 g/cm³ ja vabalt kukkunud pulbri mahukaal 0,6 g/cm³, on pulbri poorsus 54%.

Vähema poorsusega pulber saadakse kontsentreeritud lahuste kuivatamisel. Kuid õige järsk kontsentratsiooni tõstmine võib püsiva dispergeerimispinge puhul mõjuda negatiivselt kuivatamise intensiivsusele, sest sealjuures väheneb aurumispindala F_a.

Käesoleval ajal kasutatakse kontakt- ehk kelmekuivatust ja õhk- ehk pihustuskuivatust.

Kontaktkuivatamisel puutub kuivatatav materjal vahetult kokku kuuma metallpinnaga, mille temperatuur võib kõikuda 90 kuni 112° C.

Kuumutamispinna kõrge temperatuur kutsub esile olulisi muudatusi kuivatatavas tooraines, mistõttu langeb kuiva pulbri taastumisvõime. Kuumutuspinna temperatuuri langemisel alaneb kuivati tootlikkus. Peale selle tõuseb õhu suhteline niiskus sageli kuni 100%-ni, millega seoses on väljaaurutamiseks vaja kõrgemat temperatuuri.

Et kontaktkuivatamisel kuivatusprotsessi intensiivistada ühe-

aegselt kuumutuspinna temperatuuri langusega, tuleb kuivatatavale kelmele puhuda kuuma õhku.

Tööstuses kasutatavaid trummelkuivateid võib liigitada alarõhul ja atmosfäärirõhul töötavateks seadmeteks.

Õhk- ehk pihustuskuivatamisel pihustatakse kuivatatav vedelik väga väikesteks osakesteks, mis puutuvad kokku kuuma õhuga. See absorbeerib materjalist veeauru.

Pihustikuivateid võib jaotada ketaspihusti- ja düüspihusti-kuivatiteks.

Kuivatamisele eelneb harilikult osaline vee väljaaurutamine (kondenseerimine). Seda põhjustavad mitmed majandusliku ja tehnoloogilise iseloomuga kaalutlused. On teada, et soojuse äraandmise koefitsient on õhul märksa madalam kui aurutamisaparaadi metallpinnal. Seepärast kasutatakse õhu soojendamisel kütet vähema efektiivsusega. Energia suhteline kulu (kilovattides ühe kg väljaaurutatud vee kohta) pihustikuivatites suurte õhukoguste etteandmiseks, ketaspihusti ringiajamiseks, koristus-, raputus- ja teiste mehhanismide käitamiseks või vedeliku surumiseks düüsi on suurem kui vaakuumaparaatides. Nii moodustab suhteline tarbimisvõimsus ühiku kohta (kW/kg) pihustikuivatites 0,08—0,15, vaakuumaparaatides, mis sekundaarauru ei kasuta, aga 0,007—0,009 ning aparaatides sekundaarauru injekteerimisega — 0,004—0,006. Aurukulu ühiku kohta (kg-des ühe kg väljaaurutatud vee kohta) on ühekorpuselistes vaakuumaurutusseadmetes, mis töötavad sekundaarauru kasutamata, 0,97—1,04, kahekorpuselistes, ilma soojuskompressioonita 0,7—0,8 ning soojuskompressiooniga 0,45—0,55, ühekorpuselistes ilma soojuskompressioonita 0,55—0,65, pihustikuivatites aga 3—3,5.

Peale soojus- ja mehhaanilise energia kulude kokkuhoiu väheneb eelnevalt kondenseeritud tooraine kuivatamisel küttekulu, sest tunduv osa veest eemaldatakse ökonoomsemal viisil: väljaaurutamise teel.

Eelnevalt kondenseeritud piima kuivatamisel suureneb ka kuivati läbilaskevõime. Ilma eelneva kondenseerimiseta ei kasutata tooraine trummelkuivatites kuivatamisel täielikult ära valtside pindala, saadakse poorne ja hügroskoopiline pulber, mis on säilitamisel vähem püsiv. Kuivatamine trummelkuivatites ilma eelneva kondenseerimiseta võib olla õigustatud sellega, et kuivatamiseks kasutatakse heitsoojust.

Pihustuskuivatamisel ilma eelneva kondenseerimiseta saadakse peen poorne helbeline pulber, mis kiiresti niiskub, võtab oma alla suhteliselt suure ruumala (mis viib taarakulude suurenemisele) ning on halvemini püütav filtritega. Seetõttu on ka tema kaod suuremad ning järelikult tooraine kulud valmistoodangu ühiku kohta suurenevad.

16. PEATÜKK

TÄISPIIMAPULBRI TEHNOLOOGIA

Täispiimapulber sisaldab (%-des) vett 2—2,5, rasva 26—26,5, piimasuhkrut 35—38, valku 26—28, mineraalaineid (tuha järgi) 5,8—6,2.

Tema füüsikalis-keemilised omadused on järgmised:

mahukaal	0,52—0,58 t/m³,
temperatuurijuhtivus	$4{,}2 \cdot 10^{-4}$ m²/h
soojusjuhtivus cal/m · tund · kraad	0,14—0,16 cal/mh°C,
elektrijuhtivus	$2{,}6 \cdot 10^{-4}\ \Omega^{-1}$
erisoojus	0,44—0,48 cal/kg °C

Kelmekuivatusel saadud piimapulbri lahustuvus on ligi 80—85%, pihustuskuivatusel saadud piimapulbril aga 97—98%.

Täispiimapulbri kalorsus on 5300—5500 kcal/kg.

Piimapulbrist saadud piim on peaaegu võrdne loomuliku piimaga. Kelmekuivatusel toodetud piimapulbri seeduvus on Londoni ja Kolomilova järgi: valkudel 94,6%, rasval 96%, süsivesikutel 99—99,5%. Gologorski ja Podossinnikova andmetel on pihustusviisil kuivatatud piimapulbri valkude seeduvus, võrreldes naturaalpiima valkude seeduvusega, madalam ainult 0,43%, rasvadel — 0,03%, kuna süsivesikute seeduvus on ühesugune.

PIIMA ETTEVALMISTAMINE KUIVATAMISEKS

Piimapulbri tootmise tehnoloogiline protsess hõlmab järgmised operatsioonid: vastuvõtmine, puhastamine, standardiseerimine, pastöriseerimine, homogeniseerimine, eelnev kondenseerimine ja kuivatamine.

Vastuvõtmine, piima konditsiooniliste omaduste hindamine ja puhastamine ei erine sisult millegagi varem kirjeldatust. Piima, mille vigu ei saa eemaldada, kuivatamisele ei suunata.

Piimapulbri tootmisel teostatakse standardiseerimist sellise arvestusega, et valmistoode vastaks standardi nõuetele, mille kohaselt lubatakse 4—7% niiskust ning 25—26,5% rasva; taastatud piima happesus ei tohi olla üle 20° Th, kui piim on saadud pihustikuivatis toodetud piimapulbrist, ning mitte üle 22° Th, kui kasutatud on kilekuivatis saadud pulbrit.

Piima termiline eeltöötlemine on tingitud mitte ainult vajadusest hävitada või nõrgendada mikroorganismide, eoste või mõnede fermentide tegevust, vaid ka selleks, et vältida piima kõrbemist kokkupuutel kuuma pinnaga aurutamise ajal vaakuumaparaadis. Sellest lähtudes oleks vaja piima pastöriseerida kõrgemal temperatuuril. Tegelikult tuleb aga piirata nii temperatuuri kui ka termilise töötlemise kestust, sest kõrge temperatuuri mõjul tõuseb valkude hüdrofoobsus ja nad kaotavad taastumisvõime. Peale selle

sadestuvad osaliselt soolad ja moodustuvad halvasti lahustatavad amiinosuhkrud, mis viivad piimapulbri lahustuvuse langusele.

Kilekuivatamisel on kuuma metallpinna temperatuur, millega pastöriseeritud piim 2—10 sekundi vältel kokku puutub, 90—112° C. Järelikult kuumeneb piim teist korda, kusjuures hävib säilinud ja sekundaarne mikrofloora. Pihustuskuivatamisel on piima temperatuur märksa madalam (75—80° C). Seoses sellega võib kilekuivatamisel piima pastöriseerida 63—65° C juures ja hoida 30 minuti vältel, pihustuskuivatamisel tuleb pastöriseerida 85—87° C juures lipaasi lõhkumiseks.

Mehhaanilise ja termilise töötlemise ning piima intensiivse ringlemise tõttu esineb aurutusaparaadis sageli rasva emulsiooni destabiliseerumist. Destabiliseeritud rasvaemulsiooniga piimast saadud piimapulber hapendub kiiresti, sest ta sisaldab umbes 5—8% vaba rava. Et tõsta rasva stabiilsust ja vähendada kiiresti hapenduva «vaba» rasva kogust, mis piimapulbri taastamisel tekitab pinnale rasvalaike, on otstarbekohane piim enne kuivatamist homogeniseerida 100—150 atü juures. Sealjuures väheneb «vaba» rasva kogus 2—3 korda.

Eelnev kondenseerimine soodustab kuivatamise tootlikkuse tõstmist. Seda võib tõestada järgmiselt. Oletame, et enne kuivatamist on piima suhteline veesisaldus 88% ja ta kondenseeritakse, kuni sisaldab 40% kuivainet.

Selgitame, palju mõjub selline veesisalduse langus kuivatamise tootlikkusele.

Enne kondenseerimist oli piima veesisaldus ühiku kohta

$$\xi_1 = \frac{0{,}88}{1-0{,}88} = 7{,}33 \text{ kg ühe kg kuivaine kohta.}$$

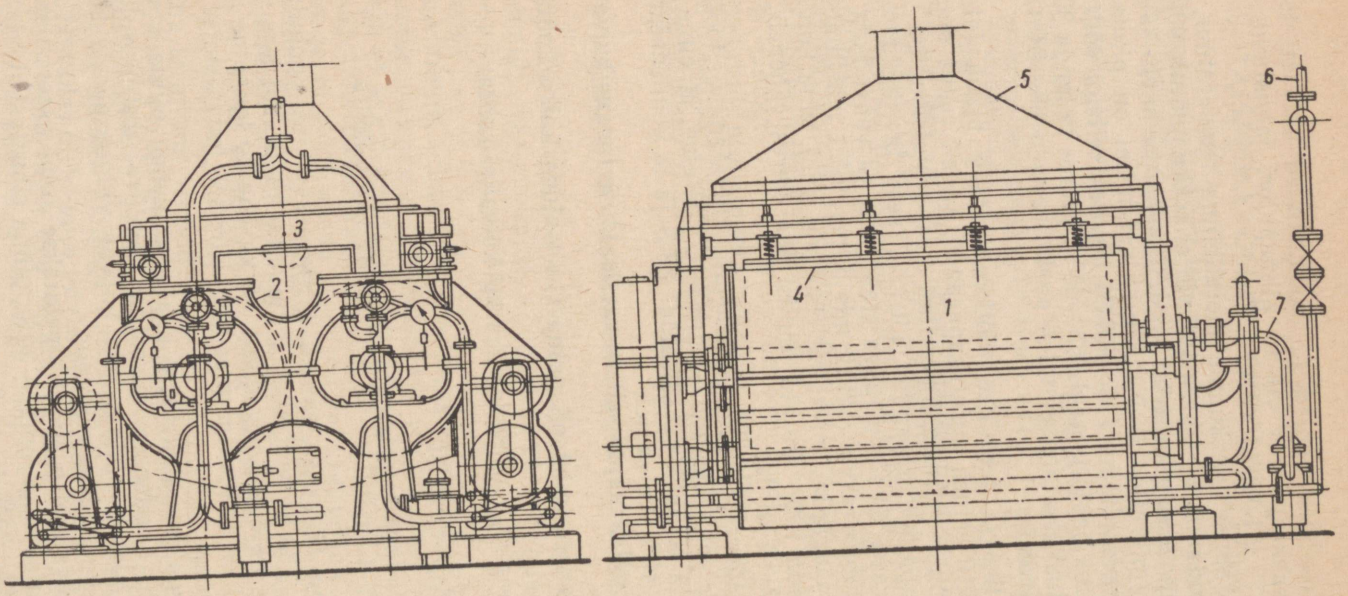
Pärast kondenseerimist

$$\xi_2 = \frac{0{,}60}{1-0{,}60} = 1{,}5 \text{ kg ühe kg kuivaine kohta.}$$

Järelikult on 88%-lise suhtelise algveesisalduse puhul vaja välja aurutada 7,33 kg vett ühe kg kuivaine kohta, kui aga suhteline veesisaldus on 60%, siis ainult 1,5 kg ühe kg kuivaine kohta. Piima veesisalduse sellise languse puhul tõuseb kuivatamise tootlikkus 79,5% võrra.

Kuivatuskiirus ja valmistoote kvaliteet oleneb piima kondenseerimisastmest. Kondenseerimisastme tunduva tõstmise korral langeb toote lahustumisvõime, sest kasvab valguosakeste kokkupõrgete ja agregeerumise võimalus.

Piima kilekuivatamise puhul lõpetatakse kondenseerimine, kui kuivaine kontsentratsioon on 27—30%, piima pihustuskuivatamisel aga, kui see on 42—48%.



Joonis 36. Kahevaltsiline kuivati:

1 — valtsid; *2* — alus; *3* — vastuvõturenn; *4* — nuga kelme mahalõikamiseks; *5* — tõmbekuppel; *6* — aurutoru; *7* — kondensatsioonivee äraj uhtimise toru.

PIIMA KUIVATAMINE TRUMMELKUIVATITEL

Käesoleval ajal on kasutamisel ühe- ja kahevaltsilised trummelkuivatid. Vaatleme ainult kahevaltsilise kuivati tööd (joonis 36), sest ühevaltsilisi kuivateid kasutatakse harva.

Kuivatamiseks ettenähtud piim suundub torustiku kaudu künataolisse väikeste avaustega vastuvõturenni, mis on asetatud piki trumleid. Rennist voolab piim vastuvõtuossa kuivatustrumlite vahele ja imbub seejärel läbi trumlitevahelise pilu, kattes neid õhukese kihina. Valtsidevahelist pilu reguleeritakse sõltuvalt kuivatatava toote omadustest ja rõhust.

Sattudes trumlite kuumale metallpinnale, hakkab piim kohe keema, mille tulemusena vaba vesi tootest peaaegu täielikult eemaldatakse valtsi $^3/_4$ pöörde jooksul.

Protsessi algul aurub vesi intensiivsemalt kui kuivatamise lõpul.

See on tingitud toote ja trumli seinte temperatuuride vahest, aurumispinna vähenemisest ning piimapulbris oleva vee molekulide tugevast kohesioonjõust.

Valtside pinnale tekkinud piima kuiv kelme eraldatakse nugadega ja juhitakse suunavate kilbikeste abil tigurenni. Kummagi renni lõppu on paigutatud punker, kus rabe kelme hõõrutakse läbi võrkpõhja. Peenendatud pulber suundub toru kaudu jahutuskastidesse ja seejärel fassimisele.

Mõned kuivatid on varustatud veskitega, mis on määratud kelme peenendamiseks, ja tolmupüüdjatega pulbri kao vältimiseks.

Valtside tööpinna keskmine pinge väljaaurutatud vee järgi on 30—32 kg/m²h, tooraine järgi — 250—300 kg/h ja valmistoote järgi 26—30 kg/h. Vajalik aururõhk (atmosfäärides) on: minimaalne 1,5 ja maksimaalne 4,5. Aurukulu — 1,29—1,36 kg 1 kg väljaaurutatud vee kohta või 4,2—4,5 kg 1 kg pulbri kohta. Võimsuskulu — 0,12—0,25 hj ühe kg pulbri kohta. Pinge pinnaühiku kohta pulbri järgi — 10—11,5 kg/m²h.

PIIMA KUIVATAMINE PIHUSTIKUIVATITES

Piimatööstuses kasutatakse ketas- ja düüspihustitega kuivateid.

Tähtsaks töönäitajaks on pihustikuivatitel torni pinge veesisalduse järgi ajaühikus (tunnis).

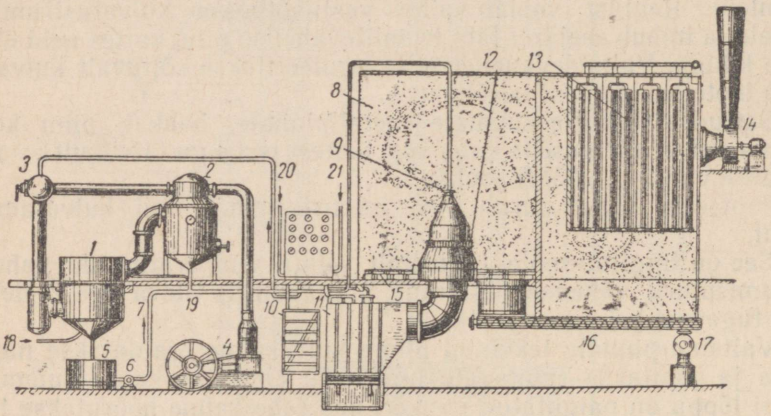
Kuivatuskambri pinge ajaühiku jooksul väljaaurutatud vee järgi määratakse ligikaudselt võrrandiga

$$A = \frac{a_v \Delta t_{kesk}}{r} \text{ kg/m}^3\text{h}, \qquad \text{(III—53)}$$

kus a_v — soojusvahetuse mahu koefitsient, kcal/m³h °C,
r — aurumissoojus ühiku kohta, kcal/kg.

Kuivatuskambri keskmine pinge väljaaurutatud vee järgi kõigub 4,2 kuni 4,5 kg/m³h.

Ketaspihustiga kuivati (joonis 37) kujutab endast silindrikujulist kambrit (torni). Kambri keskel kõrgendil asub metallist tornike koos teda läbiva püstvõlliga, millele on kinnitatud õõnes pihustusketas. Võll pannakse pöörlema reaktiivturbiini, reduktoriga elektrimootori või kõrgsageduselektrimootori abil.

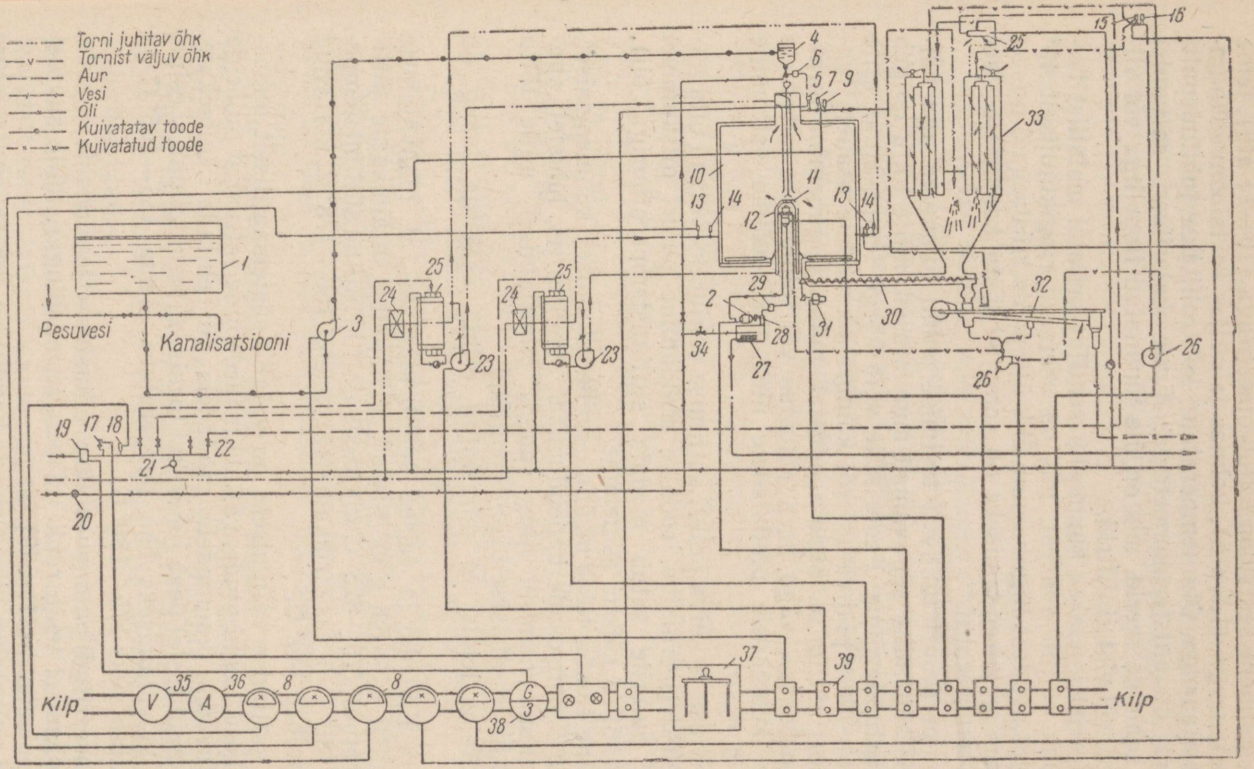


Joonis 37. Ketaspihustikuivati:

1 — vaakuumaparaadi aurusti korpus; *2* — vastuvõtja-eraldaja; *3* — injektor; *4* — vaakuumpump ja kondensaator; *5* — vann aparaadi tühjendamiseks; *6* — kuivatisse piima andmise pump; *7* — piima etteandmise liin; *8* — kuivatuskamber; *9* — ketaspihusti; *10* — õhufiltrid; *11* — kalorifeerid; *12* — siibrid õhu sissepääsuks kuivatuskambrisse; *13* — kottfiltrid; *14* — ventilaator; *15* — pöörlevad kraaprauad; *16* — tigu; *17* — pulbri väljalaske klapp; *18* — piimatorustik; *19* — harutoru kondenseeritud piima väljalaskmiseks; *20* — toru otseauru juhtimiseks injektorisse; *21* — heitauru juhtimise toru.

Pihustusketas koosneb kahest poltidega ühendatud taldrikust. Iga taldriku seesmisele küljele on freesitud kanalid. Kettal on kaks või enam (tavaliselt neli) 2—5 mm läbimõõduga ava (düüsi). Ketta pöörlemise kiirust reguleeritakse turbiini või reduktori pöörete arvu muutmise teel; kontrollitakse teda kaugsagedusmõõtjaga. Ketta pöörete arv on minutis 5000—24 000. Ketta läbimõõdu suurenemisel pöörete arv väheneb. Ketta pöörlemise keskmine ringkiirus on 126—168 m/sec.

Kuivatite kasutamisel on suur tähtsus kuivatusagregaadi parameetrite kontrollil ja reguleerimisel. Ketaspihustikuivati jaoks toob Kuzmenko järgmise tööparameetrite kontrollimise ja automaatse reguleerimise põhimõtteskeemi (joonis 38). Vastavalt sellele skeemile on põhilisteks kontrollimise ja reguleerimise punktideks: toote etteandmine survepaaki, pihustuskettasse paagist tuleva toote koguse etteandmine ja reguleerimine, auru ja vee andmise, pumba ja ventilaatori kauglülituse reguleerimine ja kontroll, mitmetes punktides temperatuuri kontroll.



Joonis 38. Ketaspihustikuivati parameetrite kontrollimise ja automaatse reguleerimise skeem:

1 — mahuti; *2* — elektrimootor; *3* — pump; *4* — survepaak; *5* — dilatomeetriline temperatuuri reguleerija; *6* — reguleerimisklapp; *7*, *13*, *15*, *18* — takistustermomeetrid; *8* — logomeetrid; *9*, *14*, *16* — tehnilised termomeetrid; *10* — kuivatustorn; *11* — ketas; *12* — reduktor; *17* — elektriline manomeeter; *19* — isekirjutav aurumõõtja; *20* — veemõõtja; *21* — kondensatsioonivee ärajuhtija; *22* — auruventiilid; *23* — surveventilaatorid; *24* — õhufiltrid; *25* — kalorifeerid; *26* — väljatõmbeventilaatorid; *27* — õlijahuti; *28* — õlipump; *29* — õlifilter; *30* — tigu; *31* — reduktor; *32* — sõel; *33* — filtreerimisseadis; *34* — reguleerimiskraanid; *35* — voltmeeter; *36* — ampermeeter; *37* — lüliti; *38* — isekirjutav seade; *39* — magnetlüliti.

Piima kuivatamine toimub kalorifeeris 145—165° C-ni kuumutatud õhuga. Esimene sektsioon toitub otseauruga (10—11 atü), teine turbiini heitauruga (1,5 atü), kolmas ja neljas sektsioonvaakuumaparaadi heitauruga. Õhu temperatuuri kontrollitakse juhtimispulti monteeritud distantstermomeetriga. Enne kalorifeeri sattumist läbib õhk raamide seeria, mis on üle tõmmatud flanelliga või villase riidega, või vistsiinfiltrid.

Kalorifeerist imetakse kuum õhk ventilaatori abil metallist tornikesse. Õhk väljub avadest, mis on asetatud ringikujuliselt 45° all. Väljudes avadest liigub kuum õhk ülespoole kiirusega 3 m/sec. Kuivatamise kiirendamiseks on soovitav tõsta kambrisse siseneva õhu temperatuuri.

Õhu temperatuuri tunduva tõstmise puhul toimuvad aga valkude ja soolaühendite sügavamad muudatused, mille tõttu langeb pulbri lahustumisvõime. Peale selle võib kõrge temperatuur esile kutsuda kohalikke plahvatusi või kambri kuumadele osadele langenud pulbri süttimise. Seda soodustab pulbri kogunemine tornikese koonusosasse, väga peen pihustus või tolmpeente kübemete langemine kuumadele pindaladele ning määrdeõlide sattumine pulbrisse.

Plahvatuse ja kuiva pulbri süttimise põhjuseks võivad olla piimatolmu elektriseerumine, soojuse eraldamine pulbri niiskumisel (eriti kui pulbrile satub madala süttimistemperatuuriga õli), samuti staatilise elektri esinemine.

Staatiline elekter tekib mehhanismide liikumisel, kuumenemisel, piimatolmu koostisosade hapendumisel, sädelemisel, lühistel, aparatuuri ülekuumenemisel ning samuti pihustamisel, mille tõttu lagunevad molekulisisesed kohesioonjõud.

V. Andrejev leidis, et pihustatud piima osakeste laeng on 200 V.

Godželo, Kivenko ja teised tegid kindlaks, et plahvatamise madalal piiril 6,3—8,8 g/m³ ulatub piimapulbri minimaalne süttimistemperatuur 775—825° C-ni; lõssipulbri kriitiline süttimistemperatuur on 185° C ja rasvarikkamatel toodetel 166—178° C, kõrbenud täispiimapulbril 144° C.

Pulbri süttimise vältimiseks on vajalik süstemaatiliselt puhastada tornikese kuumi pinde, vältida määrdeõlide sattumist pulbriga kokkupuutuvatele kuumadele pindadele või ehitada kaitsekate. Samadel kaalutlustel peab juhul, kui tornis kõrbenud piima ei esine, täispiima kuivatamiseks õhu temperatuur olema 155—165° C ja lõssi kuivatamiseks 175—180° C.

Kondenseeritud piim surutakse pihustusketta düüside juurde. Ketta pöörlemisel tekib rõhk (dispergeerimispinge), mille suurust arvutatakse valemi (III—49) järgi.

Kettast paisatakse piim survega kambrisse, kus ta, õhutakistust ületades, pihustub tolmpeenteks osakesteks (20—150 μ).

Kuivatamisprotsessis kulutatakse kuumalt õhult võetud soojus vee aurustamiseks, tekkinud aur küllastab kuivatuskambrit ja suurendab auru osarõhku kambris ning kuivatatava materjali pinnal olevas niiskunud õhus. Seetõttu väheneb kuivatatavast materjalist vee auramise intensiivsus. Kuivatusprotsessi õige režiimi ja intensiivsuse hoidmiseks on vaja pidevalt eemaldada kuivatatavast materjalist eralduvat veeauru ja anda kuivatuskambrisse aurust küllastamata (kuiva) õhku või pidevalt eemaldada kuivatatava materjali pinnalt niisket õhku.

Soojuse üleandmise tõttu õhk kuumeneb ja ta füüsikalised omadused muutuvad.

Kuivatatav vedelik, mis asub kuumas õhuvoolus, kontakteerub sellega. Selle tagajärjel muutuvad õhu parameetrid ja kuivatatava toote seisund. Õhu kuumenemisel jääb ta niiskusesisaldus muutumatuks. Õhu küllastumisaste sealjuures langeb, niiskusemahutavus (niiskuse absorbeerimise võime) aga, ümberpöördult, kasvab. See on õhu kui kuivatusagendi tähtis omadus.

Algul langeb piima temperatuur kiiresti, vähe aja pärast see aga stabiliseerub ja läheneb teoreetilisele aurumistemperatuurile. Selline piima temperatuur jääb muutumatuks seni, kuni pole saavutatud kriitilist niiskust. Siis tasakaalustub piima temperatuur soojuskandja temperatuuriga täieliku kuivamise momendil.

Suur osa piimapulbrist langeb torni põrandale ja suunatakse pöörlevate kraapraudade abil põrandas oleva ava kaudu teole, mille abil ta liigub edasi kuni rappuva sõelani. Väiksem osa piimapulbrist aga, mis koosneb eriti väikestest osadest, kandub heitõhuga filtrikambrisse, kus ta peetakse kinni kottfiltritega.

Filtreid raputatakse perioodiliselt, piimapulber satub neist punkrisse ja suunatakse samuti teo abil rappuva sõelani. Heitõhk aga, läbinud filtri, suunatakse peaventilaatori kaudu välja.

Düüspihustikuivati (joonis 39) erineb ketaspihustikuivatist õhusurveseadme ning õhutorustiku ja ventilatsiooni süsteemi poolest.

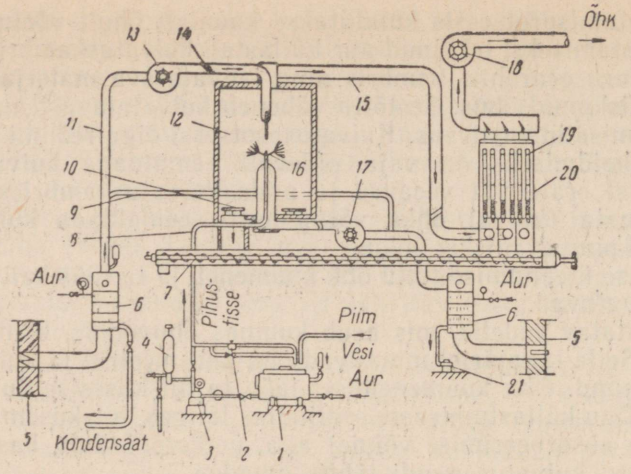
Soojendusõhk antakse kuivatuskambrisse mõlemalt poolt. Peale selle kasutatakse ülalt ja alt puhumist, mis aitab kaasa vedeliku pihustumisele ja suurema keskmise niiskusesisalduse saavutamisele õhus.

Õhu sissevoolamist põhjustab nii kuuma õhku andvate ventilaatorite tegevus kui ka rõhu vahe (atmosfäärirõhk väljas ja peaventilaatori poolt tekitatav vähene õhuhõrendus kambris).

Algul läbib välisõhk horisontaalse õhutorustiku, seejärel läheb lühikesse vertikaalsesse õhutorustikku ja kolmesektsioonilistesse kalorifeeridesse.

Õhk kalorifeerides kuumendatakse kahes järgus: esimeses — kondensatsiooniveega ja teises — otseauruga. Teise astme kalorifeeridest eemaldatakse kondensatsioonivesi kahesektsioonilise kondensatsioonivee ärajuhtijaga.

Kuivati on varustatud pea- ja abiventilaatoritega.



Joonis 39. Düüspihustikuivati:

1 — vastuvõtuvann; *2* — kraan; *3* — kolbpump; *4* — õhukuppel; *5* — filtrid; *6* — kalorifeerid; *7* — tigu; *8* — piimatorustik; *9* — õhutorustik; *10* — harjad; *11* — õhutorustik; *12* — kuivatuskamber; *13* — ventilaator; *14* — drosselsulgur; *15* — õhutorustik; *16* — düüs; *17, 18* — ventilaatorid; *19* — kottfiltrid; *20* — filtrikamber; *21* — kondensatsioonivee ärajuhtija.

Mõnedes seda tüüpi kuivatites on õhutorustiku kesksüsteem asendatud vahetult õhutorudesse asetatud õhupuhuritega.

Heitõhk juhitakse eemale filtrikambritega vahetult ühendatud peaventilaatori kaudu. Imiventilaatori töötamise tulemusena filtrikambrites tekib alarõhk 40—45 mm H_2O. Filtrikambrist juhitakse õhk välja.

Mõnedes Rogersi süsteemi kuivatites kuumendatakse heitõhku kalorifeeris ja kasutatakse uuesti soojuskandjana, teistes kuivatites (Gray Jenseni süsteemi) suundub heitõhk kontsentratsioonikambritesse, kus teda kasutatakse piima eelkondenseerimiseks.

Keskmine väljalaske-õhutoru on suunatud peaventilaatori juurest vertikaalselt välja. Õhu liikumise kiirus õhutorudes muutub kiiruselt 0,5 m/sec õhu sisseimemisel kambrisse kuni 10 m/sec kuivatuskambrisse sisenemisel ja kuni 11—13 m/sec kambrist väljatulekul. Iga õhutorustik on varustatud drosselsulguritega, mis võimaldab reguleerida õhu kogust.

Eemalduva õhuga äraviidava pulbri osakeste kinnipidamiseks on filtrikambris üles seatud kottfiltrid.

Filtrikamber on vertikaali mööda jaotatud kolme sektsiooni, igaühes kaheksa filtrit. Iga sektsiooni ülaosas on õhu äraimemise torud. Filtrite pulbrist puhastamiseks on filtrikambri kaane külge monteeritud raputusmehhanism.

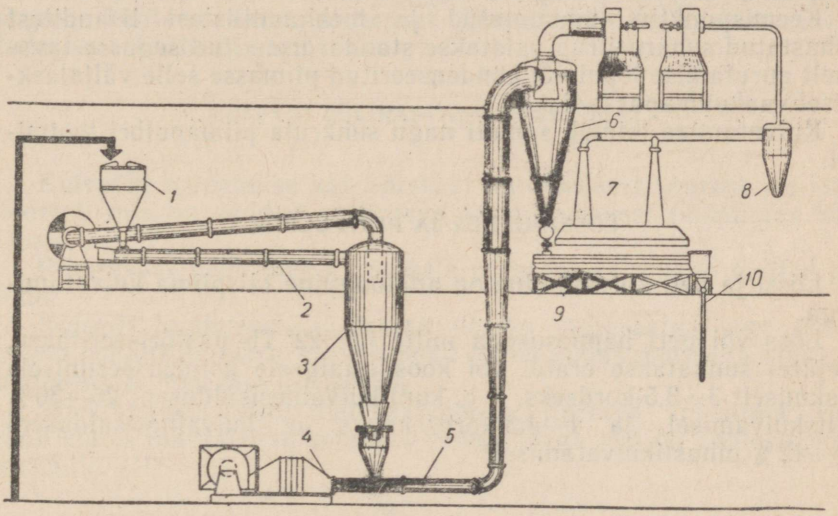
Kambri alumises osas asetseb punker filtritega püütava pulbri jaoks. Punkris on luuk, mille kaudu võib puhastada ta seinu.

Eemaldamis- ja koristamismehhanism koosneb kahest kraapraua st ja teost. Tigu läheb läbi kuivatustorni ja kogu filtrikambri alt ning tuleb allalaskeluugi juurde.

Piimapulber antakse kraapraudade abil teoga ühendatud allalaskeluugi juurde, kust ta satub kiikuva klappsulgurikujulise väljalaskeseadise juurde.

Selleks, et tõsta kambri suhtelist pinget [vaata valemit (III—53)] ja kuivati tootlikkust, tihendatakse kambrialuse ja turbiini korpuse vahet, seatakse filtrikambrist õhu väljaimemiseks üles lisaventilaator ja isoleeritakse kambri keskel olev õhutoru.

Mõnedes välismaa (USA, Prantsusmaa) tehastes toodetakse eriseadeldistega (joonis 40) kõrge ja kiire lahustuvusega piimapulbrit (Instant Milk).



Joonis 40. Kuivati kiiresti lahustuva piimapulbri tootmiseks:
1 — toitepunker; *2* — aglomeratsioonitoru; *3* — märg tsüklon; *4* — kalorifeer; *5* — kuivatustoru; *6* — tsüklon; *7* — jahutusõhu äraimemise süsteem; *8* — tsüklon kuiva pulbri peente fraktsioonide eraldamiseks õhust; *9* — vibratsioonilaud; *10* — fassimispunker.

Piimapulber suunatakse pihustuskuivatist koppelevaatori abil aglomeratsioonikambrisse, kus teda niisutatakse. Aglomeratsioonikambrist satub niisutatud toode väikeste tombukestena märga tsüklonisse, kus ta eraldatakse niiskest õhust ja satub langedes 150° C-ni kuumendatud õhuvoolu. Õhk kannab toote edasi kuiva tsüklonisse, kus ta niiskusesisaldus langeb 2,8—3,6%-ni ja ta eraldub kuumast õhust. Toode jahutatakse vibreerival jahutussõelal kuni 43° C-ni õhuga, mis läbib piimapulbri. Seejärel suundub pulber sõelumisele ja pakkimisele.

KUIVADE PIIMATOODETE TEHNOLOOGIA

PIIMAPULBER SUHKRUGA

Piimapulbrile lisatavad süsivesikud tõstavad toote säilivust, bioloogilist väärtust ja kalorsust.

Hermeetiliselt pakitud piimapulbris peab olema niiskust mitte üle 4% ja rasva 24% ning mittehermeetiliselt pakitud piimapulbris niiskust mitte üle 7% ja rasva mitte alla 23,5%. Suhkrusisaldus valmistootes ei tohi ületada 18%.

Suhkruga piimapulbri tootmine on analoogiline pihustusviisil täispiimapulbri tootmisega.

Keemispunktini kuumutatud ja mehhaanilistest lisanditest puhastatud suhkrusiirup valatakse standardiseeritud segusse tavaliselt aurutamise lõpul või kondenseeritud piimasse selle väljalaskmisel vaakuumaparaadist.

Kuivatamine toimub samuti nagu suhkruta piimapulbri tootmisel.

LÕSSIPULBER JA PETIPULBER

Lõssi ja peti kuivatamine on analoogiline täispiima kuivatamisega.

Lõss või pett happesusega mitte üle 22° Th pastöriseeritakse, seejärel suunatakse eraldi või koos esialgsele kondenseerimisele keskmiselt 3—3,5-kordseks, s. o. kuni kuivainesisalduseni 26—30% valtskuivamisel, ja 4—4,3-kordseks, s. o. kuivainesisalduseni 38—42% pihustikuivatamisel.

KOOREPULBER

Toodetakse suhkruga ja suhkruta koorepulbrit. Hermeetiliselt pakitud koorepulbris ei tohi olla niiskust üle 4%, mittehermeetiliselt pakitud koorepulbris aga mitte üle 7% ja rasva mitte alla 42%. Koorepulbrist 14—17%-lise kuivainesisalduseni taastatud koores ei tohi happesus ületada 20° Th. Koorepulbrit toodetakse värskest, kindla koostiseni standardiseeritud ja eelnevalt kondenseeritud koorest. Standardiseeritud segu rasvasust võib määrata valemi järgi

$$R_s = \frac{100\,R_{kp}}{10{,}615\,K_{kp} - 9{,}615\,R_{kp}}, \qquad \text{(III—54)}$$

kus R_{kp} — koorepulbri nõutav rasvasus (R_{kp}=42,5+43,5),
K_{kp} — koorepulbri kuivainesisaldus.

Standardiseeritud segu pastöriseeritakse 80—85° C juures ja kondenseeritakse 2,4—2,6-kordseks. Kondenseeritud koor kuivatatakse pihustikuivatis. Seejuures tuleb pihustustsoonis taotleda võimalikult madalat temperatuuri.

Koorepulber suhkruga peab sisaldama mitte alla 44% rasva ja mitte alla 10% suhkrut. Taastatud koore happesus ei tohi ületada 19° Th. Ülejäänud näitajad on samasugused nagu suhkruta koorepulbril.

Selleks, et toode vastaks standardi nõuetele, lähtekoor standardiseeritakse, seejärel pastöriseeritakse ja kondenseeritakse mitte üle 2,5-kordseks.

Suhkur lahustatakse vees, mida võetakse 20—25% suhkru kaalust. Siirup aetakse keema, jahutatakse 55—60° C-ni, segatakse kondenseeritud seguga ja kuivatatakse seejärel pihustikuivatis.

Koorepulbrit kasutatakse kondiitritööstuses, jäätise ja mitmesuguste kontsentraatide tootmisel. Koorepulbrit on kasulik tarvitada laste toitlustamisel.

KUIVVÕI (ÜLIRASVANE KUIVKOOR)

Kuivvõid toodetakse kas värskest naturaalsest koorest või siis koorest, mis on saadud piimrasva emulgeerimisel täispiimas või lõssis.

Piimrasval peab olema värskele piimrasvale omane maitse ja lõhn.

Kuivvõi tootmiseks suunatav värske naturaalne koor peab olema konditsiooniline, s. t. tal peab olema puhas maitse ja plasma happesus ei tohi olla üle 28° Th.

Standardiseerimisel naturaalkoorele lisatava täispiima või lõssi kogus määratakse kindlaks valemi järgi, mis on analoogiline valemile (III—4):

$$P = \frac{\frac{R_k}{R} - U_k}{U_p - \frac{R_p}{R}} \cdot K, \qquad \text{(III—55)}$$

kus P — piima kogus, kg,
K — lähtekoore kogus, kg,
R_k — lähtekoore rasvasus, %,
U_k — lähtekoore rasvata kuivaine sisaldus, %,
R_p — piima rasvasus, %,
U_p — piima rasvata kuivaine sisaldus, %,
R — kuivvõi rasvasisalduse protsendi suhe kuivaine sisalduse protsendiga.

Piimrasva kasutamise korral lisatava täispiima või lõssi kogus määratakse kindlaks järgmise valemi järgi:

$$P = \frac{R_{kv}/R}{R_p/R} \cdot R_{pr}, \qquad \text{(III—56)}$$

kus R_{kv} — kuivvõi valmistamiseks võetud piimrasva kogus, kg,
R_{pr} — piimrasva rasvasisaldus, %.

Ülejäänud tähistused on samad, mis eelmises valemis.

Standardiseeritud koor pastöriseeritakse momentselt 85—87° C juures ja homogeniseeritakse pärast seda rõhul 175—200 atü või lastakse läbi emulsorist. Seejärel segu kondenseeritakse vaakuumaparaadis kuivaine 40—45%-se kontsentratsioonini ja kuivatatakse pihustikuivatis järgmisel režiimil: siseneva kuuma õhu temperatuur 140—150° C ja pihustamistsooni temperatuur 65—70° C. Või kuivatamise ajal tükkide tekkimise vältimiseks koristusmehhanismi kraapraudu sisse ei lülitata.

Kuivvõi fassitakse põhiliselt hermeetilisse plekktaarasse. Fassimisel suuremasse puittaarasse tuleb ta eelnevalt pakkida pärgamentkotti.

Kuivvõi koostis %-des: vett 1—3, rasva 70—80, valku 7—8, piimasuhkrut 11—15, mineraalsooli 2—2,5.

Kuivvõi mahukaal sõltub lähtesegu koostisest. Nii on koorest valmistatud kuivvõi mahukaal 360 kg/m³; sulatatud võist valmistatul 370 kg/m³ ja šokolaadivõist tehtul 400 kg/m³.

LASTE KUIVAD PIIMATOOTED

Laste toitlustamisel kasutatavate kuivade piimatoodete hulka arvatakse plasmooni, kassooli, kaseiinpiima, poolrasvast piimapulbrit, piimapulbrit rinnalaste toitlustamiseks jne.

Plasmoon kujutab endast vees lahustuvat naatriumkaseinaati, mida on rikastatud kaltsiumi- ja fosforisooladega.

Kliiniliste katsetuste tulemusena (G. Speranski, A. Tur, M. Lukjantšikova, O. Moltšanova jt.) on kindlaks tehtud, et plasmoon imendub soolestikus hästi ja väldib düspepsiat. Plasmooni albuminaadid seeduvad palju paremini kui näiteks liha albuminaadid. Plasmooni suur füsioloogiline tähtsus väikelaste dieedis on tingitud sellest, et ta sisaldab rikkalikult nukleiinalbumiine ja fosforit, mis võtavad osa rakutuuma moodustamisest.

Plasmoon sisaldab kuni 1,5% rasva, mitte üle 12% vett, 72—76% valku (põhiliselt lahustuva kaseiini näol), 3—4% piimasuhkrut ja ligi 8% mineraalaineid, sellest vähemalt 3% fosforhappeanhüdriidi ja 2,5% kaltsiumhapendit.

Plasmoon on valget või õrnalt kollakat värvi pulber, õrnalt soolaka leelisemaitsega. S. Paraštšuk kasutas plasmooni valmistamisel üksikuid koostisosi järgmises vahekorras (grammides

100 g plasmooni kohta): toidu happekaseiini 82, naatriumdifosfaati 9,8, naatriumtsitraati 4,1 ja kaltsiumlaktaati 4,1.

Plasmooni tootmise tehnoloogiline protsess seisneb järgmises. Kõrgekvaliteediline toidu happekaseiin (rasvasisaldus mitte üle 1,8%, tuhasisaldus kuni 3%, happesus kuni 60° Th ja veesisaldus mitte üle 12%) ja kemikaalid peenendatakse valtsidega, kuulveskites või muul viisil sellise astmeni, et osakesed läheksid läbi sõelast, millel on 30 niiti ühe jooksva sentimeetri kohta. Peenendatud kaseiin ja soolad sõelutakse läbi ja segatakse vastavalt eeltoodud retseptile. Saadud segu fassitakse kartongkarpidesse. Parem on teda fassida hermeetilisse taarasse. Preparaati peab hoidma kuivas ruumis ($\varphi < 80\%$).

Kassool kujutab endast toidukaseiini, mis on naatriumbikarbonaadi ja dinaatriumfosfaadi abil viidud lahustuvasse olekusse ja kuivatatud pihustusmeetodil. Kassool sisaldab vähem kaltsiumi ja fosforit kui plasmoon. Kõrge hügroskoopilisuse tõttu tuleb kassooli fassida hermeetilisse taarasse.

Kaseiinpiim kujutab endast toidu laabikaseiini, koorepulbri ja peedisuhkru segu. Ta sisaldab %-des: rasva 14—18, valku 22—25, piimasuhkrut 13—17, peedisuhkrut 35—39, mineraalaineid 3—4, vett 8. Kaseiinpiim võib osaliselt lahustuda soojas vees või piimas. Kaseiinpiima kasutatakse teravate ja krooniliste seedehäirete korral.

Kaseiinpiima saamiseks segatakse laabikaseiini, mis on lastud läbi sõela, millel on 35 niiti ühel jooksval sentimeetril, suhkru ja koorepulbriga. Koostisosi võetakse järgmises vahekorras (grammides 100 g toote kohta): toidu laabikaseiini 21, koorepulbrit 42 ja peedisuhkrut 37.

Saadud kuiv segu fassitakse pärgament- või polüetüleenkotikestes metall- või kartongtaarasse.

Poolrasvane piimapulber kujutab endast kuivatatud standardiseeritud täispiimasegu. Ta sisaldab mitte alla 15% rasva ja mitte üle 3% niiskust. Valmistoote lahustuvus on vähemalt 94%.

Toote ühes grammis ei tohi olla üle 35 000 bakteri.

Poolrasvase piimapulbri tootmiseks kasutatakse täispiima happesusega mitte üle 20° Th.

Poolrasvase piimapulbri töötlemisel tehakse eelnevad operatsioonid — piima puhastus, jahutus ja vajaduse korral ajutine reserveerimine, pastöriseerimine — samuti nagu täispiimapulbri tootmisel.

Kindlaksmääratud koostisega toote saamiseks teostatakse standardiseerimist sellise arvestusega, et lähtesegu sisaldaks 1,81% rasva. Standardiseerimisel võib kasutada valemit (III—4).

Standardiseeritud segu pastöriseeritakse 85—87° C juures ja kondenseeritakse, kuni sisaldab 43—45% kuivainet. Kondenseeritud segu kuivatatakse tavaliselt pihustusmeetodil. Kuivatatud toode

sõelutakse, jahutatakse ja fassitakse plekist või kombineeritud (kartongplekk) toosidesse.

Piimapulber rinnalaste toitlustamiseks kujutab endast täispiima, koore ja piimasuhkru kuivatatud segu. Temas on mitte alla 25% rasva, mitte alla 51% piimasuhkrut ja mitte üle 3% niiskust.

Kasutatavad toorained ja pooltooted peavad olema kõrgekvaliteedilised; piima happesus mitte üle 20° Th, koore happesus mitte üle 28° Th (ümberarvutatult plasmale). Selleks et saada nõutava koostisega toodet, peab segu puhta piimasuhkru lisamise korral sisaldama 5,4% rasva, kõrgema sordi toorpiimasuhkru lisamise puhul aga 6% rasva.

Standardiseerimiseks vajaliku koore kogus arvutatakse valemi järgi (III—5). Puhast piimasuhkrut lisatakse arvestusega 6,5 kg standardiseeritud segu iga 100 kg kohta ning kõrgemat sorti kuiva toorpiimasuhkrut 8,32 kg standardiseeritud segu iga 100 kg kohta. Piimasuhkur lisatakse segusse lahusena, mis on valmistatud tema lahustuvust arvesse võttes. Koostatud segu pastöriseeritakse 85—87° C juures ja kondenseeritakse, nii et see sisaldab 43—45% kuivainet. Seejärel homogeniseeritakse kondenseeritud segu kuumas olekus 150—160-atmosfäärise rõhu juures ja kuivatatakse pihustusviisil. Toode fassitakse hermeetilisse taarasse.

KUIVAD HAPUPIIMATOOTED

Kuivadest hapupiimatoodetest toodetakse hapupiima- ja hapukoorepulbrit.

Hapupiimapulbrit saadakse järgmisel viisil. Kõrgekvaliteediline piim pastöriseeritakse 85—87° C juures, kondenseeritakse 42—45%-se kuivainesisalduseni ja homogeniseeritakse kuumas olekus 50—65 atü juures. Kondenseeritud piimale lisatakse 5% piimhappebakterite juuretist lisatava kultuuri optimaalsel arenemistemperatuuril. Kohe pärast juuretise lisamist kuivatatakse kondenseeritud piim pihustusviisil võimalikumalt madalamas temperatuuris.

Hapupiimapulber fassitakse hermeetilisse taarasse. Taastamisel lahustatakse hapupiimapulber soojas vees (40° C), võttes 150 g pulbrit 1 liitri vee kohta. Lahust hoitakse 6—7 tundi, et happesus tõuseks 90—95° Th-le. Pärast valkude paisumist saadakse täiesti rahuldava konsistentsiga ja maitsega hapupiim.

Hapupiimapulber sisaldab %-des: rasva 26, valku 26,5, piimasuhkrut 38,5 ja mineraalaineid (tuha järgi) 4.

Hapukoorepulbrit valmistatakse värskest koorest happesusega mitte üle 28° Th (ümberarvutatult plasmale). Standardiseeritakse sellise arvestusega, et hapukoorepulber sisaldaks mitte üle 3% niiskust ning seejuures rasva mitte alla 65% ja rasvata kuivainet mitte alla 31%. Standardiseeritud segu pastöriseeritakse

85—87° C juures ja kondenseeritakse 40—45%-se kuivainesisalduseni. Kondenseeritud segu homogeniseeritakse kuumas olekus 56—60 atü juures. Jahutatult 35—40° C-ni lisatakse 4% juuretist atsidofiliini ja bulgaaria kepikeste kultuuridest happesusega 120—150° Th ja 1% termofiilse streptokoki juuretist happesusega 90—100° Th. Juuretisega segatud koor kuivatatakse pihustusviisil. Hapukoorepulber sõelutakse, jahutatakse ja fassitakse plekist või kombineeritud materjalist purkidesse.

Taastamisel lahustatakse hapukoorepulber keedetud ja 40—45° C-ni jahutatud vees, mida võetakse sellise arvestusega, et saadakse 30%-lise rasvasusega hapukoor. Lahus hoitakse 10—12 tundi temperatuuril 40° C. Selle aja jooksul toimub nõutav happesuse tõus.

Et valgud paremini paisuksid, s. o. tekiks kalgend, jahutatakse hapukoor maha ja hoitakse 6—8 tundi. Seetõttu omandab toode tiheda konsistentsi ning viskoossuse kuni 900 sentipuaasi ja enam.

18. PEATÜKK

PIIMAKONSERVIDE VEAD, FASSIMINE JA SÄILITAMINE

PIIMAKONSERVIDE VEAD

Halvakvaliteedilise tooraine kasutamise ja tootmise ning säilitamise tehnoloogiliste protsesside režiimi rikkumise korral tekivad tootes ühed või teised vead. Esineb maitse, lõhna, konsistentsi, värvuse ja muid vigu. Tabelis 13 on esitatud sagedamini esinevad vead, nende tekkimise põhjused ja vältimise abinõud.

KONDENSEERITUD PIIMAKONSERVIDE FASSIMINE

Kondenseeritud piimakonservid villitakse plekktoosidesse poolautomaatsel ja automaatsel meetodil, puutünnidesse aga käsitsi.

Poolautomaatsel meetodil toimub piima villimine ja purkide sulgemine järgmisel viisil: kondenseeritud piim satub algul vastuvõtupaaki ja seejärel mahtdosaatorisse. Kolvi iga käiguga toimub toote mõõtmine ja toosi täitmine. Täidetud toosid suunatakse käsitsi või konveierlindi abil sulgemismasina juurde.

Automaatse fassimise jaoks kasutatakse villimis- ja sulgemisliine (agregaate), mis koosnevad sünkroonselt töötavate masinate seeriast: tooside pesemise, villimise ja sulgemise masinatest ja mõningatel juhtudel ka loputus- ja kuivatusaparaadist. Kõik masinad liinil on seotud transportööriga ja teiste transpordiseadistega, mis kindlustavad protsessi voolavuse.

Kondenseeritud lõssi suhkruga fassitakse põhiliselt käsitsi puittaarasse või suurtesse purkidesse. Puutünnid eelnevalt parafineeri-

Tabel 13

Viga	Vea olemus	Vea tekke-põhjused	Vea vältimise abinõud
		Maitse ja lõhna vead	
Piima maitse puudumine või vähesus	Suhkrusiirupi maitse varjab pastöriseeritud piima maitse kas täielikult või osaliselt	Kondenseeritavasse piimä on suhkrusiirup lisatud liiga hilja. Piima pastöriseerimise temperatuur on olnud madal	Kuum suhkrusiirup on vaja lisada piima kas kohe pärast eelnevat termilist töötlemist, vaakuumaparaati andmise eel või keetmiseks ettenähtud piimakoguse teise poole sisseimemise algul
Ebapuhas ja ebamääranе maitse ja lõhn	Piima koostisosade muutumise algstaadium	Jääkmikrofloora arenemine ja mitte küllalt värske, kõrgendatud bakterioloogilise saastumisega piima ümbertöötamine	Suunata ümbertöötamisele ainult kvaliteetset piima. Toota kondenseeritud piima suhkrusisaldusega mitte alla 63%. Steriliseeritud kondenseeritud piima tootmisel teostada täielikku steriliseerimist ja kontrollida tooside hermeetilisust
Söödamaitse	Spetsiifiliste maitse- ja aroomiainete (alkaloidide, estrite jm.) üleminek söötadest piimasse. Söödalõhnade adsorbeerumine piimas	Söödamaitsega piima ümbertöötamine. Viga tekib, kui lehmad söövad teravalt lõhnavaid taimi või kui ei peeta kinni söödaratsioonist	Põhjalikult sorteerida piima vastuvõtmisel maitse ja lõhna järgi. Piima termilisel eeltöötlemisel kasutada kõrgemat temperatuuri.
Kibe maitse	Kibeda maitsega alkaloidide ja glükosiidide üleminek taimedest piimasse. Valkude lagunemisel peptoonide tekkimine	Kibeda maitsega piima ümbertöötamine. Valkude koaguleerumine mikrofloora poolt eristatavate laapfermentide mõjul ja valkude järgnev proteolüüs	Kibeda maitsega piima töötlemisele mitte lubada. Mikrofloora hävitamiseks tuleb kondenseeritud piim steriliseerida

Tabel 13 (järg)

Viga	Vea olemus	Vea tekke-põhjused	Vea vältimise abinõud
Metallimaitse	Vase- ja rauasoolade lahustumine piimas	Halvasti tinutatud taara, nõude ja aparatuuri kasutamine. Rauasoolade olemasolu seadmete pesemiseks kasutatavas vees	Tootmises kasutada ainult hästi tinutatud või roostevabast metallist taarat, nõusid ja aparatuuri. Viivitamatult kõrvaldada vaakuumaparaatide, pastörisaatorite ja siirupikeetmiskatelde vaskosadelt vaskoksiid ja vasesoolad. Vee puhastamine rauasooladest.
Rasvamaitse. Tingitult piimapulbri struktuurist esineb see viga piimapulbris sagedamini kui kondenseeritud piimas	Oleiinhappe hapendumine dioksüsteariinhappeks	Piimarasva, eriti vaba, s. o. ilma kelmeaineta rasva hapendumine metallide katalüütilisel toimel ja säilitamisel kõrgemas temperatuuris	Vältida vase- ja rauasoolade piima sattumist, kaitsta piima valguse, eriti otsese päikesevalguse mõju eest.
Rääsinud maitse. Esineb piima pulbris sagedamini kui kondenseeritud piimas	Piimarasva hüdrolüütiline lõhustumine koos lagunemisproduktide hapendumisega ja aldehüüdide, ketoonide, ketohapete, oksühapete jm. moodustumisega	Fermendi lipaasi toime	Kasutada piima termilisel eeltöötlemisel kõrgemat temperatuuri nii loomuliku kui ka bakteriaalse lipaasi inaktiveerimiseks.
Pärmi- või alkoholimaitse käärimise tulemusel (bombaaž)	Suhkru kääritamine pärmiga, kusjuures tekib gaasi; tõuseb happesus ja toote tükilisus. Bakterite poolt esile kutsutud gaasiline käärimine. Käärimisel tõuseb gaaside eritumise tõttu toosides rõhk, mis viib toosi deformeerumiseni ja isegi nende rebenemiseni piki tinutusõmblust	Suhkruga kondenseeritud piima on sattunud pärmseeni, mis on võimelised arenema kontsentreeritud suhkrulahuses. Suhkruta kondenseeritud piimas on soole-, roisu- või võihappebaktereid	Kondenseeritud piima pärmseentega saastumise allikaks on suhkrukotid, suhkur ja halvasti puhastatud kommunikatsioonid. Isoleerida siirupikeetmisruum keedu- ja fassimisruumist, steriliseerida seadmed. Mitte lasta kondenseeritud piimal pärast steriliseerimist teistkordselt bakteritega saastuda.

Tabel 13 (järg)

Viga	Vea olemus	Vea tekke-põhjused	Vea vältimise abinõud
		Konsistentsi vead	
Jahusus ja teralisus	Üle 10 μ suuruste piimasuhkru kristallide olemasolu	Suhkruga kondenspiima vajalikust jahutamisrežiimist mittekinnipidamine, mis on tihedalt seotud piimasuhkru kristalliseerumisega. Jahutamisel ei lisata või lisatakse ainult väike kogus peeneks jahvatatud kuiva piimasuhkrut	Kinni pidada suhkruga kondenspiima jahutamise režiimist. Lisada jahutatavale piimale massilise kristalliseerumise momendil kristallide algeteks vähemalt 0,02% peeneks jahvatatud kuiva piimasuhkrut. Mitte lubada järske temperatuurimuutusi suhkruga kondenseeritud piima säilitamisel.
Suhkruga kondenspiima kalgendumine (voolavuse kadumine)	Kaseiini osakeste suurenemine kondenseerimisel, kui tõuseb pärislahuses olevate kaltsiumi ja soolade kontsentratsioon. Kaseiini hüdratatsiooniliste omaduste suurenemine kõrge temperatuuri mõjul. Kaseiini koaguleerumine laapfermendi mõjul, mida eritavad bakterid, mis samal ajal moodustavad ka happeid	Piima kõrges temperatuuris kondenseerimise kestuse pikendamine. Rasvata kuivaine kõrgendatud sisaldus, piima ülekuumendamine vaakuumaparaatide sundseisaku puhul, vähene suhkrusisaldus, säilitamine temperatuuril üle 15° C	Mitte lubada töötlemisele ternespiima. Aurutada kõrge vaakuumi juures (keetmine lõpetada temperatuuril mitte üle 55° C). Suhkrut lisada sellises koguses, et suhkrusisaldus ei oleks alla 63%. Kondenseeritud piima säilitada temperatuuril mitte üle 15° C. Täpselt täita sanitaar-hügieenilisi tingimusi ja tingimata desinfitseerida seadmeid ja kommunikatsioone.
Kondenseeritud piima tükilisus	Valkude osaline koaguleerumine hallitusseente poolt eritatavate fermentide ja hapete (helbed) toimel	Madalakvaliteedilise piima ümbertöötamine. Tööstuse halb sanitaarne olukord ja seadmete halb pesemine ning desinfitseerimine. Kondenseeritud piima saastumine šokolaadihallituse eostega	Algpiima hoolikas valimine. Põhjalikult pesta ja desinfitseerida tehnoloogilisi seadmeid. Hoida tööstuse ruumid nõutavas sanitaarses seisukorras. Eraldada siirupikeetmisosakond keetmis- ja fassimisosakonnast.

Tabel 13 (järg)

Viga	Vea olemus	Vea tekke-põhjused	Vea vältimise abinõud
Piimapulbri värvuse tuhmumine koos rikkenud kaseiinliimile omase maitse ja lõhna tekkimisega ning lahustumisvõime langemisega	Melanoidiinide moodustumine koos ebameeldiva spetsiifilise lõhna tekkimisega ja lahustumisvõime langusega	Piimapulbri pakkimine ebahermeetilisse taarasse, mistõttu toode niiskub ning kiireneb melonoidiinide moodustumine, vabas niiskuses aga lahustuvad piimhape ja soolad, andes valkudega keemilisi reaktsioone, mille tagajärjel toimub valkude denatureerumine	Fassida kuivpiim hermeetilisse taarasse ja pärast kuivatamist viivitamatult jahutada

takse, mis kaitseb toodet puumaitse omandamise eest. Tünnid täidetakse kaanes olevate avade kaudu, mis seejärel puust korkidega tihedalt suletakse.

KUIVADE PIIMATOODETE FASSIMINE

Kuivad piimatooted on väga hügroskoopsed. Niiskuse absorbeerimise korral langeb nendesse kuuluvate komponentide lahustuvus. Seepärast tuleb kuivad piimatooted pärast mahajahutamist ja läbisõelumist viivitamatult fassida. Parimaks fassimismaterjaliks on selline materjal, mis ei lase läbi õhku ega veeauru.

Kuivade piimatoodete kvaliteet ja lahustuvus langevad enamikel juhtudel pakendi ebahermeetilisuse ja niisketes ruumides hoidmise tõttu ($\varphi > 75-80\%$).

Piimapulbri pakkimisel suuremamahulisse taarasse — puutünnidesse, trumlitesse, kartongkarpidesse — soovitatakse nende sisse asetada bituminiseeritud paberist (bituumen nr. 4), polüetüleenist või polüisobutüleenist valmistatud kotid.

Polüetüleenkelmed, mida saadakse etüleeni polümeriseerimise teel, on õhu- ja veekindlad ja ei tursu. Nende auruläbilaskvus on ligi 150 korda madalam kui pärgamendil, peaaegu 2 korda madalam kui polüamiidkelmetel. Isegi kõrge niiskuse tingimustes (kuni 96%) muutub polüetüleenkotikestesse pakitud piimapulber vaid 1—1,5% võrra niiskemaks. Järelikult on need kelmed täiesti kõlblikud piimapulbri hoidmiseks. Nad on kerged (37—48 g/m^2), nende tugevus on 100 kg/cm^2, on vastupidavad

külmale (—70° C) ja soojale — taluvad kuumutamist kuni 90° C ja mõned isegi steriliseerimist.

Polüisobutüleenkelmetel on hea keemiline vastupidavus, eriti hapendumise suhtes. Need kelmed on õhu- ja veekindlad ega tursu. Polüisobutüleenikihiga kaetakse tsellofaani, pärgamenti, paberit ja riiet.

Väikesemahulisse taarasse fassimisel on otstarbekohane kasutada kombineeritud toose, mille seinad on kas immutatud parafiiniga või üle kleebitud kašeeritud fooliumiga või asetatakse kartongkarpidesse polüetüleenist kotikestega.

KONDENSEERITUD PIIMAKONSERVIDE SÄILITAMINE

Et pikemat aega säilitada piimakonservide esialgset kvaliteeti, on vaja täita järgmist temperatuuri- ja niiskuserežiimi.

Ruumide temperatuur peab olema 0 kuni 10° C (soovitatav on hoida temperatuur mitte üle 4—5° C), kusjuures ei tohi esineda järske kõikumisi. Õhu suhteline niiskus ei tohi ületada 85%.

Temperatuuri kontrollimiseks peavad olema üles seatud termomeetrid ja niiskuse kontrollimiseks psühromeetrid.

Pikaajalisel säilitamisel on vaja kondenseeritud piima kaste ja toose perioodiliselt ümber keerata.

KUIVADE PIIMATOODETE SÄILITAMINE

Kuivatatud pulbrit niisutatakse seisundini, mille puhul saabub õhus oleva ja toote niiskuse aurude tasakaal. Ühesuguse suhtelise õhuniiskuse puhul on niiskusesisaldus täispiimapulbris väiksem kui lõssipulbris. See on tingitud nende toodete erisugusest hügroskoopsusest. Täispiimapulbri madalam hügroskoopsus on seletatav suurema rasvasisaldusega ja väiksema rasvata ainete, põhiliselt valkainete sisaldusega.

Piimapulbri niiskuse tasakaalu dünaamika omab suurt tähtsust piimapulbri säilitamise õigel organiseermisel.

Kuivatist väljumisel tuleb piimapulber isoleerida õhu mõjudest, sest jahtumisel absorbeerib toode väga intensiivselt niiskust. Kõrge hügroskoopsuse tõttu ei tule piimapulbrit jahutada kuivatustsehhis.

Mõnedes kuivatites jahutatakse piimapulber tornist sõelale suunamise ajal.

Arvestades suurt hügroskoopsust tuleb piimapulbrit säilitada kuivas ja jahutatud ruumis.

Temperatuuri kõikumine pulbri säilitamise ruumis ei ole soovitav. Õhu suhteline niiskus ei tohi ületada 75%. Puittaaras piimapulber asetatakse kuivadele puhastele restidele.

Riitade vahel peavad olema vahed õhu vabaks tsirkuleerimiseks. Taarat ei soovitata paigutada lähemale kui 0,3 m seinast ning soojenduskehade lähedale.

VÕI KLASSIFIKATSIOON

Või on kõrge kalorsusega (umbes 7800 kcal/kg) ja hästi omastatav toiduaine (omastatavus piimarasval 97%, plasma kuivainel 94,1%). Või sisaldab tavaliselt rasva vähemalt 81—83%, vett mitte üle 16% ja soola mitte üle 1,3%. Rasvata orgaanilisi aineid (laktoos, valgud jt.) sisaldab või keskmiselt 1%. Või bioloogiline väärtus oleneb rasvas lahustuvate vitamiinide A ja E ning vees lahustuvate vitamiinide B_1, B_2 ja C sisaldusest; neid leidub võis keskmiselt järgmisel hulgal:

Vitamiinid	Sisaldus mg/kg
A	4,87
E	3,85
B_1	0,29
B_2	0,46
C	jäljed

Nõukogude Liidu võitööstus toodab suures valikus võid. Kaubastatavad liigid erinevad maitse, aroomi, konsistentsi, koostise ja teiste omaduste poolest. Need erinevused on tingitud või töötlemise režiimist, lisandatavatest maitse- ja aroomiainetest ning või tooraine laadist. Või kui kauba omadustele ja koostisele avaldavad mõju ka koore töötlemise meetodid.

Võid võib liigitada järgmiselt:

I. Piima koorest või — koorevõi:

1) värskest pastöriseeritud koorest rõõsakoorevõi, mida võib toota kas soolaga või ilma (soolavõi, mage või);

2) värskest kõrge temperatuuri juures (95° C) pastöriseeritud koorest valmistatud nn. vologda või, millel on selgesti tuntav spetsiifiline aroom (pähkli maitse), seda toodetakse soolata;

3) värskest pastöriseeritud, piimhappe- ja aroomitekitajate bakterite puhaskultuuridega hapendatud koorest valmistatud hapukoorevõi, mis võib olla kas soolane või mage;

4) lemmikvõi, suure vee- (kuni 20%) ja rasvata kuivaine (kuni 2%) sisaldusega;

5) lisanditega või. Viimase liigid on šokolaadivõi — kakao, suhkru ja vaniljega, meevõi — naturaalse meega, suhkruvõi — suhkru ja vaniljega, puuvilja- ja marjavõi — puuvilja- ja marjamahladega. Lisanditest olenevalt sisaldab selline või 52—76% rasva.

II. Vadaku koorest või — vadakuvõi. See võib olla kas rõõsakoore- või hapukoorevõi, kas soolane või mage.

III. Termiliselt või mehhaaniliselt töödeldud või:

1) madala temperatuuri juures soojutatud ja järgnevalt metalltaarasse fassitud või — soojutatud või (плавленное масло);

2) ülirasvasest koorest vaakuumi all töödeldud, metalltaarasse fassitud ja steriliseeritud või — steriliseeritud või;

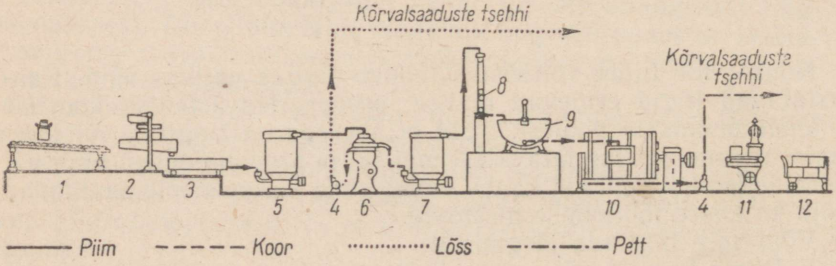
3) ülirasvasest koorest, vaakuumeeritud, metalltaarasse pakitud ja põhjalikult pastöriseeritud või — pastöriseeritud või;

4) piimarasv eraldatud võist sulatamise teel (sisaldab vähemalt 98% rasva) — sulatatud või;

5) piimarasva ja plasma emulgeerimise ja järgneva mehhaanilise töötlemise teel saadud või — taastatud või.

VÕI TOOTMISE TEHNOLOOGILISE PROTSESSI SKEEM

Või valmistamise viisidest on kõige rohkem levinud koore kokkulöömine perioodiliselt töötavas võimasinas. Sel puhul kulgeb tehnoloogiline protsess järgmise skeemi kohaselt (joonis 41).



Joonis 41. Või tootmise tehnoloogilise protsessi skeem:
1 — rulltee; *2* — kaal; *3* — vastuvõtuvann; *4* — pump; *5* — eelsoojendi; *6* — separaator; *7* — pastörisaator; *8* — jahuti; *9* — koorevann; *10* — võimasin; *11* — võitampimismasin; *12* — võikäru.

Võitööstusse saabuv piim antakse rullteed *1* mööda vastuvõtukaalu *2* ette. Kannude perroonilt kaaludeni liikumise ajal võetakse piima kvaliteedi proov. Pärast kaalumist lastakse piim voolata vastuvõtuvanni *3*, kust see läheb eelsoojendisse *5* koorimistemperatuurini soojendamiseks.

Eelsoojendist antakse piim separaatorile *6*. Saadud lõss pumbatakse osalt kõrvalsaaduste tsehhi, osalt piimatoojatele tagastamiseks vastuvõtutsehhi, koor aga läheb pastörisaatorisse *7*.

Pastörisaatorist voolab koor tsentrifugaaljõu mõjul jahutisse *8*, kust see ise valgub koorevanni *9*, kus seisab füüsikalise valmimiseni. Hapukoorevõi jaoks hapendatakse koor samas vannis. Kokkulöömiseks ettevalmistatud koor juhitakse võimasinasse *10*, kus nüüd koor teraks kokku lüüakse, võitera pestakse ja või töödeldakse. Soolase või valmistamise korral lisatakse pärast pesemist võiterale sool. Saadud pett juhitakse pumbaga kõrvalsaaduste tsehhi. Valmis või võetakse võimasinast välja ja tambitakse kastidesse. Selleks võib kasutada võitampimismasinat *11* või võivormimismasinat. Toode viiakse kärul *12* võihoidlasse.

Olenevalt või liigist ja aparatuurist võib esineda sellest skeemist kõrvalekaldumisi. Nii kasutatakse lemmikvõi valmistamisel perioodiliselt töötava võimasina asemel pidevalt töötavat võimasinat; selle või puhul jääb ära või pesemine ja soolamine. Pastörisaatori tsentrifugaaljõud võib osutuda väheseks, et tagada koore isevool võimasinani. Sel puhul tuleb jahuti järel üles seada pump koore juhtimiseks vanni. Ejektor, mis alandab võimasinas rõhku, imeb koore vannist ära.

Kui koorevanni asemel kasutatakse hermeetilisi tanke, siis puhutakse koore võimasinasse juhtimiseks tankidesse suruõhku. Lõpuks võib hüdraulilise tõstuki abil tõsta koorevanni nii kõrgele, et koor ise voolab vannist võimasinasse.

Kui koort pastöriseeritakse plaatpastörisaatoriga, siis jääb ära skeemil näidatud regeneratiivjahuti. Mõnedes tööstustes pastöriseeritakse koor vannides, kus ka järgnevalt koor kokkulöömiseks ette valmistatakse: jahutatakse, lastakse valmida ja sageli ka hapendatakse. Sel puhul jäävad ära skeemil näidatud pastörisaator *7* ja jahuti *8*.

Vooluliinil valmistatakse võid eri skeemi järgi, mis esitatakse allpool.

19. PEATÜKK

PIIM JA KOOR KUI VÕITÖÖSTUSE TOORAINED

PIIMA JA KOORE KVALITEEDILE ESITATAVAD NÕUDED

Või kvaliteet ja pikaajaline säilivus olenevad suurel määral ümbertöötatava tooraine kvaliteedist. Mingisuguste tehniliste võtetega pole võimalik parandada või kvaliteeti, kui lähtetooraine ei rahulda neid nõudeid, millest oleneb kõrgekvaliteedilise või valmistamise võimalus.

Või valmistamiseks kasutatavale piimale esitatavate üldiste nõuete kõrval on erinõudeid, mis puudutavad peamiselt rasvfaasi

olemust. Või valmistajale pakub huvi nii rasva kogus piimas kui ka selle kvalitatiivne koostis. Piima rasvasisalduse suurenemisega paraneb rasva kasutamise aste või valmistamisel, s. o. suhteliselt vähem jääb seda tootmisjääkidesse, lõssi ja petti. Oluline on samuti rasvakerakeste suurus. Peened rasvakerakesed läbimõõduga kuni 1μ lähevad enamasti lõssi ja petiga kaduma. Jämedamad rasvakerakesed aga lähevad kiiremini kokku võiks. Piima rasvakerakeste suurust iseloomustavad andmed on toodud tabelis 14.

Tabel 14

Rasvakerakeste läbimõõt μ	Rasvakerakeste jagunemine suuruse järgi %-des eri autorite andmetel		
	Inihhov	Kazanski	Rozov
0—2	15,3—31,7	5,4—43,9	29,9—75,0
2—3	30,0—38,7	52,4—91,7	11,5—52,0
3—4	18,0—32,0		3,9—15,8
4—5	9,7—16,0	14,5—29,1	0,0— 7,8
5—6	5,0—6,0	1,1—3,9	0,0— 2,3
üle 6	0,4—1,7	0,8—3,5	

Jämedamaid rasvakerakesi on piimas rohkem laktatsiooniperioodi keskel, loomade rikkaliku söötmise korral ja suvisel karjatamisperioodil. Kinnijäävate lehmade piimas, aga ka ternespiimas, on rohkem peeni rasvakerakesi.

Või kvaliteet, konsistents ja osaliselt maitse, lõhn ning säilivus olenevad piimarasva koostisest ja omadustest, mida oluliselt mõjutavad söödad ja ratsioonid. Piimarasva koostisele ja või kvaliteedile avaldatava mõju järgi võib söötasid jagada kolme rühma. Esimese rühma söödad annavad võile pehme konsistentsi ning tugevama aroomi ja maitse. Seejuures alaneb piimarasva sulamis- ja hangumistemperatuur ja suureneb lenduvate küllastamata rasvhapete sisaldus. Joodarv võib tõusta väga kõrgeks (kuni 48 ja enam). Sellesse söötade rühma kuuluvad enamik õlikooke, silo, mais, suhkrupeedilõigud ja praak.

Teise rühma söödad põhjustavad või liiga tiheda konsistentsi ja nõrga aroomi. Sellise või rasva iseloomustab madalam oleiinhappe- ja lenduvate rasvhapete sisaldus. Sellesse rühma kuuluvad süsivesikuterikkad söödad: kartul, kaer, oder, samuti põhk, hein ja kaunviljad. Kolmanda rühma söödad tagavad piimarasva normaalse koostise. Sinna kuuluvad nisukliid, päevalillesõmerik, kõrreliste hein ja enamik juurvilju.

Öeldut arvestades tuleb piimalehmade söödaratsioon koostada nii, et ühtede söötade ebasoovitavat mõju piimarasvale kompenseeriks teiste vastupidiselt mõjuvate söötade toime. Vologda looma-

kasvatuse katsejaama katsed näitasid, et lehmadele õigesti koostatud söödaratsioonide puhul ei avaldu ühe või teise sööda ebasoovitav mõju piimarasva koostisele.

Piimarasva koostisse kuulub kuni 20 rasvhapet, mis moodustavad suure arvu füüsikalistelt omadustelt (sulamis- ja hangumistemperatuur, kõvadus jne.) erinevaid triglütseriide. Nende vahekorrast oleneb või konsistents. Talvel suureneb piimarasvas raskesti sulavate küllastatud glütseriidide kogus, mille tagajärjel või omandab kõva konsistentsi, suvel tõuseb kergesti sulavate glütseriidide sisaldus, milledes on rohkesti madalmolekulaarseid ja küllastamata rasvhappeid, ja või omandab pehme konsistentsi.

Või valmistamiseks on oluline, kui püsiv on piima ja koore rasvfaas. See sõltub rasvakerakeste adsorptsioonsetest lipoid-proteiinsetest pindkestadest ja plasma füüsikaliskolloidsest olemusest (soolade tasakaal, pH jt.).

Lipoid-proteiinne kest on umbes 5 mμ paksune ja kujutab enesest keerukat fosforlipoidide ja proteiinide orienteeritud kompleksi.

Lipoid-proteiinne kest moodustab rasvakerakeste pinnale pindpinevuse ja samanimeliste elektrilaengute mõjul barjääri, mis takistab rasvakerakesi omavaheliste kokkupõrgete mõjul suuremateks tilkadeks koalestseerumast (liitumast).

Selle kesta purunemisel toimub rasva agregatsioon (rasva konglomeraatide moodustumine) või koalestsents, olenedes sellest, kas rasv on osaliselt kristalliseerunud või vedelas olekus. Peale proteiini ja fosforlipoidide sisaldavad rasvakerakeste kestad veel fosforlipoidide, karotinoidide ja kolesteriiniga tihedalt seotud raskesti sulavaid triglütseriide.

Palmeri ja Wiese andmetel sisaldab 100 g piimarasva rasvaemulsiooni olekus 0,66—0,89 g kestainet (proteiine, fosforlipoide ja raskesti sulavaid triglütseriidide fraktsioone).

Rimpila ja Palmeri järgi tuleb 100 g rasva kohta 0,17—0,29 g kesta fosforlipoide. Kingi järgi leidub kestaines 64—71% proteiini, mille loomus aga pole täpselt määratletud.

Enamik uurijatest peab seda valguks, mis, erinevalt teistest piima valkudest, sisaldab vähem lämmastikku ja eriti fosforit, leutsiini, asparagiin- ja glutamiinhapet ja rohkem arginiini, glutsiini ja fenüülalaniini.

Pastöriseerimistemperatuurini soojendamisel annavad kestaporteiinist eralduvad sulfiidid koorele spetsiifilise maitse. Jaapani uurijad Sasaki ja Koyama, kasutades elektroforeesi meetodit ja märgistatud aatomeid ning paberkromatograafiat, tegid kindlaks, et kestavalk ei ole identne α-, β- ja γ-kaseiiniga ega ka β-laktoglobuliiniga ning ta moodustub vadakuvalgu arvel.

Kesta fosforlipoidide koostisse kuuluvad letsitiin, kefaliin ja sfingomüeliin. Peti maitset põhjustavad koorest sinna üle tulnud fosforlipoidid.

Rasvakerakesed kannavad oma pinnal elektrilaengut, mille suurus oleneb plasma pH-st. Kõrge pH väärtuse korral on laeng negatiivne, madala korral positiivne. Laengu muutumine toimub isoelektrilises punktis, mis paikneb pH = 4,1 ... 4,5 piires. Laeng määrab rasvakerakeste elektroforeetilise liikuvuse elektriväljas, mis on võrdne $2{,}51 - 2{,}56 \cdot 10^{-4}$ cm²/Vsec.

Rasvakerakeste kestade struktuuri määravad orienteeritud komponentide gruppide omavahelised külgetõmbejõud. Kerakese rasvapinnale kinnitub fosforlipoidide ja proteiinide kompleks, moodustades kesta sisekihi. Sel puhul on lipoidide molekulid orienteeritud risti pikaksvenitatud proteiinide molekulide paralleelsetele kihtidele. Välise kesta moodustavad ebakindlalt kinnitunud plasma pindaktiivsed komponendid, eriti kaseiin.

Või tootmisel omavad esmajärgulist tähtsust kestaine stabiilsus ja rasvakerakeste agregatsioon.

VÕI VALMISTAMISEL KOORE RASVASUSELE ESITATAVAD NÕUDED

Koorejaamadest tööstusesse saabuv koor peab olema konstantse, s. o. päevast päeva ühesuguse rasvasisaldusega. Koore rasvasisalduse kõikumine võib põhjustada või konsistentsi vigu ja rohket rasvakadu petti; peale selle nõuaks see alatasa töötlemisrežiimi muutmist, mis on tülikas.

Optimaalse rasvasisalduse kindlaksmääramisega taotletakse minimaalset rasvakadu lõssi ja petti, hea konsistentsiga või saamist ja ühele tooteühikule langeva aja-, tööjõu- ja energiakulu maksimaalset vähendamist. Koore rasvasisaldus peab vastama toodetava või liigile.

Mõned võitööstused praktiseerivad transpordivahendite ökonoomse kasutamise eesmärgil koorejaamades suure rasvasisaldusega koore, sealhulgas ka plastilise koore tootmist. Niisugune koor tuleb standardiseerida optimaalse rasvasisalduseni kas piima või lõssi lisamisega. Ühtlaseks piimaga segunemiseks on koort vaja standardiseerimise eel tingimata soojendada 35—40° C-ni.

Mida madalama rasvasisaldusega on koor, seda aroomikam on saadav või, sest aroomikandjat plasmat on selles rohkem.

Väär on see arvamine, et rasvarikkast koorest valmistatud või on tingimata konsistentsivigadega. On kindlaks tehtud, et vastava temperatuurirežiimi korral ei mõjuta kuni 36%-lise rasvasisaldusega koore töötlemine või konsistentsi.

Perioodiliselt töötavates võimasinates tuleb kokku lüüa 32—36%-lise rasvasisaldusega ja pidevalt töötavates võimasinates kuni 40—45%-lise rasvasisaldusega koort. Vologda või valmistatakse 24—28%-lise rasvasisaldusega koorest. Kõrvalekaldumist nendest normidest võib lubada siis, kui koore hulk ei vasta perioodiliselt töötava võimasina normaalsele täitmisele. Vastavalt sellele

võib alandada vologdà või valmistamisel koore rasvasisaldust kuni 20%-ni ja teiste võiliikide valmistamisel kuni 25%-ni.

Et saada kindla rasvasisaldusega koort, reguleeritakse selle väljatulekut vastavalt kooritava piima rasvasisaldusele; seejuures lähtutakse järgmisest piima rasvasisalduse ja koore väljatuleku ning rasvasisalduse vahelisest seosest:

$$R_k = \frac{100R_p - (100 - K) \cdot 0{,}05}{K}, \qquad \text{(IV—1)}$$

kus R_k — koore rasvasisaldus, %,
R_p — piima rasvasisaldus, %,
K — koore väljatulek, %,
0,05 — lõssi rasvasisaldus, %.

Koore vigade parandamine

Erijuhtumeil, olenevalt kvaliteedivigade iseloomust, on võimalik mittekonditsioonilist koort parandada spetsiaalse töötlemisega: filtreerimise, läbipesemise, desodoratsiooni ja aeratsiooni ning neutraliseerimisega.

Filtreerimine. Kuum koor lastakse mehhaanilistest lisanditest puhastamiseks läbi piima tekstiilfiltrite (flanell); külma koort tema suure viskoossuse tõttu tihedast filtermaterjalist läbi lasta ei tohi, kuna ta ummistab kiiresti filtri.

Koore läbipesemine. Koore maitsevigu, mis on põhjustatud ebasoovitavatest plasma muutustest, on võimalik suurel määral nõrgendada ja isegi täielikult kõrvaldada vee või lõssiga pesemise teel. Selleks segatakse koor niisuguse veehulgaga, et segu rasvasisaldus oleks ligilähedane piima rasvasisaldusele. Lahjendatud koor separeeritakse, kusjuures kõrvaldub temast suurem osa vigu põhjustanud plasmat. Teistkordsel separeerimisel saadud koor segatakse kas piima või lõssiga 6—10%-lise rasvasisalduseni ja separeeritakse uuesti. Tugevasti avalduvate vigade korral võib koore pesemist korrata.

Koore pesemine on seotud täiendava töö- ja energiakuluga ning tunduvate rasvakadudega korduvate separeerimiste tõttu. Niisugune pestud koor läheb harilikust kiiremini kokku, peale selle läheb petti üle rohkem rasva, mille tagajärjel selle kaod suurenevad 1,5 kuni 3%-ni.

Desodoratsioon ja aeratsioon. Koort on võimalik mitmesugustest lõhnadest vabastada aeratsiooni ja vaakuumeerimisega. Nõrka ebasoovitavat lõhna saab kõrvaldada lahtise jahuti pinnalt allavoolava õhukesest soojast koorekihist läbi juhitava õhuga.

Adsorbeeritud lõhnade kõrvaldamiseks võib koort soojendada vaakuumaparaatides. Selleks soojendatakse koor enne 60° C-ni ja juhitakse siis 60—70-mm jääkrõhuga vaakuumaparaati, kus see

keeb 55—60° C juures. Keemise ajal kõrvalduvad veeaurudega osaliselt ka lenduvad ained, mis koorele üht või teist lõhna andsid. Paljusid kõrval- ja söödalõhnu (sibula, küüslaugu, naftasaaduste jm. lõhnu) ei saa niisuguse töötlemisega kõrvaldada.

Välismaal rakendatakse söödamaitse kõrvaldamiseks laialt vakreatsiooni. Vakreatsioon seisneb selles, et koor pihustatakse vaakuumis ja töödeldakse auruga. Selle juures toimub koore pastöriseerimine ja aurude destilleerimine, mille tulemusena ebasoovitavad kõrvalmaitsed ja lõhnad kõrvalduvad.

Rohkem levinud on kolmekambrilised vakreaatorid. Vakreaatori esimeses kambris pastöriseeritakse koort osalise vaakuumi all (rõhk hoitakse 0,6 kuni 0,8 atmosfääri piires) kõrges temperatuuris (auru temperatuur 88—93° C). Teises kambris degaseerub koor auru destillatsiooni tulemusena. Seal on rõhk 0,5 kuni 0,65 at ja koor keeb 71—82° C juures. Kolmandas kambris on 0,1—0,15 at jääkrõhku. Siin desodoreerub koor lõplikult. Vakreaatorist väljumisel jahutatakse koor viivitamata.

Lenduvad ained kõrvalduvad koorest koos aurustuva veega vastavalt Raoult'i seadusele. Lenduvate ainete kõrvaldamise aste oleneb nende molekulkaalu suurusest ja keemistemperatuurist tingitud aurude rõhust, s. o.:

$$P_a = pN, \qquad \text{(IV—2)}$$

kus P_a — lenduvate ainete aurude osarõhk,
p — lenduvate ainete aurude rõhk antud temperatuuril,
N — lenduvate ainete molaarne osa lahuses.

Kui lisandid on kõrgmolekulaarsed ja seega nende keemistemperatuur on vee keemistemperatuurist kõrgem, siis sel viisil koort oluliselt desodoreerida ei saa. Järelikult ei kõrvalda vakreatsioon paljude söötade maitset, näiteks ka küüslaugu- ja sibulamaitset.

Vakreeritud koorest või on kõvema konsistentsiga ja tal on rohkem kalduvust oksüdeeruda.

Ka tavaline koore pastöriseerimine nõrgendab tunduvalt paljusid ebasoovitavaid lõhnu koores.

Koore neutraliseerimine. Haput koort võib pastöriseerimise eel osaliselt neutraliseerida (rõõsastada) leelistega. Neutraliseerimise tulemusena omandavad plasma valgud küllaldase termostabiilsuse ja koort saab pastöriseerida valkude kalgenemist kartmata.

Neutralisaatoriks tuleb valida kahjutu, odav ja piisavalt aktiivne aine, mis ei mõjuta või rasva ega maitset.

Rõõsastada lubatakse koort standardinõuetele vastava söögisooda (naatriumbikarbonaadi) lahusega. Neutralisaatori kogus arvutatakse valemi (III—29) järgi.

Koort soovitatakse rõõsastada plasma happesuseni kuni 25° Th. Niisugune happesus tagab koore stabiilsuse järgneval pastöriseerimisel. Üleliigne sooda võib anda koorele ja võile seebistunud maitse ja suurendada rasvakadu petti.

Koore neutraliseerimise puhul tuleb silmas pidada selle temperatuuri. Kõrgemas temperatuuris kulgeb reaktsioon kiiremini, kuid seejuures võib sulanud rasv seebistuda.

Kõige parem on koort neutraliseerida temperatuuril 28—30° C ja pastöriseerida 20—30 min. hiljem.

Sooda ja piimhappe reageerimisel eraldub süsihappegaasi, mis paneb koore tugevasti vahutama. See võib põhjustada pastörisaatori ületäitumisest tekkivat koore kadu. Seepärast tuleb neutraliseeritud koore pastöriseerimisel pastörisaatori koormust vähendada 70%-ni või lasta koor läbi kahe pastörisaatori, kusjuures esimeses soojendatakse koor 60—75° C-ni ja teises 85—87° C-ni.

Ühevalentsete katioonidega neutralisaatorite kasutamine pikendab koore kokkulöömise aega, suurendab rasvakadu petti ja võitera veesisaldust. Neutraliseeritud koorest võib pärast pastöriseerimist valmistada hapukoorevõid.

Koore neutraliseerimisel tuleb tingimata hoolikalt täita rõõsastamistingimusi, nimelt täpselt arvestada neutralisaatori kogust. Neutraliseerimine on lubatav ainult üksikjuhtumeil, näiteks siis, kui tööstust pole võimalik varustada värske koorega.

PIIMA JA KOORE TRANSPORTIMINE, VASTUVÕTMINE JA SORTEERIMINE TÖÖSTUSES

Võitööstuste alltööstuste võrk koosneb harilikult kahest lülist: piimavastuvõtupunktidest ja koorejaamadest, koore ulatuslikuma transportimise korral aga kolmest lülist: piimavastuvõtupunktidest, koorejaamadest ja pastöriseerimisosakondadest. Täispiima võitööstusse kokkuvedamise lubatud maksimaalne raadius oleneb teede olukorrast ja transpordivahendite laadist; hobutranspordi korral see raadius ei tohiks ületada 7—10 km, autotranspordi ja heade teeolude korral 20—24 km.

Võitööstustes kasutatakse laialdaselt piima ringkokkuvedu, mille puhul auto kindla marsruudi järgi sõidab läbi piimavastuvõtupunktid ja koorejaamad täpselt ettemääratud kellaaegadel. Seejuures tuleks kokkuvedamist alustada kõige kaugemast vastuvõtupunktist.

Piima ja koort on enne tööstusse saatmist tingimata vaja jahutada, et vältida võimalikku riknemist transportimise ajal. Et kaitsta piima ja koort suvel soojenemise ja talvel külmumise eest, kasutatakse nende vedamisel isoleerivaid katteid. Koore külmumise puhul laguneb rasvfaasi emulsioon, mistõttu alaneb rasva kasutamise aste. Jääkristallid suruvad rasvakerakesi kokku, kusjuures jääkristallide vahedes moodustuvad rasvatombud. Kasvades venitavad jääkristallid rasvakerakeste kesti, need muutuvad õhemaks, kaotavad seotud vee ja isegi rebenevad. Kestadest vabanenud rasvatilgakesed koalestseeruvad järgneval soojendamisel.

ВНИМИ tööd näitasid, et külmunud koorest saadakse tunduvalt halvema kvaliteediga või, sest selle pastöriseerimisel sulab rasv. Eriti halvasti mõjub või konsistentsile ja väljatulekule pastöriseeritud koore külmumine. Piima nõrk külmumine ja järgnev aeglane sulamine ei mõjuta märgatavalt või kvaliteeti. Et rasv ei sulaks, tuleb vedamisel külmunud piima ja koort defrosteerida (sulatada) vees, mille temperatuur ei ole üle 43° C.

Et vältida koore kokkuminekut vedamise ajal, peavad kannud olema koorega täidetud vähemalt $^3/_4$ ulatuses. Piim ja koor peavad tööstusse saabuma rangelt kindlaksmääratud kellaaegadel graafiku järgi, mis koostatakse sellise arvestusega, et oleks tagatud vastuvõtutsehhi ühtlane koormatus ja välditud viivitused saabunud piima vastuvõtmisel. Piima tööstusse saabumise graafiku koostamisel arvestatakse piima vastuvõtmise kellaaegu punktides ja transportimise kestust.

Koore saabumisel vaadeldakse kõigepealt kannude olukorda ja kontrollitakse plommide korrasolekut. Seejärel avatakse kannud ja määratakse koore lõhn ning võetakse proov organoleptiliseks hindamiseks. Siis mõõdetakse temperatuur ja võetakse proov happesuse ja rasvasisalduse määramiseks ning vajaduse korral ka reduktaasprooviks ja mikrobioloogiliseks uurimiseks.

Tööstuses sorteeritakse koor vastavalt selle kvaliteedile järgmise skeemi järgi (tabel 15).

Tabel 15

Sort	Maitse ja lõhn	Konsistents ja väljanägemine	Happesus Th°, kui koore rasvasisalduse % on			
			25	30	35	40
I.	Puhas, värske, magusavõitu, ilma kõrvalmaitseta ja lõhnata	Ühtlane, normaalne, võitompudeta ja mehhaanilise mustumiseta, külmumata	16	15	14	13
II.	Nõrgad söödamaitsed	Ühtlane, vähe võitompusid, mehhaanilise mustumiseta, nõrgalt külmunud	20	19	17	16

Erinevaid piima- ja kooresorte on keelatud segada; iga sort tuleb töödelda eraldi.

Koor, mis ei rahulda neid nõudeid, arvatakse mittekonditsiooniliseks ja seda võib kasutada ainult pärast avastatud vigade parandamist.

20. PEATÜKK

KOORE ETTEVALMISTAMINE KOKKULÖÖMISEKS

Koore kokkulöömiseks ettevalmistamise eesmärk on saada hea konsistentsiga või, rasv võimalikult täielikult ära kasutada ning suurendada või säilivust. Võid valmistatakse ainult pastöriseeritud koorest. Rõõsakoorevõi valmistamiseks tuleb enne koor ette valmistada, see tähendab, et koor pastöriseeritakse, jahutatakse ja hoitakse teatav aeg madala plusstemperatuuri juures. Hapukoorevõi tegemisel kuulub koore ettevalmistamise operatsioonide hulka peale eelnimetatute veel selle hapendamine piimhappebakterite puhaskultuuridega.

KOORE PASTÖRISEERIMINE

Koort pastöriseeritakse mikroorganismide hävitamiseks ja või riknemist kiirendavate fermentide, eriti lipaasi, peroksüdaasi ja proteaasi lagundamiseks.

Soojuse suhtes kõige vastupidavamad piima fermendid peroksüdaas ja lipaas lagunevad koore soojendamisel kuni 80°-ni 1—3 minuti jooksul, kõrgema temperatuuri puhul aga momentaanselt. Bakteriaalse päritoluga lipaas aga inaktiveerub alles siis, kui pastöriseerimistemperatuur tõuseb üle 85° C.

Koore kõrges temperatuuris kuumutamise tulemusena omandab või spetsiifilise maitse, eriti vologda võile omase pähkli kõrvalmaitse.

Olemasolevast sisseseadest sõltuvalt võib rakendada kestvat, moment- ja lühiaegset pastöriseerimist.

Koore pastöriseerimise protsessi tuleb vaadelda lahutamatus seoses koore järgneva jahutamise ja valmida laskmisega. Pastöriseerimise protsessi võimalikud skeemid on järgmised:

1) eelsoojendi — separaator — segistiga pastörisaator — jahuti — (pump) — koorevann — võimasin;

2) eelsoojendi — separaator — plaatpastörisaator — koorevann — võimasin;

3) regeneratiivpastörisaator — separaator — jahuti — (pump) — koorevann — võimasin;

4) eelsoojendi — separaator — pastöriseerimisvann — võimasin.

Kõige sagedamini rakendatakse esimest skeemi, mis olenevalt soojendamistemperatuurist, bakteriaalsest algsaastumisest ja aparaadi konstruktsioonist tagab pastöriseerimisefekti 98,9—99,8% ulatuses.

Kõrge pastöriseerimisefekt saavutatakse õõnestrumliga aparaatides, sest neis kuumeneb koor suhteliselt õhukeses kihis ühtlaselt läbi. Tunduvalt madalam pastöriseerimisefekt saavutatakse tiivik-

segistiga pastörisaatorites. Nendes aparaatides on koorekihi paksus ebaühtlane ja üksikute kooreosakeste aparaadis viibimise aeg kõigub 4 kuni 80 sekundi piires. Selle skeemi puhul on vahemaa, mille koor läbib, nii pikk, et võimasinasse jõudmise momendiks infitseerub koor märgatavalt sekundaarse mikroflooraga. Tihti peab siin koore liikumise teele paigutama veel pumba koore juhtimiseks jahutilt vanni, mis omakorda suurendab koore bakteriaalset saastumist.

Teise skeemi järgi pastöriseeritakse koor kinnises süsteemis õhukeses kihis, mille tõttu pastöriseerimisefekt ulatub 99,5—99,9%-ni. Koor jahtub siin plaataparaadi sektsioonides. Pastörisaatoris tekkinud rõhu mõjul voolab koor läbi aparaadi pastöriseerimis- ja jahutamissektsiooni otsekohe koorevanni, kust läheb edasi võimasinasse. Tänu sellele säilib koor bakteritest puhtana kuni kokkulöömismomendini.

Bakteriaalselt puhta koore saamise seisukohalt on kõige vähem vastuvõetav kolmas skeem. Siin ei pastöriseerita regeneratiivpastörisaatoris mitte koort, vaid piima, mis seejärel kooritakse. Saadud koor läbib jahuti, pumba ja vanni. Selle skeemi järgi kasutatakse soojus hästi ära ja pastöriseeritakse ka lõss, kuid koore pika teekonna tõttu on selle bakteriaalse taassaastumise võimalused küllaltki suured. Seda skeemi rakendatakse tihti koore pastöriseerimisel juustutööstustes.

Väga kõrge pastöriseerimisefekt (99,99%) saavutatakse spetsiaalse konstruktsiooniga vannides (spiraalse torusegistiga jt.). Sellistes vannides jahutatakse koor ja lastakse valmida. Vanni seinte vahele ja segisti sisemusse lastakse vastavalt vajadusele kas auru, vett või soolvett. Vannpastörisaatorid sobivad väiksematele mehhaniseeritud tööstustele.

ВНИМИ soovituste kohaselt koosneb kõige ökonoomsem pastöriseerimisseade trummelpastörisaatorist ja toruregeneratiivist, milles soojendatud koor voolab kuni 30 sekundit.

Koort on vaja pastöriseerida kõrgema temperatuuri juures kui piima, kuna rasva madala soojusjuhtivuse ja aeglase läbisoojenemise tagajärjel nõrgeneb kõrge temperatuuri mõju koore mikrofloorale. Kõrgema pastöriseerimistemperatuuri tingib ka fermentide täieliku inaktiveerimise nõue.

Pastöriseerimise tagajärjel omandab koor omapärase lõhna ja maitse, mis rõõsakoorevõis peab väljenduma nõrgalt, vologda võis aga tugevalt.

Seoses sellega pastöriseeritakse rõõsakoorevõi valmistamiseks määratud koort 85—87°, hapukoorevõi puhul 90° ja vologda või puhul 93—96° temperatuuris. Et koore kõrge temperatuurini kuumutamisel tekkinud aroomiained ei lenduks, on viimasel juhul tingimata vaja koort pastöriseerida kinnises süsteemis.

Pastöriseerimistemperatuuri valikul on tähtis silmas pidada koore kvaliteeti. Bakteriaalselt saastunud koort on tingimata vaja

pastöriseerida kõrgema temperatuuri juures. Pikemaaegseks säilitamiseks määratud või valmistamisel tuleb samuti rakendada kõrgemat pastöriseerimistemperatuuri, et tagada tõhusat mikrofloora hävinemist ja fermentide täielikku lagunemist ning ühtlasi ka tioolrühmade (-SH) moodustumist, sest viimased alandavad koore ja võiplasma redokspotentsiaali ja etendavad antioksüdandi osa. Metallimaitsega koort ei või soojendada kõrge temperatuurini, sest siis see viga suureneb. Niisugust koort pastöriseeritagu 10 minuti jooksul temperatuuril 75° C. Söödamaitsega koort tuleb pastöriseerida temperatuuril 93—94° C juures.

Pastöriseerimistemperatuuri valikul tuleb arvestada ka seda, et mida värskem on koor, seda rohkem kannatab ta kuumutamist, seda termostabiilsem ta on. Koore küllalt kõrge happesuse puhul valk koaguleerub. Valgu koaguleerumise temperatuur on seda madalam, mida kõrgem on piimhappe kontsentratsioon koores. Mitmesuguse rasvasisaldusega koore lubatud happesus, mille juures see kannatab pastöriseerimist, ilma et valgud koaguleeruksid, on toodud tabelis 16.

Tabel 16

Pastöriseerimistemperatuur °C	Lubatud happesus °Th, kui koore rasvasisalduse % on										
	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
kuni 85	25	25	24	24	22	22	21	21	21	21	20
kuni 90	24	24	23	22	21	21	20	20	20	20	19
üle 90	23	23	22	22	21	21	20	20	19	19	18

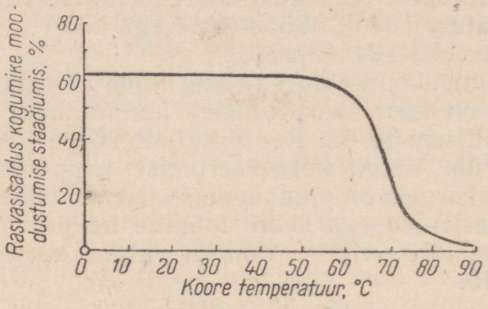
Valkude kontsentratsiooni kooreplasmas võib lugeda püsivaks, piimhappe kontsentratsiooni kooreplasmas on aga kerge arvutada, kui lähtuda koore happesusest ja plasmasisaldusest. Rasva happesust ei tarvitse arvestada. Saadud piimhappe kontsentratsiooni väljendatakse plasma happesusena, kasutades selleks järgmist võrrandit:

$$H_p = \frac{100\,H_k}{100 - R_k}, \qquad \text{(IV—3)}$$

kus H_p — plasma happesus, °Th,
H_k — koore happesus, °Th,
R_k — koore rasvasisaldus, %.

Koore ühesuguse happesuse korral on rasvarikkamal koorel piimhappe kontsentratsioon plasmas kõrgem. Kõrge rasvasisaldusega (üle 40%) koore happesust aga ei või ümber arvutada plasma happesusele, sest selles mõjutab tiitritavat happesust tunduvalt ka rasva happesus.

Eriti märgatavalt muudab koore rasvfaasi pastöriseerimine tiiviksegistiga pastörisaatoris. Seal väheneb osal rasvakerakestel adsorptsioonikestade stabiilsus, mistõttu tekivad rasvatombud; rasva osaline homogeniseerumine tiiviksegistiga pastörisaatoris suurendab peente rasvakerakeste hulka. Nagu joonisel 42 näha, esineb rasvakerakeste kuhjumist kogumikesse harva, mis on tingitud adsorbeeritud valgu kleepumisvõime kadumisest.



Joonis 42. Rasvakogumike moodustumise aste koores olenevalt temperatuurist.

Vannides pastöriseerimise korral rasv ei homogeniseeru, kuid selle tompudesse kogunemine suureneb. Sel puhul võib rasvarikka koore pinnal tihti märgata väljasulanud kihi moodustumist rasvast, mis on kaotanud adsorbeeritud valgud.

Eriti rohkesti esineb adsorbeeritud valgu kadu ja sellest tingitud rasvatilgakeste koalestseerumist ühes järgneva suurte rasvakristallide moodustumisega, mis annavad võile jahuse konsistentsi ja ebanormaalse struktuuri, aeglaselt soojendatud ja pikkamööda jahutatud koore puhul.

Rasvfaasis tekkinud muutuste tagajärjel läheb pastöriseeritud koor võiks kokku kiiremini kui pastöriseerimata koor.

KOORE ETTEVALMISTAMINE MADALAS TEMPERATUURIS (FÜÜSIKALINE VALMIMINE)

Pastöriseerimise järel jahutatakse koor kiiresti rasva hangumistemperatuurist madalama temperatuurini.

Olenevalt koore jahutamise kiirusest muutub rasva hangumise aste järgneva seismise ajal. Kiire jahutamine 2—4°-ni edendab rohket rasvakristallide moodustumist füüsikalisel valmimisel, säilitab pastöriseerimisel saadud aroomi, väldib rasva väljasulamist ja pidurdab kooresse jäänud mikrofloora arenemist.

Madalas temperatuuris valmimise olemus. Ainuüksi koore jahutamine madala plusstemperatuurini ei taga veel nõutava konsis-

tentsiga või saamist. Seetõttu hoitakse jahutatud koort võikslöömise eel mõni aeg madalas temperatuuris, et koor saaks füüsikaliselt valmida, nagu seda tihti nimetatakse.

Koore füüsikalise valmimise käigus osa rasva hangub; ka koore valkfaasi ja plasma omadused paranevad.

Tuleb silmas pidada, et pärast koore pastöriseerimist kujutab piimarasv endast mitmesuguse sulamis- ja hangumistemperatuuriga glütseriidide «sulamit». Jahutamisprotsessi jooksul võib rasvas, nagu igas sulamis, üleküllastumise tõttu antud jahutamistemperatuuri juures, rasvalahusest glütseriide välja kristalliseeruda. Peale selle moodustavad mõned glütseriidid mitmesuguseid polümorfseid teisendeid.

Rasva sulamis- ja hangumistemperatuur sõltub rasva keemilisest koostisest. Glütseriidide sulamis- ja hangumistemperatuur erineb tublisti nende koosseisu kuuluvate rasvhapete sulamis- ja hangumistemperatuurist. Piimarasva sulamis- ja hangumistemperatuur on samuti tunduvalt madalam paljude selle koosseisu kuuluvate glütseriidide sulamis- ja hangumistemperatuurist. Rasva jahtumisel hanguvad glütseriidid samas järjekorras, nagu nad lahustuvad kergesti sulavates glütseriidides. Alguses kristalliseeruvad raskesti sulavad, hiljem aga ka kergesti sulavad glütseriidid. Nii toimub rasva täielik hangumine. Rasva hangumise aste sõltub kergesti sulavate glütseriidide, eriti rasvas ülekaalus olevate oleiinhappeglütseriidide sisaldusest. Nii on trioleiini sulamistemperatuur 4° C, oleopalmiinobutüriinil 15,5° C, oleodilauriinil 16° C, kaprüülomüristiinoleiinil 14° C.

Piimarasva hangumistemperatuur on tunduvalt madalam tema sulamistemperatuurist. Kristallvõre sõlmedes paiknevad seda moodustavad osakesed, mis pidevalt võnguvad. Temperatuuri tõusul osakeste võnkesagedus suureneb, osakeste keskmine võnkeenergia saavutab kriitilise väärtuse, osakesed ei püsi enam võre sõlmedes ja võre puruneb, s. o. keha läheb üle vedelasse olekusse.

Vedela aine jahutamisel tema osakeste keskmine võnkeenergia väheneb ja teatud temperatuuri juures moodustub kristallvõre, see tähendab aine hangub. Ühtlase keemilise koostisega ained hanguvad ja sulavad ühe ning sama temperatuuri juures. Kahe koos kristalliseeruva aine segu sulamistemperatuur erineb koostiskomponentide sulamistemperatuurist. See seletub mõlema võre osakeste omavahelise külgetõmbega, mille tagajärjel nõrgeneb osakeste side mõlemas võres ja väheneb kristallvõret purustava energia keskmine väärtus, s. o. sulamistemperatuur langeb.

Glütseriidide kristallvõrede moodustumiseks kulub teatud aeg, sest kõrgmolekulaarsed osad peavad liikuma kristallisatsiooni tsentritesse väga viskoosses keskkonnas, mistõttu kristallide moodustumine aeglustub, nii et sula mass võib antud temperatuuri juures olla tunduvalt ülejahutatud. Sellest ongi tingitud vahe sulamis- ja hangumistemperatuuri vahel. Kristallide vorm ja suurus

sõltuvad koore jahutamise intensiivsusest. Aeglase jahtumise puhul moodustuvad peaaegu täielikult rasvakerakese mahtu haaravad suured rasvakristallid, kiire jahtumise puhul moodustub aga igas rasvakerakeses suur hulk peeni kristallikesi, sest tekib rohkesti kristallisatsioonitsentreid.

Rasva aeglasel jahtumisel kristalliseeruvad glütseriidid fraktsioonidena; kiirel jahtumisel rasvkeskkonna kasvava viskoossuse tingimustes haarab aga kristallisatsioon oma sfääri korraga kaasa mitmesugused segakristalle moodustavad glütseriidid.

Tverdohleb tegi kindlaks, et aeglase jahutamise korral on ühel ja samal piimarasval mitu hangumistäppi, kusjuures selgemini avalduvad neist neli: esimene 20—23° C, teine 11—14° C, kolmas 4—6° C ja neljas —3 kuni —5° C juures.

Valminud koores esineb osa rasva peale kristallilise ja vedela fraktsiooni veel amorfses, geelitaolises olekus. Aeglase jahutamise ja kõrge valmimistemperatuuri puhul amorfse rasva kogus suureneb.

Rasva kristalliseerumise iseloom on või konsistentsile olulise tähtsusega. Kui rasvakerakese jahtumisel ühes kristallis tekib erinevate glütseriidide konglomeraat, siis sulamisprotsess toimub kogu kristalli massis, mitte aga fraktsioonselt. Kui aga rasvakerakene sisaldab fraktsioonselt kristalliseerunud glütseriide, siis need ka sulavad fraktsioonselt, alates kergemini sulavatest. Sellega seletub fakt, et kui koor kiiresti jahutada madala temperatuurini, saadakse termostabiilsem kristalliseerunud rasv kui aeglase jahutamise puhul.

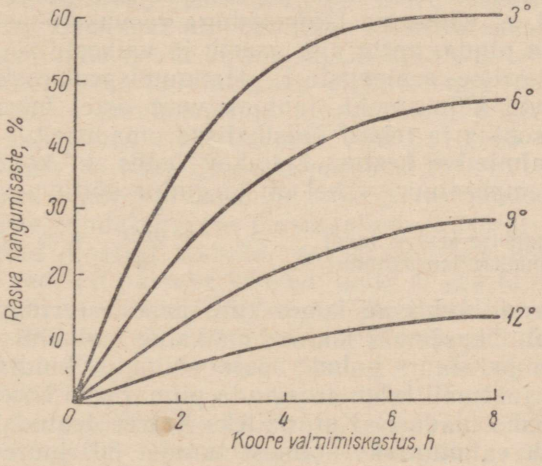
Ühed ja samad glütseriidid võivad moodustada mitmesuguseid kristallivorme (polümorfismi nähtus), mis võivad ühest teiseks üle minna. Enamikul triglütseriididel on kolm, mõnikord ka neli sulamistemperatuuri poolest erinevat polümorfset kuju. Tverdohleb tegi kindlaks, et jahutamisrežiimist sõltuvalt võib piimarasv kristalliseeruda kolmes metastabiilses ja ühes stabiilses vormis. Üleminek ühest polümorfsest modifikatsioonist teise on monotroopne. Jahutamisel kristalliseerub sularasv madalama sulamistäpiga, kuid ebapüsivamas vormis, mis hiljem iseenesest läheb üle kõrgema sulamistäpiga püsivaks vormiks. Polümorfismi nähtusega võib seletada fakti, et valmimistemperatuuri juures hangunud rasv jääb samasse faasi ka võikslöömise temperatuuri juures, mis on valmimistemperatuurist tunduvalt kõrgem. Mehhaaniline toime kiirendab glütseriidide minemist püsivasse vormi.

Rakendatavates koore füüsikalise valmimise tingimustes mõningad glütseriidid ei hangu ja põhjustavad rasvakerakeste kokkukleepumist võikslöömisel. Nende kogusest sõltub või konsistents.

Mitmesuguste tegurite mõju rasva hangumisele. Ülaltoodust järgneb, et rasva hangumist koores mõjutavad üheaegselt kaks tegurit: temperatuur ja valmimise kestus. Mõnikord lisandub neile

veel täiendava tegurina mehhaaniline toime. Rasva glütseriidide kristalliseerunud olekusse ülemineku aste sõltub valmimistemperatuurist; mida madalam on valmimistemperatuur, seda rohkem kristalliseerub glütseriide. Valmimise kestusest sõltub nende glütseriidide hangumise aste, mis antud temperatuuri juures tavaliselt on tahkes faasis. Kestvam valmimine vähendab ebapüsivas ülejahtunud olekus olevate glütseriidide kogust. Mehhaanilise toime tulemusena lüheneb valmimisaeg. Järelikult hangub rasv seda täielikumalt, mida madalam on koore valmimise temperatuur ja pikem valmimiskestus ning mida tugevamalt koort mehhaaniliselt mõjutatakse.

Rasva koostisest sõltuvalt vastab igale valmimistemperatuurile maksimaalne võimalik rasva tahkesse faasi ülemineku aste. See tähendab, et koore rasvakerakesed ei hangu antud valmimistemperatuuri juures täielikult ja osa neis olevat rasva jääb vedelaks isegi pikema seismise jooksul (joonis 43.). Seepärast on



Joonis 43. Koore rasva kõvenemise astme graafik sõltuvalt temperatuurist ja valmimise kestusest. (Kõvera horisontaalne kulg vastab rasva hangumise tasakaalu seisundile. Rasva koostisest sõltuvalt võib hangumisastme absoluutne väärtus tunduvalt erineda joonisel toodud väärtusest.)

võetud tarvitusele rasva hangumise tasakaalu mõiste. Selle all mõistetakse niisugust olukorda, kus on saavutatud maksimaalselt võimalik rasva hangumise aste antud temperatuuri ja rasva koostise korral. Tasakaalu saavutanud koort pole otstarbekohane lasta kauem seista. Enne tasakaalu saavutamist jääb osa rasva ülejahutatuks ja hangub alles koore võikslöömisel, kusjuures vabaneb peidetud sulamissoojus.

Mida rohkem on rasvas raskesti sulavaid glütseriide, seda kõvem on rasv antud temperatuuris ja seda kiiremini saabub hangumise tasakaal. Ka koore madalama valmimistemperatuuri korral saabub tasakaal varem.

Tunduvalt mõjutab tasakaalu saavutamist ka koore jahutamise kiirus: kiire jahtumise puhul kiireneb ka tasakaalu saabumine, sest tekib rohkem rasva kristalliseerumise tsentreid. Seega saab järsu jahutamisega koore füüsikalist valmimist kiirendada.

Rasv ei hangu isegi kauase seismise puhul küllaldaselt, kui koore temperatuur on üle 13—16°. Seda nimetatakse kriitiliseks valmimistemperatuuriks; see temperatuur on ligilähedane küllastamata oleiinhappe ja küllastatud palmitiin-, müristiin- ja lauriinhappe segaglütseriidide hangumistäpile. Neist glütseriididest põhiliselt koosnebki piimarasv, mistõttu nad oluliselt mõjutavad või konsistentsi.

Gorjajev tegi kindlaks, et rasva agregaatolek muutub väikestes rasvakerakestes kiiremini kui suurtes, mis nähtavasti on tingitud sellest, et väiksema läbimõõduga rasvakerakestel on suhteliselt rohkem pinda, mitte aga suurte ja väikeste kerakeste rasva keemilise koostise erinevustest. Hangumisprotsessis muutuvad rasvakerakeste kuju, maht, läbipaistvuse aste, märguvus, pindpinevus, erisoojus ja teised füüsikalised omadused.

Koore valmimise kestus. Želtakov leidis, et koore valmimise kestuse ja temperatuuri vahel on järgmine sõltuvus:

Valmimise kestus, tundi	2—4	4—6	6—12
Valmimise temperatuur, °C	2	4	6

Need normid kehtivad koore kiire pastöriseerimisjärgse jahutamise puhul. Täpsemaid koore füüsikalise valmimise norme ühe või teise temperatuuri puhuks pole võimalik kindlaks määrata, sest igal eri juhtumil tuleb arvestada piimarasva koostist ja füüsikalis-keemilisi omadusi. Kui näiteks talvel teatud söödarežiimi korral piisab valmimiseks kolmest tunnist 30° juures, siis suvel, kui kari on karjamaasöödal, tuleb koort valmida lasta 5 kuni 8 tundi.

Valmimise mõju koore füüsikalistele omadustele. Koore valmimisel toimuvad märgatavad muutused rasvakerakeste kestades, mille tagajärjel plasma rikastub pindaktiivsete ainetega. Kristallisatsioonist oleneva rasvakerakeste deformatsiooni tulemusena jaguneb vaba energia nende pinnakihis ebaühtlaselt, tekivad rasvakerakeste pinnal võimalused stabilisaatori desorptsiooniks ja adsorptsiooni tasakaalu nihkumiseks emulgaatori koguse vähenemise suunas. Selle tagajärjel koguneb plasmasse rohkem stabilisaatorit ja suureneb faasidevaheline energia rasva ja plasma piiril. See loob tingimused rasvakerakeste liitumiseks.

Tänu koore valmimisel moodustunud rasva kogumikele suureneb tunduvalt koore viskoossus. Sirik tegi kindlaks, et valminud

koores moodustub rasvatompe kaks korda rohkem kui jahutatud, kuid valmimata koores.

Koore valmimisel suurendab viskoossust ka plasma muutumine. Želtakov tegi kindlaks, et lõssi viskoossus suureneb madala temperatuuri puhul koos seismise kestuse pikenemisega.

Jahutamistemperatuur °C	6	6	4	4
Seismise kestus, tundi	0	6	0	4
Suhteline viskoossus	1,4	1,47	1,52	1,60

Koore valmimisel muutub viskoossus piima valkude hüdratatsiooniastme suurenemise tagajärjel. Koore rasvaosakeste stabiilsus oleneb faasi elektrilaengust. Värskes koores on rasvakerakestel negatiivne laeng; seda vähendab katioonide manustamine. Seejuures suureneb rasvakerakeste kokkukleepumisvõime. Nii eraldusid rasvakerakesed kõige paremini piimast, millele oli lisatud kaltsiumisoolasid. Anioonid aga, näiteks tsitraadid ja fosfaadid, vastupidi, suurendavad elektrilaengut. Suure laenguväärtuse korral takistab ühenimelise laenguga rasvaosakeste elektriline eemaletõukav toime nende liitumist. On kindlaks tehtud, et piima ja koore vananemise korral rasva elektrilaengu väärtus alaneb. Selle tõttu rasva emulsiooni ja suspensiooni püsivus nõrgeneb. Nii oli värske piima elektrilaengu väärtus 0,506 mV, ööpäeva pärast 0,295 mV ja kahe ööpäeva pärast 0,181 mV.

Koos koore pindpinevuse muutumisega valmimisel muutub ka rasvakerakeste pindaktiivsete plasmaainete adsorptsiooni suurus. Adsorbeerunud ainetest tekivad rasvakerakestele kõrge kontsentratsiooniga vedelad püsivad kelmed, mida ei saa täielikult kõrvaldada füüsikaliste meetoditega, nagu läbipesemine, veega lahjendamine jne. Plasmat ja rasva eraldaval vahepinnal adsorbeerub lipoidproteiin, mille hüdrofoobsed ahelad on seotud rasvakerakese pinnaga, hüdrofiilsed aga on orienteeritud koore plasma poole. Põhiliselt lipoidproteiin, evides vahtu tekitavaid omadusi, põhjustabki rasvakerakese pinnaenergia vähenemist, mis omakorda annab süsteemile termodünaamilise püsivuse.

Rasva hangumisel muutub adsorbendi hüdratatsioon; selle tagajärjel muutub adsorptsioonikiht rasvakerakeste pinnal õhemaks ja osa adsorbeerunud aineid läheb üle koore plasmasse. Pindaktiivsete ainetega rikastumise tõttu alaneb koore plasma pindpindevus.

Pindaktiivsete ainete olukord koores mõjutab oluliselt rasva täielikku ärakasutamist või kokkulöömisel ja kokkulöömise kestust.

Koore valmimise mõju või kokkulöömisele ja kvaliteedile. Koore valmimise aste mõjutab tunduvalt või kvaliteeti, koostist ja väljatulekut, nagu nähtub tabelist 17.

Tabelist järeldub, et koore lühiajalise kõrges temperatuuris valmimise korral suureneb rasva kadu petti, lüheneb kokkulöömise kestus ja või konsistents muutub pehmeks, määrivaks.

Tabel 17

Valmimisrežiim		Kokkulöömisrežiim		Peti rasvasisalduse %	Või konsistents
temperatuur, °C	kestus tundides	temperatuur, °C	kestus minutites		
12	1	12	24	1,87	nõrk
7	6	12	47	0,8	rahuldav
7	24	12	57	0,45	rabe
4	6	12	60	0,6	hea
4	24	12	74	0,4	rasvane

Koore pikaajaline madala temperatuuri juures valmimine talvel võib samuti anda ebarahuldavaid tulemusi, kui sel puhul pole valitud kõrgemat kokkulöömistemperatuuri. Niisugustes tingimustes valminud koore kokkulöömine nõuab pikemat aega kui harilikult; või saadakse rabeda ja sageli määriva konsistentsiga, mis seob halvasti vett ja nõuab täiendavat töötlemist. Selle vältimiseks tuleb niisugune koor tingimata kokku lüüa kõrgema temperatuuri juures.

Koore füüsikalise valmimise valesti valitud režiimi korral saadakse konsistentsivigadega või: suvel pehme ja määriv, talvel kõva ja rabe. Seoses sellega rakendatakse Rootsis talvisel valmimisel koore termilise töötlemise meetodit, mille töötasid välja Samuelson ja Petterson. Meetodi olemus seisneb selles, et koor jahutatakse kiiresti 6—8° C-ni ja hoitakse selle temperatuuri juures 2—3 tundi, et tekiks rohkesti kristallisatsioonitsentreid. Seejärel tõstetakse temperatuur 19° C-ni, et kristallid jõudsamalt kasvaksid; valmimise lõpul hoitakse temperatuur 16° C juures. Nendes tingimustes kristalliseeruvad ainult raskesti sulavad glütseriidid, kergesti sulavad jäävad vedelasse olekusse ning järgneval või kokkulöömisel, pesemisel ja töötlemisel ei toimu märgatavat glütseriidide kristallisatsiooni. Või omandab õrna plastilise konsistentsi.

Kõige otstarbekohasem on lasta koort valmida lühikest aega madala temperatuuri juures. See tõkestab peaaegu täielikult pastöriseerimise järel kooresse jäänud mikrofloora arengut ja vähendab täiendava infektsiooni ohtu. Niisuguse valmimisrežiimi kasutamise puhul lüheneb koore ettevalmistamise kestus, nii et koorevanne saab kasutada kaks või kolm korda päevas.

KOORE HAPENDAMINE

Koore hapendamise tagajärjel omandab või iseloomuliku meeldivalt hapuka aroomi ja maitse. Koore hapendamine hoiab ära ebasoovitavate bakteriaalsete protsesside arengu ja suurendab seega või säilivust.

Hapendamisprotsess seisneb võiplasma pH-d muutva piimhappe lisamises või selle moodustamises koores ja samuti ka aroomiainete akumuleerimises. Koore hapendamiseks kasutatakse piimhappe mikrofloorat, mis kääritab piimasuhkru piimhappeks, ja aroomitekitajaid baktereid.

Käesoleval ajal rakendatakse NSV Liidus ainult bioloogilist hapendamist piimhappebakterite puhaskultuuridega. Ühtlasi viiakse hapendamisel kooresse ka aroomitekitajat mikrofloorat või aromatiseerimiseks.

Eristatakse kolme bioloogilist hapendamisviisi: isehapnemine, hapendamine looduslike juuretistega ja hapendamine puhaskultuuridega.

Isehapnemisel hapneb koor temas leiduva loodusliku mikrofloora toimel. Seejuures arenevad piimhappebakterite kõrval ka ebasoovitavad mikroobid. Isehapnemist käesoleval ajal ei rakendata.

Looduslike juuretistega hapendamisel lisatakse koorele kasulike piimhappebakteritega rikastatud piima. Et siin juuretis on piimas esineva loodusliku mikrofloora elutegevuse tulemus, siis ka see viis ei garanteeri piimhappe käärimise puhtust, mistõttu seda samuti ei rakendata.

Pastöriseeritud koore hapendamisel piimhappebakterite puhaskultuuridega välditakse ebasoovitava mikrofloora arenemine ja tagatakse sellega või vajalik säilivus.

Algul kasutati ainult baktereid *Str. lactis*'t sisaldavaid juuretisi. Hiljem hakati võile parema aroomi ja õrnema maitse andmiseks täiendavalt lisama *Str. cremoris*'e kultuure ja samuti ka aroomitekitajaid mikroorganisme *Str. citrovorus* ja *Str. paracitrovorus*. Viimasel ajal lisatakse juuretisele *Str. diacetlactis*'t, mis on üheaegselt happe- ja aroomitekitaja. Võitööstusele piimhappebakterite liikide valikul tuleb tingimata silmas pidada, et nad oleksid minimaalse proteolüütilise toimega. Oluline on valida niisugused kultuurid, millel on koore madala hapnemistemperatuuri puhul küllalt suur aktiivsus ja väike redutseeriv toime ning mis pole väga tundlikud hapniku suhtes.

Võijuuretiste bakteriaalsest koostisest, kultuuride valiku põhimõttest ja juuretiste valmistamise viisidest oli juttu I osa 5. peatükis.

Kooresse on võimalik juuretist lisada kahel viisil. Esimesel puhul arenevad koorele lisatud mikroorganismide kultuurid seal edasi ja moodustavad vajaliku piimhappe ja aroomiainete koguse. Nii hapendatakse hapukoorevõiks määratud koort. Koore happesuse tõus kestab siinjuures pikka aega, seepärast nimetatakse seda viisi pikaajaliseks hapendamiseks. Teine viis seisneb selles, et koorele lisatakse nii palju juuretist, et saadakse korraga nõutav koore happesus. Sel puhul pole enam vaja koort koos juure-

tisega seista lasta, seepärast nimetatakse kirjeldatud viisi lühiajaliseks hapendamiseks.

Koore pikaajaline hapendamine. Selle viisi puhul lisatakse juuretis koorele võimalikult kohe pärast koore pastöriseerimist ja jahutamist, et lisatud kultuurid saavutaksid kohe ülekaalu ja suruksid alla võõra mikrofloora, mis oli jäänud kooresse pärast pastöriseerimist või sattunud sinna torustikust, jahutamisel jne.

Koorele lisatakse 3—10%, keskmiselt umbes 5% juuretist. Lisatava juuretise kogus sõltub juuretise aktiivsusest, koore kvaliteedist ja rasvasisaldusest, hapendamise temperatuurist ja sellest, kui kiiresti on vaja koort hapendada. Kui seda on vaja teha kiiresti, samuti ka siis, kui juuretis on nõrga aktiivsusega, tuleb kasutada juuretist suuremas koguses. Suuremas koguses tuleb lisada ka kõrge happesusega juuretist, milles piimhappebakterid on nõrgenenud. Koore madala kvaliteedi ja puuduliku efektiivsusega pastöriseerimise korral suurendatakse samuti juuretise kogust.

Juuretise kogust muudetakse ka sõltuvalt hapendamistemperatuurist, millest omakorda oleneb hapendamise kestus. Kõrge hapendamistemperatuuri puhul lüheneb küll protsessi kestus, kuid seejuures pole tagatud koore normaalne füüsikaline valmimine. Madal hapendamistemperatuur lubab hapnemisprotsessi ühendada füüsikalise valmimisega, ent siis aeglustub happe tekkimine.

Pikaajaline hapendamine võib toimuda kõrge, keskmise või madala temperatuuri juures.

Esimesel puhul hapendatakse koor 19—22° C-ni. Niisuguses temperatuuris koor ei valmi, mistõttu koorel tuleb lasta valmida kas enne või pärast hapendamist. Juuretist lisatakse 3—5% koore kaalust, hapendamine kestab 6—10 tundi, olenevalt nõutavast koore hapendamise astmest. Ülehapnemise vältimiseks tuleb koor jahutada juba siis, kui selle happesus on alles 5—7 kraadi soovitavast madalam.

Seda varianti võib soovitada bakteriaalselt saastunud koore hapendamiseks, kusjuures parem on koort hapendada enne füüsikalist valmimist, et võõrmikrofloora ei areneks. Kõrge temperatuuri juures hapendamisel kiireneb võõrmikrofloorat allasuruvate piimhappebakterite areng.

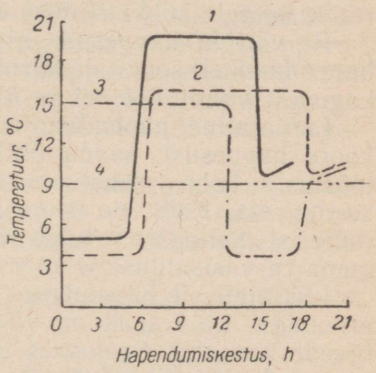
Kui koort hapendatakse keskmisel temperatuuril (16—18° C) on juuretist vaja 5—7%. See hapendamisvariant on kõige levinum, sest siin saavutatakse piimhappeprotsessi küllaldase arengu juures eelnevalt jahutatud koore hea valmimine. Nendes tingimustes jätkub jahutatud koores alanud rasva hangumise protsess ka hapnemise ajal, kuigi temperatuur on siis valmimisnormidest kõrgem. Hapendamine kestab 12—16 tundi.

Paraku on keskmise temperatuuri juures hapendamise korral nõutav, et koort vaheldumisi jahutatakse ja soojendatakse, sest

rasva hangumiseks on vaja ühte, hapendamiseks aga teist, kõrgemat temperatuuri, ning kokkulöömiseks tuleb uuesti temperatuuri alandada.

Tehnoloogilise protsessi ratsionaalse organiseerimise seisukohalt on kõige vastuvõetavam madala temperatuuri juures hapendamise variant, sest et siis ühenduvad koore valmimine ja hapendamine ning pole enam vaja koort kokkulöömise eel jahutada, ent kui temperatuur on alla 12—13° C, hapneb koor väga aeglaselt, sest piimhappebakterite aktiivsus väheneb tugevasti ja nad ei suuda alla suruda ebasoovitava psührotolerantse mikrofloora arengut. Hapendamiskestus jääb pikaks isegi üsna suure juuretisekoguse lisamise puhul, mis on selle mesofiilsete rassidega hapendamise variandi põhilisi puudusi.

ВНИМИ-s on isoleeritud psührotolerantsed piimhappebakterid, mis on võimelised kääritama piimsuhkrut 10—12° C juures peaaegu niisama intensiivselt kui mesofiilsed piimhappebakterid 15—17° C juures. Nende kultuuride kasutamisel lihtsustub tehnoloogiline protsess oluliselt, kuna koor füüsikaliselt valmib ja hapendub üheaegselt ning koore ettevalmistamine jahutamisest kuni kokkulöömiseni toimub ühe ja sama temperatuuri juures. Seniajani ei ole neid kultuure siiski kontrollitud aroomitekitajaid baktereid sisaldavates juuretistes.



Joonis 44. Koore hapendamise režiimi graafik:
1 — kõrge temperatuuri puhul; *2* — keskmise temperatuuri puhul eelneva valmimisega; *3* — keskmise temperatuuri puhul järgneva valmimisega; *4* — madala temperatuuri puhul.

Koore ettevalmistamise režiim pastöriseerimisest kuni kokkulöömiseni mitmesuguste hapendamistemperatuuride puhul on toodud joonisel 44.

Mõnikord ei lasta koorel valmida hapendamise eel, vaid siis, kui on saavutatud nõutav happesus. Sel puhul on raskem koore happesust reguleerida, sest valmimisprotsessis võib happesus tõusta. Koor jahtub aeglaselt, sest see protsess toimub vannides paksus kihis, mitte aga jahutitel. Erandjuhtumeil, kui töö päevakord ei võimalda vajaliku astmeni hapnenud koore võiks löömisele asumist, jahutatakse koor ja lastakse valmida kaks korda — enne hapendamist ja pärast vajaliku happesuse saavutamist. Selle viisi puuduseks on protsessi keerukus ja sagedane temperatuuri muutmine, mis on seoses täiendavate külma, soojuse, energia, tööjõu jne. kulutustega.

Koore pikaajalisel füüsikalisel valmimisel enne hapendamist

tekivad juba enne juuretise lisamist võõrmikrofloora arenemise võimalused, mis võivad avaldada ebasoovitavat mõju või kvaliteedile.

Koore lühiajaline hapendamine. NSV Liidus rakendatakse seda viisi alates 1932. a. Sel viisil on kaks varianti.

Esimese variandi järgi lisatakse juuretis valminud koorele kokkulöömise eel, teise järgi kas füüsikalise valmimise eel või valmimise ajal, kusjuures happesuse liigse tõusu vältimiseks tuleb lasta koort valmida madala temperatuuri juures, mis pidurdab piimhappebakterite arenemist.

Esimene variant võimaldab kindlamini standardiseerida koore happesust, teise variandi puhul aga võib isegi tähtsusetu temperatuuri tõus valmimisprotsessi kestel välja kutsuda piimhappeprotsessi tunduva arengu, mille tagajärjel koore happesus võib tõusta nõutavast kõrgemaks. Teise hapendamisvariandi korral aga kohanevad piimhappebakterid võrdlemisi pika valmimisaja kestel muutunud tingimustega ja lähevad võisse üle aktiivsematena kui juuretise koorele kokkulöömise eel lisamise puhul.

Et vältida happesuse liigset tõusu koore teise variandi järgi hapendamisel, soovitab Mironenko lisada 70% nõutavast juuretise kogusest valmimise eel ja ülejäänud osa koore kokkulöömise eel.

Lühiajaline hapendamine võimaldab täpselt standardiseerida koore happesust, saada ühtlasema kvaliteediga võid ja töötada tööstuses kahes vahetuses ilma täiendavate koorevannide ülesseadmiseta. Kuid see koore hapendamise viis vajab suurt kogust juuretist. Sellepärast tuleb lühiajaliseks hapendamiseks võtta kõrgema rasvasisaldusega koor (kuni 40%).

Lühiajaliselt hapendatud koorest saadud värske või on nõrga aroomiga, kuid seda on võimalik tugevdada vastavate kultuuritüvede kaasabil. Seejuures tuleb erilist tähelepanu pöörata piimhappebakterite aktiivsusele. Juuretise happesus kooresse viimise eel peaks olema umbes 90—100° Th; sel puhul sisaldab juuretis kõige rohkem aktiivset mikrofloorat.

Koore happesuse standardiseerimine. Et saada hästi säilivat võid, on vaja koort mõõdukalt hapendada. Koore hapendamine suurendab või säilivust sel puhul, kui ei teki liiga palju piimhapet, mis pidurdab piimhappe käärimise protsessi.

Või säilivus sõltub piimhappe käärimise aktiivsusest. Koore happesuse tunduva tõusu korral nõrgeneb piimhappebakterite redutseeriv toime. Koore kõrge happesus mõjub negatiivselt või säilivusele ka sellepärast, et piimhape võib mõjutada mõningaid või koostisosi (näiteks letsitiini), mille tagajärjel tekivad keemilise päritoluga maitsevead. Niisugused vead, nagu kala- ja õlimaitse, esinevad kõige sagedamini võis, mis on valmistatud kõrge happesusega koorest.

Koore liigse hapendamise negatiivne mõju või kvaliteedile tema säilitamisel tuleb eriti esile tugeva soolamise ja samuti ras-

kete metallide (Fe, Cu) ja nende soolade olemasolu korral. Koore kõrge happesus soodustab metallnõude ja seadmete korrosiooni, mistõttu koore metallidesisaldus võib olla liiga suur. Metallid on katalüsaatoriteks oksüdatsiooniprotsessidel ja kiirendavad või riknemist.

Kui koort on liiga nõrgalt hapendatud, siis ei suuda see küllaldaselt takistada bakteriaalse päritoluga vigade arengut võis, kui võid säilitatakse plusstemperatuuri juures, eriti siis, kui koor ei olnud täiesti rahuldava kvaliteediga ja või säilitamise tingimused soodustavad võõrmikrofloora arengut. Lisaks sellele puuduvad madala happesusega koorest valmistatud hapukoorevõil küllaldaselt tuntavad aroom ja maitse. Uurimised näitasid, et kooreplasma pH=5—5,7 korral saadakse hästi tuntava aroomi ja maitsega või.

Koore optimaalne happesus peab vastama või tootmise ja säilitamise tingimustele. Koore halva kvaliteedi, või nõrga soolamise, mageda või ja plusstemperatuuri juures pikaajalise säilitamise puhul peaks koore happesus olema 45—50° Th. Heakvaliteedilise tooraine kasutamisel, või suure soolasisalduse ja miinustemperatuuri juures säilitamise puhul võib koore happesust alandada kuni 35° Th. Et tagada erineva rasvasisaldusega koore ühtlane hapendamisaste, määratakse koore happesus kindlaks plasma happesuse järgi.

Lühiajalise hapendamise puhul peaks keskmise rasvasisaldusega koort standardiseerima happesuseni 25—27° Th, mis vastab plasma happesusele 40° Th. Kui tehakse magedat võid, võib lubada plasma happesust kuni 50° Th.

Olenevalt koore rasvasisaldusest soovitatakse lühiajalisel hapendamisel järgmist happesust:

Koore rasvasisaldus, %	26	28	30	32	34	36	38	40	42
Nõutav koore happesus, °Th:									
soolane või	30	29	28	27	26	25,5	25	24	23,5
mage või	37	36	35	34	33	32	31	30	29

Lühiajalise hapendamise puhul, kui koort on vaja nõutava happesuseni standardiseerida, arvutatakse juuretise kogus valemiga:

$$J = \frac{(H_n - H_k)\,K}{H_j - H_n}, \qquad \text{(IV—4)}$$

kus J — juuretise kogus, kg;
H_n — nõutav koore happesus pärast juuretise lisamist, °Th;
H_k — lähtekoore happesus enne juuretise lisamist, °Th;
H_j — juuretise happesus, °Th;
K — koore kogus, kg.

Koorele lisatav juuretis peab olema sama temperatuuriga nagu koor.

JUURETISE LISAMINE VÕILE

Hapukoorevõi säilivuse suurendamiseks ja maitse parandamiseks tegi Mironenko ettepaneku lisada juuretis pestud võiterale pressimise ajal. Ta lähtus sellest, et piimhappebakterite aktiivsed liigid, jagunedes võiplasma jämedates piiskades, arenevad võis esimestel päevadel ja suruvad alla võõrmikrofloora arengu. Võiterasse lisatud juuretis surub alla võõrmikrofloora. Peale selle omandab või plasma juuretisega rikastamise tagajärjel tugevama aroomi ja maitse. Mironenko ettepaneku tööstuslik kontrollimine andis positiivseid tulemusi. Seda viisi võib soovitada ulatuslikuks juurutamiseks võitööstuses.

Ruuber tegi ettepaneku asendada koore hapendamise bioloogiline viis keemilisega. Selle viisi korral pestakse juba põhjalikult veega pestud võitera veel kord 42%-lise piimhappe ja diatsetüüli seguga. 1000 kg koore kohta võetakse 0,6 l piimhapet 100 l vees ja diatsetüüli 2 ml. Ruuberi ettepaneku kontrollimine Eesti NSV võitööstustes näitas, et nii saadud või on küllalt hea säilivusega ja hästi tuntava maitse ja aroomiga.

Või säilivuse suurendamise ja aroomi parandamise eesmärgil lisas Tverdohleb kooresse ja võisse selle pressimise ajal piim- ja sidrunhapet. Katsed näitasid, et sidrunhappe lisamisel nii hapendatud koorele kui ka võiplastile või maitse tunduvalt paraneb.

Rootsis lisatakse või aroomi tugevdamiseks koorele piim-, äädik- ja sipelghappe segu koos diatsetüüliga. Et seejuures saada suure säilivusega võid, neutraliseeritakse koor osaliselt Na_2HPO_4 ja $NaHCO_3$ seguga, kuni pH = 6—7.

Makarjin tegi kindlaks, et hapukoorevõile pressimise ajal 0,05—0,1% söögisooda ja 0,1—0,3% dinaatriumfosfaadi lisamine soodustab või säilimist.

VÄRVI LISAMINE

Või värvus on tingitud haljassöödast piima ületulnud karotiini ja ksantofülli pigmentidest. Talvel lisatakse koorele kokkulöömise eel rasvas lahustuvat taimevärvi orleanpigmenti, mida ekstraheeritakse taime *Bixa orellana* seemnetest. Taimeõlides lahustuv orleanvärv on ühtlase intensiivse punase varjundiga oranži värvusega õline vedelik. Värvilahusel ei tohi olla sadestust ja kibedat ega muud võõrast lõhna.

Koorele lisatava värvi kogus määratakse kindlaks vastavalt rasva loomulikule värvusele, värvi enda värvuse intensiivsusele ja koore rasvasisaldusele. Sügistalveperioodil on 1 kg koore rasva kohta tarvis 0,5—0,75 ml ning kevadtalveperioodil 1,0—1,5 ml värvi. NSV Liidus pole või värvimine kohustuslik.

21. PEATÜKK

KOORE KOKKULÖÖMISE PROTSESSI TEOREETILISED ALUSED

Koore kokkulöömise ülesanne on ühendada üksikud rasvakerakesed ja eraldada need koore rasvavabast osast võitera näol. Kokkulöömisprotsessiga kaasneb alati koore vahustamine, mis etendab peamist osa võitombukeste moodustamisel.

KOORE VAHUSTAMINE

Õhumullikesed moodustuvad koores kas õhu mehhaanilise pihustamise (dispergeerimise) tagajärjel koore segamise ajal (dispersiooniviis), või ka iseenesest rõhu ajutise või püsiva alanemise puhul nii väheses kui ka suures koorekoguses koore kiirel voolamisel (kondensatsiooniviis).

Kõige tähtsam koore kokkulöömisel on õhumullikeste moodustumine dispersiooniviisil. Koores tekkivad õhumullikesed muudavad oma asukohta väliselt tekitatud tsentrifugaaljõu toimel. Esialgu tekkivad õhumullikesed on seda väiksemad, mida väiksem on koore pindpinevus õhu piiril ja mida suurem on vooluse turbulentsus. Nad olenevad vähe koore viskoossusest. Koore vooluses tekkides võivad õhumullikesed kas välja venida ja peenemateks dispergeeruda või üksteisega kokku põrgates koalestseeruda.

Mullikesed ühinevad disperssete faaside koalestsentsi üldiste seaduspärasuste alusel; see oleneb omavaheliste kokkupõrgete tõenäosusest, kokkupõrke tugevusest ja ka adsorptsioonhüdraatse vahekihi struktuuri mehhaanilistest omadustest.

Õhumullike, paiknedes tsentrifugaaljõu mõjuväljas ümber, adsorbeerib pindaktiivseid aineid ja moodustab adsorptsioonse kelme. Pindaktiivsed ained aga aeglustavad õhumullikese liikumist koore plasmas. Kokkulöömise algul, kui lahusesse pole veel ilmunud teiste pindaktiivsemate ainete molekule, adsorbeeruvad õhumullikese pinnale ainult kaseiini molekulid. Edasi aga hakkavad rasvakerakesed nii omavahel kui ka õhumullikestega kokku kleepuma, nende kestad purunevad ja selle tagajärjel koguneb koore plasmasse kestaineid, mis kui pindaktiivsemad adsorptsioonse väljatõrjeseaduse kohaselt kaseiini molekule õhumullikese pinnalt välja tõrjuvad.

Vedeliku keerisvoolud toovad koore sees ümberpaiknevaid õhumullikesi pinnale. Pinnale tõustes kohtavad nad niisamasugust koore pinnal tekkinud adsorptsioonset kelmet. Mullikese pind kattub ka selle adsorptsioonkelmega, nii et koore pinnale ulatuvale mullikese osale tekib juba kahest adsorptsioonkihist kest. Mõlemad kihid on hüdrofoobsed ja puutuvad õhuga kokku; nende-

vaheline ruum on aga täidetud koorega. Õhumullikesed pinnal kokku põrkudes moodustavadki vahu. Seega erineb õhus (vahus) oleva mullikese kest oluliselt koore sees olevast õhumullikest ümbritsevast adsorptsioonkelmest. Õhumullikesed kerkivad korduvalt vedeliku pinnale ja kanduvad vedeliku vooluga uuesti selle sisse tagasi, kuni nad lõpuks purunevad.

Õhumullikese kaheseinalise kesta ehitus ja vanus võib olla mitmesugune. Väline kest koore ja õhu piiril tekib hiljem kui õhumullikese sisepinna adsorptsioonkest, sest koore kokkulöömise ajal on õhumullikeste iga pikem kui koore ja õhu piiril oleva adsorptsioonkesta iga. Viimane kest uueneb koore segamisel kiiresti.

Seega koosneb vahu moodustumise protsess kahest staadiumist: esimeses moodustuvad õhumullikesed, teises ladestuvad mullikesed üksteisele õhu piirpinnal.

Koort võib kokkulöömise ajal vaadelda kui õhu ja rasva dispersiooni või kui liikuvat ilma kindla rakulise struktuurita vahtu, mis on tekkinud õhumullikestega segunenud koorest. Liikuv vaht on heterogeenne, polüdispersne süsteem; see koosneb plasmast, õhust ja rasvast ning võib olla kas jäme või peendispersne.

Tuleb eraldi vaadelda kogu vahumahu olemasolu kestust (iga) ja üksiku mullikese iga. Liikuva vahu iga sõltub mullikese elementaarsest püsivusest dünaamilistes tingimustes. Vahumullid hakkavad purunema koore ja vaba õhu kokkupuute pinnal.

Õhumullikese elementaarne püsivus sõltub mullikese suurusest, koore liikumise kiirusest, temperatuurist, mullikese koore pinnal viibimise deformeerumise ajast, gaasi loomusest, vahu kohal vaba ruumi veeaurudega küllastumise astmest, vahu ja õhu piirpinna suurusest, mullikese vanusest, koore füüsikalistest omadustest (viskoossusest, tugevusest, pinnastruktuurist), rasvakerakeste rohkusest pindkihis, rasva hangumise astmest, koore segamise kiirusest jm.

Vaatleme mõningate tegurite mõju õhumullikese elementaarsele püsivusele. Liikuvas vahus esineb mitmesuguse vanusega õhumullikesi. Kokkulöömisprotsessis suureneb vanemate õhumullikeste hulk. Vanemad mullikesed sisaldavad rohkem floteeritud rasvakerakesi, mistõttu nende struktuuri mehhaanilised omadused muutuvad.

Kahe kelme vahet täitva keskkonna suurem viskoossus tugevdab õhumullikese kesta, sest vedeliku aeglasem väljavoolamine vahest suurendab kesta vastupanu õhenemisele. Segamise kiirusest oleneb õhumullikese väljavenitamisel ja kokkusurumisel tema kestale mõjuva jõu pinge (kiirusgradient), õhumullikese kineetiline energia ja tema kokkupuutekestus liikuva vahu välise adsorptsioonse kelmega.

Koore segamise kiirenemisel suureneb kiirusgradient õhumullikese põiklõike suunas, kasvab õhumullikeste kineetiline energia, kiireneb adsorptsioonse kelme üksikute osade venitamine ja kokku-

surumine ja lüheneb õhumullikese liikuva vahu välise adsorptsioonse kelmega kokkupuutumise kestus.

Kui kiirel venitamisel mullikese kesta struktuur ei jõua taastuda, siis kest puruneb. Õhu ja koore välise piirpinnaga kokkupuutumise kestuse lühenemisel õhumullikese kesta lõhkemise tõenäosus väheneb, kuna aga koore vooluse kiirusgradiendi ja õhumullikeste kineetilise energia suurenemisel õhumullikese elementaarne püsivus alaneb.

Mullikene puruneb sel juhul, kui õhumullikese kineetiline energia on suurem kelme vastupanust lõhkemisele ja kui õhumullikese koore pealispinnal viibimise kestus on küllaldane mullikese kesta kriitilise paksuse saavutamiseks.

Kui mullikese pinnal viibimise kestus pole küllaldane kesta kriitilise paksuse saavutamiseks, siis paiskub õhumullike uuesti koore sisse.

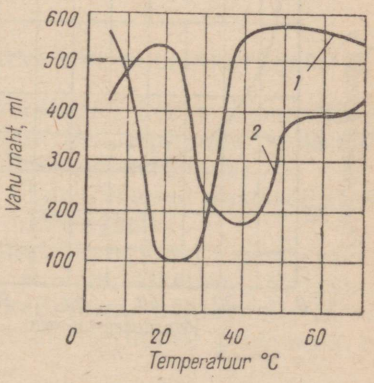
Võib juhtuda, et kokkulöömise ajal jääb võimasinas õhumullikese koore pinnal viibimise kestus liiga lühikeseks. Seda võib ette tulla tünni tunduva ületäitmise või koore ohtra vahutamise puhul. Ohtra vahutamise tagajärjel võib tünni kogu vaba ruum olla täidetud vahuga. Seejuures kaob täielikult vaba piirpind koore ja õhu vahel ning koore ja tahke keha piirpind saavutab maksimumi. Et koore kokkulöömist saaks lõpetada, selleks kõrvaldatakse tünnist osa vahtu või lisatakse koorele vahtu hävitavat ainet.

Mida suurem on kiirusgradient, seda rutem saavutab kest kriitilise paksuse. Koore liikumise kiirendamine lühendab õhumullikese ja liikuva vahu välise adsorptsioonse kihi kokkupuutekestust (mullikese pinnale ilmumise momendist kuni purunemise alguseni). Järelikult võib õhumullikeste purunemine kiireneda.

Tünni koorega täitmise aste peab olema selline, et õhumullikeste ja liikuva vahu välise adsorptsioonse kihi kokkupuutekestus oleks küllaldane nende purunemiseks.

Temperatuuri tõstmine vähendab koore pindpinevust ja viskoossust. Pindpinevuse alanemise tagajärjel tekib täiendavalt juurde uut piirpinda, viskoossuse vähenemine aga nõrgendab õhumullikese elementaarset püsivust. Järelikult nõrgendab kooreviskoossuse vähenemine õhumullikeste vastupidavust mehhaanilisele purunemisele.

Piim vahutab kõige vähem 20—30° C juures, koor 40° C juures, kui kogu piimarasv on vedelas olekus (joonis 45).

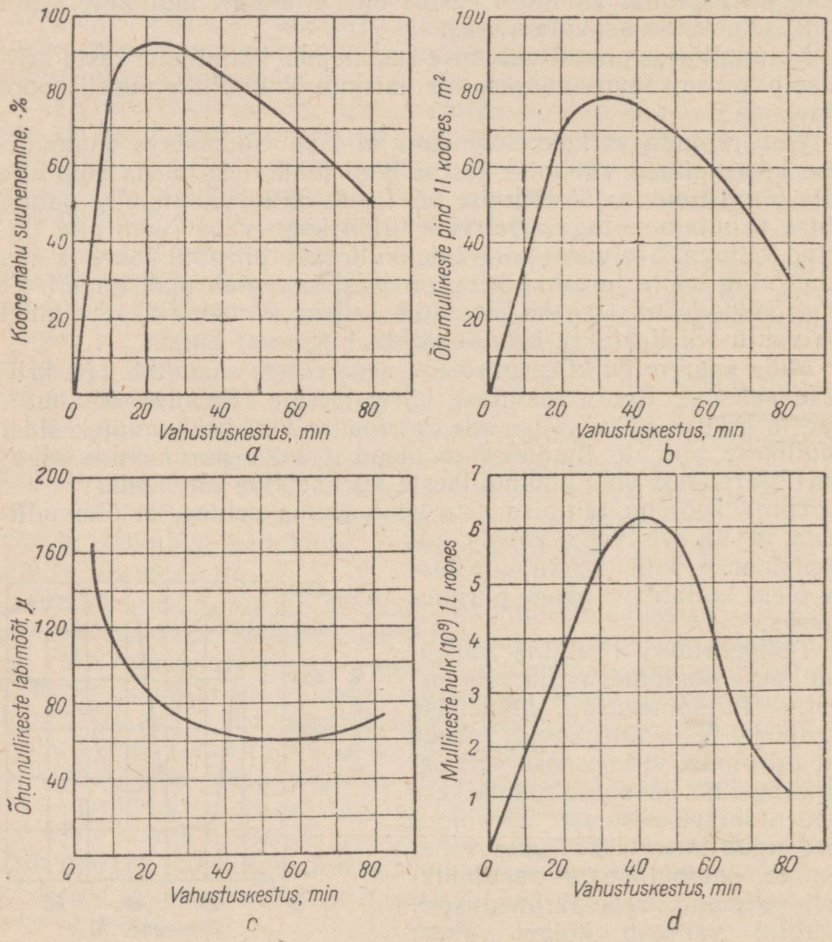


Joonis 45. Temperatuuri mõju vahutamisele:
1 — lõssil; *2* — koorel.

Temperatuuri mõju õhumullikeste elementaarsele püsivusele koores on seotud piimarasva agregaatolekuga. Osaliselt hangunud piimarasva sisaldavad rasvakerakesed, olles õhumullikese pinnas, suurendavad viimase püsivust.

Beloussovi arvates väheneb õhumullikeste elementaarne püsivus koore kokkulöömise ajal samal määral, millisel määral väheneb õhumullikeste pinnal esinevate üksikute rasvakerakeste arv. Selle juures muutub õhumullikese kesta ehitus.

Mida suurem on mullikene, seda tugevamalt see deformeerub ja seda tõenäolisem on kesta rebenemise võimalus.



Joonis 46. Õhudispersiooni muutumise kõverad koore kokkulöömisel (Beloussovi järgi):

a — üldmaht; *b* — õhufaasi pealispind; *c* — õhumullikeste keskmine läbimõõt; *d* — mullikeste hulk.

Õhumullikeste purunemise tõenäosus on suurem neis pealispinna osades, kus voolus on kiirem ja pealispinna kõverus suurem. Kui mingil ajavahemikul õhumullikesi puruneb vähem kui neid tekib, siis suureneb koores ümberpaiknevate õhumullikeste hulk kiiresti. Mullikeste hulga suurenedes suureneb ka koore maht ja faaside kokkupuutepind koore mahuühiku kohta.

Kokkulöömise algul tekib vahumullikesi kiiremini kui neid puruneb. Koore kokkulöömise protsessis väheneb vahustamata koore ja vaba õhu kogus kiiresti, mistõttu järsult väheneb antud ajavahemikul tekkivate mullikeste hulk. Mõni aeg pärast kokkulöömise algust tekib antud ajavahemikul mullikesi vähem, kui neid puruneb. Seetõttu hakkab vahustatud koore üldmaht vähenema pärast teatud maksimaalse mahu saavutamist.

Beloussov tegi kindlaks, et kokkulöömise kestel vahustatud koore üldmahu maksimum ja õhumullikeste pinna maksimum 1 l koores ei lange ajaliselt ühte. Kokkulöömise algul tekivad jämedamad õhumullikesed, mistõttu koore üldmahu maksimum saabub varem. Hiljem kokkulöömise käigus õhumullikeste keskmine suurus väheneb, kuid nende hulk suureneb. Õhu dispersiooni niisuguse muutumise tulemusena jõuab õhumullikeste kogu pealispind koore ühes mahuühikus maksimumini hiljem (joonis 46).

Beloussovi andmetel on kokkulöödavas koores õhumullikeste kogu pealispind maksimumpunktis 80 m^2 ühe liitri vahustatud koore kohta. Kogu koore mahu liikuvaks vahuks muutumise momendil on õhumullikeste kogu pealispind umbes 30 m^2 ühe liitri vahustatud koore kohta, kusjuures tekkinud vahu õhumullikeste seina paksus on 30—35μ. Maksimumpunktis mahub õhu dispersiooni moodustatud pealispinnale ühekordses kihis umbes 60% kõigist rasvakerakestest, pärast kogu kooremahu vahuks muutumist aga ainult 20%. Seega peavad rasvakerakesed paiknema vahu vahekihtides 2—3 ja enam kihis.

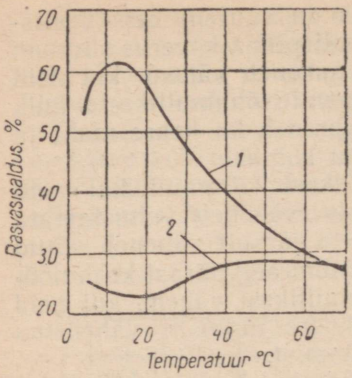
RASVAKERAKESTE FLOTEERUMINE ÕHUMULLIKESTEGA

Liikuvas vahus põrkavad rasvakerakesed kokku õhumullikestega ja kleepuvad seejuures floteeruvalt nende pinnale. Selle nähtuse mehhanismi ei ole seni veel suudetud selgitada.

Tekkimise momendil floteerivad õhumullikesed rasvakerakesi, mis asuvad vasttekkiva pealispinna mõjusfääris.

Beloussov tegi kindlaks, et osaliselt hangunud rasvakerakestel on floteeruva kleepumise võime suurem. Osaliselt hangunud piimarasvaga rasvakerakestel on kaitsekest nähtavasti vähem vastupidav, sest triglütseriidide kristalliseerumise protsessis on nad osa kestainest kaotanud.

Rasvakerakesed kleepuvad õhumullikesele floteeruvalt optimaalselt temperatuuris 10—15° C (joonis 47). See ongi ka koore kokkulöömise optimaalne temperatuur.



Joonis 47. Temperatuuri mõju rasvasisaldusele:
1 — vahus; *2* — vahualuses vedelikus

Kokkulöömise ajal muutub peaaegu kogu koor struktuurseks süsteemiks, mida võib nimetada agregaatseks liikuvaks vahuks.

Vahu tekkimine kiireneb vastavalt sellele, kuidas suureneb õhumullikeste ja floteeritud rasvakerakeste hulk süsteemis, ja saavutab maksimumi kogu koore liikuvaks agregaatseks vahuks muutumise momendil.

Vahu õhumullikeste seinad on haprad ja purunevad kergesti mehhaanilise toime mõjul.

Agregaatse vahu õhumullikeste seina tugevuse määravad peale adsorptsioonses kihis asuvate molekulide vaheliste sidemete ka piimarasva triglütseriidide kristallide vahelised sidemed rasvakerakeste kleepumiskohtades. Seetõttu suureneb vahu purunemiseks vajaliku mehhaanilise energia kulu järsult. See mehhaaniline energia surub plasma vahust välja. Vahu purunemise kiirus sõltub mullikeste struktuuri mehhaanilistest omadustest ja rakendatud mehhaanilise jõu suurusest.

Kokkukleepunud rasvakerakeste ja õhumullikeste sõrestiku purunemisel tekivad üksikud mooniseemnesuurused tombukesed. Üksikud tombukesed omandavad mitmekordsel üksteisest ülerullumisel kerakujulise vormi, sileda pealispinna ja kleepuvad kokku. Koore väga kiire kokkulöömise korral tekivad ebaühtlase suuruse, ebamäärase kuju ja krobelise välispinnaga võiterad.

VAHU OSA VÕITERA TEKKIMISEL

Vahu tekkimise osa või valmistamisel on uurinud Pockels, van Dam ja Holwerda, King, Fritz ja teised uurijad. Nõukogude Liidus kuuluvad olulised uurimused selles valdkonnas Beloussovile.

Pockels tegi esimesena kindlaks, et rasvakerakese kest puruneb kokkupuutumisel vahumullikese seinaga. Ta oletas otsest kontakti kaitsmata rasva ja õhu vahel. Rasvakerakestest väljasurutud vedel rasv on tsementeerivaks materjaliks, mille abil rasvakerakesed ühinevad õhu ja koore piirpinnal selle kokkusurumise ajal.

Van Dam ja Holwerda, lähtudes Pockelsi teoreetilistest arutlustest ja endi katsete tulemustest, esitasid koore kokkulöömise autoflotatsiooni teooria. Selle teooria kohaselt käituvad rasvakerakesed või kokkulöömisel kui hüdrofoobsed osakesed, s. o. floteeru-

vad õhu ja plasma piirpinnale, pöördudes kaitsmata rasva pinnaga õhu suunas.

Osa vedelat rasva eraldub rasvakerakesest ja voolab väga õhukeste kihtidena (ühe molekuli paksuselt) kiiresti laiali üle mullikese sisepinna. Sellised vedela rasva õhukesed kihid võivad avaldada vahtu hävitavat mõju. Seetõttu rasvakelmega kattunud õhumullikesed lõhkevad. Rasva kelme dispergeerub plasmas kolloidsete mõõtmetega ülipeente tilgakeste näol.

Õhumullikestele kinnitatud rasvakerakesed põrkavad intensiivse segamise tagajärjel kokku. Neist tekivad algul kogumikud, mis uuesti floteeruvad ja kokkulöömise lõpuks aglomeeruvad võitompudeks, milles vedel rasv on tsementeerivaks materjaliks.

King ja Fritz arvavad, et rasvakerakeste kokkukleepumise põhjuseks on õhumullikese pealispinna järsk vähenemine kas lõhkemise või teise õhumullikesega ühinemise tagajärjel. Lõhkedes lükkab vahumullikene rasvakerakesi nii tihedalt üksteise vastu, et osa neist kleepub kokku.

Purunemiseks vajaliku energia hulk ei sõltu kokkulöödavale massile mõjuva mehhaanilise energia hulgast. Mehhaaniline energia võib ainult kiirendada vahumullide tekkimist ja purunemist. Mida suurem on mehhaaniline energia ja mida rohkem vahumulle tekib ja puruneb ühes ajaühikus, seda kiiremini läheb või kokku. Või tekkimiseks vajalikud tingimused on: rasvakerakestest vaba rasva eraldumine, rasvakerakeste lähestikku asetumine vahumullikeste pinnal; pealispinna vähenemise energia peab ületama rasvakerakeste purunemistakistuse.

Beloussov esitas füüsikalis-keemilise või kokkulöömise teooria. Ta tegi kindlaks, et kesta letsitiini ja valgu kompleks nii vee ja rasva piirpinnal kui ka vee ja õhu piiril on pindaktiivsem kui mistahes muu plasmaaine. Rasvakerakese kokkupuutumisel õhumullikesega läheb kesta letsitiini ja valgu kompleks kerakese pinnalt mullikese pinnale, tõrjudes sealt välja plasma vähemaktiivsed ained. Kestaine niisuguse ümberpaiknemise tulemusena kaotab rasvakerakese pealispind kaitsva emulgeeriva kelme ja rasvakerakene tõmbub (floteerub) õhumullikese pealispinda. Õhumullikeste ja rasvakerakeste kokkupõrgete ja õhumullikeste koalestseerumise ning deformeerumise tagajärjel suureneb õhumullikeste pinnal rasvakerakeste kontsentratsioon, väheneb nende vahekaugus ja rasvakerakesed oma kaitsmata pindadega ühinevad vaba rasva vahendusel konglomeraatideks.

Esmased konglomeraadid moodustuvad mulli pealispinna kokkusurumise tagajärjel. Selline konglomeraat kujutab endast plaadikest, mille üks, plasma poole pöördunud külg on hüdrofiilne, teine aga, kaotanud emulgeeriva kelme, on tugevasti hüdrofoobne. Õhumullike võib uuesti floteerida primaarse konglomeraadi, kus see teise niisamasugusega ühinedes võib moodustada sekundaarse konglomeraadi jne. Alates teatud piirmõõtmetest

lakkavad konglomeraadid stabiliseerimast õhumullikesi. Vahu purunemise järel lõpeb võitera moodustumine konglomeraatidest. Beloussov oletab, et kokkulöömise viimases staadiumis võtab vahu purustamisest osa ka rasva vedel fraktsioon.

Zaikovski arvab, et kokkulöömisprotsess koosneb kahest staadiumist. Esimesel staadiumil moodustavad rasvakerakesed, kleepudes üksteisega kokku, vahumullide seintes oleva sitke kestaine vahendusel kogumikud, milles nad veel säilitavad individuaalsuse. Mõne aja pärast kaotavad õhumullikeste seinad elastsuse, muutuvad hapramateks ja kokkulöömisel purunevad löökide tagajärjel. Vahu purunemise järel rakendub kogu löökide jõud rasvakerakeste kogumikele. Mehhaaniliste löökide mõjul puruneb sülditaoline kest ja tekivad võitombud (terad). Rasvakerakeste adsorptsioonkestad purunevad koos vahuga.

Tunduvalt erineb eeltooduist Rahni teooria, mille järgi eristatakse kolme kokkulöömisstaadiumi. Esimene staadium on vahu tekkimine. Rahni arvamuse järgi on vahutekitajaks piimas ja koores eriline pindaktiivne aine, mida ta nimetab vahtaineks. Kestaine, adsorbeerudes õhku ja plasmat eraldaval pealispinnal, kisub rasvakerakesed vahu õhukesse kihti. Vahu seintesse koguneb järjest suuremal hulgal rasvakerakesi, mis endiselt on ümbritsetud adsorptsioonkestadega. Rasvakerakeste liikumise protsessis ja pealispinna rõhu mõjul moodustuvad rasvakogumikud, mis suurenevad koore kokkulöömise kestel.

Teine staadium on vahu purunemine. Sellel staadiumil muutuvad vahu seinad kõvaks ja hapraks vahtaine denatureerumise tagajärjel. Mehhaanilisel mõjutamisel need purunevad ja rasvakerakesed kleepuvad vahtaine mõjul kokku ning moodustavad suured kogumikud.

Kolmas staadium on rasva tombustumine ja võitera tekkimine. Sellel staadiumil suruvad löögid rasvakerakestest moodustatud kogumikke kokku tompudeks, kusjuures rasvakerakesed kaotavad individuaalsuse. Kestaine jääb võisse pideva keskkonna näol. Tombukeste tekkimise kiirus oleneb temperatuurist ja rasva kõvadusest. Peened tombukesed ühinevad võiteraks. Nii lõpeb või tekkimise protsess.

Esitatud teoreetilistest ettekujutustest vastavad kaasaegsele disperssete süsteemide õpetusele nende autorite seisukohad, kes vaatlevad rasvakerakeste agregatsiooni kui protsessi, mis on seotud kestade purunemisega. Rasvakerakeste kesta purunemisele peab eelnema kesta ja rasva sidemete, samuti ka kesta struktuurielementide omavaheliste sidemete vastupidavuse nõrgenemine. See toimub koore füüsikalisel valmimisel. Rasvakerakeste pealispind muutub vähem hüdrofiilseks, mis soodustab rasvakerakeste lähedase kontakti tõttu nende omavahelist külgetõmbumist.

Koore kokkulöömise protsessi tundmaõppimine näitab, et rasvakerakestel on kokkulöömisel hüdrofoobsed omadused. See-

tõttu on ekslik Rahni kujutlus, et rasvakerakesed kokkulöömisel käituvad nagu hüdrofiilsed osakesed. Rahn on teinud terve rea teisigi ekslikke oletusi, eriti seal, kus ta eeldab rasvakerakese kesta vigastamata säilimist vahu õhumullikeste seintega kokkupuutumisel ja rasvakerakeste kestade kleepumisvõimet. Ei ole kinnitust leidnud ka see Rahni oletus, et piimas pidavat olema eriline aine — vahutekitaja, samuti ka arvamus, et kokkulöömise ajal vahumullide seinad kõvenevad.

Flotatsiooniteooriate autorid märgivad õigesti, et rasvakerakeste floteerumisel õhumullikestega toimub kesta struktuuri purunemine ja kestade rebenemine märksa intensiivsemalt kui koore füüsikalisel valmimisel. Üks rasvakerakeste agregatsiooni protsessi iseärasusi on just nende floteeruv kleepumine õhumullikese külge ja omavaheline kokkukleepumine õhumullikese pealispinnal. Kuid flotatsiooniteooriad ei selgita veel täielikult rasvakerakeste agregatsiooniprotsessi mehhanismi. Kõige üksikasjalikumalt on rasvatompude moodustumise protsessi ja vahu tekkimist kirjeldanud Beloussov.

Lähtudes Beloussovi ning van Dami ja Holwerda koore kokkulöömise flotatsiooni teooriatest ja Pockelsi ning Kingi arvamustest, võib saada võrdlemisi täieliku ettekujutuse võitera tekkimise protsessist õhumullikeste osavõtul.

RASVAKERAKESTE LÄHENDUMINE JA AGREGATSIOON KOORES

Koore kokkulöömise ajal võtab rasvakerakene üheaegselt osa kolmest liikumisest: liikumisest keskkonna suhtes, liikumisest koos pöörleva keskkonnaga ja pöörlevast liikumisest oma telje ümber. Rasvakerakese suhteline liikumine toimub tsentrifugaaljõu väljas inertsjõudude (korioolise ja pöörlemisjõudude) ja hõõrdejõudude (keskkonna takistus) mõju all. Võrreldes nende jõududega on rasvakerakese raskusjõud väga väike ega mõjuta rasvakerakese liikumist.

Koore kokkulöömise ajal lähenduvad rasvakerakesed ja tiheda kontakti korral võivad kokku kleepuda ka ilma vahumullikese kaasabita. Rasvakerakeste kokkukleepumise võimalusele vahetult koores (mitte õhumullikeste pinnal) viitab Pockels.

Rasvakerakeste lähendamisele kulunud aeg oleneb disperssete rasvaosade üksteisele lähenemise kiirusest, keskkonna viskoossusest η, lüosfääri raadiusest R ja rasvakerakeste esialgsest omavahelisest kaugusest H_0.

Nende suuruste omavahelist seost võib väljendada Taylori võrrandiga

$$\tau_a = \frac{6\pi\eta R^2}{N} \ln \frac{H_0}{H_1}, \qquad \text{(IV—5)}$$

kus τ_a — vedeliku kahe rasvakerakese vahelt väljasurumise kestus,
N — dispergeeritud osi kokkusuruv jõud,
H_0 ja H_1 — kahe lüosfääri, mille raadius on R, omavahelise vahe alg- ja lõppsuurused.

Koore kokkulöömisel iseloomustab N tünni või segisti pöörlemisel tekkivat tsentrifugaaljõudu, millest oleneb rasvakerakeste liikumise kiirus. H_0 oleneb koore rasvakontsentratsioonist.

Viskoossus võib olla rasvakerakeste vahel olevate adsorptsioonsete hüdraatsete vahekihikeste struktuuri ja mehhaaniliste omaduste üheks karakteristikaks. Dispersioonikeskkonna ja piirpindse kihi viskoossus pole ühesugune: piirpindses kihis on see suurem kui koore plasmas, kusjuures pealmiste kihtide viskoossus ja elastsus suureneb koos rasvakerakese pealispinna hüdratiseerimise astme tõusuga. Selle tagajärjel suureneb keskkonna takistus rasvakerakeste lähendumisele.

Kokkusuruv jõud N peab mõjuma niikaua, kuni vedelik on vaheruumist kõrvaldatud. Mida suurem on dispersioonikeskkonna viskoossus, seda pikemat aega peab kokkusuruv jõud mõjuma vaheruumi paksuse H_1 saavutamiseks.

Rasvakerakeste lähenemise ülemäärase kiiruse korral raskeneb väheneva takistuse tõttu vedeliku väljavool rasvakerakeste vahelt.

Rasvakerakesed võivad lähenduda nii vahutamisel koores esinevate õhumullikeste osavõtul kui ka ilma selleta.

Nõukogude teadlased Kuk ja Asseikin tegid kindlaks, et koore kokkulöömise protsessis rasvakerakesed liginevad ja ühinevad vedeliku keeristes; mis tekivad koore segamisel kokkulöömise ajal. Keeriste tekkimise osatähtsusele võitera saamisel viitas esimesena Asseikin (1935). Ta kirjutas, et «... iga üksik keeris kujutab endast väikest tsentrifuugi... Keerise teljel tekkiva hõrenduse mõjul kontsentreeruvad rasvakerakesed teljele ja tänu neile toimivale kõrgele rõhule pressitakse nad omavahel kokku ning see viib võitera tekkimisele.»

Koores keeriste tekkimise protsessi uuris esimesena Kuk, kes esitas *võ i m o o d u s t u m i s e h ü d r o d ü n a a m i l i s e t e o o r i a*.

Koore kokkulöömise protsessis tekivad mikro- ja makrokeerised. Laminaarsele režiimile iseloomulikud mikrokeerised kutsuvad välja üksikute rasvakerakeste pöörlemise. Rasvakerakese pealispinna lähedal tõuseb tunduvalt temperatuur hõõrdumisele kulutatud töö tagajärjel. Soojus levib vabanemise kohalt ümbritsevasse vedelikku ja rasvakerakese sisemusse ning kutsub välja kergemini sulavate triglütseriidide sulamise. Rasvakerakese hoogsa pöörlemise tagajärjel puruneb tema difuusne kiht. Nii töödeldud rasvakerakene paisatakse turbulentsesse voolusesse ja ta satub makrokeeriste (tsüklonite) mõju sfääri. Tsüklonite separeeriv toime on

küllaldane rasvakerakeste lähendamiseks kuni nende pealispindade kontaktini. Kuki väljendust kasutades: keevituvad rasvakerakesed, tänu eelnevale töötlemisele mikrokeeristes, omavahelise kontakti korral üksteisega.

Surkov arvab, et koore kokkulöömise ajal võivad rasvakerakesed kokku põrgata mitte ainult keeriste tekkimise tagajärjel, vaid ka koore kavitatsiooninähtuse tõttu. Surkov eristab kahte kokkulöömistsüklit.

Esimene tsükkel on uute eralduspindade tekkimine. Tekkivad vedelikuvabad tühemed täituvad vedelikust eraldunud gaaside ja aurudega. Esimese tsükli kestel kogunevad rasvakerakesed eralduvale pinnale ja rasvakerakeste kestad purunevad molekulide äärmiselt kiire tühemetesse liikumise tõttu.

Teine tsükkel on tühemete kokkusurumine kõrge rõhu all oleva vedeliku voolustega. Seejuures toimub aurude kondensatsioon ja gaaside lahustumine. Gaasi olemasolu tõttu ei täitu tühem vedelikuga täielikult. Tüheme varisemine omab hüdraulilise löögi iseloomu. Koore temperatuuri tõusu tagajärjel sulab rasvakerakeste pealispind. Teise tsükli kestel surutakse rasvakerakesed kokku ja, ühinedes omavahel sulanud pealispindadega, moodustavad kas agregaadid või tombud, olenevalt löögi jõust ja rasvakerakeste kontsentratsioonist eralduval pealispinnal. Kokkusurumise jõudu tugevdab koore liikumise kiirenemine. Rasvakerakeste pealispinna sulamine raskendab nende agregatsiooni, sest seejuures tugevnevad kesta hüdrofiilsed omadused.

Kavitatsiooninähtused võivad esineda ainult sel puhul, kui koor liigub kriitilise kiirusega. Paljud autorid eitavad koore liikumise kriitilise kiiruse olemasolu kokkulöömisel nii perioodiliselt kui ka pidevalt töötavates võimasinates.

Mitte iga rasvakerakeste kokkupõrkega ei kaasne nende kokkukleepumine. Kokkukleepumine ei pruugi toimuda kahel juhul: kui kontakti kestus pole adsorptsioonse hüdraatse vahekihikese kriitilise paksuse saavutamiseks küllaldane, ja kui kesta struktuuri ja mehhaaniliste omaduste tõttu raskeneb kooreplasma väljasurumine rasvakerakestevahelisest ruumist. Kokkukleepunud rasvakerakeste arvu suhe ühes ajavahemikus kokkupõrkunud rasvakerakeste arvuga iseloomustab kokkupõrgete efektiivsust. Efektiivseteks kujunevad need kokkupõrked, mille puhul energeetilised tingimused kokkukleepumiseks on kõige soodsamad.

Eristatakse kahte liiki mitteefektiivseid kokkupõrkeid. Esimesse liiki kuuluvad need kokkupõrked, mis tekivad kokkulöömisel rasvakerakeste vähese kineetilise energia varu tagajärjel, mille tõttu need ei suuda ületada adsorptsioonse hüdraatse vahekihikese struktuurilist ja mehhaanilist barjääri. Kokkupõrkuvate rasvakerakeste suure kineetilise energia korral on võimalikud teist liiki mitteefektiivsed kokkupõrked, mis on tingitud rasvakerakestevahelise rasvakelmekujulise juba tekkinud sideme rebenemisest.

Tõenäosus, et rasvakelme rebeneb kleepumiskohal, on seda suurem, mida kõrgem on kahe rasvakerakese suhteline pöörlemiskiirus ja mida väiksem on kontakti (kleepumise) pind. Sellest on tingitud peti kõrge rasvasisaldus koore kokkulöömisel pidevalt töötavas võimasinas.

Kahe rasvakerakese pöörlemiskiiruste erinevus on seda suurem ja kleepumispind seda väiksem, mida suurem on nende läbimõõtude erinevus. Järelikult turbulentses vooluses jäävad peened rasvakerakesed petti, kuna siis on nende kokkukleepumise tingimused vähemsoodsad. Korduvate kokkupõrgete puhul kergeneb vigastatud kestadega rasvakerakeste kokkukleepumine.

Mida lühem on aeg teise liigi mitteefektiivsete kokkupõrgete vahel, seda suurem on rasvakerakeste korduva kokkukleepumise tõenäosus, kuna siis ei pruugi adsorptsioonkihi taastumine rasvakerakese vigastatud pealispinnal lõpule jõuda. Lühike aeg ei ole piisav lahusest pindaktiivsete ainete molekulide adsorbeerimiseks ja ahelate orienteerimiseks pinnakihis. Mida suurem on rasvakerakeste liikumise kiirus, seda rohkem on teise liigi mitteefektiivseid kokkupõrkeid.

Rasvakerakesed võivad üksteisele läheneda kokkupõrkumise ehk löögi (nii libisemiseta kui ka järgneva libisemisega) taoliselt või libisemisega.

Löök. Eristatakse rasvakerakeste vetruvat ja mittevetruvat lööki. Vetruv löök esineb rasvakerakeste esimest liiki mitteefektiivsete kokkupõrgete korral. Mittevetruva löögi korral on rasvakerakeste kokkupõrkekiirused võrdsed, löögi lõpul kleepuvad rasvakerakesed kokku ega eraldu enam üksteisest.

Rasvakerakeste löögikujulisel kokkupõrkumisel on kokkusuruv jõud seda suurem, mida suurem on rasvakerakeste mass ja mida lähemal normaalile on löögi suund.

Straufi ettepaneku järgi võib löögi juures ühe kerakese rõhku teisele väljendada Stokesi jõuga:

$$f_{cm} = 6\pi\eta \cdot \frac{dw}{dx} x \cdot \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}, \qquad \text{(IV—6)}$$

kus $\frac{dw}{dx}$ — teineteisest dx kaugusel asetsevate koore naaberkihtide kiirusgradient,

r_1 ja r_2 — rasvakerakeste raadiused,

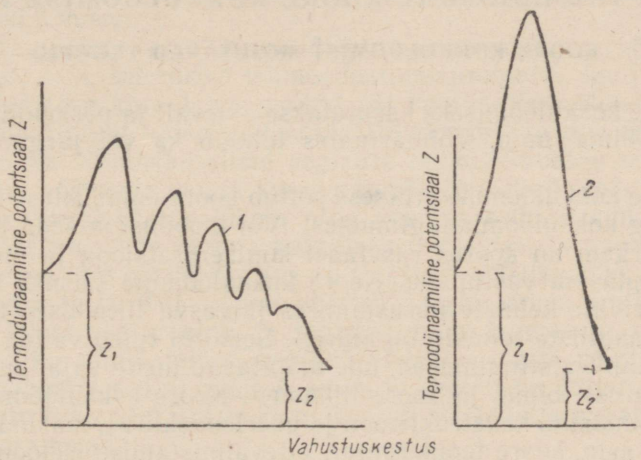
x — rasvakerakeste liikumissuunaga risti olevale tasapinnale projekteeritud kokkupõrkuvate rasvakerakeste tsentrite vahekaugus.

Libisemine. Üksteisele lähenedes võivad pöörlevad rasvakerakesed, püsides omavahel kontaktis, üksteisel libiseda. Kontaktipunkt nihkub seejuures kummagi rasvakerakese pinnal edasi. Rasvakerakeste kestade üksteise vastu hõõrdumine rikub molekulide orientatsiooni piirkihis, mistõttu üksikud molekulid võivad

pealispinnalt eralduda ning koos vedeliku voolustega vaheruumist ära kanduda.

Newtoni seaduse järgi on hõõrdejõud proportsionaalne kiirusgradiendiga. Üksteisele asetunud adsorptsioonsete hüdraatsete vahekihikeste hõõrdumisel mõjutab selle suurust ka relakseeriv takistus.

Rasvakerakeste libisemisel kiireneb adsorptsioonse hüdraatse vahekihikese läbisurumine. Rasvakerakese kesta molekulid võivad seejuures ka välja surumata jääda, vaatamata rasvakerakeste suurtele pöörlemiskiirustele ja pealispinna kõrgele hüdratiseeritusele, mille tekitab rasvakerakeste kesta proteiini ja fosfaadi kompleksi orienteeritud ahelate tugev kohesioonne liitumine. Pikad ahelad on adsorptsioonse hüdraatse vahekihikesega eraldatud pealispindade algava libisemise mõjul võimelised kõrvale kalduma ja isegi mõningal määral painduma.



Joonis 48. Koore kokkulöömisel rasva ja plasma piiril oleva vaba faasidevahelise energia muutumine:
1 — vahutamisel; *2* — pidevalt töötavas võimasinas.

Kõrge hüdratiseerituse juures on rasvakerakese kestad väga libedad, väga väikese hõõrdeteguriga, mistõttu on täiesti võimatu, et nad rebeneksid. See võib juhtuda ainult siis, kui vedelat rasva sisaldavad rasvakerakesed koore turbulentses vooluses üksteisele lähenevad.

Rasvakerakeste kokkukleepumise protsessi iseloomustamiseks koore kokkulöömise ajal on Grištšenko ja Vlodavets esitanud järgmise võrrandi:

$$-\frac{dn}{d\theta} = Cn, \qquad \text{(IV—7)}$$

kus n — rasva dispergeerunud osakeste arv koore mahuühikus ajamomendiks Θ,

C — koore kokkulöömise kiiruse konstant,

$\frac{dn}{d\Theta}$ — rasvakerakeste arvu vähenemise kiirus koore mahuühikus.

Glagoljev vaatleb koore kokkulöömise ajal rasvatompude tekkimise protsessi termodünaamiliselt seisukohalt, mille valgusel rasvakerakeste agregatsioon toimub faasidevahelise energia iseenesest kulgeva vähenemise tagajärjel (joonis 48).

22. PEATÜKK

VÕI VALMISTAMINE KOORE KOKKULÖÖMISE TEEL

KOORE KOKKULÖÖMIST MÕJUTAVAD TEGURID

Koore kokkulöömiseks kasutatakse pidevalt ja perioodiliselt töötavaid võimasinaid. Võimasinates toimub ka või järgnev töötlemine.

Koore kokkulöömise protsess sõltub koore omadustest ja koostisest ning kokkulöömistingimustest. Või moodustub seda kiiremini, mida kõrgem on koores rasvfaasi kontsentratsioon ja mida väiksem on plasma vastupanu. Koore kokkulöömine seisneb kaitsvate emulgeerivate kelmete purustamises ja rasva liitumises termiliste ja mehhaaniliste toimete tagajärjel. Seetõttu tuleb valida niisugused kokkulöömistingimused, mis mõjutavad meile vajalikus suunas mehhaanilist toimet ja koore liikuvust. Koore kokkulöömist mõjutavad võimasina konstruktsioon ja pöörlemiskiirus, masina koorega täitmise aste, koore temperatuur, ettevalmistamise iseloom jne.

Võimasina konstruktsiooni ja pöörlemiskiiruse mõju. Võimasinad on konstrueeritud nii, et nendes saaks koort löökide abil tugevasti mehhaaniliselt mõjutada. Ühtedes võimasinates see saavutatakse selliselt, et tünni pöörlemisega koort tõstetakse ja lastakse järgnevalt kukkuda, teistes paisatakse koor eriliste seadmetega (lööklauad, segistid) võimasina seintele ja lüüakse vastu pareerivaid pindu. Perioodiliselt töötavatel võimasinatel on teatav optimaalne pöörlemiskiirus, mille juures koor kõige kiiremini kokku läheb. See pöörlemiskiirus peab tagama koore tõstmise võimalikult kõrgele ja sellele järgneva kukkumise. Kui pöörlemiskiirus on optimaalsest suurem, siis areneva tsentrifugaaljõu mõjul jääb koor püsima tünni seintele, koor ei saa kukkuda ja kokkulöömise kestus venib pikale. Optimaalset pöörlemiskiirust väljendatakse sellise suurusena, mille juures tsentrifugaalne kiirendus a ei ulatu raskusjõu kiirenduseni g, vaid ligineb sellele, s. o.

$$n \leqslant \frac{30}{\sqrt{R}} \text{ p/min.} \qquad \text{(IV—8)}$$

Praktiliseks tööks väljendatakse võimasina tünni pöörlemiskiirust võrrandiga

$$n \leqslant \frac{24}{\sqrt{R}} \text{ p/min,} \qquad \text{(IV—9)}$$

kus R on võimasina tünni raadius meetrites.

Pika tünniga võimasinas (tüüp L) on mehhaaniline mõju koorele kõige tugevam siis, kui $n=26—36$ p/min, võimasina tüüp KL optimaalne pöörlemiskiirus on olenevalt tünni raadiusest 22—30 p/min.

Võimasinates, kus koor lüüakse kokku pöörleva segisti tsentrifugaaljõul, kiirendab kokkulöömist segisti pöörete arvu suurendamine. Niisugustes võimasinates peab segisti ringkiirus olema suurem kui 6 m/sec.

Segisti pöörete arvu suurendamine suurendab ka võimasina tootlikkust, s. o. kiirendab võimoodustumisprotsessi, kuid energia erikulu (energia kulu 1 kg saadud või kohta) jääb konstantseks. See Šuvalovi poolt katseliselt kontrollitud väide osutus õigeks nii tiivik- kui ka silindrikujuliste segistite puhul. Šuvalov tegi kindlaks, et kui pöörlema panna anum paigalseisva tiiviksegisti ümber, siis on protsessi kestus lühem ning energia erikulu väiksem kui segisti pöörlemisel ja anuma paigalseisul (segisti ja anuma pöörlemiskiirused olid võrdsed). See on tingitud vedeliku liikumise erinevast iseloomust. Kui segisti pöörleb paigalseisvas anumas, siis surub ta koore vastu seinu, ja segisti tiibade tegevus ei seisa niivõrd vedeliku läbistamises, kuivõrd vedeliku rõnga seinte suhtes liikuma panemises. Kui pöörleb anum ja segisti on paigal, tekivad koore vastu tiibu põrkamisel keerisvoolud, mille tõttu segamistingimused paranevad.

Tiiviksegistid on efektiivsemad 30—35%-lise, silindrikujulised aga 36—48%-lise rasvasisaldusega koore kokkulöömisel.

Favstova ja Vlodavets, õppinud tundma või moodustumise kineetikat silindrikujulise segisti kasutamisel ühtlase pingevälja tingimustes, tegid kindlaks, et või moodustumise kestus on pöördvõrdeline segisti pöörete arvuga. Seda kinnitavad järgmised andmed:

segisti pöörlemiskiirus, p/min	375	250	125	62,5
või moodustumise kestus, min	5,5	9	18	31
segisti pöörete arv või moodustumise perioodi kestel	2060	2250	2250	1940

Võimasina tünni täiteastme mõju. Koore normaalse kokkulöömise tagamiseks tuleb tingimata kinni pidada võimasina tünni täitmise normaalsest astmest. Normaalsest kõrgema täiteastme puhul pikeneb kokkulöömise kestus, sest koore kukkumise kõrgus

väheneb. Peale selle võib vahustunud koor täita kogu võimasina ning sel puhul on võimatu võid saada.

Kui tünn on puudulikult täidetud, võib või moodustumine lõpule jõuda nii lühikese ajaga, et tunduv osa rasvakerakestest ei suuda üle minna konglomeraatidesse ja jääb petti. Katsed näitasid, et kui võimasina mahust üle 50% on koorega täidetud, pikeneb kokkulöömisprotsess tugevasti. Tiiviksegistitega võimasinates pikeneb kokkulöömise kestus tugevasti, kui võimasina tünni mahust on täidetud üle $^2/_3$. Samuti pikeneb kokkulöömise kestus, kui võimasina mahust on täidetud alla 20%, sest liiga vähese täitmise puhul valgub koor pöörleva tünni seintele laiali ja ei lähe kokku. Võimasina ala- ja ülekoormamine ei ole lubatav ka sellepärast, et siis on võimatu võid normaalselt töödelda. On kindlaks tehtud, et kuni 38%-lise rasvasisaldusega koore kokkulöömisel on võimasinat optimaalne täita 40% mahust, rasvarikkama koore korral 35% mahust. Kõige vähem võib olla täidetud 25% tünni mahust.

Beloussov tegi kindlaks, et kui tünn on täidetud 40—45%, saadakse maksimaalselt suur õhudispersiooni pealispind; see on tähtis madala ja mõõduka rasvasisaldusega koore kokkulöömisel, kuna siis mängivad või moodustamisel olulist osa flotatsiooninähtused. Tünni täitmise optimaalsest astmest kõrvalekaldumise korral suureneb rasva kadu petti ja halveneb või konsistents.

Võimasina täiteastmest oleneb peale kokkulöömise kestuse ka teisteks operatsioonideks, nimelt koore sisselaskmiseks, peti väljavooluks, pesemiseks, või väljavõtmiseks jne. kuluv aeg (tabel 18).

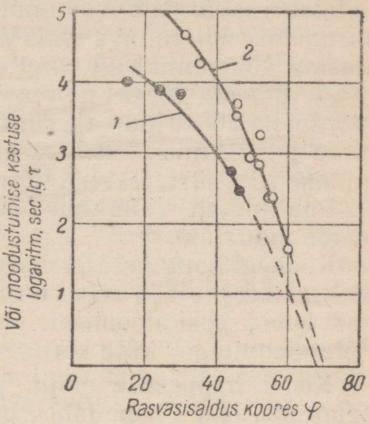
Tabel 18

Võimasina täiteaste, %	Koore kogus liitrites	Kestus, min.							
		Koore sisselaskmine	Kokkulöömine	Peti väljalaskmine	Või pesemine	Või soolamine ja pressimine	Või väljavõtmine	Kokku	
								kogu protsessi kestus	1 kg või kohta
50	2500	10	60	15	26	28	14	153	0,18
45	2250	9	45	13	25	28	12	132	0,17
40	2000	8	35	12	24	30	10	119	0,18
35	1750	7	30	11	22	32	8	110	0,19
30	1500	6	24	10	20	37	7	104	0,21

Võimasinate töö efektiivsust koorega mitmesuguses ulatuses täitmise puhul ei tule hinnata ainult kogu kokkulöömisprotsessi ajakulu, vaid ka valmisprodukti ühikule tuleva ajakulu järgi. Võimasina tünni täitenormi 35 kuni 50% piirides muutub aja erikulu väga vähe, sellest täitenormist kõrvalekaldumise korral aga väheneb võimasina töö tootlikkus tunduvalt.

Koore rasvasisalduse mõju. Kõrge rasvasisaldusega (68—70%) koor läheb kiiresti võiks; lühike on siis kokkulöömise algstaadium, sest eraldavale vahepinnale kontsentreerub (floteerub vahumullikestele) rasv kiiresti. Seetõttu kestab kõrge rasvasisaldusega koore kokkulöömine 6—8 min.

Mulder ja Schols ning seejärel Favstova ja Vlodavets tegid kindlaks, et võrdse kokkulöömisrežiimi korral on või moodustumise kestus pöördvõrdeline rasva kontsentratsiooniga koores. Vaatlused tehti pöörleva silindrikujulise segistiga masinate juures (joonis 49).



Joonis 49. Või moodustumise kestus olenevalt koore rasvasisaldusest:
1 — Mulderi ja Scholsi andmed; 2 — Favstova ja Vlodavetsi andmed.

Võib oletada, et koore kõrge rasvasisalduse korral omandavad või moodustumisel suure tähtsuse hüdrodünaamilised tegurid, kuna koore madala rasvasisalduse puhul asuvad esikohale, vähemalt enne rasvaagregaatide tekkimise staadiumi, pinnanähtused — flotatsioon ja rasvakerakeste kestainete kaitseomaduste muutumine. Harilikes võimasinates aga läheb suure rasvasisaldusega koor aeglaselt kokku, sest koore suur viskoossus muudab kokkulöömise tünni normaalsete pöörete arvu juures raskeks: koor võib pöörlema hakata koos tünniga ega saagi alla langeda.

Iga erineva rasvasisaldusega koore puhul tuleb luua niisugused tingimused, mis tagavad koore kokkulöömise normaalse aja kestel ja normaalse konsistentsi ning struktuuriga või saamise.

Rasvarikka koore kokkulöömisel tuleb taotleda jämedama tera tekkimist, et kergendada või koostise reguleerimist järgneval töötlemisel.

Rasvarikka koore kokkulöömisel saadud peti rasvasisaldus sõltub kokkulöömise temperatuurist ja ajast. Sellest tingituna on vaja rasvarikka koore kokkulöömise temperatuuri alandada niipalju, et kokkulöömine toimuks normaalse aja (30—40 min) kestel. Sel juhul läheb vähem rasva petti.

Koore valmimise astme mõju. Koore valmimise aste mõjutab või moodustumise kiirust.

Valmimata koores ei ole tahke ja vedela rasva vahekord tasakaalustunud; rasv hangub osaliselt alles võimasinas, mistõttu tera tekib kiiresti ja küllalt rohkesti rasvakerakesi jääb petti. Kiiresti tekkiv ebaühtlase ja pehme konsistentsiga võitera haarab võisse

kaasa petti, mida töötlemisel on sealt raske eemaldada; seetõttu saadakse palju vett ja valku sisaldav või.

Võiterad ühinevad kiiresti tompudeks, mistõttu võil tekivad konsistentsivead. Selline või sisaldab suurel hulgal rasva vedelaid fraktsioone ja on sageli määriv.

Puudulikult valminud koore kokkulöömisel eraldub rohkesti vedelat rasva, mis vahumullikese pealispinnal moodustab selle purunemist kiirendava kihi. Vedela rasva kontsentreerumine õhu ja plasma vahepinnal on tingitud rasva madalamast pindpinevusest (34,5 dn/cm 20° C juures) võrreldes plasma pindpinevusega (49 dn/cm 20° C juures). Ainult kõva ja vedela rasva teatava vahekorra puhul, mis oleneb rasva koostisest ja koore füüsikalise valmimise režiimist, tekivad küllalt tugevad ja kõvad terad.

Puudulikult valminud koore kokkulöömisel peab temperatuur olema madalam.

Rohkem hangunud rasva puhul on rasvakerakesed palju hüdrofoobsemad, millega seletub rasva parem ärakasutamine hästivalminud koore kokkulöömisel. Beloussovi andmetel on tahkel rasval flotatsioonitegur mitu korda suurem kui vedelal.

Koore happesuse mõju. Või moodustumist mõjutab ka koore happesus. Hapu koor läheb paremini kokku kui rõõsk. Kui pH alaneb, väheneb rasvakerakeste valk-letsitiinkesta püsivus ja muutub valgu kolloidfüüsikaline olemus, mis kajastub koore viskoossuses ja pindpinevuses.

Hapu koore kokkulöömisel avaldab hüdratiseerunud valk nõrgemat vastupanu rasvfaasile ja floteerub täielikumalt. Valgulahuse ja rasvakerakestele adsorbeerunud kestainete isoelektrilised punktid on kasutatavast koore hapendamise astmest madalamad. Selle tõttu on kindlaksmääratud hapendamisnormide piirides kõrgema happesusega koort kergem kokku lüüa, see toimub kiiremini ja väheneb rasva üleminek petti. Kui aga koore happesus ületab valgu isoelektrilise punkti (4,1—4,5), siis väheneb rasva kasutamise aste ja pikeneb kokkulöömise kestus.

Isoelektrilises punktis on laengu suurus minimaalne rasva ja kestaine piirpinnal, mistõttu nõrgeneb adsorptsioonne side rasva ja pindaktiivsete ainete vahel. Nõrgema elektrilaenguga rasvakerakesed moodustavad paremini agregaate ja koor läheb täielikumalt kokku. Elektrilaengu muutumisel isoelektrilisest punktist ühele või teisele poole suureneb rasvasuspensiooni stabiilsus valgu keskkonnas. Lähtudes sellest sõltuvusest tuleb kokkulöömistingimuste valimisel, eriti aga kokkulöömistemperatuuri kindlaksmääramisel, juhinduda koore hapendamise astmest. Kui koore ettevalmistamisel on saavutatud küllaldane rasva kõvadus, võib hapendatud koore kokkulöömise temperatuuri tõsta, kartmata liigset rasvakadu petti.

Hapendatud koore kokkulöömisel on tingimata vaja varsti pärast töö algust võimasin seisatada gaaside väljalaskmiseks, mida hapendatud koor sisaldab suurel hulgal.

Koore kokkulöömise temperatuuri mõju. Või kokkulöömise tingimustest on eriti tähtis temperatuur, millega saab reguleerida kokkulöömisprotsessi. Temperatuur mõjutab rasva kõvadust ja vedela fraktsiooni kogust, vahu moodustumise astet ja olemust ning vahu tugevust, rasvakerakeste kontsentreerumise astet ja pindaktiivsete ainete adsorbeerimist rasva poolt. Temperatuurist oleneb ka koore liikuvus ja löömise ajal koorele avalduv mehhaaniline mõjujõud. Kõik see põhjustab kokkulöömistemperatuuri mõju kokkulöömise kestusele, rasva jagunemisele või ja peti vahel ja või konsistentsile.

Temperatuur mõjub koore kokkulöömisel rasvakerakeste agregatsiooni astmele ja iseloomule. Et toimuks rasvakerakeste agregatsioon, on tingimata vaja nende pindmine kest hüdrofoobseks muuta. Energeetilist barjääri ületades puutuvad rasvakerakesed üksteisega kokku, selle juures ühineb vedel pinnarasv ja kerakesed kinnituvad kohesiooni kapillaarjõududega üksteise külge, moodustades tompusid. Madala kokkulöömistemperatuuri korral ei ole vedela rasva kogus suur ja seetõttu ei saa rasvakerakesed tompudeks ühineda.

Kõrge kokkulöömistemperatuuri korral väheneb (või lõpeb) kerakestes rasva kristalliseerunud osa ja vedelad rasvakerakesed koalestseeruvad liitumisel, moodustades võitilku. Kõrge kokkulöömistemperatuuri puhul voolab rasvakerakestest eraldunud liigne vedel rasv välispinnale laiali ja võib eralduda plasmasse, kus ta, peenelt dispergeerudes, suurendab plasma rasvasisaldust.

Järelikult peab kokkulöömistemperatuur vastama optimaalsele kõva ja vedela rasva vahekorrale.

Kui kokkulöömistemperatuur langeb, kasvab õhu dispersiooni aste ja vahumullikeste mehhaaniline tugevus, mille tõttu vahu purunemine raskeneb ja kokkulöömisprotsessi kestus pikeneb. Seejuures ei moodustu või enne, kui mehhaanilise toime või teiste tingimuste mõjul pole kokkulöödava massi temperatuur tõusnud piirini, mille juures kokkulöömine juba on võimalik.

Kõrge temperatuuri puhul puruneb vaht ruttu ja rasva konglomeraatide moodustumine kiireneb, mille tõttu suur osa rasvakerakestest läheb üle petti. Mida kõrgem on temperatuur kokkulöömise ajal, seda rohkem rasva läheb petti. Kõrge temperatuuri korral saadakse isegi hästivalminud koore kokkulöömisel normist kõrgema rasvasisaldusega pett.

Beloussov tegi kindlaks, et 10—15° C juures kujunevad kõige paremad tingimused rasvakerakeste floteerumiseks õhumullikeste pealispinnas. Glagoljev arvab, et temperatuuri tõusmisel nõrgeneb stabilisaatori adsorptsioon rasva ja plasma piiril ning tugevneb plasma ja õhu piiril. Adsorptsiooni tasakaalu nihkumine temperatuurist olenevalt kergendab koore kokkulöömist.

Või moodustumise minimaalselt lubatav temperatuur oleneb piimarasva koostisest ja füüsikalis-keemilistest omadustest, eriti rasva kõvaduse astmest. Mida pehmem on rasv, seda madalam on

minimaalselt lubatav kokkulöömistemperatuur. Kui temperatuur on alla 5—7° C, siis koor kokku ei lähe. Minimaalsest kõrgema temperatuuri puhul algab tera moodustumine ja mida kõrgem on temperatuur, seda kergemini rasv kontsentreerub ja seda kiiremini läheb koor kokku. Kokkulöömistemperatuuri valimisel on otsustav tähtsus aastaajal, koore ettevalmistamise tingimustel ja kvaliteedil, võimasinate konstruktsioonil, kokkulöömise mehhaanilistel teguritel jt. Talvel, kui rasv sisaldab rohkesti raskestisulavaid triglütseriide ning koor on hästi valminud, seega rasv tugevasti kristalliseerunud, peab koore kokkulöömistemperatuur olema tingimata kõrgem kui suvel. Orienteerivalt võib võtta kokkulöömise algtemperatuuriks suvel 8—10° C ja talvel 11—14° C.

Kokkulöömise ajal tõuseb koore temperatuur pidevalt ja on löömise lõpuks 1,5—2 kraadi võrra kõrgem esialgsest. See temperatuuri tõus on tingitud peamiselt mehhaanilise energia muundumisest soojusenergiaks, aga ka soojusvahetusest koore ja ruumi õhu vahel. Väiksem tähtsus on rasva agregaatoleku võimaliku muutumise juures vabaneval või neelduval rasva peidetud sulamissoojusel ja pinnanähtude arvel vabaneval soojusel.

Mehhaanilise energia soojusenergiaks muundumisest tingitud temperatuuri tõus oleneb kokkulöömise kestusest ja mehhaanilise mõjutamise intensiivsusest. Mida kauem koort lüüakse ja mida tugevam on mehhaaniline mõju ühes ajavahemikus, seda suurem on temperatuuri tõus. Ruumi ja koore temperatuuri suurema erinevuse, eriti aga võimasina seinte hea soojusjuhtivuse (metallvõimasinad) korral võib kokkulöömise lõpuks temperatuur tunduvalt tõusta.

Lõplikult valmimata koore töötlemisel hangub rasv osaliselt kokkulöömisprotsessi kestel. Seejuures vabaneva peidetud sulamissoojuse hulk oleneb rasva kontsentratsioonist ja rasva esialgsest hangumise astmest. Temperatuur võib selle arvel tõusta 0,3—0,5 kraadi. Pikemat aega madalas temperatuuris valminud koore kokkulöömise ajal võivad kergemini sulavad glütseriidid osaliselt sulada peidetud sulamissoojuse neeldumise arvel. Selle teguri mõju on aga kasutatavate kokkulöömistemperatuuride puhul tähtsusetu.

Koore kokkulöömisel põhjustavad rasvakerakeste agregatsiooni ja vaba pinnaenergia vähenemisega seotud pinnanähud vaevaltmärgatava temperatuuri tõusu, millel samuti pole praktilist tähtsust.

Temperatuuri summaarset juurdekasvu võib iseloomustada järgmise võrrandiga:

$$\Sigma t = \Delta t_1 \pm \Delta t_2 \pm \Delta t_3 \pm \Delta t_4, \qquad \text{(IV—10)}$$

kus Σt — temperatuuri summaarne juurdekasv kokkulöömise ajal,

Δt_1 — temperatuuri juurdekasv mehhaanilise energia soojusenergiaks muundumisest,

Δt_2 — sama, soojusvahetusest õhuga,
Δt_3 — sama, rasva peidetud sulamissoojuse arvel,
Δt_4 — sama, pinnanähtude arvel.

Vaatlused näitavad, et kõige tähelepandavam on temperatuuri tõus kokkulöömise algstaadiumis. Temperatuuri tõus üle 2 kraadi kokkulöömisprotsessi ajal väliskeskkonnaga tähelepandava soojusvahelduse puudumisel näitab seda, et kokkulöömise algtemperatuur on olnud madal. Liiga väike temperatuuri tõus näitab, et kokkulöömise algtemperatuur on valitud kõrge.

Pole ükskõik, kuidas muutub temperatuur koore kokkulöömise ajal. Koore kokkulöömise algul, kui rasvakerakesed kontsentreeruvad õhumullikeste pinnale, võib temperatuur kõikuda küllaltki laiades piirides, seejuures on oluline säilitada küllaldast rasva kõvenemise astet ja vahu püsivust. Kui aga rasva flotatsioon on lõppenud ja läheneb kokkulöömise lõppstaadium, on nõutav kindlam temperatuur. Kokkulöömise lõpptemperatuurist olenevad või moodustumise iseloom, võitera kvaliteet, koostis ja struktuur (tabel 19).

Tabel 19

Koore kokkulöömise algtemperatuur °C	Koore kokkulöömise lõpptemperatuur °C	24,5%-lise rasvasisaldusega koore kokkulöömise kestus kuni tera moodustumiseni min	Koore kokkulöömise kogukestus min	Rasvahulk petis %	Veehulk teras %	Tera kvaliteet
9,7	9,4*	85	131	0,47	18,6	rasvane, rabe
12,1	13,1	55	71	0,53	15,6	rahuldav, kobe
13,1	13,2*	32	64	0,47	17,4	rasvane, ümmargune
12,6	15,5	42	47	0,95	15,2	ebaühtlane, pehme

* Kokkulöömise ajal jahutati koort võimasinas.

Seda temperatuuri, mille juures tera formeerub, nimetatakse kokkulöömise lõpptemperatuuriks. Koore õige ettevalmistamise ja piimarasva keskmise koosseisu korral (joodarv 32—37), saavutatakse kõige parem või konsistents ja maksimaalne rasva kasutamise aste, kui kokkulöömise lõpptemperatuur on 12—14° C.

Kokkulöömise kestuse mõju. Koore õige kokkulöömise üks näitajaid on löömise kestus, mis peaks olema 30—45 min.

Kiirema kokkulöömise puhul halveneb tera kvaliteet ja väheneb rasva kasutamise aste.

Ebarahuldava kvaliteediga (rasvane) tera saadakse ka siis, kui koore kokkulöömine venib pikale. Pikka aega mehhaaniliselt mõjutatud tera on raskesti töödeldav, sellest saadud või on rabeda konsistentsiga ja seob halvasti vett. Kokkulöömise kestus oleneb kokkulöömist mõjutavatest teguritest, eriti võimasina täitmise astmest, koore rasvasisaldusest, happesusest ning füüsikalisest valmimisest ja kokkulöömistemperatuurist.

Võitera kvaliteet. Kokkulöömist võib lugeda lõppenuks, kui võitera suurus on 3—4 mm. Madala rasvasisaldusega koore kokkulöömisel on lubatav peenem tera (kuni 2—3 mm). Tera suurusest oleneb rasva kadu petti. Kui tera on peen, lõpuni kokku löömata, siis suureneb rasva kadu petti, eriti sel juhul, kui kokkulöödav koor oli rasvarikas. Sellises koores suureneb tera kiiremini ja kui koore kokkulöömine lõpetada tera 2—3 mm-se läbimõõdu saabumisel, jääb petti palju väikesi rasvakogumikke. Seetõttu tuleks rasvarikkam koor kokku lüüa jämedamaks teraks (kuni 4—5 mm), kuid see ei tohi kahjustada või konsistentsi.

Tera kvaliteedist oleneb oluliselt tema järgnev töötlemine. Peenemal teral on rohkem pealispinda, mistõttu ta seob rohkem petti. Pesemisel jääb terasse palju petti ja võis on siis rohkesti rasvavaba kuivainet, eriti valku.

Jämeda, ülelöödud tera pesemisel ja töötlemisel ei eemaldu terasse jäänud pett, mistõttu võisse samuti jääb rohkesti rasvavaba kuivainet. Jäme, ülelöödud tera on harilikult pehme ja nõrga konsistentsiga ning seda on raske edasi töödelda.

Jämedas teras on vähem pealispinna plasmat, rohkem aga tera formeerumisel rasvatombukestega peente piiskade näol kaasahaaratud plasmat. Tera sees olevat petti võib nimetada dispergeeritud plasmaks. Plasma jagunemine teras oleneb tera suurusest (tabel 20).

Tabel 20

Tera suurus, mm	Teras sisalduvast plasmast on		Tera veesisaldus %
	pealispinnal %	dispergeeritud %	
1—2	60	40	32
2—3	44	56	29
3—4	40	60	25
4—5	32	68	21
5—6	25	75	18

Rasva kasutamise aste kokkulöömisel. Või saamisel läheb osa rasva koorest petti. Eriti palju sisaldab pett rasvakerakesi, mille läbimõõt on alla 1 μ. Olenevalt rasvakerakeste suurusest on saadud normaalsel või moodustumise protsessil järgmised rasva kasutamise astmed.

Rasvakerakeste suurus, μ	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	üle 5
Rasva kasutamise aste, %	33	78	95	97	100	100

Või valmistamisel ei olene rasva kasutamise aste ainuüksi koore rasvakerakeste suurusest, vaid ka või saamise tehnilistest tingimustest. Rasva ärakasutamine halveneb, kui rasvakerakesed on pastörisaatorites ja pumpades purunenud, samuti või kiire moodustumise, liiga kõrge kokkulöömistemperatuuri, koore mittekülla1dase valmimise ja peene tera saamise puhul.

Ka võimasina konstruktiivsed puudused vähendavad rasva kasutamise astet.

Ukraina Piimatööstuse Teadusliku Uurimise Laboratooriumi töötajad tegid kindlaks, et seadmete ebaõnnestunud asetuse korral on märgata rasva liiga suurt üleminekut petti. Näiteks mõnedes tööstustes on koorejahutid paigutatud estakaadidele asetatud koorevannide kohale, pastörisaatorid on aga üles monteeritud aparaatide tsehhi madalale alusele. Seadmete niisuguse paigutusskeemi korral täidab pastörisaatorisegisti tsentrifugaalpumba ülesannet ja annab kuuma koore kuni 3—3,5 m kõrgusele, milleks segisti pannakse tööle kiirusega kuni 320 ja veelgi rohkem pööret minutis. Selle juures teatav hulk rasvakerakesi puruneb ja peti rasvasisaldus tõuseb 0,6—0,7%-ni.

Rasva petti minekut mõjutab ka valkfaasi olemus. Erineva albumiini- ja kaseiinisisaldusega koore kokkulöömisel on kindlaks tehtud, et peti rasvasisaldus on pöördvõrdeline hapendatud koore kaseiinisisaldusega. Kaseiinisisalduse tõusmisel koores 0,84%-lt 5,24%-ni langes peti rasvasisaldus 0,85%-lt 0,32%-ni. See seletub asjaoluga, et suspendeeritud valk kaitseb rasvatombukesi purunemise eest. Sirik ja Kazanski leidsid, et albumiinisisalduse tõus ei muuda märgatavalt peti rasvasisaldust, kuid koorele letsitiini ja teiste fosfatiidide lisamisel tõusis peti rasvasisaldus kuni 6%-ni ja enamgi. Naatriumtsitraat ja dinaatriumfosfaat, suurendades rasvakerakese negatiivset laengut ja rasvaemulsiooni stabiilsust, tõstavad peti rasvasisaldust. Vastupidist toimet avaldavad kahevalentsete metallide, eriti kaltsiumi ioonid, alandades rasvakerakese laengut.

Peti rasvasisaldus suureneb rasvarikka koore kokkulöömisel, kuid kuna siis petti saadakse vähem, pole üldine rasvakadu rasvarikka koore kokkulöömisel suurem kui rasvavaesema koore puhul. Keskmise rasvasisaldusega koore kokkulöömisel ei tohiks petis rasva olla üle 0,3%.

Kokkulöömise hindamisel tuleb lähtuda rasva kasutamise

astmest, seega rasva hulgast, mis koorest võisse üle läheb. Rasva kasutamise aste määratakse järgmise valemiga:

$$X = \frac{(KR_k - PR_p)\,100}{KR_k}, \qquad \text{(IV—11)}$$

kus X — rasva kasutamise aste, %,
K — koore kogus, kg,
R_k — koore rasvasisaldus, %,
P — peti kogus, kg (tuletatakse või ja koore kaalu vahest),
R_p — peti rasvasisaldus, %.

Rasva kasutamise aste ei tohiks olla madalam kui 99,3%.

Kõrge rasvasisaldusega petti tuleb koorida. Peti koorimisel saadud koort soovitatakse kokku lüüa koos hariliku koorega. Petikoore eraldi kokkulöömine kestab kaua ja rasva kasutamise aste on siis madal.

VÕI FÜÜSIKALIS-MEHHAANILINE TÖÖTLEMINE

Või pesemine

Pesemise eesmärk. Pindmine plasma on jämedalt dispergeeritud. Selle piisad on seotud laiade kanalikestega, mille kaudu plasma koostisosad difundeeruvad. Seejuures on võimalik ka mikroobide liikumine. Kui selline pindmine plasma sisaldab toitaineid, siis mikroobid arenevad takistamata. Või pesemisel see plasma asendatakse toitesubstraadita veega ja tekitatakse sellega mikroobide kasvuks ebasoodsad tingimused.

Tera sees olev plasma on tugevasti dispergeeritud ja seetõttu mikroorganismidele vähe kättesaadav, kuigi sisaldab suures koguses toitaineid. Dispergeeritud plasma piisku ühendavad kanalikesed on nii kitsad, et mikroorganismide tegevussfäär piirdub nende poolt infitseeritud piiskadega. Suurem osa dispergeeritud plasma piiskadest ei ole omavahel ühendatud.

Võis leiduva vee ja mikroobide jagunemise iseloomu võrdlemine näitab, et rõõsakoorevõis ületab plasmapiiskade arv peaaegu 100-kordselt bakterrakkude arvu; iga mikroobi tegevus saab toimuda ainult ühe piisa piirides. Enamik tugevasti dispergeeritud plasmapiisku on steriilsed ja pärast pesemist nendesse järelejäänud toitained pole mikroorganismidele kättesaadavad.

Peti väljapesemise aste oleneb tera konsistentsist ja suurusest. Mida jämedam on tera, seda raskemini on pett väljapestav. Kuid või pesemine võib nõrgendada piimarasva kaitset oksüdatsioooniprotsesside eest.

Või plasmal on tähelepandav oksüdeerimisvastane toime, mis on tingitud valgu- ja võib-olla ka laktoosisisaldusest. Plasma oksüdeerimisvastaseid omadusi tugevdab ka mõningate mikroorganis-

mide, näiteks piimhappebakterite ja pärmiseente areng, sest need alandavad plasma redoks- (hapendus-taandus-) potentsiaali.

Kui plasmavaba piimarasva kiiritada ultravioletsete kiirtega 3—4 tunni kestel, siis selle peroksüüdarv tõuseb kuni 0,8—1,2 mg %. Samuti kiiritatud pesemata või peroksüüdarv on ainult 0,2 mg %. Plasma antioksüdatsiooniomadusi näitab ka induktsiooniperiood, mis hästipestud võil on kuni 7—7,5 tundi, pesemata võil aga kuni 9 tundi. Kui võid säilitatakse miinustemperatuuri juures, mis puhul bakteriaalsed protsessid on peaaegu katkenud, ei suurenda või pesemine säilivust, vaid ümberpöördult, võib kiirendada oksüdatsiooniprotsesse. Plusstemperatuuri juures säilitamise puhul aga, kui nihkuvad esikohale bakteriaalsed vead, on pesemisest kasu.

Pesemisvee kvaliteedile esitatavad nõuded. Pestud või säilivus suureneb ainult sel puhul, kui pesemiseks kasutatakse vett, mille kvaliteet vastab joogiveele esitatud nõuetele.

Või pesemiseks kasutatav vesi peab olema läbipaistev, selge, ilma muda ja setteta, samuti ka kõrvallõhnata ja maitseta, bakteriaalselt puhas, ei tohi sisaldada patogeenseid mikroorganisme, soolekepikesi ja roisubaktereid. Mikrofloora üldhulk ei või ületada sadat rakku 1 ml vee kohta.

Vesi ei tohi sisaldada väävelvesinikku, ammoniaaki ja salpeetrishappe soolasid, mis annavad tunnistust orgaaniliste ainete lagunemise protsessi olemasolust vees. Orgaaniliste ainete üldkogus ei tohi ületada 2,5 mg 1 l vees.

Heakvaliteedilise vee olulisi näitajaid on oksüdeeritavus, s. o. hapniku hulk milligrammides, mis kulub 1 l vees sisalduvate orgaaniliste ainete oksüdeerimiseks. Vesi, mille oksüdeeritavus ületab 8 mg/l, pole kõlblik või pesemiseks. Või pesemiseks ei või kasutada ka vett, mis sisaldab üle 1 mg/l rauda. Raua soolad * võivad avaldada võis katalüütilist mõju oksüdatsiooniprotsessidele.

Ebarahuldava kvaliteediga pesuvett tuleb spetsiaalselt ette valmistada. Bakteriaalselt saastunud vett pastöriseeritakse 90° C või kõrgema temperatuuri juures, selle järel filtreeritakse vett soojendamisel sadenenud kaltsiumisooladest vabastamiseks. Mikroobide arvu vähendamise eesmärgil klooritatakse vett, mille tagajärjel mikrofloora hulk võis väheneb mitmesajakordselt. Vee puhastamise praktikas kasutatakse vee klooritamiseks kloorlupja. Selle juures on kahjutustamise aktiivseks algatajaks atomaarne hapnik, millel on bakteritsiidsed ja vee orgaanilisi aineid oksüdeerivad omadused. Mikrofloora hävitamiseks jätkub 1—1,2 mg aktiivsest kloorist 1 l vee kohta.

---

* Ruuber tegi kindlaks, et veel suurema ohu tekitab koorest võisse sattunud raud.

Raua soolad, olles lahustunud dispergeeritud plasmas, mille pind moodustab kuni 99% kõigi piiskade üldpinnast, omavad suurt kokkupuutepinda rasvaga ja toimivad katalüsaatoritena.

Sogast vett selgitatakse kurnamise, setitamise ja filtreerimisega. Aeglaselt settuvate kolloidosakeste olemasolu puhul selgitatakse vett koagulatsiooniga, see tähendab, et veele lisatakse elektrolüüte, millel on kolloidosakeste laenguga võrreldes vastupidise laenguga ioonid. Elektrolüüdiks kasutatakse kõige sagedamini alumiiniumsulfaati. Koagulatsiooni tagajärjel väheneb osaliselt ka vee bakteriaalne saastumus.

Palju rauda sisaldavat vett töödeldakse spetsiaalses aparatuuris, kus kahevalentse raua soolad õhu hapniku mõjul muutuvad lahustumatuiks kolmevalentse raua ühenditeks, mis langevad välja geelitaolise sademena ja kõrvaldatakse järgneva filtreerimisega. Kui vesi sisaldab väävelhaput rauda, siis kasutatakse vee rauast vabastamiseks lupja. Nende võtetega on võimalik alandada rauasisaldust kuni 0,1 mg-ni 1 liitri vee kohta.

Või pesemise viisid. Võid pestakse pärast peti eemaldamist. Selleks lastakse võimasinasse nii palju vett, et kogu või tera oleks ümbritsetud veega (50—60% koore kaalust). Harilikult pestakse võid kaks korda, madalasordilisest ja samuti ka neutraliseeritud koorest valmistatud võid aga isegi kolm korda. Vologda võid pestakse üks kord.

Tera pesemisel kõrvalduvad koos petiga osaliselt ka aroomiained. See on ebasoovitav eriti vologda või puhul, mida iseloomustavad hästi tuntav aroom ja maitse.

K-tüüpi võimasinas annab tera esimesel pesemisel häid tulemusi vee piserdamine augustatud metallotsikuga voolikust. Piserdatakse niikaua kuni võimasina avatud äravoolukraanidest väljavoolav vesi on selge. See viis kiirendab pesemist ja eemaldab petti hästi. Teistkordne pesemine K-tüüpi võimasinas toimub harilikul viisil.

Väga oluline on võipesuvee temperatuur; seda tuleb reguleerida nii, et või konsistents oleks kõige parem. Kui tera on hästi tugev ja kõva, siis ei tarvitse vee temperatuur palju erineda tera temperatuurist. Sel puhul kasutatakse vett ainult pesemiseks. Kui aga tera konsistentsi on vaja parandada, siis on pesemisel peale peti kõrvaldamise ka või konsistentsi parandamise ülesanne. Nõrga konsistentsiga (pehme, kleepuva) tera pesemiseks tuleb kasutada jahedamat vett. Temperatuuri ei tohi alandada järsku. Et tera küllaldaselt kõveneks, on tarvis pikendada tera vees hoidmise kestust.

Koreda ja rabeda tera pesemisel peab vee temperatuur olema 1—2 kraadi võrra kõrgem tera temperatuurist.

Vee temperatuurist oleneb märgatavalt peti eemaldumine ja tera veesisaldus. Soojem vesi, kui see veel ei põhjusta terade tombustumist, peseb peti paremini välja. Uurimised on näidanud, et kui pesemisvee temperatuur on lähedane kokkulöömistemperatuurile, ei mõjuta see oluliselt tera veesisaldust. Soojema pesemisvee kasutamisel suureneb tera veesisaldus, jahedama puhul väheneb. Tera tugev jahutamine pesemisel raskendab järgnevat töötlemist.

Vee temperatuuri valimisel tuleb arvestada ka rasva omadusi ja nimelt: raskestisulava talvise rasva korral peab vee temperatuur olema kõrgem kui suvise kergestisulava rasva korral.

Või soolamine

Soolamise mõju või kestusele. Soolamise eesmärk on või säilivust suurendada ja võile anda mõõdukalt soolane maitse. Soolamise tagajärjel soikub mikrobioloogiliste protsesside areng, sest sool, lahustudes või plasmas, suurendab osmootilist rõhku kuni 50 atmosfäärini, mille tõttu algab bakteriaalsete rakkude plasmolüüs.

Mitmesuguste mikroorganismide arenemine katkeb soolvee järgmiste kontsentratsioonide puhul:

Mikroorganismid	Soolvee kontsentratsioon, %
Roisubakterid	7—10
Rasvalagundajad bakterid	10—15
Piimhappebakterid ja piima hallitusseened	15—20
Hallitus- ja pärmiseened	20—25

Soola konserveeriv toime ilmneb siis, kui soola kontsentratsioon võiplasmas on 10—15%. Sellise kontsentratsiooni saamiseks on vaja lisada 15—16%-lise veesisaldusega võile kuni 2% soola. Selline soolasisaldus aga halvendab või maitset; seepärast soolatakse võid mõõdukalt (lisatakse 0,8 kuni 1,2% soola).

Soolamine ei taga siiski või täielikku säilivust, sest mikroorganismid kohanevad aegamööda soolvee kõrge kontsentratsiooniga. Voitkevitš jälgis hallitusseene *Penicillium glaucum* arengut soolvee 27%-lise kontsentratsiooni puhul. Paraštšuk ja Zaikovski tegid kindlaks, et see hallitusseen areneb ka naatriumkloriidi küllastatud lahuses.

Uurimised näitavad, et magedas võis suureneb säilitamisel mikroobide hulk; soolases võis aga bakterite arv säilitamisel väheneb, ainult pärmi- ja hallitusseened säilitavad aktiivsuse.

Sellest võiks järeldada, et soolane või säilib suhteliselt hästi. Aga soola konserveeriva toime paralüseerib teatud määral tema kui keemilise agendi negatiivne toime, sest sool võtab osa või komponentide keemilise lagundamise protsessidest. Soolamine võib põhjustada võis õli- ja kalamaitse tekkimist, mis on keemilise päritoluga vead.

Soola mõju tuleb vaadelda seoses teiste või säilivust mõjutavate teguritega. Nii näemegi, et soola ja piimhappe koostoimel tekivad võis keemilise päritoluga vead.

Soolalahus võis kutsub välja valkude muutumise, soodustab letsitiini ja teiste ainete üleminekut lahustunud olekusse ja akti-

veerib mõningaid fermentatiivseid protsesse. Näiteks soolvees lahustunud letsitiin laguneb piimhappe mõjul hüdrolüüsudes ja oksüdeerudes, kusjuures eralduvad ebameeldiva lõhnaga produktid.

Soolamise mõju või säilivusele oleneb säilitamistemperatuurist. Uurimised on näidanud, et plusstemperatuuris säilib soolane või paremini kui mage. Magedas võis tekivad ruttu maitsevead, nagu vana ja seisnud maitse, mis arenevad hiljem kibedaks, juustu, hallituse ja teisteks maitseteks. Soolases võis aga ei arene bakteriaalsed vead nendes säilitamistingimustes nii ulatuslikult.

Miinustemperatuuris säilitamisel osutub mage või tihti kestvamaks kui soolane. Nendes tingimustes võib soolase või kvaliteet aegamööda halveneda, kuna plasma ei külmu. Külmumata plasmas toimuvad fermentatiivsed ja keemilised protsessid; võib areneda soola ja madala temperatuuri suhtes vähetundlik mikrofloora. Mida kõrgem on soolvee kontsentratsioon, seda madalam on plasma külmumise temperatuur. Võis on soolvee 8—12%-lise kontsentratsiooni korral plasma külmumise temperatuur —5 kuni —7° C. On kindlaks tehtud, et miinustemperatuuri juures säilitamisel väheneb mikrofloorasisaldus magedas võis kiiremini kui soolases, plusstemperatuuris säilitamisel väheneb aga mikrofloora hulk kiiremini soolases võis.

Järelikult sool, olles iseenesest konserveeriv aine, ühel juhul piirab mikrofloora arenemist võis ja soodustab või säilimist, teisel juhul aga, toimides keemilise agendina, võib halvendada või kvaliteeti.

Soolase või halva säilivuse pärast miinustemperatuuris on vaja, vastavalt transpordi- ja säilitamistingimuste paranemisele, kasutada nõrka soolamist. Võid ei soovitata tugevasti soolata ka sellepärast, et soola kristallid, lahustudes või plasmas, kontsentreerivad enda ümber vett ja moodustavad jämedaid piisku, mis rikub või välimust, sest säilitamisel valgub vesi välja ja niisutab taarat.

Standardse koostisega või saamiseks nõutakse soolasisalduse normaliseerimist. Soola optimaalne norm määratakse vastavalt tarbija poolt nõutavale soolamaitsele ja või transportimise ning säilitamise tingimustele. Suvel tuleb ebasoodsate transportimis- ja tööstuses säilitamise tingimuste tõttu lubada võid tugevamini soolata kui talvel. Võib soovitada järgmisi või soolasisalduse norme: suvel 1—1,2% ja talvel 0,8—1,0%.

Või soolamiseks kasutatakse kas kuiva soola või soolvett.

Kuiva soolaga soolamine. See soolamisviis on mitmesugustes modifikatsioonides kõige enam levinenud. Soola kogust reguleeritakse arvestades selle kasutamise astet, mis soolamisvariandist olenedes võib laiades piirides kõikuda.

Soola ärakasutamisele mõjub võitera veesisaldus, võimasina pinna märgumine, võitera soolamisaegne temperatuur, pressimise

kestus jt. Kui võitera sisaldab palju vett, siis soola kasutamise aste langeb, sest selline tera kaotab järgneval töötlemisel rohkem vett ja ühes sellega ka vees lahustunud soola. Peene tera soolamisel, milles on rohkem pressimisel kõrvalduvat pinna vett, väheneb soola ärakasutamine. Tera temperatuuri tõusmise puhul suureneb soolal võime difundeeruda sügavamatesse võitera kihtidesse, seega paraneb soola omastatavus. Peale selle suureneb koos temperatuuri tõusuga tera veemahtuvus ja järelikult ka soolvee kinnipidamise võime. Kuiv sool lisatakse kas terale või pooleldi pressitud või plastile.

Kuiv sool lisatakse terale kahes osas: üks osa puistatakse tera peale, kusjuures võimasina kraanid on kinni, teine osa aga pärast seda, kui või on kaks-kolm korda läbi lastud võimasina pressvaltside vahelt.

Vajalikud soolakogused leitakse vastavaist tabelitest.

Selle soolamisvariandi puhul on soola kasutamise aste 40—80%, sool jaguneb võis ühtlaselt ning lahustub hästi.

Teise või soolamise variandi puhul lisatakse kogu kuiv sool kobedasse poolpressitud või plasti. Vajaliku soolakoguse arvutamiseks määratakse sel puhul plasti veesisaldus pärast võimasinast vaba vee väljalaskmist. Vajalik soolakogus jaotatakse ühtlaselt või pinnale. Selleks peab või olema tõstetud valtsidele.

Pärast pealmise plastikihi soolamist visatakse see labidaga valtside taha ja soolatakse ka plasti alumine osa. Samaaegselt valatakse võimasinasse puuduv osa vett ja töödeldakse või lõplikult. Vajaliku soolakoguse arvutamisel võetakse aluseks või teoreetiline väljatulek, nõutav soolasisaldus ja soola kaod.

Plasti soolamisel on tera soolamisega võrreldes rida eeliseid: saab täpsemalt reguleerida või veesisaldust, puudub vajadus võimasinasse jäänud veekogust eraldi määrata ja soola kasutamise aste tõuseb kuni 97%-ni. Siiski võib, kui sool lisatakse või töötlemise hilisemal staadiumil, ette tulla selle ebaühtlast jagunemist ja puudulikku lahustumist. Ebaühtlasel sooldumisel omandab või kirju, marmoreeritud värvuse.

Või kuiva soolaga soolamisel jaguneb vesi võis olenevalt soolasisaldusest järgmiselt (tabel 21).

Tabel 21

Piiskade läbimõõt μ	Dispergeeritud vee kogus %-des, kui või soolasisalduse % on			
	0,6—0,8	0,8—1,0	1,0—1,2	1,2—1,5
kuni 2,5	17,2	12,8	7,7	2,4
2,5—4,5	22,8	22,3	19,3	12,6
4,5—7,0	37,7	40,6	41,7	40,3
7,0—9,5	17,8	21,3	24,6	26,1
üle 9,5	4,5	3,0	6,7	18,6

Soolveega soolamine. Selle viisi korral lisatakse soola lahus pestud võiterale.

Soola lahus ei absorbeeri vett nii tugevasti kui kuiv sool ja sellepärast ei suurenda oluliselt veepiisku võis. Et vähendada või mustumise võimalusi, keedetakse ja filtreeritakse soolvesi. Soolveega soolamisel ei saa võisse jääda lahustumata soola kristalle, sool jaguneb ühtlaselt ning on tagatud või ühtlane värvus.

Kuid soolveega soolamisel alaneb soola kasutamise aste, ja kui on nõutav tugev soolamine, siis võib kergesti ette tulla, et või on alasoolatud. Koos soolaga töödeldakse sel puhul võisse ka vesi, mistõttu võib või veesisaldus tõusta standardiga lubatust kõrgemaks.

Soola kasutamise astet mõjutavad soolvee kontsentratsioon ja temperatuur, soolamise ja järgneva töötlemise kestus ning samuti tera veesisaldus. Kõige parem on soola ärakasutamine küllastatud soolvee tarvitamise puhul. Soolvee temperatuuri tõstmisega suureneb soola kasutamise aste, kuid seejuures võib või konsistents halveneda. Võitera kõrge veesisalduse korral alaneb soolvee kontsentratsioon ja järelikult ka soola kasutamise aste.

Või pressimine

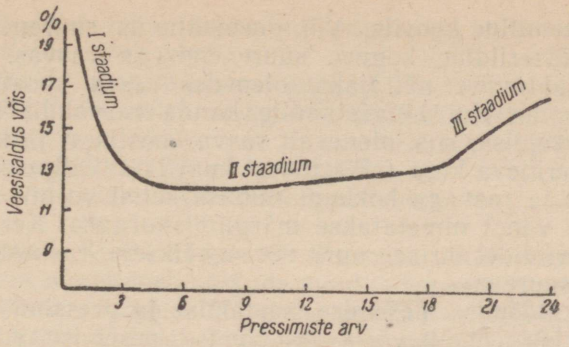
Võitera monoliitseks massiks muutmiseks ja või koostise reguleerimiseks lastakse see võimasina pressvaltside vahelt läbi. Mage või pressitakse kohe pärast pesemist, soolane aga pärast soolamist või sellega ühel ajal.

Võitera pressimisel moodustub tihe plast, pindmine vesi pressitakse välja ja ta voolab pressitavalt võitükilt ära, osa sellest aga pihustub peenteks võisse jäävateks piiskadeks. Pressimise laadist oleneb terast eraldatava vee kogus. Sellel põhinebki või koostise reguleerimine.

Või pressimise staadiumid. Või pressimise protsessi võib jaotada staadiumideks (joonis 50). Esimesel staadiumil pressitakse välja vesi. Pressvaltside mõjul või pehmeneb, kaotab teralisuse ja moodustub ühtlane plast. Pärast minimaalse veesisalduse saabumist pressimisel hakkab või imama vett. See on tingitud või veemahtuvuse suurenemisest.

Minimaalsele veesisaldusele vastavat pressimise momenti nimetatakse kriitiliseks. Sellega lõpeb pressimise esimene staadium.

Pressimise teisel staadiumil suureneb vee hulk võis aeglaselt. Seejuures kulgevad üheaegselt kaks protsessi: vee väljapressimine ja sissepressimine. Selle staadiumi algul on eralduv veekogus võrdne võisse sissepressitavaga. Edasi aga hakkab sissepressitav veekogus ületama väljapressitavat. Pressimise sellel staadiumil toimub ka jämedate veepiiskade pihustumine peenemateks, mis kergemini seostuvad võiga.



Joonis 50. Vee võisse pressimise kõver.

Pressimise kolmandat staadiumi iseloomustab või veesisalduse märgatav tõus, mis tekib võisse vee sissepressimise intensiivistumise ja väljapressimise peaaegu täieliku katkemise tagajärjel. Sellel staadiumil dispergeeruvad veepiisad tugevasti. Pressimise lõpul on veekoguse muutumine võis tingitud vee imamisest võimasina seintelt.

Või vesifaasi dispersiooniaste oleneb pressimise kestusest (pressimiste arvust), mida võib järeldada järgmistest andmetest (tabel 22):

Tabel 22

Või pressimiste arv	Või veesisaldus (%) jaguneb piiskadeks läbimõõduga		
	alla 15 μ	15—100 μ	üle 100 μ
10	4,86	1,47	7,19
20	8,66	1,43	3,56
40	11,06	0,82	1,79

Pressimiste arvu suurenemisel väheneb jämedate veepiiskade arv ja suureneb tugevasti dispergeerunud vee kogus.

Nii sisaldab 1 g hästi pressitud võid kuni 20 miljardit piiska, kusjuures üle 90% sellest veest asub kuni 15μ läbimõõduga piiskades ja ainult 1% piiskades, mille läbimõõt on üle 100 μ.

Kirjeldatud vee jagunemise ja hulga muutumise käik või pressimise protsessi kestel on ühesugune on iseloomulik igasugusele või pressimise viisile. Õige pressimisega saab täpselt standardiseerida veesisaldust võis ja sel teel reguleerida või koostist.

Iga staadiumi kestus oleneb pressimistemperatuurist ja mehhaanilistest teguritest.

On kindlaks tehtud, et või veemahtuvust mõjutavad alljärgnevalt loetletud tegurid.

Rasva keemiline koostis. Või veemahtuvus suureneb kergesti sulavate glütseriidide koguse suurenemisega rasvas. Kaudseks rasva veemahtuvuse näitajaks, olenedes rasva koostisest, võib olla märgumine. Kui klaasplaadile kanda rasvakiht ja asetada sellele soolveepiisk, siis, olenevalt rasva koostisest ja kõvadusest, võtab piisk erineva kuju (sfäärilisest kuni laialivalguvani). Nurka rasva pinna ja rasvaga kokkupuutumise kohal veepiisale tõmmatud puutuja vahel nimetatakse märgumisnurgaks. Kergesti sulavatel glütseriididel on see nurk 90°-st väiksem, raskesti sulavatel aga 90°-st suurem.

Või kokkulöömise, pesemise, soolamise ja pressimise temperatuur. Mida kõrgem on või kokkulöömise, pesemise, soolamise ja pressimise temperatuur, seda pehmem on rasv ja suurem või veemahtuvus. Mõned uurijad loevad seda tegurit domineerivaks.

Tera suurus. Võrdsetes pressimisoludes sisaldab nii peenest kui ka jämedast terast saadud või rohkem vett kui keskmise suurusega terast saadud või. Peene teraga või kõrgem veesisaldus on tingitud tera pindmise vee sissepressimisest. Jämeda teraga või on aga peaaegu alati pehme konsistentsiga ja hoiab tugevasti kinni tera sisemuses olevat vett.

Või pressimise kestus ja pressvaltside pöörlemise kiirus. Või pressimise kestuse ja pressvaltside kiiruse suurendamisega kasvab mehhaaniline toime, mille tõttu tõuseb või temperatuur ja ta pehmeneb. Või kõvaduse vähenemisega suureneb või veemahtuvus.

Võimasina täiteaste, koore rasvasisaldus ja valmimise aste. Kui need tegurid kiirendavad tera moodustumist, siis suureneb ühtlasi mehhaaniline vee kaasahaaramine teraga. Pressimise kriitilisel momendil suureneb või veesisaldus.

Või rohkus võimasinas pressimise ajal. Või rohkusest olenevalt muutub pressvaltside surve võile. Vähene kogus võid läheb valtside vahelt läbi hõlpsasti; seda on vaja pehmendamiseks kestvalt pressida. Kui aga võimasinas on võid rohkesti, siis ei jõua kogu või tünni ühe pöörde kestel valtside vahelt läbi minna ja osa kukub neist mööda. See pikendab pressimiskestust. Pressvaltside läbilaskevõime oleneb nende pikkusest ja läbimõõdust, valtside pealispinna rihvelduse iseloomust, valtside vahekaugusest ja pöörete arvust võimasina ühe pöörde kohta. Võimasinad, milles või satub tünni ühe pöörde kestel mitu korda valtsidele, on suurema läbilaskevõimega kui võimasinad, milles või satub pöörde kestel valtsidele üks kord. Võimasina optimaalne koormatuse aste või pressimisel väljendub järgmises võrrandis:

$$v = \frac{0{,}85 \cdot 4\delta\, lhdn_v z}{1000}, \qquad \text{(IV—12)}$$

kus v — või kogus, kg,
l — valtside pikkus, cm,

h — valtsidevaheline keskmine kaugus, cm,
δ — valtside laius, cm,
n_v — valtside pöörete arv minutis,
d — valtsipaari vahelt v kg või läbilaskmiseks kuluv aeg, min,
z — või mahukaal, g/cm³ (z=0,95),
0,85 — või valtsidele jagunemise koefitsient.

Teised tegurid. Koore happesuse tõusmisel kuni valkude isoelektrilise punktini väheneb valkude pundumise aste ja valkfaasiga kinnipeetava vee kogus. Kõrgem pastöriseerimistemperatuur vähendab või veemahtuvust, kuna muutub valkude hüdratatsioon. Või veesisaldust mõjutavate tegurite analüüs näitab, et isegi sel puhul, kui kõrvalekaldumine ettenähtud tehnoloogilisest režiimist on väike, võib või koostis muutuda, kui ei valita õigesti pressimistingimusi.

Või pressimise tingimused. Makarjini andmetel oleneb või veesisaldus pressimistingimustest võimasinas (tabel 23).

Tabel 23

Pressimistingimused	Või temperatuur °C	Vee sisaldus võis olenevalt pressimiste arvust, %				
		10	15	20	25	30
Võimasina kraanid avatud	8,5	12,2	12,15	12,52	13,60	—
	12,7	12,65	12,50	13,80	14,65	—
	14,9	12,90	13,50	14,80	14,80	—
Võimasina kraanid suletud	12,7	13,35	—	14,20	—	15,25

Suletud kraanide korral paranevad võisse vee sissepressimise tingimused, eriti viimases staadiumis. Ühel ja samal pressimisviisil saabub kriitiline moment seda kiiremini ja või veemahtuvus sel perioodil on seda suurem, mida kõrgem on pressimistemperatuur.

Või pressimisel on väga oluline pressvaltside pöörlemise kiirus. Nende aeglase pöörlemise puhul kestab vee väljapressimine kauem ja või pehmeneb aeglasemalt. Olenedes mahust on K-tüüpi võimasinal või pressimise kiirus 1,4—2,7 p/min valtside pöörete arvu 20—38,2 p/min korral. L- ja KL-tüüpi võimasinates võib olla valtse üks kuni kolm paari, mis tünni mahust olenevalt teevad 30—60 p/min. On olemas võimasinaid kolme pressimiskiirusega, et erinevate kiiruste kasutamisega saaks reguleerida või kõvaduse astet. Suuremat kiirust kasutatakse kõva, tiheda või pressimiseks, mida valmistatakse peamiselt talvel. Nõrga konsistentsiga või pressimisel peab valtside kiirus olema väiksem.

Et või veesisaldus vastaks standardiga lubatud normile, on vaja teada või veesisaldust pressimise ajal. Või koostise standardiseerimiseks puuduolev veekogus valatakse võimasinasse pärast pressimise kriitilist momenti. See arvutatakse järgmiselt. Määratakse või veesisaldus pärast pressimise kriitilist momenti ja või teoreetilise väljatuleku järgi määratakse kindlaks vajalik veekogus võis. Võimasinas oleva üldise veekoguse V_1 kindlaksmääramisel võetakse arvesse ka võimasina seintel olev vesi. Või teoreetilise väljatuleku ja selles nõutava veesisalduse järgi arvutatakse välja või absoluutne veekogus V_2. Vahe $V_2—V_1$ näitab, kui palju vett tuleb lisada võimasinasse.

Pärast vee lisamist jätkatakse või pressimist suletud luukide ja kraanidega niikaua, kuni kogu vesi on sisse pressitud. Vesi peab olema võis hästi dispergeeritud.

Soolase või veesisaldust reguleeritakse nagu magedalgi, ainult selle vahega, et või veesisalduse standardiseerimiseks valatakse puudujääv vesi võimasinasse kohe pärast soola lisamist.

Pressimise mõju või struktuurile. Või pressimine mõjutab oluliselt selle komponentide (vesi, plasma, õhk, rasva fraktsioonid) jagunemist, konsistentsi ja kõvadust. Mulderi järgi võib pressimisprotsessi võrrelda suure viskoossusega emulsiooni voolamisega. Pressimise mehhaaniliste tegurite mõjul toimub kaks üksteisele vastupidist protsessi: plasmapiisakeste ühinemine ja jämedate piiskade purunemine, pihustumine peenemateks. Piisakeste ühinemine ja pihustumine allub Smoluhhovski seadusele:

$$n = \frac{4}{3} \pi a R^3 \frac{dv}{dx}, \qquad \text{(IV—13)}$$

kus a — piiskade arv 1 ml vedelikus,
R — külgetõmbesfääri raadius,
$\frac{dv}{dx}$ — kiirusgradient,
n — piiskade ühinemiste (pihustumiste) arv ajaühikus.

Kui kiirusgradient saavutab teatud väärtuse, siis piiskade ühinemine lakkab ja algab nende pihustumise protsess. Piiskade pihustumisele eelneb nende deformeerumine.

Deformeerumiseks on vaja, et pinge $K = \eta \frac{dv}{dx}$ ületaks need jõud, mis püüavad säilitada piiskade kerakujulist vormi, s. o.

$$K = \eta \frac{dv}{dx} > P; \quad P = \frac{2\sigma}{r}, \qquad \text{(IV—14)}$$

kus η — rasva viskoossus,
σ — pindpinevus,
r — rasvapiisa raadius.

Valemist (IV—14) järgneb, et jämedad piisad purunevad suuremal määral, ja et piiskade pihustumist soodustab või suurem kõvadus, s. o. pressimise madal temperatuur ja suurem kiirus.

Või pressimisel deformeeruvad plasmapiisad mehhaanilise surve mõjul ja pressitakse membraanideks, mis vesi- ja rasvafaasi vahelise pindpinevuse tõttu püüavad taastada oma sfäärilist kuju.

Õhukeste membraanide moodustumise tagajärjel kujunevad tingimused, mille juures plasmas suspendeeritud kolloidsed ained eralduvad plasmast ja lähevad üle plasma- ja rasvfaasi lahutavale pinnale.

Pressimistingimustest oleneb ka protsessi kulg. Ühel puhul jämedad piisad kaovad ja saadakse välimuse järgi kuiv või, teisel aga moodustuvad jämedad piisad ja saadakse vesine või.

Hästi pressitud kuiv või saadakse siis, kui mehhaaniline toime pressimise ajal on niivõrd tugev, et võib välja kutsuda plasmapiiskade dispergeerumise. Eriti suurt tähtsust omab energiline mehhaaniline toime või pressimise lõpul.

Pressimise ajal tõuseb mehhaanilise toime tagajärjel temperatuur ja või pehmeneb. Temperatuur mõjutab aga oluliselt pressitava või konsistentsi ja kõvadust.

Kui või sisaldab palju kõva rasva, siis pressimisel surutakse vesi võist välja, sest kõva rasv märgub vähe ja kõva rasva ning vett eraldav vahepind ei ole püsiv. Sel puhul pole võimalik saavutada ka dispergeeritud vee ühtlast jagunemist ja võisse tekivad vett ja petti ühendavad kanalikesed. Kõrvuti pideva rasvfaasiga keskkonnaga säilib võis ka pidev vesifaas.

Kui võis on rohkesti vedelat rasva, mis moodustab veega püsiva eralduspinna, siis peab pressitav või kinni palju vett, nii et või veesisaldus võib tõusta üle lubatud piiri. Olenevalt glütseriidide koostisest reguleeritakse rasva vedela fraktsiooni kogust pressimistemperatuuri režiimiga. Seepärast on talvel vaja võid kauem ja kiiremini pressida.

Struktuurilt kujutab või endast vedela rasva pidevat faasi, mis sisaldab kristallilist piimarasva ja kõva amorfset geeli. Pidevas rasvfaasis on dispergeerunud plasma ja vee piisakesed osaliselt ühendatud peenima kanalikeste võrguga. Peale selle on vedelas rasvas lahustunud väike kogus vett (umbes 0,25%). Plasmapiisad võivad sisaldada hüdrofiilse kestaga purunemata rasvakerakesi.

Või sisaldab ka õhkfaasi peente õhumullikeste näol, mis mehhaaniliselt kaasa haaratakse koore kokkulöömisel ja või pressimisel; osa sellest on lahustunud plasmas. Rohkem pressitud võis on ka rohkem rasva vedelat fraktsiooni, või on pehmem, vesi ja plasma on rohkem dispergeerunud ja ka õhku on võis rohkem. Värskes võis on 1,5—2 ml õhku 100 g kohta.

Pressimise mõju või säilivusele. Või säilivust mõjutab või pressimisest olenev vesifaasi jagunemise iseloom. Peenelt disper-

geerunud vesi on mikroorganismidele vähe kättesaadav. Peenelt dispergeerunud veega või ei lähe hallitama.

Või hoolika pressimise tulemusena saavutatakse mitte ainult dispergeerimine, vaid ka plasmapiiskade selginemine albumiini ja kolloidse kaseiini osakeste rasvfaasi külgetõmbumise tagajärjel. Piisad võivad täielikult selgineda ainult sel puhul, kui nad on väga peened, kui moodustuvad väga õhukesed membraanid ja suspendeeritud ained puutuvad kokku vett ja rasva eraldava pinnaga. Selginemisel vabaneb plasma ka mikrofloorast.

Peteri (Ungari) uurimiste põhjal on plasmapiiskade selginemiseks nõutav või kauane pressimine ja vedela rasva küllaldane kogus.

Kuid või kauasest pressimisest tingituna muutub vee tugeva dispergeerumise tõttu vee ja rasva kokkupuutepind väga suureks, mis võib soodustada võis faaside eralduspinnal toimuvate keemiliste protsesside arengut. Peale selle rikastub või õhuga, mis samuti kiirendab oksüdatsiooniprotsesse. See võib põhjustada või vigu: saadakse rasvane või, õline või vms.

Õhu vaba hapniku negatiivse mõju vähendamiseks või säilivusele kasutatakse Uus-Meremaal ja teistes maades või pressimist vaakuumis. Sel puhul väheneb või õhusisaldus tunduvalt (kuni 0,1% mahu järgi) ja suureneb või säilivus, eriti kui ta pärast vaakuumis töötlemist hermeetiliselt pakitakse. Peale selle omandab produkt tiheda konsistentsi ja väheneb hallitamisoht.

Nagu rootsi uurijad Swartling, Olsson ja Burchard kindlaks tegid, moodustuvad võis liiga sügava vaakuumi korral pressimise kolmandas staadiumis vabad vedela rasva tilgad. Nähtavasti vabaneb õhu kõrvaldamisel vedel rasv, mis oli kogunenud õhumullikeste pinnale, ja koguneb tilkadeks.

Kvaliteetse koore kasutamine töötlemises vähendab plasma hea dispergeerumise tõttu tunduval määral oksüdatsiooniprotsesside ohtu, sest plasma sisaldab antioksüdante — loomulikke kaitseaineid rasva riknemise vastu, mille mõju on seda tugevam, mida paremini on välja kujunenud eralduspind faaside vahel.

Ebakvaliteetse tooraine töötlemisel, eriti siis, kui plasma sisaldab metalle, mis on oksüdatsiooniprotsesside katalüsaatorid, on plasma kõrge dispersiooniaste kahjulik. Võib oletada, et madala säilitamistemperatuuri puhul, mis hoiab ära mikrofloora aktiivsuse, halveneb ülepressitud või kvaliteet kiiremini kui normaalselt pressitud või kvaliteet.

KOORE KOKKULÖÖMINE VALTSIDETA VÕIMASINATES

Valtsideta võimasinad võivad olla kas silindri-, koonuse- või kuubikujulised. Nende sisemine sein on kareda pinnaga, ümmardatud nurkade ja servadega. Koore sisselaskmise ava on ümmargune ja hermeetiliselt suletav kummitihendiga varustatud luugiga.

Ühel tahul on vaateklaas. Võimasina nurkades on kraanid peti ja vee väljavooluks ja või väljalaskmiseks.

Võimasina kohale on üles seatud avadega toru tema ülepiserdamiseks soovitud temperatuurilise veega, olenevalt tehnoloogilise protsessi nõuetest. Torusse võib juhtida vastavalt vajadusele külma või kuuma vett. Võimasinatel on käigukast, mis võimaldab protsessi käiku reguleerida erinevate pöörlemiskiirustega.

Valtsideta silindrikujulises võimasinas on valtside asemel piki seinu radiaalselt tünni tsentri suunas asetatud liikumatud riiulid. On olemas ka valtsideta võimasinaid, mille riiulid on asendatud nelja painutatud labaga (kaks kummaski otsseinas), mis paiknevad malekorras.

Riiulid ja labad täidavad koore kokkulöömisel lööklaudade funktsiooni ja pressimisel tõstavad või teatud kõrgusele. Võimasina keskel asuv telg täidab pressimisel võiplasti tükeldaja osa. Silindrikujulistes võimasinates lüüakse koor kokku nagu harilikes võimasinates, muudetud on aga või pressimise tehnikat. Koonuse- ja kuubikujulistes võimasinates on muutunud nii või kokkulöömise kui ka pressimise tehnika.

Silindrikujulised võimasinad täidetakse koorega kuni telgvõllini. Üle selle täitmise korral ei saa võid normaalselt pressida. Võimasinad on projekteeritud ühele ja samale pöörlemiskiirusele nii koore kokkulöömisel kui ka või pressimisel.

Või pressimine toimub või vastu tünni seinu löömise tagajärjel. Labade või riiulitega ülestõstetud või kukub, põrkab vastu telge ja tükeldub kahte ossa. Kukkudes teljelt põrkab või vastu tünni seinu ja pressub kokku. Labadelt kukkudes plast keerdub ja sel viisil või seguneb. Valmispressitud või koguneb tünni keskossa, mis kergendab või väljavõtmist. Mehhaaniline toime oleneb või massi ja kukkumise kiirusest. Valtsideta võimasinas või töötlemise puhul on koore temperatuur väga oluline.

Pressimise kestus oleneb võirasva koostisest, võimasina koormamise astmest ja pöörete arvust. Või pressimine silindrikujulistes võimasinates kestab 30—35 min. Kõva võid pressitakse kauem. Plasmapiiskade peenemaks pihustamiseks ja selgitamiseks tuleb pressimise ajaks võimasin aeglasemalt käiku panna, sest vastasel korral toimub või pressimine liiga kiiresti ja standardiga lubatud veesisaldus saavutatakse enne plasma dispergeerumist ja selginemist.

Koonuse- ja kuubikujulistes võimasinates lüüakse kokku keskmise rasvasisaldusega koort. Kokkulöömine kestab 50—60 min., see lõpetatakse 3—6 mm läbimõõduga võitompude saamisel. Seejärel võimasin seisatakse ja pett eemaldatakse võimalikult täielikult. Pett sisaldab rasva 0,15—0,3%.

Pressimisel tõstavad mahuti seinad või üles, seejärel libiseb ja vajub ta alla ning põrkab vastu mahuti teisi seinu. Nii segatakse või läbi ning pressitakse vesi välja. Pressimise algul ava-

takse kõik väljalaskeventiilid väljapressitud vee eemaldamiseks. Pärast vee eraldumise lõppemist pressitakse võid veel 10—15 min ja võetakse siis luugiava kaudu välja.

Või pressimise ajal saab reguleerida temperatuuri võimasina veega ülepiserdamise teel. Selleks lastakse pressimise kriitilise momendi saabumisel võimasina peale: torust vett, mille temperatuur on 18—20° C. 5—10 min järel tõstetakse vee temperatuur kuni 20—22° C.

Võimasinates, millel on kiiruste käigukast, tuleks või pressimist alustada madalama kiirusega ja siis või pehmenedes suurendada järk-järgult kiirust.

Soolase või valmistamisel lisatakse sool pärast pressimise kriitilist momenti, puistates seda ühtlaselt üle või pinna.

Uurimised näitasid, et mida kõrgem on pressimistemperatuur (20—22° C piirides), seda parema konsistentsiga või saadakse. Lisatava vee ja soola kogus arvutatakse niisamuti nagu koore kokkulöömisel valtsidega võimasinates.

Valtsideta võimasinatest võib võid välja võtta pneumaatiliselt. Selleks tõstetakse pressimise lõpuks või temperatuur kuni 20—22° C ja tünni pumbatakse suruõhku rõhuga 0,2 atü. Siis tuleb või kergesti välja läbi peti kraani. Niisuguse väljavõtmise puhul sisaldab või vähem õhku ega katke rasvfaasi pidevus. Peale selle läheb selline väljavõtmine kiiremini kui läbi luugiava võttes.

Taani uurijad Pedersen, Fisker ja teised tegid kindlaks, et või kõvenemisele pneumaatilise väljavõtmise järel on otsustav mõju rasva joodarvul. Kui joodarv on alla 32, siis võib kõvenemine olla niivõrd tugev, et või omandab rabeda kristallilise struktuuri ja tema kui kauba väärtus halveneb.

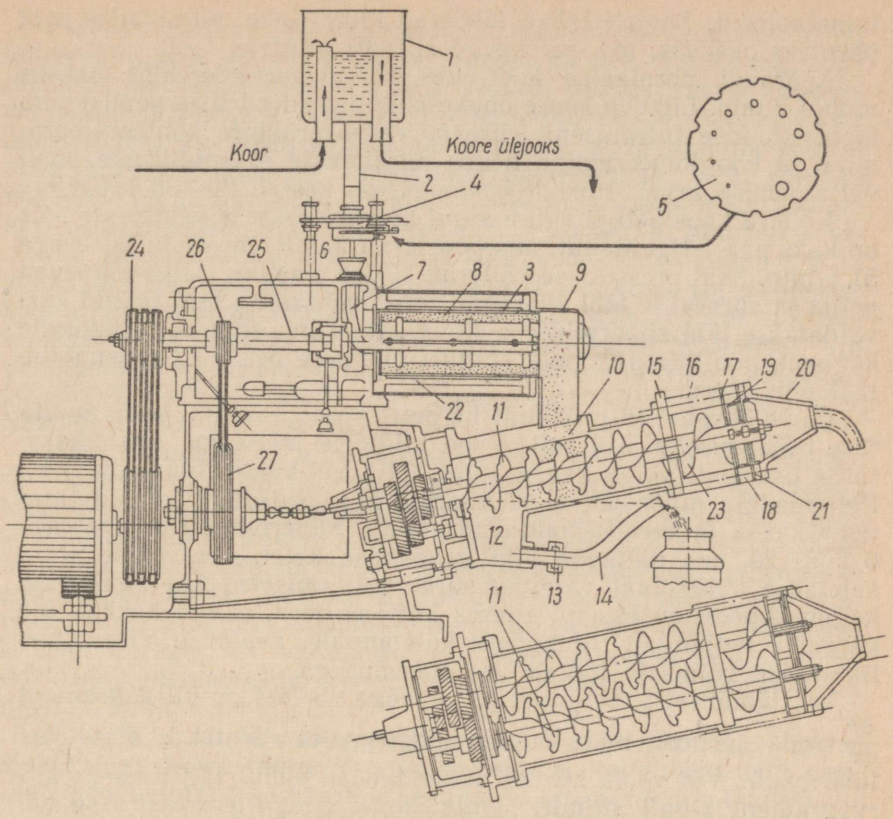
KOORE KOKKULÖÖMINE PIDEVALT TÖÖTAVAS VÕIMASINAS

Harilikud võimasinad on kogukad, tarvitavad palju energiat ega ole sanitaar-hügieeniliselt seisukohalt täiuslikud.

NSV Liidu ja välismaa uurimiste tulemusena on selgunud, et koort saab kiiresti kokku lüüa intensiivse mehhaanilise mõjutamisega.

1944. a. töötas insener Fritz Saksamaal välja pidevalt töötava võimasina konstruktsiooni. Käesoleval ajal on olemas mitmeid selliste võimasinate konstruktsioone.

Pidevalt töötavad võimasinad МНД (joonis 51) koosnevad horisontaalsest pöörleva labasegistiga löömissilindrist ja või pressimise silindrist. Löömissilinder on ümbritsetud kattega, mille vahele juhitakse külma vett nõutava temperatuuri hoidmiseks. Pressimissilinder on 10°-se tõusunurgaga. Ta koosneb eraldatud kambritest, milles on tiguajamid. Silindri madalamas osas on petikoguja, millest pett lahkub toru kaudu.



Joonis 51. Pidevalt töötav võimasin МНД:

1 — vastuvõtupaak; *2* — ühendustoru; *3* — kokkulöömissilinder; *4* — reguleerimisseade; *5* — pööratav vahesein; *6* — lehter; *7* — toruke; *8* — segisti; *9* — varrukas; *10* — pressimissilinder; *11* — tiguajamid; *12* — petikoguja; *13* — otsik; *14* — peti väljavoolutoru; *15* — siiberplaat; *16* — kamber; *17* — sõelplaat; *18* — segamiskamber; *19* — pöörlevad tiivikud; *20* — kooniline otsik; *21* — sõel-vaheplaat; *22* — kokkulöömissilindri särk; *23* — tiguajam; *24* — võimasina rihmaratas; *25* — õõnes võll; *26*, *27* — rihmarattad.

Koore pealevoolu võimasinale reguleeritakse seadmega, mis koosneb ketastest. Ketastes on mitmesuguse läbimõõduga (6—13 mm) avad (düüsid). Ühe või teise kettaava vastuvõtupaagi toitetoru ette pööramisega reguleeritakse löömissilindrisse mineva koore kogust. Vastuvõtupaagis hoitakse koore tase ujuki vahendusel konstantsel kõrgusel.

Löömissilindris töödeldakse koort segistiga peene tera saamiseni. Segisti-lööja pöörlemisel kiirusega 3000 pööret min langeb rõhk selle labade taga ja löömissilindris tekib intensiivne õhu liikumine. ВНИМИ andmetel on õhuvoolu kiirus 5—8 m/sec.

Õhu liikumise tõttu moodustub koore pinna kohale vahelduva rõhuga väli, millest tingitult koor jaguneb silindri sisepinnale

lainetaoliselt. Segisti labad lõikavad laine tippe, purustades neid peenteks osadeks, mis paiskuvad silindri seintele.

Aparaadi normaalse koormuse korral on koorekihi paksus umbes 2 mm. Liikuva koore õhukesekihilise silindrilise pealispinna moodustumise tulemusena kiireneb rasvakerakeste kontsentreerumine ja konglomeerumine nende purunevate õhumullikeste poolt väljatoomise arvel. Kokkulöömisprotsess kestab 20—30 sec.

Võitera koos petiga satub algul peti eraldamise kambrisse, kus on kaks paaristiguajamit, mis pöörlevad üksteisele vastu kiirusega 51 p/min. Seal pressitakse võiterad kokku plastiks, nad vabanevad petist ja surutakse läbi siiberpilu teise kambrisse. Peti jäägid kõrvaldatakse läbi siiberpilu ees oleva ava. Tänu silindri kallakusele koguneb põhiline peti hulk silindri alumisse ossa, kust eemaldub läbi põlviktoru.

Põlve kõrgust ja järelikult ka peti nivood silindris saab muuta toru pööramisega. Kui peti nivoo silindris on kõrge, siis haaratakse osa petti võiga kaasa, mille tõttu või veesisaldus suureneb. Peti madala nivoo korral ei haarata petti sattunud terasid tigudega kaasa ja need eemalduvad petiga. Siiberplaadil on jaotused 0 kuni 20, mis näitavad pilu avanemise astet. Pressimise algul suletakse siiberplaat vajaliku surve tekitamiseks. Kui silindrisse koguneb pressimiseks nii suures koguses tera, et see hakkab üle valguma neljandalt tigukeerult kolmandale, avatakse siiber täielikult, kui võimasin töötab täie koormusega.

Või läbimisel siiberpilust ja avadega sõelast on kiirusgradient $\frac{dv}{dx}$ seda kõrgem, mida suurem kogus võid surutakse ajaühikus läbi avade. Või voolu kiiruse vähendamise puhul säilib kõrge kiirusgradient ainult silindri seinte ääres. Seetõttu pressitakse või suure hulga väikeste avadega sõelast läbilaskmisel paremini ja vesi dispergeerub peenemini kui sama summaarse pinnaga väheste, kuid suurte avadega sõelast läbimisel.

Või pressimisel pidevalt töötavates võimasinates on väga oluline või temperatuur, sest sellest oleneb või viskoossus (voolavus) ja järelikult ka mehhaaniline toime. Kui või ei ole liiga kõva, siis on mehhaaniline mõjutamine ebapiisav vee dispergeerimiseks. Sel puhul on vaja tõsta kiirusgradienti kas pressimissilindri mahu suurendamisega, väikeste avadega sõela valimisega või muul teel. Pressimissilindri teises kambris segatakse või läbi lühikeste tiguajamite paariga suurendatud sammul ja surutakse läbi sõelplaadi avade segamiskambrisse. Selles kambris segab tiivikupaar või läbi, kust see kandub koonilisse otsmikku, mille nelinurkse ava kaudu väljub või pideva lindina taarasse. Suhteliselt pehme või konsistents võimaldab teda tihedalt kasti lüüa, labidas viskab võid kasti 300—400 g raskuste tükkidena. Nõrga konsistentsiga võid ei saa nuiaga küllaldase tihedusega kasti tampida, moodustuvad tühemed.

Pidevalt töötavas võimasinas tuleb koore kokkulöömisel erilist tähelepanu pöörata või koostise reguleerimisele. Tehnoloogilisest režiimist kõrvalekaldumise puhul võivad tekkida rasva kaod ja veesisalduse tõus üle standardis ettenähtud normi. Seejuures on olulised tera kvaliteet, võimasina koormus ja tiguajamite pöörlemise kiirus. Võimasina tootlikkuse suurenemise, tera suuruse vähendamise ja temperatuuri alandamise ning tiguajamite pöörete arvu vähendamise puhul või veesisaldus väheneb. Et pidevalt kontrollida või veesisaldust ja normist kõrvalekaldumise puhul muuta võimasina töö režiimi, soovitab ВНИМИ kasutada või väljumise kohale ülesseatavat veesisalduse määrajat. Selle tegevus põhineb veesisaldusest oleneva või dielektrilise läbitavuse mõõtmisel. Või veesisalduse suurenemisel näitab seadme lampvoltmeeter kõrgemat pinget. Voltmeetri skaala on gradueeritud või veeprotsentides. Seadme täpsus on kuni 0,5%.

Kokkulöömisele on vaja suunata värske koor. Osaliselt ettelöödud koorest võib või tekkida liiga kiiresti, mis raskendab segisti tööd. Kõige paremad tulemused saavutatakse 36—42%-lise rasvasisaldusega koore kokkulöömisel. Saab kokku lüüa ka rasvarikkamat koort, kuid siis on vaja enneaegse kokkumineku vältimiseks suurendada koore pealevoolu. Hapukoorevõi valmistamisel lisatakse juuretis koorevannidesse, nii nagu seda tehakse lühiaegse hapendamisega või valmistamisel. Koore valmimise režiim ja kokkulöömistemperatuur on samad kui perioodiliselt töötava võimasina puhul.

Kõrgem kokkulöömistemperatuur on lubatav madala rasvasisaldusega koore töötlemise, koore sügava valmimise, tera aeglase moodustumise ja koore suurendatud juurdevoolu puhul.

Õige kokkulöömistemperatuuri valiku kriteeriumiks on koore temperatuuri tõus löömissilindri läbimise ajal. Kuni 42%-lise rasvasisaldusega koore temperatuuri tõus peab olema 2—3 kraadi, sellest rasvarikkamal kuni 4 kraadi.

Kokkulöömistemperatuuri õigel valikul ja koore hea valmimise korral pole vaja löömissilindrit veega jahutada.

Kokkulöömistemperatuur ja koore rasvasisaldus avaldavad olulist mõju võimasina tootlikkusele. Löömistemperatuuri ja koore rasvasisalduse tõusmise korral tuleb forsseerida koore pealeandmist löömissilindrisse, milleks tuleb kasutada suurema läbimõõduga düüse.

Löömissilindrisse hakatakse koort peale andma väiksema läbimõõduga düüsist ja pealeandmist suurendatakse pidevalt, kuni löömissilindrist hakkab väljuma hea kvaliteediga võitera suurusega 1,0—1,5 mm. Õige kokkulöömise olulisemaks näitajaks on tera suurus ja kvaliteet. Peen alalöödud tera halvasti eralduva petiga viitab kokkulöömise puudulikkusele; sel puhul tuleb kas vähendada koore juurdevoolu kokkulöömissilindrisse või tõsta temperatuuri. Ei või lasta tekkida jämedat, ülelöödud tera, sest see

tombustub kergesti ja ummistab silindri. Õige kokkulöömise korral peab tera moodustuma kokkulöömissilindri viimases kolmandikus.

Tera hulgast oleneb tera tihendumise aste pressimissilindris ja või veesisaldus. Võimasina normaalse koormuse korral peab pressimissilindrisse saabuv tera valguma üle neljanda tigukeeru kolmandale. Võimasinas tootlikkusega 400 kg/h saavutatakse pressimissilindri niisugune koormus siis, kui kokkulöömissilindrit läbib minutis 15—20 liitrit 40%-lise rasvasisaldusega koort.

Tootlikkust mõjutab ka tiguajamite pöörlemise kiirus. Tiguajamite pöörete arvu alandamise puhul väheneb tootlikkus tunduvalt ja raskeneb või koostise reguleerimine.

Pidevalt töötavates võimasinates saadavat võid nimetatakse lemmikvõiks. Seda iseloomustab nõrk konsistents ja vee peen jagunemine. Üle 50% kogu veest on piiskadena, mille läbimõõt on alla 6μ. See või säilib küllalt hästi, sest peenelt dispergeeritud vesi piirab mikrofloora arenemise võimalusi. Ühtlasi on aga seliises võis palju õhku (kuni 6—8% mahust). Suur õhusisaldus annab võile koheda konsistentsi. Lemmikvõi sisaldab rohkesti kuiva jääki e. rasvata kuivainet (kuni 2%). Suur valkude-, piimasuhkru- ja õhusisaldus ja ka rasva ja plasma suur kokkupuutepind soodustavad füüsikalis-keemiliste ja iseäranis oksüdatsiooniprotsesside kulgu võis, eriti siis, kui see pole saadud täiesti heakvaliteedilisest koorest. ВНИМИ on kindlaks teinud, et lemmikvõi struktuur pole küllaldaselt püsiv. Kui seda võid varsti pärast võimasinast väljumist mehhaaniliselt mõjutada, siis moodustuvad võis jämedad petipiisad. Seetõttu tuleb lemmikvõid pakkida kohe pärast võimasinast väljumist ja säilitamisel ei tohi teda tükeldada või ümber pakkida.

23. PEATÜKK

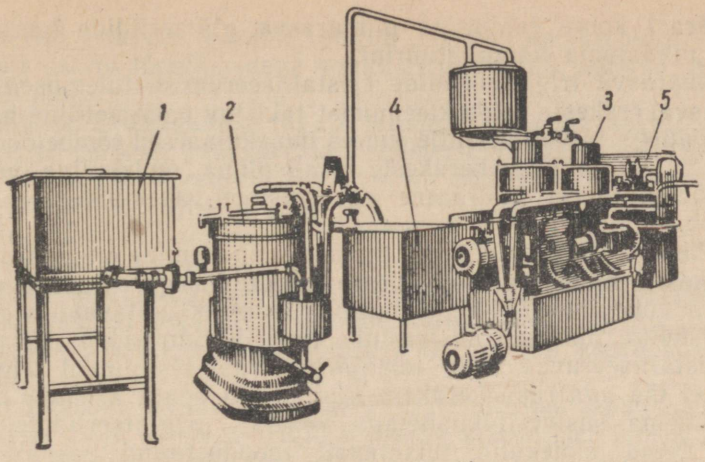
VÕI VALMISTAMINE VOOLTOOTMISVIISIL

Kõige progressiivsemaks või valmistamise viisiks on vooltootmisviis, mis NSV Liidus on laialt levinud.

Või valmistamisel vooltootmisviisil jäävad ära füüsikaline valmimine ja koore kokkulöömise ning võitera moodustumise protsessid. Võile standardile vastava rasvasisalduse andmiseks kontsentreeritakse siin koort separeerimise teel.

Et anda saadud kõrge kontsentratsiooniga koorele või struktuuri ja füüsikalisi omadusi, töödeldakse koort vooluses termiliselt ja mehhaaniliselt.

Seega siis püütakse koore separeerimisega saada koostiselt võile ligilähedane produkt (ülirasvane koor) ning termilise ja mehhaanilise töötlemisega anda produktile struktuuri, mis vastab kaubastatava koorevõi omadustele.



Joonis 52. Või valmistamise vooltootmisliin:
1 — koorevann; *2* — pastörisaator; *3* — separaatorid ülirasvase koore saamiseks; *4* — ülirasvase koore normaliseerimise vannid; *5* — võimoodusti.

NSV Liidus tegi või valmistamise vooltootmisviisi rakendamise ettepaneku Melešin juba 1934. a. Järgnevalt täiendasid tema, Lukjaov ja teised ВНИМИ töötajad seda viisi ja töötasid välja vooluliini (joonis 52), mis koosneb separaatorist ülirasvase koore saamiseks ja võimoodustist ülirasvase koore termiliseks ja mehhaaniliseks töötlemiseks.

KOORE VOOLTOOTMISLIINIL TÖÖTLEMISE FÜÜSIKALIS-KEEMILISED ALUSED

Või moodustamine koosneb kolmest põhilisest protsessist: rasvakerakeste lähendamise mehhaanilisest protsessist, piimarasva triglütseriidide kristalliseerumisest madala plusstemperatuuri mõjul ja rasvakerakeste agregatsioonist (rasvaemulsiooni destabilisatsioonist).

Rasvakerakesed lähenevad üksteisele tsentrifugaaljõu mõjul separaatori trumlis. Seejuures kõrvaldub süsteemist dispersiooni keskkond ja rasvakerakeste vahele moodustub väga õhuke hüdraatne adsorptsioon-vahekihike, mille omadustest sõltub rasvaemulsiooni püsivus.

Piimarasva hangumistäpist kõrgema temperatuuri puhul on rasvakerakese pind ülirasvases koores hüdratiseerunud oleku ülempiiril, seetõttu ei purune hüdraatne adsorptsioon-vahekihike iseenesest separeerimise ajal, vaatamata sellele, et rasvakerakeste välispinnad üksteisele lähenevad, vaid see toimub alles võimoodus-

tis, pärast koore jahtumist piimarasva glütseriidide hangumistäpist madalama temperatuurini.

Piimarasva triglütseriidide kristalliseerumise tulemusena alaneb rasvakerakeste kokkukleepumist takistav energeetiline barjäär võimoodustis tasemini, mille juures molekulaarsed tõmbejõud hakkavad ületama rasvakerakeste pealispinna molekulide vahelisi tõukejõude, nii et hüdraatne adsorptsioon-vahekihike iseenesest rebeneb.

Vahekihikese vaba energia ülejäägi vähenemine on seoses kerakese kesta molekulaarse ehituse muutumisega. Rasvakerakese kesta fosforlipiidsesse kihti tungivad raskesti sulavate triglütseriidide kõige pikemad süsivesinke ahelad. Emulsiooni kõvenemisel kristalliseeruvad need esmajärjekorras. Hangunud triglütseriidid ei jää aga rasvakerakese kesta, vaid nende asemele rändavad lühema süsivesinikuahelaga vedelate triglütseriidide molekulid. Need molekulid niisutavad moodustunud rasvakristalli vedela rasva kelmega.

Pärast raskesti sulavate triglütseriidide kristalliseerumist asuvad fosforlipiidse kihi vastas lühema süsivesinikeahelatega vedelad triglütseriidid. Nii asenduvad järk-järgult kesta vastas asuvad vedelad triglütseriidid teiste, veelgi lühemate süsivesinikuahelatega triglütseriididega, kusjuures väheneb rasvakerakese kesta ja rasva sugulus ning kerakesi eraldav rõhk alaneb niivõrd, et hüdraatne adsorptsioonvahekihike iseenesest rebeneb.

Hüdraatse adsorptsioonvahekihikese vaba energia vähenemine võtab aga aega. Ajavahemik, mille kestel energeetilise barjääri tase muutub minimaalseks ja järelikult ka hüdraatne adsorptsioon-vahekihike iseenesest rebeneb, oleneb piimarasva glütseriidide kristallisatsiooni kiirusest ning vaba pindpinevuse energia ja van der Waalsi kohesioonitungi suurusest. Mida kiiremini kristalliseeruvad piimarasva triglütseriidid, seda varem muutub hüdraatse adsorptsioonvahekihikese paksusest sõltuv energeetilise barjääri tase minimaalseks. Mida kitsam on kahe kerakese vahe, seda rohkem on vahes vaba energiat, seda kõrgem on molekulaarsete külgetõmbejõudude tase, mis põhjustabki lõpuks hüdraatse adsorptsioonvahekihikese rebenemise.

Üksik eraldi vaadeldav rasvakerakene ei kleepu ühekorraga kõigi oma naabruses asuvate rasvakerakestega, vaid ainult mõnedega neist, nimelt nendega, millest teda eraldav vahe on õhem teatud kriitilisest piirist. Algul kleepuvad kokku suuremad ja seejärel ka väiksemad rasvakerakesed; kokku ei kleepu need rasvakerakesed, mille lüosfäärid omavahel kokku ei puutu.

Ülirasvase koore mehhaanilisel segamisel võimoodustis tekib rasvakerakesi üksteisele ligisuruv jõud, mis aitab hüdraatse adsorptsioonvahekihikese energeetilist barjääri ületada. See jõud nihutab rasvakerakesi üksteisele lähemale pindpinevuse jõudude väljas. Rasvakerakesed lähenevad üksteisele ja selle tulemusena

suurenevad van der Waalsi tungid; nende rasvakerakeste vahel aga, mis senini lüosfääridega kokku ei puutunud, tekivad molekulaarsed jõud.

Mehhaanilise segamise tagajärjel satub ühes ajavahemikus üha rohkem ja rohkem rasvakerakesi üksteise pindpinevuse jõudude välja ja järjest kiiremini saavutavad hüdraatsed adsorptsioonvahekihikesed kriitilise paksuse.

Emulsiooni destabilisatsiooni kiirus sõltub rasvakerakeste esialgsest vahekaugusest (esialgsest rasva kontsentratsioonist), lähenemise kiirusest ning rasvakerakeste kokkupõrkumiste sagedusest ja efektiivsusest vooluses. Need on samad tegurid, mis mõjutavad rasvakerakeste kokkukleepumist ka hariliku koore kokkulöömise ajal.

Temperatuur avaldab rasvakerakeste kokkukleepumisele võimoodustis mõju eelkõige triglütseriidide kristalliseerumise kaudu. Mida kiiremini kristalliseeruvad piimarasva triglütseriidid madalama temperatuuri mõjul, seda kiiremini alaneb energeetiline barjäär kriitilise väärtuseni ja seda rohkem destabiliseerub rasva. Seetõttu kiireneb madalama temperatuuri puhul rasvakerakeste kokkukleepumine.

Emulsiooni intensiivsem segamine ja destabilisatsiooni kiirenemisel tekkiv rasva kõrgem kontsentratsioon kiirendab samuti destabiliseeritud rasva koguse tõusmist maksimumini.

Hüdraatse adsorptsioonvahekihikese rebenemise tulemusena kleepuvad rasvakerakesed vaba rasva arvel kokku ja kõrvuti pideva vesikeskkonnaga moodustub ka pidev rasvkeskkond, milles võivad paikneda veepiisad nendes leiduvate üksikute purunemata kestadega rasvakerakestega. Sellisele struktuuri muutumisele on antud nimetuseks faaside pöördumine.

Ülirasvase koore struktuuri muutumine mehhaanilise töötlemise ajal võimoodustis on tingitud faaside pöördumise protsessist ja kristallisatsiooni (kondensatsiooni) ja koagulatsiooni (dispersiooni) struktuuri tekkimisest.

Nii kristallisatsiooni kui ka kondensatsiooni struktuur kujutab endast kokkukasvanud kristallide sõrestikku, mis on küll üsna tugev, kuid pärast purunemist ei taastu kuigi hõlpsasti.

Koagulatsiooni ehk dispersiooni struktuurid kujutavad endast peenekristallilisi moodustisi, milles üksikud osakesed on ühendatud võrdlemisi nõrkade ja liikuvate sidemetega. Sellised struktuurid tekivad pärast kristallisatsiooni struktuuride purunemist ja on tiksotroopsete omadustega, see tähendab, et nad võivad pärast purunemist taastuda. Nähtavasti on nendes struktuurides tunduv osa rasvast amorfses olekus.

Koagulatsiooni ja kristallisatsiooni struktuuri vahekord oleneb jahutamistemperatuurist ja mehhaanilise segamise kestusest. Mida madalam on ülirasvase koore jahutamise temperatuur ja mida kestvam mehhaaniline mõjutamine, seda rohkem triglütse-

riide kristalliseerub emulsiooni töötlemise ajal võimoodustis. Sel puhul domineerib koagulatsiooni struktuur kristallisatsiooni struktuuri üle. Kõrgema plusstemperatuuri juures hangunud ja lühikest aega mehhaaniliselt mõjutatud võis domineerib kristallisatsiooni struktuur. Vastavate tingimuste loomisega võimoodustis ülirasvase koore mehhaanilisel töötlemisel võib saada soovitud suhte tähendatud struktuuride vahel võis.

Võimoodustis võib eraldada kaks ülirasvase koore jahutamise tsooni. Esimese tsooni piirides jahtub võimoodustisse saabuv ülirasvane koor algtemperatuurist (50—60°) kuni piimarasva triglütseriidide kristalliseerumise alguse temperatuurini. Seda tsooni võib nimetada jahtumistsooniks. Teises tsoonis langeb ülirasvase koore temperatuur piimarasva triglütseriidide hangumistäpist madalamale; seda võib nimetada kristallisatsioonitsooniks.

Normaalse konsistentsiga või saamise otsustavaks teguriks ei ole ülirasvase koore mehhaanilise mõjutamise aeg võimoodustis, vaid selle segamise kestus kristallisatsioonitsoonis. Kestvam segamine takistab kristallisatsiooni struktuuri moodustumist, lühem aga võimaldab tugeva kristallisatsiooni struktuuri tekkimist, mis annab võile ebarahuldava konsistentsi. Segamise kestus kristallisatsioonitsoonis peab olema kooskõlas produkti jahutamise lõpptemperatuuriga.

Ülirasvase koore segamiseks selle kõvenemise ajal väljastpoolt rakendatud mehhaaniline energia kulub mitte ainult keskkonna viskoosse hõõrdumise ja energeetilise barjääri ületamiseks, vaid ka moodustuva kristallisatsiooni struktuuri purustamiseks ja rasvakerakeste deformeerimiseks. Et ülirasvase koore kõvenemisel võimoodustis vedelik süsteemist ära ei voola, siis saavad rasvakerakesed üksteisele läheneda deformeerumise tulemusena. Selle põhjustab vedeliku viskoosne hõõrdumine liikumisel rasvakerakeste vahelises pilus ja hõõrdumine rasvakerakeste sees. Rasvakerakese kesta geelitaoline struktuur ja kristallvõre olemasolu rasvakerakese sees võib viskoosse hõõrdumise muuta õige suureks.

Rasvakerakese kesta rebenemist koore termilise ja mehhaanilise töötlemise ajal võimoodustis seletab Loftus Hills sellega, et rasvakerakese sees ei saa rasv vabalt voolata.

Pärast võimoodustist väljumist jätkub võis piimarasva triglütseriidide kristalliseerumise protsess ja kristallisatsiooni struktuuri moodustumine. Paralleelselt sellega kulgeb rasvakerakeste kokkukleepumise protsess. Struktuuri muutused võis kestavad triglütseriidide kristalliseerumise täieliku lakkamiseni, kuid ei lõpe veel sellega. Pärast vedela ja kristallilise rasva tasakaalu saabumist hakkavad triglütseriidid või säilitamise ajal ümber kristalliseeruma.

Pärast segamise lõppemist algaval kõvenemisel mõjutavad rasvakerakeste kokkukleepumist võis need tegurid, millest oleneb

emulsiooni destabilisatsioon mehhaanilise mõjutamiseta kõvenemisel.

Või kõveneb kastis triglütseriidide kristalliseerumise üldiste seaduspärasuste alusel. Või mikrostruktuur oleneb ülirasvase koore mehhaanilisest töötlemisest võimoodustis. Mida täielikumalt kristalliseeruvad triglütseriidid võimoodustis, seda vähem võimalusi on kristallisatsiooni struktuuri tekkimiseks valmisproduktis. Samadest tingimustest sõltub ka globulaarse ja vaba rasva vahekord.

Või moodustumise üldiseks kestuseks loetakse ajavahemikku ülirasvase koore saamise momendist kuni või võimoodustist väljumiseni, millal lõpeb triglütseriidide massiline kristalliseerumine võis.

ÜLIRASVASE KOORE SAAMINE JA NORMALISEERIMINE

Või vooltootmisliinil valmistamiseks viib pump keskmise rasvasisaldusega koore tsentrifugaalpastörisaatorisse, mis pastöriseerib koort 85—87° C juures või kõrgemas temperatuuris, sealt suundub koor separaatorisse. Kui on vaja pastöriseeritud koort säilitada, asetatakse pastörisaatori ja separaatori vahele vahepaak.

Et tagada separeerimise pidevust, seatakse üles kaks kordamööda töötavat ülirasvase koore separaatorit CM-1 *. Selle separaatoriga on küllaldaselt hea koorimispuhtuse juures kerge saada 83%-lise rasvasisaldusega ülirasvast koort. Separaatori normaalse töö tagamiseks on vaja hoida koore juurdevool konstantne, sest juurdevoolu muutumine põhjustab kõikumisi ülirasvase koore koostises ja koore juurdevoolu vähenemise momendil tekib rasvaemulsiooni lagunemise oht. Koore juurdevool separaatorile oleneb pastörisaatori tööst, seetõttu on vaja hoida koore nivoo pastörisaatori lehtris konstantne ja pastöriseerimistemperatuuri tuleb reguleerida soojendusauru andmise muutmisega, mitte aga koore juurdevooluga. Et koore juurdevool separaatorile oleks pidev, tuleb separaatori ujuki kambris hoida koore nivoo konstantne ja säilitada konstantne seis kraanil, mille kaudu koor voolab separaatori trumlisse. Kraani seisu fikseerib vastav osuti.

Separaatorisse saabuva koore temperatuur peab tagama ülirasvase koore hea voolavuse ja rasva küllalt täieliku eraldamise. Seepärast tuleb koor separaatorile suunata otse pastörisaatorist, nii et koor ei oleks jahedam kui 70—75° C. Tiiviksegistitega pastörisaatorite kasutamine ja kahekordne pastöriseerimine (enne koorejaamades ja seejärel tööstuses) ei ole soovitav, sest see kahjustab rasvaemulsiooni. Rasvaemulsiooni hävimise tulemusena kaotavad rasvakerakesed hüdraatsed adsorptsioonkestad, rasvapiisakesed

* Separaatori CM-1 on konstrueerinud N. Lukjanov separaatori СПМ-2000 alusel.

ühinevad ja rasv sulab välja. Rasvakerakeste kestade säilimine ülirasvases koores on aga väga oluline ühtlase ja hea konsistentsiga või saamiseks. Kest piiritleb rasvakerakese suurust ja võimoodustis jahtumisel, kui algab rasva kristalliseerumine, limiteerib moodustuvate rasvakristallikeste suurust. Ülirasvase koore saamisel ei tohi peti rasvasisaldus ületada 0,5%. Kui peti rasvasisaldus ületab selle normi või koore rasvasisaldus kaldub kõrvale piiridest 82,5—83%, tuleb muuta koore juurdevoolu separaatorile ja reguleerimiskruvi seisu.

Ülirasvase koore saamisega püütakse rasvakerakesi maksimaalselt üksteisele lähendada. Kui kõik rasvakerakesed oleksid ühesuguse läbimõõduga, siis oleksid nad maksimaalse tihedusega juba 74%-lise rasvasisalduse juures. Tegelikult aga kõigub ülirasvases koores rasvakerakeste suurus küllaltki laiades piirides. Enamik rasvakerakesi on küll 2—3μ läbimõõduga; nende kõrval esineb aga ka palju suurema läbimõõduga kerakesi. Ülirasvases koores on rasvakerakeste suuruse järgi jagunemise pilt teistsugune kui keskmise rasvasusega koores ja piimas. Ülirasvases koores on vähem keskmise suurusega kerakesi, nende arvel aga märgatavalt rohkem peeni kui ka jämedaid rasvakerakesi. Seda põhjustab koore osaline homogeniseerumine ja osaline koalestseerumine separeerimisel. Tänu neile erinevustele rasvakerakeste suuruses on võimalik saada üle 74%-lise rasvasisaldusega koort, kusjuures säilivad hüdraatsed adsorptsioonkestad peaaegu kõigil rasvakerakestel.

Tegelikult on rasvfaasi jagunemise pilt ülirasvases koores selline, et rasva protsenti selles võib tõsta 83—83,5%-ni, ilma et kerakesed kaotaks kestainet. Koore tõstmine veel kõrgemaks (üle 83,5%) ei õigusta end, sest see võib põhjustada rasva väljasulamist rasvakerakeste kestade kadumise tõttu, või siis on vaja rakendada sellist separeerimisviisi, mille juures toimub homogeniseerimine, see aga suurendab rasva petti minekut. Teisest küljest aga ei tohi koore rasvasus olla madalam standardiga määratud normist. Ülirasvase koore separaatorist väljatuleku kohale on otstarbekohane üles seada veesisalduse mõõtja ja selle näitudest juhenduda separeerimisrežiimi valikul.

Separeerimisel sadeneb trumli seintele lima, mis halvendab koorimise puhtust ning ühtlasi vähendab ka separaatori läbilaskevõimet. Lisaks sellele võib see põhjustada rasvaemulsiooni täielikku de-emulgeerimist, nii et kooretorust voolab välja puhast piimarasva. Ebaõige režiim koore pastöriseerimisel ja teised koores rasvaemulsiooni hävimist tingivad tegurid viivad rasva eraldumisele kestainest, ning see sadestub trumli seintele koos separeerimislimaga.

Standardi nõuetele vastava kindla koostisega või saamine oleneb võimoodustisse suunatud ülirasvase koore koostisest *. Ülirasvase koore saamise praeguse tehnika juures on võimalikud mõnin-

gad kõikumised koore koostises, mille tõttu ülirasvane koor tuleb koguda vahepaaki ja seal normaliseerida. Ülirasvase koore rasvasisaldust on raske küllaldase täpsusega määrata, sest butüromeeter selleks ei kõlba (ei saa näitu lugeda kümnendik protsentides ja näidud tulevad kõrgemad). Seetõttu määratakse ülirasvase koore veesisaldus harilikult analüütiliselt, eeldades, et piima rasvata kuivaine sisaldus on konstantne. Paraku, nagu uurimised näitavad, kõigub piima rasvata kuivaine sisaldus ülirasvases koores 1,4—2,2% piirides. ВНИМИ (Üleliiduline Piima Teadusliku Uurimise Instituut) andmetel on piima rasvata kuivaine sisaldus keskmiselt 1,66%. Piima rasvata kuivaine sisalduse kõikumine sõltub peamiselt ülirasvase koore rasvfaasi olemusest. Kui ülirasvase koore saamisel ei toimunud hüdraatsete adsorptsioonkestade purunemist ja rasva väljasulamist, on piima rasvata kuivaine sisaldus 1,8—2,2%, keskmiselt 2%.

Lähtudes piima rasvata kuivaine 2%-lisest sisaldusest, peab 82,5%-lise rasvasisaldusega või lubatud veesisaldus olema 15,5%. Sama veesisaldus peab olema ka ülirasvasel koorel. ВНИМИ andmetel saadakse ülirasvase koore veesisalduse määramisel, kui kasutada või veeprotsendi määramise viisi, alati 0,3—0,6% võrra madalam tulemus vee puuduliku aurustumise tõttu. Seepärast tuleb ülirasvase koore normaliseerimisega seotud arvutustes leitud veesisaldusele lisada 0,6%.

Normaliseerimiseks kasutatakse koore separeerimisel saadud petti. See pett sisaldab kuni 8,5% kuivainet, mille tõttu 100 kg koore veesisalduse tõstmiseks 1% võrra tuleb lisada 1,33 kg petti.

VÕI MOODUSTUMINE

Ülirasvane koor juhitakse vahevannist pumbaga võimoodustisse, kus seda jahutatakse ja mehhaaniliselt töödeldakse.

Pumba survetorustikku soovitatakse monteerida toru, et ülirasvast koort saaks tagasi juhtida vanni sel korral, kui koor imitorus jahtub ja pump lakkab töötamast. Tagasivoolutoru võimaldab lasta vanni täitmise ajal kuuma koort algul läbi pumba, et seda soojendada. Rõhk survetorus ei tohi tõusta üle 1,5 atü.

Toodetakse nii silindrikujulisi kui ka plaatvõimoodusteid. Silindrikujulises võimoodustis pöörleb kiirusega 150 pööret minutis trummel, mis segab koort ja paneb selle piki trumlit spiraalselt liikuma. Trumlile on kinnitatud kaks nuga tardunud või jahutussilindri pinnalt mahavõtmiseks. Silindri kestas voolab jahutusvahendina kas külm vesi või soolvesi.

Ühesilindrilises võimoodustis toimub jahutamine frigaatorist tuleva jahutusagendiga, mille temperatuur on 3—5° C. Kahesilindrilises võimoodustis jahutatakse alumist silindrit külma veega

* Võimoodustis toimub ainult ülirasvase koore füüsikaline muutumine, keemiline koostis ei muutu.

ja ülemist soolveega. Koor läbib pöörleva sisetrumli ja jahutussilindri vahelise ruumi õhukese kihina.

Kahesilindrilisel võimoodustil töötamisel saabub koor algul alumisse silindrisse, kus jahtub kuni 20—25° C, olenedes võimoodusti koormusest, sellesse saabuva koore temperatuurist ja jahutusvee temperatuurist. Selles silindris ülirasvane koor jahtub; võid siin veel ei teki, sest kogu rasv on sulas olekus. Tõenäoliselt toimub siin rasvfaasi osaline de-emulgeerumine, kusjuures rasvakerakesed kaotavad oma hüdraatsed adsorptsioonkestad.

Rasvaemulsiooni purunemine enne rasva üldise hangumise algust ei ole soovitav, sest see põhjustab rasvapiisakeste koalestseerumist ja hiljem jämedate rasvakristallide moodustumist. Seetõttu tuleb võimoodusti alumist silindrit rohkem jahutada (kuni 18—20° C), et rasv hakkaks kristalliseeruma. Olenevalt keemilisest koostisest tuleb rasva jahutada sellise määrani, et kristallisatsioonitsentrite massiline moodustumine algaks juba rasva ülemineekul alumisest silindrist ülemisse. Selleks on vaja alandada jahutusvee temperatuuri ja suurendada juurdevoolu kuni 3—3,5 m^3-ni 1 t koore kohta või vähendada silindrisse antava koore kogust.

Alumisest silindrist surutakse koor ülemisse soolveejahutusega silindrisse, milles toimub või moodustumine ja selle lõplik jahutamine. Kui alumisest silindrist ülemisse saabuva koore temperatuur on madalam massilise kristallisatsiooni algtemperatuurist (s. o. alla 20° C), siis rasva kristalliseerumine ja või moodustumine algavad korraga. Kui aga koor saabub ülemisse silindrisse kõrgema temperatuuriga, siis toimub seal mõnda aega selle järeljahtumine, mistõttu koor ei muutu täielikult võiks. Jahutussoolvee temperatuur peab olema —3 kuni —5° C; selle kogust reguleeritakse nii, et sisenemis- ja väljumistemperatuuride vahe oleks 1—3 kraadi.

Hea struktuuriga ja järelikult ka hea konsistentsiga või saamist tagab kõva ja vedela rasva koguste optimaalne suhe. See oleneb võimoodusti temperatuurirežiimist ja vedela rasva ühtlasest jagunemisest võis, mis saavutatakse või mehhaanilise töötlemisega ülemises silindris.

Töötlemisel harilikes võimasinates saavutatakse rasva vajalik kõvadusaste koore füüsikalise valmimise ja või kokkulöömisega ning pressimistemperatuuri mõjul. Vooltootmisviisil aga saavutatakse see ülirasvase koore jahutamise ja intensiivse töötlemisega võimoodustis. Seejuures võivad tekkida erinevate sulamis- ja hangumistemperatuuridega rasva kristallvormide mitmekesised modifikatsioonid.

Vooltootmisliinil täheldataksegi või moodustumisel rasva ebapüsivast vormist püsivasse üleminekut.

Jahutamise algul tekib ebapüsiv, madala hangumistemperatuuriga kristallvorm, mis pärast muutub püsivaks kõrgema hangu-

mistemperatuuriga vormiks. Niisuguse üleminekuga kaasneb tunduv kristallisatsioonisoojuse vabanemine.

Võimoodustist väljuv või on vedela, voolava konsistentsiga, kastis aga kõveneb ta kiiresti, kusjuures rasva kergesti sulav modifikatsioon kiiresti muutub raskesti sulavaks ja või temperatuur tõuseb 2—3 kraadi võrra.

Kui ülirasvane koor liiga lühikest aega võimoodustis viibib ja seetõttu rasv ei saa küllaldaselt kristalliseeruda, siis moodustuvad ebapüsiva modifikatsiooni kristallid ja saadakse produkt, mille konsistents välise temperatuuri mõjul kergesti muutub. Selline või pehmeneb ja sulab kiiresti toatemperatuuri juures.

Võimoodusti ebaõigel ekspluateerimisel (aeglane jahutamine, ebapiisav mehhaaniline mõjutamine) võib rasv kristalliseeruda niivõrd vähesel määral, et pärast hüdraatse adsorptsioonkesta kaotamist suur osa rasvast on vedel. Sellise või jahtumisel kastis moodustuvad maitsmisel kergesti tuntavad suured kristallid: või on jahuse konsistentsiga.

Kui näiteks talvel, kui või sisaldab suurel hulgal raskesti sulavat rasva, või väljub võimoodustist liiga soojana, siis rasvakristallikesed tekivad hiljem, alles kastis. Kristallikesed sisaldavad palju raskesti sulavat rasvfraktsiooni ning vedelat rasva on niivõrd vähe, et sellest ei piisa võile siduvuse andmiseks. Sel puhul saadakse rabe, kõva või.

Kui aga või silindrites jahtub madalama temperatuurini, siis tekib rohkesti kristallide algeid, ja nende hulk kasvab massilisel kristalliseerumisel peamiselt raskesti sulavate rasvade arvel. Rasva vedelal fraktsioonil, millest raskesti sulavad glütseriidid välja kristalliseeruvad, on tunduvalt madalam hangumistemperatuur, nii et valmis võis võib vähesel määral toimuda täiendav kristalliseerumine. Sellest vedelast rasvast piisab võile vajaliku siduvuse andmiseks. Vedela fraktsiooni ühtlasemaks jaotamiseks on vaja intensiivistada mehhaanilist töötlemist võimoodustis.

ЦНИИМС-is tehti kindlaks, et talvel võib kahesilindrilist võimoodustit koormata tootlikkusega maksimaalselt 200—250 kg/h. Sel puhul viibib või võimoodustis 300—350 sekundit; töötlemine kristallisatsiooni staadiumis kestab 150—250 sekundit.

Vooltootmisliinil töötamisel tuleb jahutusrežiim, töötlemise intensiivsus ja kestus valida sõltuvalt rasva omadustest ja koostisest, ülirasvase koore kvaliteedist ja temperatuurist ning valmis või jahutusrežiimist. Orienteerivalt tuleks ülemises silindris võid jahutada nii, et võimoodustist väljumisel tema temperatuur oleks suvel 12—14° C ja talvel 11—13° C.

Kui saadava või konsistents on üleliia pehme, siis tuleb suurendada võimoodusti koormust (kuni 350—400 kg/h) ja tõsta või väljumistemperatuuri 14—15° C-ni.

Saadava või kore, rabe konsistents, eriti talvel, näitab, et on vaja võid kauem töödelda rasva kristalliseerumise staadiumis. Sel-

leks tuleb alandada või võimoodustist väljumise temperatuuri ja vähendada võimoodusti koormust kuni 200—250 kg/h.

Võile parema struktuuri andmiseks ja kristalliliste moodustiste purustamiseks on vaja võid kohe pärast jahtumist võimoodustis intensiivselt mehhaaniliselt töödelda. Selleks võib täiendavalt üles seada kolmanda silindri, samuti ka teksturaatorid, milles võid täiendavalt mehhaaniliselt töödeldakse pärast glütseriidide massilise kristalliseerumise lõppu.

Võimoodustist läheb jahutatud või kasti, kus ta lõplikult kõveneb ööpäeva jooksul 0—6° C juures.

Vooltootmisliinil saadud võil on meeldiv õrn maitse ja aroom ning küllalt tihe konsistents. Vesifaas on peenelt jaotatud; või sisaldab vähe õhku. Titovi andmetel on selle või plasma kuivaine letsitiini- ja valgurikas. Rasv- ja vesifaas on pidev, kusjuures plasmapiisakesi ühendavad kapillaarid on peenemad kui harilikus võis. Või on mikroorganismidega vähe infitseeritud ja hallituskindel.

Kõrge plusstemperatuuri juures säilitamise ajal esineb tihti piiskade ühinemist, mis vähendab tugevasti või säilivust. Madala plusstemperatuuri juures omandab või mõnikord murduva, kihilise või pudeda konsistentsi.

Põhiliselt oleneb või konsistents rasva kristalliseerumise iseloomust.

Koagulatsioonstruktuuri domineerimise korral omandab või pehme, määriva konsistentsi ega ole termostabiilne, kristallisatsioonstruktuuri domineerimise puhul aga muutub või üleliia kõvaks, murduvaks ja rabedaks.

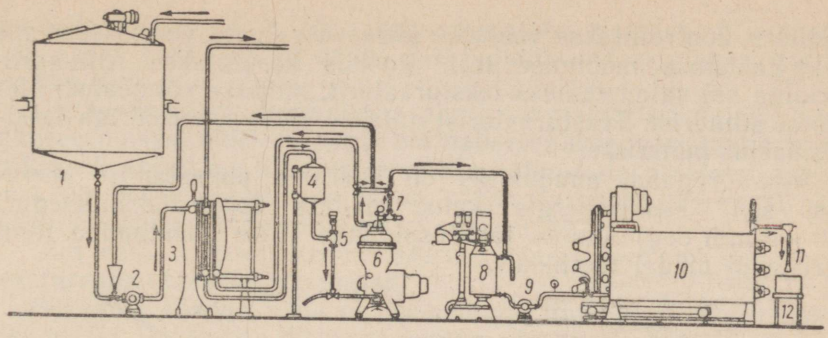
Nikulitšev (ЦНИИМС) soovitab vooltootmisliinil või konsistentsi kontrollimiseks määrata selle välimust väljumisel, hangumise kiirust ja temperatuuri tõusu kastis, samuti kontrollida ka või konsistentsi lõikeproovil. Hästi töödeldud või valgub kasti täitmisel kergesti laiali ja on särava, läikiva pinnaga. Võimoodustist välja voolava või labidale võetud proov ei tohi hanguda enne 40 sec. Kiire hangumine viitab või ebapiisavale töötlemisele. Või temperatuuri tõus kastis (mis toimub varjatud kristallisatsioonisoojuse vabanemise tulemusena) ei tohi olla üle 1,5—2 kraadi.

Lõikeproovi tegemisel lõigatakse 2—5°-ni jahutatud võikangilt 1,5—2 mm paksusega plaat ja proovitakse selle painduvust. Hea konsistentsiga või puhul on lõigatud plaadikene tasase pinnaga ja kergel vajutamisel paindub ilma murdumata.

VÄLISMAAL KASUTATAVAD VÕI VOOLTOOTMISE VIISID

Ka välismaal kasutatakse või vooltootmise menetlusi. Tuntumad neist on Alfa Euroopa maades, Greamery Package ja Golden Flow USA-s ja Kanadas, New Way Austraalias jt.

Alfa menetlus ei erine oma printsiibilt meil kasutatavast või



Joonis 53. Alfa-menetlusel või tootmise skeem:
1 — kooretank; *2* — pump; *3* — plaatsoojusvaheti; *4* — koore nivoo regulaator; *5* — koore arvesti; *6* — ülirasvase koore separaator; *7* — reguleeriv ventiil; *8* — doseerija; *9* — ülirasvase koore pump; *10* — võimoodusti; *11* — või väljavoolu toru; *12* — vibraator.

vooltootmise viisist. Alfa-agregaat koosneb hermeetilisest separaatorist ülirasvase koore saamiseks ja kinnisest kolmesilindrilisest jahutist-võimoodustist (joonis 53).

Hermeetilisele separaatorile, mille piima läbilaskevõime on 5000 l/h, juhitakse pastörisaatorist nii palju 30%-lise rasvasisaldusega koort, et tunnis saadakse umbes 150 kg võid. Viimasel ajal lastakse välja Alfa-agregaate tootlikkusega 250 kg võid tunnis. Koore väljavoolu agregaadist reguleeritakse ventiiliga niiviisi, et saadava koore rasvasisaldus on 83%.

Koor juhitakse 2,7—3 atü rõhu all silindrikujulisse jahutisse, mis koosneb kolmest järjestikku ühendatud kestaga ja pöörleva trummelsegistiga silindrist.

Kahes silindris jahutatakse ülirasvast koort —7° C-se soolveega ja kolmandas külma veega.

Pöörlevate trummelsegistite pealispinnale on joodetud metallliistud, mis täidavad labade ülesannet. Liistud asetsevad trummelsegistite külgedel ning tänu neile koor seguneb ja liigub piki silindrit rõngakujulises ruumis pöörlevate trummelsegistite ja silindri vahel. Seejuures liigub koor ümber trumli. Trummel pöörleb kiirusega 72—74 p/min.

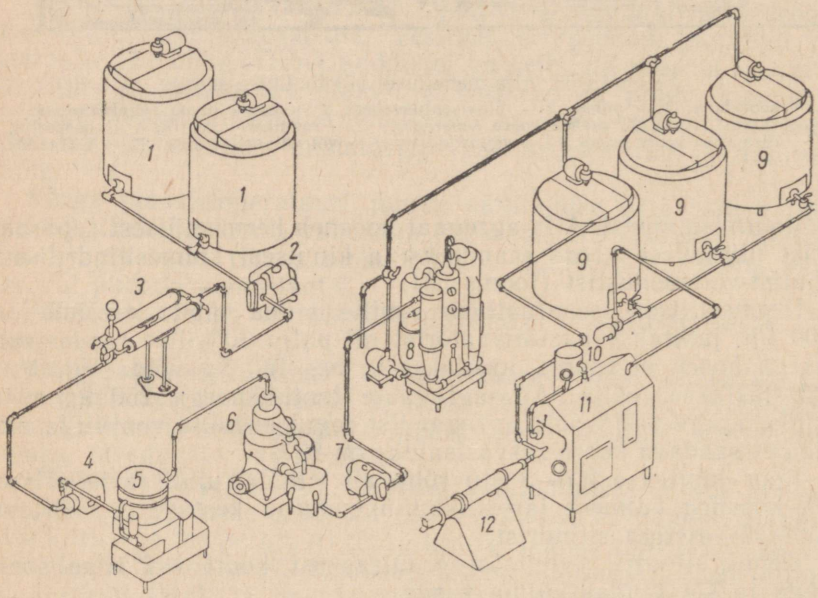
Koor saabub alumisse silindrisse ja valmisprodukt väljub ülemisest silindrist toru kaudu kasti. Alumises silindris koor jahtub 20° C-ni, keskmises 11—12° C-ni, ülemises segatakse teda ning temperatuuril 12—14° C väljub see agregaadist.

Või veesisaldust reguleeritakse ventiiliga. Vooluse vähendamisel rõhk süsteemis tõuseb, separaatori läbilaskevõime väheneb ja koore rasvasisaldus suureneb. Jahuti temperatuuri reguleeritakse soolvee juurdevoolu muutmisega.

Rootsis valmistatakse Alfa-agregaadil nii rõõsakoore- kui ka soolast hapukoorevõid. Koor hapendatakse keemilisel viisil. Vee-

sisaldust kontrollitakse vooluses ülirasvase koore viskoossuse või elektritakistuse mõõtmise teel. Rootsis kasutatakse Alfa-agregaadiga või valmistamisel teksturaatorit, millesse või saabub ülemisest silindrist. Teksturaatorist antakse võitransportööriga fassimismasina punkrisse.

Alfa-agregaadi puudusteks on aparaadi puhastamise keerukus, suur elektrienergia kulu, madala soojusülekandeteguri (30 kal/m²h deg) juures jahutuspindade väike kasutamine ning agregaadi madal tootlikkus.



Joonis 54. Golden Flow menetlusel või tootmise skeem:
1 — 40%-se koore tankid; *2* — pump; *3* — koore filtrid; *4* — destabilisaator; *5* — trummelsoojendi; *6* — ülirasvase koore separaator; *7* — pump; *8* — vaakuumpastörisaator (vakreaator); *9* — või standardiseerimise tankid; *10* — pump; *11* — võijahuti; *12* — võitöötleja.

New Way menetlus erineb Alfa menetlusest selle poolest, et ülirasvane koor läheb ujukklapiga kambrisse, kus imetakse segistiga varustatud vaakuumvanni. Selles koor desodoreeritakse ja normaliseeritakse ning lisatakse värv, sool ja aroomiained. Vannist juhitakse ülirasvane koor koos soolveega kahepoolselt jahutatavasse kahesilindrilisse jahutisse. Koor jahtub kuni 0,3° C ja läheb kohe fassimisautomaati.

Golden Flow vooltootmisviisil (joonis 54) destabiliseeritakse keskmise rasvasusega koort osaliselt 55—65° C juures spetsiaalsetes segistiga eelsoojendites ja seejärel juhitakse sepa-

raatorile. Tänu rasva destabiliseerumisele sisaldab ülirasvane koor rasva kuni 90% ja enam. See kujutab endast piimarasva ja plasma segu.

Ülirasvane koor pumbatakse algul vakreaatorisse ja siis normaliseerimisvannidesse. Segu normaliseeritakse portsjonite viisi, milleks kasutatakse 3 vanni, et mitte katkestada protsessi voolavust. Normaliseeritud koor läheb võimoodustisse, mis konstruktsioonilt sarnaneb pidevalt tegutseva friiseriga.

Siin rasv osaliselt kristalliseerub; edasi läheb või läbi toruteksturaatori fassimismasinasse.

Sel viisil saadud võile on iseloomulik liiga tugev konsistents, tihe ehitus ja vee hea dispergeerumine. Ta on struktuurilt margariinitaoline. Uurimised näitavad, et või jämekristallilist struktuuri tingivad rasva jämedad kerakujulised kristallilised moodustised. Teksturaatorist läbijuhtimine vähendab kristallide ahelate mõõtmeid ja suurendab sel teel või plastilisust. Mikroskoobi abil tehtud vaatlused näitavad, et teksturaatorist läbi tulnud võis rasva kristalliseerumist enam peaaegu üldse ei esine. Teksturaatoris töötlemata või on aga väga pudev, isegi toatemperatuuri juures.

Golden Flow menetlusel saadud võis on peaaegu kogu vesi piiskades, mille läbimõõt on alla 3μ.

Creamery Package'i menetlusel de-emulgeeritakse ülirasvane koor pumbas kuni rasvaemulsiooni täieliku hävimiseni ja rasv eraldatakse plasmast teistkordse separeerimisega. Seejärel suunatakse rasv dosaatorisse, kus talle segatakse hulka soolalahust. Segu temperatuuriga 60—65° C läheb emulsorisse ja sealt rõhu all kahesilindrilisse jahutisse, milles emulsioon segades jahutatakse kuni 7—12°-ni. Edasi läheb segu restidega teksturaatorisse. Siin lõpeb kristalliseerumisprotsess. Teksturaatorist väljunud või fassitakse. See või on veelgi suuremal määral margariini struktuuriga kui Golden Flow menetlusel saadu.

Krafti protsess erineb Creamery Package'i menetlusest sellega, et piimarasva ei emulgeerita soolalahusega, vaid kuni pH=4,2 hapustatud plasmaga.

24. PEATÜKK

MITMESUGUSTE VÕILIIKIDE TOOTMINE

LISANDITEGA VÕI

Lisanditena kasutatakse kakaopulbrit, vanilli, mett, puuvilju, marju, suhkrut jt., mida lisatakse nii harilikus võimasinas kui ka vooltootmisliinil saadud rõõsakoorevõile. Kasutada võib ka võist saadud piimarasva.

Lisandile vastavalt tuntakse šokolaadi-, mee-, kohvi-, puuvilja-, suhkruvõid jt.

Šokolaadivõi. Selle või saamise tehnoloogiline protsess kulgeb samuti nagu rõõsakoorevõi tootmisel, ainult selle erinevusega, et pressimise ajal lisatakse võimasinasse kakao ja suhkru segu. Peen suhkur ja kakao peavad olema kõrgekvaliteedilised ja rahuldama standardi nõudeid.

Pressimise esimese staadiumi lõppemisel võetakse või proov veesisalduse määramiseks ja arvutatakse vee kogus, mis on vajalik normaalse koostisega või saamiseks.

Või teoreetilise väljatuleku alusel arvutatakse välja suhkru ja kakaopulbri kogus, mis lisatakse võile koos normini lisandatava veega. Enne võile lisamist pastöriseeritakse vee, suhkru ja kakao segu ning jahutatakse või temperatuurini. Segu ühtlustamiseks soovitatakse lisamist teha osade kaupa, lastes iga kord või läbi pressvaltside vahelt. Pärast lisandite manustamist pressitakse võid kinniste luukide ja kraanidega ning seisatakse seejärel võimasin 15—20 minutiks, et suhkur jõuaks lahustuda. Või töötlemine lõpetatakse, kui suhkrusiirup on täielikult võisse pressitud. Et suhkur kontsentreerib (koondab) plasmapiisakesi, siis on plasma dispersiooni peenendamiseks vaja võid kauem pressida. Šokolaadivõi konsistents on pehme, mistõttu seda pärast kastidesse tampimist tuleb hästi jahutada.

Kui šokolaadivõid valmistatakse vooltootmisviisil, siis lisatakse suhkruga kakao ülirasvasele koorele kohe selle separaatorist väljumisel. Seejuures võib esineda kaks varianti.

1. Vahevanni saabuvale kuumale koorele lisatakse algul suhkruga kakao ja seejärel või rasvasisalduse normaliseerimiseks vajalik vesi.

Segu segatakse ja pastöriseeritakse vannis ja jahutatakse ning töödeldakse silindrikujulises võimoodustis.

2. Normaliseerimiseks vajalik vesi segatakse kakao ja suhkruga, soojendatakse siirupi keetmise katlas ja lisatakse siis kuumale ülirasvasele koorele. Edasi suunatakse segu silindrikujulisse võimoodustisse.

Šokolaadivõi tootmisel võib toorainena kasutada piimarasva, kui analüüs näitab, et see kõlbab šokolaadivõi valmistamiseks; analüüsitud rasv suunatakse sulatisse. Produkt sulab sulati soojendatud pindadega kokkupuutumisel. Sulatatud või maitse vältimiseks ei tohi sulatamisel või temperatuur tõusta üle 60° C.

Sula rasv juhitakse pumbaga kestva pastöriseerimise vanni. Samasse lisatakse ka kakao, suhkur ja piim või koor. Segu pastöriseeritakse 75° juures 10 minuti kestel, pärast seda jahutatakse 45°-ni. Kõrgem pastöriseerimistemperatuur võib anda produktile sulatatud või maitse. Jahutatud segu lastakse kas läbi pumba või emulsori. Edasi suubub emulsioon võimoodustisse, kus kiire jahtumise tõttu komponentide vesilahus ühtlaselt jaotub rasvkeskkonnas. Hea konsistentsiga või saadakse 13—14° C-ni jahutamisel ja või-

moodusti normaalsel koormamisel. Valmis või läheb kasti. Pakitakse seda samuti nagu harilikku võid.

Puuviljavõi. Selle või tootmisel kasutatakse lisanditena naturaalmahlu või ka värskeid või konserveeritud heakvaliteedilisi marju, samuti povidlot, dšemmi või keedist, mis annavad võile hea maitse ja aroomi. Selline või on vitamiini- ja süsivesikute-rikas ning võib olla väga mitmekesise maitsega, olenevalt lisandatud mahladest või marjadest.

Puuviljavõid tehakse heakvaliteedilisest ülirasvasest koorest, mille veesisaldus pole üle 13%. Enne võisse lisamist marjad sorteeritakse. Kasutatakse ainult valminud, kvaliteetseid puhastatud marju, mis pestakse ja jäetakse seejärel 30 minutiks nõrguma. Mõned marjad (kirsid, murelid, ploomid) hõõrutakse läbi hõreda sõela, teised luuta marjad (maasikad, sõstrad) läbi tiheda sõela. Hõõrutud mass segatakse suhkruga ja lisatakse kuumale koorele kohe selle separaatorist väljumisel. Hõõrutud marjade asemel võib lisada suhkruga segatud filtreeritud marja- ja puuviljamahlu. Suhkru, marjade või mahla segu segatakse ülirasvase koorega kuni komponentide ühtlase jagunemiseni ja jäetakse pastöriseerimata, et mitte hävitada vitamiine. Edasi suunatakse segu võimoodustisse.

Muude lisanditega või. Mee, suhkru ja kohviga võid valmistatakse samuti nagu šokolaadivõid. Kui võid valmistatakse vooltootmisliinil, pannakse lisandid kuuma ülirasvasesse kooresse vahevannis.

Suhkruga koorevõi tootmisel lisatakse peen- või tuhksuhkrut ja väikeses koguses vanilliini või vanilli. Seda võid kaubastatakse lastevõi nime all.

Meevõi valmistamisel lisatakse kõrgekvaliteedilist naturaalset mett ja kohvivõi valmistamisel suhkrut ning kohvi- ja sigurisegu ekstrakti.

Lisanditega või rasvasisaldus on madalam kui harilikul võil. Seetõttu on sellist võid lubatud toota pehmema konsistentsiga, kuid nõutav on lisandite ja plasma hea jagunemine.

SOOJUTATUD VÕI

Soojutatud võis ehk homogeniseeritud võis on veepiisad täiesti isoleeritud ja piimarasvas ühtlaselt jagunenud, mis loob mikrobioloogiliste protsesside arenguks ebasoodsad tingimused. Niisugune struktuur saavutatakse sellega, et mõõdukal soojendamisel moodustab või vee emulsiooni rasvas, mis säilib järgneval rasva jahtumisel ja hangumisel. Tänu hermeetilisele pakendile ja madalale õhusisaldusele on selles võis oksüdatsiooniprotsesside tekkimise oht väiksem.

Soojutatud või valmistatakse kõrgekvaliteedilisest soolasest või magedast rõõsakoore- või hapukoorevõist. Soolane hapukoorevõi

peab olema valmistatud mõõdukalt hapendatud koorest, plasma happesusega kuni 35° Th, ega või sisaldada soola üle 1,2%.

Või soojutamiseks võib kasutada kas kaheseinalisi vanne või spetsiaalseid sulateid, samuti ka metallist võimasinaid, mida või soojendamiseks piserdatakse sooja veega. Soojutamisel ei tohi rasva välja sulada.

Mitmesuguste soojutamisviiside uurimised on näidanud, et häid tulemusi annab soojutamine Mironenko menetlusel. See autor soovitab võid sulatada pidevalt töötava võimasina pressimissilindris, mille viimane kolmandik on ümbritsetud vesisärgiga. Sellesse särki lastakse soe vesi (umbes 40° C) ning või juhitakse väikestes kogustes silindrisse. Läbides pressimissilindri kuni suudmikuni, soojeneb või ja suundub aparaadist taarasse. Vee pealevoolu kiirust reguleeritakse nii, et aparaadist väljuva või temperatuur oleks 28—30° C ja et ta oleks küllalt vedel, kuid hoiduda tuleb rasva väljasulamisest.

Suur tähtsus on pressimissilindri koormamisel ja või soojutamiseelsel konsistentsil. Kõva või tuleb enne soojutamist lõigata väikesteks tükkideks ja hoida mõned tunnid soojas ruumis. Soovitav on soojutamisele suunata 14—16° C-ne või. Või sellise temperatuuri puhul on pressimissilindri tootlikkus 250—300 kg/h.

Kaheseinalistes vannides soojutamisel asetatakse või vanni väikeste tükkidena ja pideval segamisel soojendatakse järk-järgult. Rasva väljasulamise vältimiseks lastakse vannivahesse algul vesi temperatuuriga 24—26° C, kui või pehmeneb, tõstetakse vee temperatuur 30—32°-ni. Soojutatakse kuni kogu või on sulas olekus ega esine enam tompe. Sõltuvalt rasva koostisest on või soojutamise lõpptemperatuur 26—30° C. Soojutada tuleb nii, et kogu mass ühtlaselt soojeneks, üksikud kohad ei tohi üle soojeneda.

Või soojutamisel muutuvad veepiisad pindpinevuse toimel täiesti ümmargusteks ja veepiisku ühendavad kanalikesed tõmbuvad isoleeritud piiskadeks. Rasva küllaldaselt suure viskoossuse ja tugeva veedispersiooni juures ei teki emulsioonijagunemist erikaalu järgi.

Soojutatud sula või valatakse puhtatesse kuuma õhuga kuivatatud plekktoosidesse. Soojutatud soolase või jaoks määratud toosid tuleb katta toidulakiga, mis kaitseb metalli korrosiooni eest. Toosid täidetakse ääreni, et neisse ei jääks õhku.

Täidetud toosid kaetakse kaantega, jahutatakse 15—18°-ni ja valtsitakse poolautomaadil. Jahutamata vedelat võid pole soovitav valtsida, kuna siis toosi pöörlemisel ümber oma telje võib juhtuda, et või välja pritsib ja toosi jääb õhutühemeid. Automaatsetel kinnivaltsimismasinatel võib toose valtsida pärast täitmist. Kinnivaltsitud tooside hermeetilisust kontrollitakse ja paigutatakse need rasva kõvenemiseks külmruumi.

SULATATUD VÕI

Sulatatud võiks nimetatakse plasmast vabastatud puhast piimarasva. See saadakse koore- ja vadakuvõi ning ka toorvõi termilisel töötlemisel. Paljud plasma lagunemisest tingitud maitsevead, mida esineb ümbersulatatavas võis, on sulatatud võis vähemärgatavad. Puhas piimarasv on mikroorganismide arenguks ebasoodus keskkond, mistõttu sulatatud või hästi säilib.

GOST-i kohaselt ei tohi sulatatud või rasvasisaldus olla alla 98%, vett ei või olla üle 1% ja rasvata kuivainet võib olla kuni 1%. Sellise või kalorsus on 9200 kcal/kg. Sulatatud võil ei tohi olla kõrvalmaitseid ja -lõhnu. Sulas olekus peab ta olema täiesti läbipaistev, sadestuseta; konsistents peab olema teraline ja pehme.

Ümbersulatamisele saabuv või kaalutakse, vaadatakse üle ja hinnatakse organoleptiliselt ja keemiliselt ta omadusi. Kui sulatataval võil on vigu, mis on tingitud rasva lagunemisest, siis need vead ilmnevad ka sulatatud võis. Seepärast tuleb niisugust võid töödelda eraldi.

Võid, mis ei lähe otsekohe sulatamisele, tuleb säilitamise eel soojutada, et ta saavutaks ühtlase konsistentsi.

Või sulatatakse kas vesi-, aur- või otseküttega kateldes. Parem on sulatada aurküttega kateldes, kuna sel puhul on kõrbemisoht väiksem. Vesiküttega katlaid kasutatakse väikese tootmismahu korral. Sulamisjääkide ja vee eraldamiseks, samuti ka sulatatud või väljalaskmiseks peab olema katelde külgpinnal 2—3 eri kõrgusel asetsevat kraani ja alumises osas luuk katelde puhastamiseks.

Enne või katlasse laadimist valatakse sellesse vett 10—15% mahust, arvestusega, et vee üldkogus (koos või veega) ei ületaks 25% katlasse pandud või kaalust. Tugevasti riknenud või sulatamisel võib vee kogust suurendada, kuid seejuures lisatakse vähe söögisoodat (50 g 100 kg või kohta).

Vesi soojendatakse katlas 70—75° C-ni, lisatakse siis või ja tõstetakse aeglaselt katla temperatuuri. Sulatamisprotsessi kestel võid segatakse. Või sulamise lõpul segamine katkestatakse ja valkude sadestamiseks ning rasva paremaks eraldamiseks lisatakse soola 3—3,5% või kogusest. Soola lahustumise tulemusena suureneb plasma erikaal, mistõttu ta hõlpsamini eraldub rasvast. Pärast soola lisamist jäetakse või rahulikult seisma kuni täieliku selgimiseni.

Oluline on valida õige temperatuur või sulatamiseks. Kõrgema temperatuuri juures eraldub rasv plasmast paremini, kuid seejuures võib ka rasv ise muutuda: vabad rasvhapped võivad eralduda, oksüdeeruda jne. Sellest lähtudes tuleb oluliste plasma muutustest tingitud vigadega võid sulatada 80—85° C ja veelgi kõrgema temperatuuri juures, ilma suuremate maitse- ja lõhnavigadeta võid aga temperatuuril 75—80° C.

Võid hoitakse sulatamistemperatuuri juures tund aega, siis lõpe-

tatakse soojendamine ja sula või jäetakse seisma kuni rasva täieliku selgimiseni 2—3 ja enamaks tunniks.

Selitamise lõpp määratakse vastava prooviga: või peab olema puhas, läbipaistev. Või pinnale tekkiv vaht riibutakse ja kasutatakse järgmisel sulatamisel koos teiste sulatamisjääkidega.

Selginud rasv kallatakse ära ja jahutatakse 35—40° C-ni vastuvoolujahutil või kaheseinalises vannis.

Või väljalaskmisel katlast, millel on kaks või enam külgmist väljalaskekraani, tuleb avada üheaegselt kõik kraanid, eelnevalt kontrollides rasva eraldumise puhtust. Või väljalaskmisel reguleeritakse selle taset nii, et väljavoolutorust voolaks puhas rasv; seda saavutatakse vee osalise kõrvaldamisega katlast alumise kraani kaudu. Kui või lastakse otse tünnidesse, siis tuleb ühtlase või saamiseks lasta igasse tünni võid kõigist kraanidest.

Katlas selitamisel rasv osaliselt kihistub, sõltuvalt glütseriidide erikaalust. Kergesti sulavast rasvast saadakse taimeõli meenutav halvasti hanguv või. Raskesti sulav rasv annab võile searasva väljanägemise ja omadused. Et terve võipartii oleks ühtlase konsistentsiga, tuleks rasv valada algul vahevanni ja alles pärast segamist tünnidesse.

ВНИМИ-s töötati välja sulatatud või vooltootmise skeem. Selle skeemi kohaselt soojutatakse sulatamisele tulev või ja seejärel filtreeritakse. Soojutatud või läheb voolselitisse, kus teda selitatakse 5%-se plasmasisalduseni. Selitajast voolab või pastörisaatorisse, kus soojeneb 90—92° C-ni. Kuum või juhitakse neljaosalisse vanni, millel on seade osade järjekorras täitmiseks ja tühjendamiseks. Iga osa täitmine kestab 1 tund, selles hoidmine 2 tundi ja tühjendamine 1 tund. Vannist läheb või jahutile ja sealt tünnidesse.

Heal sulatatud võil peab olema teraline struktuur, mille annab glütseriidide õige kristalliseerumine. Selleks hoitakse tünnid sulatatud võiga kaks-kolm päeva 10—14° C-se temperatuuriga ruumis. Terakeste jagunemise ühtlustamiseks veeretatakse tünne aegajalt. Kui kristalliseerumine on põhiliselt lõppenud, säilitatakse või temperatuuris kuni 6° C.

Sulatatud või pakitakse 50 ja 100 kg mahuga tünnidesse. Nende sisepind kaetakse kas silikaadiga või kaseiinemailiga; kaseiinemaili kiht kinnitatakse formaliiniga. Email takistab sulatatud või puitu imbumist.

Või sulatamise kaod koosnevad rasva ja plasma rasvata osa kadudest. Rasv läheb kaotsi enne või väljalaskmist kõrvaldatava vee- ja sulatamisjääkidega. Sulatamisjäägid soojendatakse rasva eraldamiseks teistkordselt 85—90° C-ni ja hoitakse neid 3 tundi. Edasi eraldatakse rasv sulatamisjääkidest samuti nagu võist selle sulatamisel. Rasva kadu mõjutab sulatatava või rasvasisaldust õige vähe, peamiselt olenevad kaod sulatamisviisist ja tootmismahust. Rasva läheb kaduma keskmiselt 0,65—0,75% sulatatava või rasva kogusest. Rasva ja rasvata osa üldiste kadude (jäätmete) kogus on ligilähedalt võrdne sulatatava või veesisaldusega.

25. PEATÜKK

VÕI FASSIMINE, TRANSPORTIMINE, SÄILITAMINE, SÄILIVUS JA VEAD

VÕI FASSIMINE

Võid pakitakse talle kauba vormi andmiseks ja välismõjude eest kaitsmiseks.

Pakkimise kvaliteedist oleneb või hallituskindlus. Pakkimise kvaliteet sõltub pakkematerjali omadustest ja ettevalmistamisest ning või kinnitampimise ja vormimise kvaliteedist.

Või pakitakse kas tünnidesse, kastidesse või plekktoosidesse.

Võitünnid valmistatakse pöögist (*Fogus*), millel on kerge ja tugev, vähe hügroskoopne ja hallituskindel puit. Kõige hallituskindlam on valgepöök (*Carpinus*).

Kastid valmistatakse siledaks hööveldatud lõhedeta kuivadest kuuse- või nululaudadest. Lubatud on kasutada ka kvaliteetset kolmekihilisest kaseiinliimiga liimitud kase- või lepavineerist kaste. Tugevdusliistud tehakse kas okaspuu või pehmete lehtpuuliikide puidust. Laialt kasutatakse ka kartongkaste.

Plekktaarasse pakitakse pikemaaegseks säilitamiseks määratud või. Kasutatakse valgest plekist konservitoose, mis kaetakse toidulakiga. Täieliku hermeetilisuse saavutamiseks kasutatakse tihendavat pastat. Lakikiht hoiab ära pleki korrodeerumise rasvhapete mõjul.

Või pakkimiseks kasutatav pärgament peab olema rasva- ja vettpidav, suure mehhaanilise tugevusega ega tohi sisaldada arseeniühendeid ega raskete metallide soolasid.

Ettevalmistatud taarasse tuleb või tampida väiksemate tükkidena, et tagada või tampimise tihedust. Ebatihedasti pakitud või õhutühemeis saab areneda hallitus. Kõige parem või tampimise temperatuur on 10—12° C. Selle temperatuuri juures on võil hea elastsus ja küllaldane tihedus. Tampimise lõpetamise järel või pealispind tasandatakse ja kaetakse pärgamendiga. Või pinna tasandamist ja pärgamendiga katmist nimetatakse finišiks. Pärast või pakkimist kantakse taara külje ülemisele osale markeering.

Jaemüügiks määratud või fassitakse kangideks kaaluga 100 kuni 500 g või fassimismasinates, mis vormivad võid, lõikavad selle standardkaaluga kangideks ja mähivad pärgamenti.

Või fassimismasinatel töötamisel lõigatakse kastidest võetud või tükkideks ja asetatakse vastuvõtupunkrisse, kust ta tiguajami abil surutakse vormimiskaarikusse, mis võikangi viib tõukuri ette. Samal ajal lõikab masin pärgamendi paraja suurusega lehtedeks. Automaadi pakkimisossa jõudnud võikangi ülestõukamisel kooldub pärgamendileht kangi tahkude ümber. Vastavad plaadikesed pööravad pärgamendi ääred kokku kangi alumisele küljele. Valmis-

pakitud võikangi lükkab masin vastuvõtulauale. Fassitud võitüki kaal võib kõikuda ±1%.

Masin fassib 6—8° C-se temperatuuriga võid. Miinustemperatuuri juures säilitatud või tuleb fassimise eel mõne ööpäeva jooksul aeglaselt defrosteerida.

Kõrgema temperatuuri juures fassimisel esineb tihti vee eraldumist võist, mis võib põhjustada tunduvaid kaalukadusid (kuni 2%). Vee eraldumine on tingitud veepiiskade ühinemisest ja suurenemisest; seda esineb eriti siis, kui võid ei vormita ega pakita kohe pärast valmissaamist.

See on tingitud asjaolust, et miinustemperatuuri juures säilitamise ajal toimub võis edasine kristalliseerumine. Kõige intensiivsemalt kõveneb või esimestel tundidel pärast valmissaamist. Rasva täiendava kristalliseerumise tulemusena väheneb või veemahtuvus ja toimub dispergeeritud vee osaline ühinemine. Vormimine kiirendab piiskade ühinemist ja põhjustab vaba vee eraldumist.

Kui võid vormitakse (pakitakse) pikka aega pärast või valmistamist, tuleb vee redispergeerimiseks võid uuesti pressida, kuni ta muutub väliselt kuivaks, kuigi me sellega või algstruktuuri siiski täielikult ei taasta.

Saksamaal ja Taanis kasutatakse spetsiaalseid aparaate, segisteid, milles teod ja rootor dispergeerivad vee 5—7 μ läbimõõduga piiskadeks. See vähendab märgatavalt talvevõi kõvadust.

Segistis töödeldakse võid rootori liikumise kiiruse 350—500 p/min ja tigude liikumise kiiruse 25 p/min juures. Kui aga võid vormida kohe pärast valmissaamist, siis ei saa vesi või täiendaval kõvenemisel eralduda mehhaaniliste mõjutuste (rõhk, segamine jne.) puudumise tõttu.

VÕI TRANSPORTIMINE

Transportimisel tuleb võid kaitsta mustumise, tolmu, vihma ja soojenemise eest. Laadimise eel vaadatakse üle taara ja, kui vaja, pakitakse või ümber. Kauge maa taha transportimisel kasutatakse kiiresti riknevate produktide vedamiseks määratud refrižeraatorautosid. Hobustega veetakse võid suvel öösel ja hommikul, et kaitsta teda soojenemise eest teel. Ärasaatmise eel tuleb või võimaluse korral jahutada; väliste mõjude eest hoidmiseks kaetakse või taara isoleeriva katte ja presendiga.

Raudteel veetakse eelnevalt hästi jahutatud võid isotermilistes vagunites. Vaguni temperatuur ei tohi ületada 4° C. Võitünnide ja -kastide paigutamiseks asetatakse vaguni põrandale vahedega restid, et külm õhk saaks tsirkuleerida produkti kõigil külgedel. Vagunitel peab olema hea isolatsioon; neid tuleb perioodiliselt pesta ja desinfitseerida. Et vagunid teel vähem soojeneksid, värvitakse nad heledatoonilisteks. Transpordi ajal fikseerivad õhu temperatuuri muutusi vagunites termograafid.

Sihtkohas laaditakse või aegaviitmata vagunitest välja ja suunatakse külmhoonesse.

Kirjeldatuga analoogiline on või transportimine refrižeraatorlaevades.

Võid tuleb vedada teistest produktidest lahus, sest ta omandab kergesti kõrvallõhnu.

VÕI SÄILITAMINE

Säilitamine tööstuse võihoidlates. Või kvaliteedi halvenemise vältimiseks ei tohi võid kaua tööstuses säilitada. Või tuleb jahutada kohe pärast pakkimist. Mida kiiremini ja sügavamale või on jahutatud, seda suurem on tema säilivus.

ВНИМИ-s ja ВНИХИ-s (Üleliiduline Külmutusprotsesside Teadusliku Uurimise Instituut) tehti kindlaks, et või valmistamisjärgse kohese jahutamise temperatuur on või edasise säilivuse otsustavaid tegureid.

ВНИМИ andmetel suurenes pärast valmistamist 6—8°-se temperatuuriga võihoidlasse asetatud või mikrofloora kolme päeva jooksul mitusada korda, samal ajal kui kohe miinustemperatuuriga kambrisse paigutatud võil ei ilmnenud tähelepandavat mikrofloora kasvu kogu säilitamiskestuse jooksul. Halva soojusjuhtivuse tõttu omandab või võrdlemisi aeglaselt ümbruskonna temperatuuri, ja kui võihoidla temperatuur pole küllalt madal, kulub kogu võimonoliidi jahutamiseks palju aega. Võihoidla temperatuur ei tohi olla üle 4° C, parem on hoida miinustemperatuuri (—3 kuni —5° C ja madalam).

Tööstuse võihoidla peab olema puhas, kuiv ja hästi ventileeritav. Relatiivne niiskus ei tohi ületada 80%, sest suurem niiskus soodustab hallituse arengut.

Võihoidla maht peab vastama maksimaalsele toodangule.

Võihoidla põrandad peavad olema vettpidavad; kõige paremad on plaat- või tsementpõrandad. Võihoidla seintele tuleb ehitada hea isolatsioon ja sissekäigu ette tuulekoda.

Et vältida taara niiskumist ja võimaldada õhul paremini tsirkuleerida, paigutatakse võitünnid ja -kastid võihoidlas restidele. Samal otstarbel jäetakse kõrvuti paiknevate tünnide ja kastide vahele 5—10 cm laiune vahe. Mitmekorruselistes ladudes tuleb iga korrus eraldada vahelaudade või lattidega. Võihoidla võib mahutada 8—12 võitünni või 16—20 võikasti põrandapinna 1 m² kohta. Pole soovitav võid hoida tööstuse võihoidlas üle 5 päeva.

Säilitamine külmhoonetes. Pikemaaegseks säilitamiseks määratud võid hoitakse miinustemperatuuriga külmhoonetes. Sõltuvalt säilitamiskestusest hoitakse külmhoonetes temperatuur —7 kuni —23° C.

Peendispergeeritud vesi võis võib olla ülejahutatud külmumata olekus isegi —20° C juures. Kui või pole küllalt hoolikalt pressi-

tud, külmub võis sisalduv vesi kõrgema temperatuuri juures, mille tõttu on võimalik monoliidi lõhenemine.

Kui võid säilitatakse sellise miinustemperatuuri juures, kus või on külmunud, võib tema kvaliteet püsida muutumatuna 2—3 aastat, kuna siis bakteriaalsed protsessid praktiliselt katkevad, keemiliste protsesside intensiivsus väheneb tugevasti ja hallitamisoht väheneb miinimumini.

VÕI SÄILIVUS

Pikaaegsel säilitamisel toimuvad võis mikrobioloogiliste, fermentatiivsete ja keemiliste protsesside tagajärjel olulised muutused, mis avaldavad mõju või maitsele ja aroomile. Nende muutuste iseloom ja sügavus olenevad või koostisest ja omadustest, aga ka säilitamistingimustest.

Plusstemperatuuri juures täheldatakse võis varsti aroomi nõrgenemist, vana (seisnud) maitse ilmnemist ja pikemaaegsel säilitamisel selliste maitsevigade tekkimist, mis muudavad või toiduks kõlbmatuks. Miinustemperatuuris muutub või kvaliteet vähemal määral, aga ka nendes tingimustes on või säilivus piiratud.

Või säilivuse määravad kergesti lõhustuvad orgaanilised ained: valgud, süsivesikud, letsitiin jt. Lahustunud olekus süsivesikud ja kolloidses lahuses olevad valgud on kergesti kättesaadavad võis olevale mikrofloorale.

Või valmistamise kaasaegne tehnika ei võimalda saada steriilset produkti ja sellepärast sisaldab või alati vähem või rohkem mikroorganisme. Mikrofloora elutegevuse produktid ja tema tekitatud fermendid põhjustavad või maitse ja aroomi ebasoovitavaid muutusi. Rasva ja teiste või koostisosade oksüdeerumise tulemusena tekivad produktid, mis pole värskele võile omased.

Eristatakse rasva muutumise kolme põhilist vormi: happelisemaks muutumine, rääsimine ja rasustumine.

Rasva happelisemaks muutumise ehk seebistumise tulemusena tekivad vabad rasvhapped, mille tõttu tunduvalt tõuseb rasva happesus. Kuna aga rasva hüdrolüüsi produktid kergesti muunduvad, siis ei piirdu rasva lagunemine võis harilikult kunagi ainult happelisemaks muutumisega.

Oma võikollektsioonis täheldas Inihhov rasva happesuse tõusu kuni 150—179° K. Sellist happesust ei põhjusta mitte üksnes rasva hüdrolüütilise lõhustumise produktid, vaid ka terve rea hapete tekkimine rasva teistel muundumisprotsessidel.

Rasva happelisemaks muutumise kui rasva edasise muundumise esimese staadiumi kutsub välja piimas loomulikult esinev ja või mikrofloora poolt eritatav lipaas.

Rasva rääsimise tagajärjel oksüdeeruvad vabad rasvhapped ja glütseriin ning tekivad mitmesugused estrid, alkoholid, oksühapped,

aldehüüdid, aldohapped, ketoonid ja ketohapped. Eristatakse rasva aldehüüd- ja ketoonrääsimist.

Aldehüüdset oksüdatsiooni vaadeldakse Bach-Engleri teooria vaatepunktist. Sellekohaselt tekivad küllastamatute rasvhapete autooksüdatsioonil kahekordse sideme kohale kas ülihapendid või kahekordse sidemega süsiniku aatom, mis moodustab aktiveeritud hapnikuga reageerides hüdroülihapendeid. Küllastatud happed võivad samuti moodustada ülihapendeid, kuid tunduvalt aeglasemalt.

Ülihapendiline oksüdatsioon on rääsimise esimene staadium. Hiljem annab ülihapend ära atomaarse hapniku, mis koos molekulaarse hapnikuga moodustab osooni, ja see, reageerides küllastamatu happe uue molekuliga, annab kaheks aldehüüdiks laguneva osoniidi. Oleiinhappe osoniidi lagunemise tulemusena moodustuvad nonüül- ja aselaiinaldehüüdid. Edasisel oksüdeerumisel tekivad aldehüüdidest happed.

Ketoonrääsimisel tekivad ketoonid kas aatomite ümbergrupeerumise tagajärjel ülihapendites või hüdroülihapendite lõhustumise tõttu. Võis kulgeb ketoonrääsimine hallituste ja teiste mikroorganismide elutegevuse tagajärjel oksüdatsiooni-tüübilisena. Ketoonrääsimisele eelneb madalmolekulaarsete küllastatud rasvhapete ammooniumisoolade tekkimise protsess.

Rasvhapete ülihapendite lagunemise tulemusena eraldub atomaarne hapnik, mis oksüdeerib rasvhapped kuni oksühapeteni ja hiljem kuni ketohapeteni. Ketohapped lõhustuvad kuni ketooni ja süsihappeni.

Rääsinud või sisaldab vaba võihapet ja selle estreid, enantaldehüüdi ja metüülketooni.

Või rääsimise füüsikalis-keemilistest teguritest on olulised hapnik, valgus, niiskus, metallid ja oksüdaasid. Võis esinevad tihti *Oidium lactis, Bact. fluorescens liquefaciens, Cladosporium butyri* ja teised mikroorganismid, mis kutsuvad välja rääsimise.

Rasva rasustumise protsessis oksüdeerub oleiinhape hapniku ja fermendi oleinaasi toimel küllastatud dioksüstearііnhappeks. Nähtavasti võivad seda oksüdatsiooni esile kutsuda ka aeroobsed mikroorganismid. Rasva rasustumiseks on vajalik hapniku olemasolu võis. Tähtsat osa etendavad seejuures katalüsaatorid raud ja vask, mis tõstavad võiplasma redokspotentsiaali. Piimhappebakterid, mis on redutseerijad, alandavad redokspotentsiaali *Eh* ja takistavad rasustumist. Sama osa on ka pärmiseentel. Piimhappe kõrge kontsentratsiooni puhul on piimhappe mikrofloora areng takistatud ja keskkonna redokspotentsiaal ei alane.

Piimarasv ei adsorbeeri hapnikku sellega kontakti astumise momendil, vaid pärast teatud aega, mida nimetatakse induktsiooniperioodiks. Induktsiooniperioodi pikenemisega väheneb või kaldvus rasustumisele.

Hapniku adsorbeerimine rasva poolt on autokatalüütiline protsess. See kiireneb geomeetrilises progressioonis.

Rasustumise kiirus oleneb valguse intensiivsusest, kiirgusenergia laine pikkusest ja temperatuurist. Rasustumine toimub kõige energilisemalt ultravioletsete kiirte tsoonis. King tegi kindlaks, et oleiinhappe oksüdeerimisel on kaastegev ka diatsetüül, või aroomiaine; selle olemasolu puhul rasustub rasv ka siis, kui või ei ole valgust saanud.

Hüdrolüütiliste ja oksüdatiivsete reaktsioonide kiirus, mille tagajärjel täheldatakse või happelisemaks muutumist, rasustumist ja rääsimist, tõuseb tunduvalt, kui üheaegselt mõjub mitu tegurit. Näiteks valguse ja niiskuse koosmõjul muutub rasv kiiremini, kui nende tegurite eraldi mõjumisel. Eriti tugev on õhu, valguse ja metallide üheaegne toime.

Või riknemise ja sellele spetsiifiliste vigade tekkimise käigus mängivad tähtsat osa või valgud, kuigi nende hulk võis on väike (keskmiselt 0,6%). Valgud võis varustavad mikroorganisme lämmastikulise toiduga; nad lõhustuvad kergesti proteaasi mõjul ja lahustunud olekusse üle minnes muutuvad veelgi kergemini lagunduvateks. Olenevalt mikrofloorast ja selle poolt eritatavatest fermentidest võivad valgud võis laguneda erinevates suundades ja mitmesuguste staadiumideni. Harilikult moodustuvad valkude lagundumisel algul peptoonid ja peptiidid ning edaspidi amiinohapped. Roisumikrofloora lagundab amiinohappeid, eraldades süsihapet ja amiine, väävelvesinikku ning teisi vahe- ja kõrvalprodukte. Nende koosmõjul tekivad uued ained, mis annavad võile ühe või teise kõrvalmaitse. Valkude lagundumise astet võis iseloomustab vees lahustuva valgu sisaldus ja eriti amiinohapete lämmastik.

ВНИМИ (Djatšenko) uurimised on näidanud, et plasma valkude lagundamisel roisubakterite poolt tekib rida või maitse vigu: vana, ebapuhas, juustu- ja kalamaitse. Roisu mikrofloora puudumisel on valkude lagunemine tähtsusetu.

Laktoos allub peamiselt piimhappekäärimisele, kuid võivad esineda ka teised käärimise liigid (näiteks alkohoolne).

Piimhappe kõrge kontsentratsioon võis, kuigi see pidurdab tehniliselt kahjulikku ja esmajärjekorras roisu mikrofloora arengut, on ebasoovitav, sest see takistab piimhappebakterite arengut ja soodustab füüsikalis-keemilise päritoluga vigade (õli-, kala- ja teised maitsed) tekkimist. Eriti lõhustab piimhape letsitiini trimetüülamiinini, mis annab võile heeringamaitse.

Rogers tegi kindlaks, et piimhappe toimel tekkinud maitsevead ilmnevad spontaansete keemiliste muutuste tagajärjel, milles tähtsat osa etendab oksüdatsioon. Piimhappe toimet intensiivistavad katalüsaatorid, eriti raud ja vask.

Nagu tähendatud, suureneb või säilivus, kui pressimise ajal talle lisada dinaatriumfosfaati ja naatriumbikarbonaati (söögisoodat), millega plasma pH muudetakse leeliseliseks.

Piimasuhkru alkohoolse käärimise produktid (alkohol, süsihappegaas) piiravad paljude kahjulikkude mikroorganismide arengut, kuid nende olemasolu võis on ebasoovitav, sest nad annavad võile pärmimaitse. Peale selle võib süsihappegaas, kui see võis lahustub, toimida keemilise agendina.

S. Paraštšuk ja S. Koroljov on kindlaks teinud, et mõned pärmiseened parandavad või säilivust. Bogdanovil ja Blokil õnnestus isoleerida mõned pärmiseente kultuurid, mis kaitsevad võid räästimise ja hallitamise eest. Pärmiseente selline toime seletub nende antagonismiga roisubakteritele ja hallitusseentele, redokspotentsiaali alandamisega ja antibiootikumide eritamisega.

Tšehhi uurijad Mašek, Maxa ja Vedlich tegid samuti kindlaks, et või, mis sisaldab pärmiseeni *Torulopsis flavescens* ja *Torulopsis minor*, säilib hästi. Need laktoosi mittekääritavad pärmiseened hoiavad ära rasva autooksüdatsiooni ja hallituste kasvu.

Pärmiseeni lisatakse võile uhtmetena steriilses soolalahuses, aga ka piimhappebakteritega kombineeritud juuretistena, kas selle pressimisel või ülirasvase koore normaliseerimisel.

Fosfatiidide muutumine, vaatamata nende tähtsusetule sisaldusele (kokku umbes 0,03%), põhjustab või kvaliteedi tunduvat langust. Rasvas harilikult oksüdeerub algul letsitiin ja alles siis glütseriidid. Need protsessid katalüseeruvad vase ja raua juuresolekul ja samuti ka siis, kui võis on vähe looduslikke antioksüdante.

Koops ja Pette tegid kindlaks, et fosfatiidide oksüdeerimise kiirus on tunduvalt suurem kui piimarasval, eriti plasma pH=4,6 juures.

Letsitiin võib lagunduda hüdrolüüsi tõttu; seejuures moodustub holiin, mis lõhustub trimetüülamiinhüdraadiks ja glükooliks. Letsitiini hüdrolüüs kulgeb piimhappe vesinikioonide toimel ja kiireneb vase ja raua olemasolu puhul. Mohri ja Moosi andmetel annab juba 10^{-6} g trimetüülamiini 100 g või kohta spetsiifilise lõhna.

Sidrunhape lõhustub kergesti mõningate mikroorganismide mõjul, seejuures moodustub rida aromaatseid aineid. Algul tekib püroviinamarihape, mis, kaotades CO_2, muutub atseetaldehüüdiks. See kondenseerub atsetüülmetüülkarbinooliks või (Cannizzaro reaktsiooni järgi) muutub äädikhappeks ja etüülalkoholiks. Atseetaldehüüdi kondenseerimisel moodustub ka diatsetüül, mis edaspidi võib olla või riknemise allikaks. Diatsetüüli hüdreerimise protsessis võib hapniku vabanemisel toimuda piimarasva oksüdeerumine. King tegi kindlaks, et diatsetüüli olemasolu puhul rasv kiiresti rasustub.

Keedusool, moodustades või plasmas kõrge kontsentratsiooniga lahuseid, alandab plasma külmumise temperatuuri ja loob tingimused osmotolerantsete mikroorganismide arenguks võis. Soolalahus on ka letsitiini lahustajaks ja kiirendab selle lõhustumist; ta mõjutab ka või valkude väljasoolamist. Peale selle kontsentreerib keedusool veepiisku võis, mille tõttu või struktuur halveneb.

Kvaliteedi muutumist mõjutavatest teguritest või säilitamisel on eriline tähtsus temperatuuril.

Säilitamistemperatuuri tõusmisel muutub või kvaliteet kiiremini mitte ainult mikrobioloogiliste protsesside suure aktiivsuse tõttu, vaid ka keemiliste protsesside intensiivistumise tagajärjel. Kui vesi võis pole küllaldaselt dispergeeritud, siis tekivad võis ruttu bakteriaalse päritoluga vead.

Miinustemperatuuri juures säilitamisel katkeb mikroorganismide areng, kuid võivad toimuda fermentatiivsed ja keemilised protsessid. Seega ei taga miinustemperatuur või kvaliteedi stabiilsust.

Uurimised näitavad, et või säilitamisel —18°-se temperatuuri juures katkevad bakteriaalsed protsessid magedas võis. Ameerika uurijate andmetel on vaja soolast võid säilitada —23° temperatuuris, et vältida bakteriaalse riknemise võimalust. Säilitamisel madalas temperatuuris väheneb ka keemiliste protsesside intensiivsus.

Tähtsat osa säilitamisaegsel või muutumisel etendab keskkonna reaktsioon, mis määrab mikrobioloogiliste ja füüsikalis-keemiliste protsesside suuna.

Või rasvata koostisosade progressiivse lagunemisega piimhappe toimel on seotud kala-, õli- ja rasumaitse jt. vigade ilmumine või säilitamisel. Miinustemperatuuri juures säilib kauem madala piimhappesisaldusega või, kuna plusstemperatuuris, kui toimuvad peamiselt bakteriaalsed protsessid, säilib kauem hapukoorevõi, sest piimhape pidurdab bakteriaalseid protsesse.

Oluliselt mõjutab või säilivust soolamine. Soola kõrgem kui 8—10%-line kontsentratsioon pidurdab mikrofloora, eelkõige roisumikrofloora arengut. Ühtlasi aga võib see kiirendada keemilisi protsesse võis. Plusstemperatuuri juures säilitamisel, kui ei ole pidurdatud bakteriaalsete protsesside areng, on esikohal soola positiivne mõju, miinustemperatuuri juures aga langeb soola konserveeriv toime tagaplaanile ja sool kiirendab või riknemist.

Soola ja piimhappe toime ilmneb eriti nende koosmõjumisel.

Bakteritsiidsete omadustega konserveerivaid aineid (salitsüül- ja bensoehappe soolad ning boorhape) kasutatakse välismaal väga piiratult. Meie seadusandlus keelab neid kasutada või konserveerimiseks. Austraalias, Uus-Meremaal ja teistes maades kasutatakse laialdasemalt bensoehape naatriumi ja boorhapet, kuid suurt efekti nende võile lisamisega ei saavutata.

Suhkrut, mida kasutatakse toiduainete konserveerimiseks, võitööstuses ei kasutata. Suhkruannustel, mis lisatakse šokolaadi-, magusale või teiste lisanditega võile, ei ole konserveerivat toimet, nad annavad võile ainult magusa maitse.

Mikrobioloogilisi ja keemilisi riknemisprotsesse pidurdab ka see, kui võist on hapnik kõrvaldatud või leidub seda tähtsuseta hulgal, samuti ka hermeetiline pakkimine.

Harilikest võimasinatest saadud või sisaldab õhku 2—3%, pidevalt töötavatest võimasinatest saadud või aga 7—10%.

Vooltootmisliinil valmistatud või sisaldab õhku kuni 1%. Panfilova uurimiste järgi on 75—80% õhust vabas olekus, ülejäänud osa on lahustunud plasmas. Või gaasiline faas erineb õhu koostisest suurema süsihappegaasisisalduse (kuni 2,7%) poolest.

Või säilitamisel väheneb gaasfaasis peamiselt hapnikusisaldus, kuna süsihappegaasisisaldus suhteliselt suureneb. Võis sisalduv õhk loob tingimused aeroobsete mikroorganismide ja hallitusseente arenguks ning kutsub välja oksüdatsiooniprotsesse õhu ja rasva ning õhu ja plasma piirpinna suurenemise tõttu.

Katsed näitasid, et koore süsihappegaasi atmosfääris kokkulöömise puhul suureneb või säilivus tähtsusetult. Kõige paremini säilib või lämmastiku atmosfääris. Tunduvalt suureneb või säilivus ja tihedus, kui või on valmistatud vaakuumvõimasinates ja pakitud vaakuumis hermeetilisse taarasse. Kaljužin leidis, et sellise või maitse muutub vähem kui harilikul viisil valmistatud võil.

Metallidest on võile ohtlikud raud, vask, nikkel ja nende soolad, olles oksüdatsiooniprotsessidel katalüsaatoriteks; teisest küljest aga tsinklaktaat aeglustab oksüdatsiooni (Briggs).

See toime ilmneb eriti siis, kui metallid ja nende soolad on peendispergeeritud plasmapiiskades, kus neil on suur kokkupuutepind rasva ja letsitiiniga. Ruuberi andmetel rasustub või, mis sisaldab koorest ületulnud rauda, kiiremini kui sama rauasisaldusega või, milles leiduv raud pärineb pesuveest, mis asub võis jämedispersiooni piiskadena. Lomunovi andmetel lahustuvad koores kõige vähem teras, alumiinium ja selle sulamid. Hapnik, kõrgem koore happesus ja temperatuuri tõus kuni 70° C soodustavad metallide lahustumist piimas ja koores.

Mikroorganismide eritatud fermentidest kutsuvad või riknemise esile oksüdatiivsed-reduktiivsed fermendid lipaas, oleinaas ja proteaas. Fermendid muudavad lahustumatud orgaanilised ained lahustuvateks. Nende toime oleneb või säilitamise temperatuurist ja plasma pH-st. Mikrofloora hävitamiseks ja fermentide lagundamiseks ei saa rakendada või termilist töötlemist, sest kõrges temperatuuris laguneb või struktuur. Pastöriseerida ja steriliseerida saab ainult sellist võid, mille struktuur põhiliselt ei erine koore struktuurist. Katsed või steriliseerimiseks rakendada teisi viise (kõrgepingevool, ultralühilained, ioniseeriv kiiritamine, ultraheli) pole seni andnud praktiliselt vajalikke tagajärgi.

Katsed näitasid, et võile lisatud antioksüdandid suurendavad säilivust. Antioksüdantide hulka kuuluvad paljud fenoolirühma ühendid, aromaatsed lämmastikühendid, vitamiinid, letsitiin, propioonhappe soolad, gallushappe estrid jt. Hüdrosulfitgrupid, mis tekivad koore kuumalt pastöriseerimisel, on samuti aktiivsed antioksüdandid.

Või säilitamisel antioksüdandid oksüdeeruvad ja kaotavad antioksüdatiivsed omadused.

Antioksüdantide toime seisab selles, et nad kui inhibiitorid hoia-

vad ära oksüdatsiooni ahelprotsessi, rebestades rasva autooksüdatsiooni reaktsiooni ahela.

Godel, Kotova ja teised tegid kindlaks, et askorbiinhape, tokoferool ja riboflaviin kaitsevad võid oksüdatsiooni êest. C-vitamiinile lisandatavad askorbiinhape ja naatriumfosfaadid stabiliseerivad tema redutseeritud olekut ja tugevdavad antioksüdatiivseid omadusi.

Tähelepandavate antioksüdatiivsete omadustega on ka või plasma. Need omadused on plasmal kõige suuremad tema kõrge dispersiooniastme korral. Titov tegi kindlaks, et madala säilitamistemperatuuri juures on hästidispergeeritud väljapesemata plasmaga või säilivam kui jämedispergeeritud ja läbipestud plasmaga või.

Või säilitamise ajal valguvad jämedad plasmapiisad purustamata ühenduskanalikeste kaudu kokku ja tekkinud mikrotühemed täituvad õhuga.

Olulisi või säilivuse tegureid on tema struktuur, sest komponentide jagunemise iseloomust ja faaside eralduspindadest oleneb või muutumise protsesside intensiivsus ja toitesubstraadi kättesaadavus mikroorganismidele.

Nii siis saavutatakse või parem säilivus, kui kasutatakse ära tegurid, mis üheaegselt piiravad mikrobioloogiliste, fermentatiivsete ja keemiliste protsesside kulgemise võimalusi. Sellisteks teguriteks on madal miinustemperatuur säilitamisel, õhkfaasi koguse vähendamine võis ja kõige soodsama struktuuri andmine võile.

VÕI VEAD

Või vigu klassifitseeritakse maitse- ja lõhna-, välimuse, töötlemise ja konsistentsi-, värvuse- ja värvimise, soolamise, pakkimise ja markeerimise vigadeks. Ühed vead ilmnevad värskes võis, teised aga tekivad säilitamisel ja aja jooksul tugevnevad.

Selliste progresseeruvate vigade hulka kuuluvad paljud maitse- ja lõhnavead.

Maitse- ja lõhnavead. Need vead alandavad kõige rohkem või väärtust ja võivad selle muuta toiduks kõlbmatuks. Maitse- ja lõhnavigade põhjustajateks võivad olla söödad, tootmisolud ning säilitamisaegsed mikrobioloogilised ja keemilised protsessid võis.

Või põhilised maitse- ja lõhnavead on toodud tabelis 24.

Töötlemise, konsistentsi- ja välimuse vead. Neid vigu põhjustavad peamiselt tootmistehnilised tingimused ja tehnoloogilisest režiimist kõrvalekaldumine. Või konsistentsi ja struktuuri defektid määravad juba ette mikrobioloogiliste ja oksüdatiivsete protsesside arengu võimalusi võis. Või konsistents oleneb või temperatuurist, seetõttu tuleb konsistentsi määrata 12—15° C juures. Need vead on näidatud tabelis 25.

Tabel 24

Viga	Vea olemus	Vea tekkimise põhjused	Vea vältimise abinõud
Söödamaitse	Piima kooresse ja võisse lähevad söödast üle spetsiifilised maitse- ja aroomiained (alkaloidid, estrid jt.). Piim adsorbeerib sööda lõhnu.	Loomad on söönud lõhnataimi, söödaratsioonist kõrvalekaldumine.	Piima ja koort sorteerida lõhna ja maitse järgi; koor desodoreerida; tõsta pastöriseerimistemperatuuri.
Ebapuhas maitse ja lõhn	Mikrobioloogilise elutegevuse tagajärjel tekkiva või koostisosade muutumise algstaadium.	Võõrmikrofloora arenemine võis.	Sorteerida piima ja koort värskuse järgi; tõsta tootmise sanitaarhügieenilist taset; säilitada võid madalas temperatuuris.
Juustu- ja roiskunud maitse	Valgu lõhustumine ja lagunemine proteaasi ja roisumikrofloora mõjul.	Või saastumine proteolüütilise- ja roisumikroflooraga halvakvaliteedilisest toorainest ja ebarahuldavast pesuveest. Tootmise madal sanitaarhügieeniline tase.	Regulaarselt kontrollida tooraine bakteriaalset saastumist. Tõsta pastöriseerimistemperatuuri. Lühendada koore valmimiskestust, pastöriseerida pesuvett, desinfitseerida aparatuur ja ruumid.
Kibe maitse	1. Valgu lõhustumisel peptoonide tekkimine. 2. Magneesiumisoolade ja naatriumsulfaadi sissesattumine soolamisega. 3. Taime alkoloidide ja glükosiidide üleminek piima ja võisse.	1. Või saastumine peptoniseeriva mikrofloora ja pärmiseentega. 2. Või soolamisel mittestandardse soola kasutamine. 3. Loomad on söönud lupiini, koirohtu ja teisi piimale kibedat maitset andvaid taimi.	Sorteerida koort värskuse ja maitse järgi. Tõsta tootmise sanitaarhügieenilist taset. Kontrollida või soolamiseks kasutatava keedusoola kvaliteeti.
Hapu maitse (rõõsakoorevõil)	Piimsuhkru käärimine piimhappeni.	Kõrge piimhappe mikrofloora sisaldus koores ja võis.	Kontrollida koore happesust. Tõsta pastöriseerimise temperatuuri ja alandada koore füüsikalise valmimise temperatuuri. Säilitada võid madalas temperatuuris.

Tabel 24 (järg)

Viga	Vea olemus	Vea tekkimise põhjused	Vea vältimise abinõud
Metallimaitse	Rauа- ja vasesoolade lahustumine või plasmas.	Halvasti tinutatud nõude ja aparatuuri kasutamine. Halvakvaliteediline võipesuvesi.	Kasutada korrosioonivabast metallist aparatuuri. Võipesuvesi vabastada rauast.
Kõrvalmaitse ja lõhn	Spetsiifiliste lõhnaainete adsorbeerumine piimas ja võis.	Piima ja või säilitamine ja transportimine koos lõhnavate ainetega. Määrdeõlide sattumine võisse. Loomade ravimisel arstimite lõhna üleminek piimasse.	Kinni pidada ruumide ja aparatuuri desinfitseerimise nõuetest. Säilitada võid isoleeritult ja transportida kinnistes autodes. Sorteerida piima ja koort lõhna järgi.
Rasumaitse	Dioksüstеariinhappe tekkimine oleiinhappe oksüdeerumisel.	Piimarasva oksüdatsioon metallide katalüütilisel toimel ja kõrge temperatuuri juures. Redokspotentsiaali alanemine.	Või õigesti pressida ja tihedalt taarasse lüüa. Vältida raua, vase ja nende soolade sattumist kooresse ja võisse. Kasutada antioksüdante.
Õlimaitse	Piimarasva linoolhappe oksüdatsioon. Lahustuvate lämmastikühendite hulga suurenemine plasmas.	Koore kõrge happesus. Vase ja raua katalüütiline toime oksüdatsiooniprotsessidel.	Normeerida koore hapendamist. Isoleerida või õhu ja valguse mõju eest. Kasutada antioksüdante (aga mitte letsitiini).
Või rääsimine	Rasva hüdrolüütiline lõhustumine lõhustusproduktide oksüdeerumisega ja aldehüüdide, ketoonide, ketohapete, oksühapete, estrite, alkoholide ja madalamolekulaarsete rasvhapete moodustumisega.	Fermendi lipaasi ja õhu hapniku toime.	Koort väga hoolikalt pastöriseerida, pressida võid hästi ja tampida tihedasti. Säilitada võid madala temperatuuri juures. Kasutada antioksüdante ja pärme.
Kalamaitse	1. Letsitiini lagunemine trimetüülamiinini. 2. Linoolhappe vabanemine.	Koore kõrge happesus ja või tugev soolamine metallide katalüütilise toime juures.	Normeerida koore hapendamist ja või soolamist. Vältida raua ja vase sattumist kooresse ja võisse.

Tabel 24 (järg)

Viga	Vea olemus	Vea tekkimise põhjused	Vea vältimise abinõud
Staff (pindmine oksüdeerumine)	Piimarasva polümerisatsioon. Rasva happesuse ja peroksüüdarvu ning lahustuvate lämmastikühendite hulga suurenemine pindmises kihis.	Anaeroobse pindmise mikrofloora areng ja oksüdatsiooniprotsessid või pealispinnal.	Pakkida võid hermeetiliselt, et kaitsta tema pealispinda hapniku eest. Säilitada madalas temperatuuris.
Hallituse maitse	Vegetatiivse hallituse areng pealispinnal ja õhu vahekihikestes.	Hallitusseente eoste sattumine võisse ja nende arengule soodsate tingimuste olemasolu.	Desinfitseerida hoolikalt ruumid, taara ja aparatuur. Pastöriseerida efektiivselt koort. Pressida võid hästi ja tampida tihedalt taarasse. Säilitada madalas temperatuuris mõõduka niiskuse juures.

Tabel 25

Viga	Vea olemus	Vea tekkimise põhjused	Vea vältimise abinõud
Rabe või	Vaba vedela rasva vähesus; jämekristallilise struktuuri moodustumine.	Temperatuurirežiimi rikkumine koore valmimisel, või pesemisel ja pressimisel, eriti raskestisulava rasva olemasolu puhul.	Vältida koore külmumist. Koor lasta valmida ja kokku lüüa kõrge temperatuuri juures. Hoiduda võimasina ülekoormamisest.
Pehme, nõrk või	Rasva fraktsiooniline kristallisatsioon kergestisulavate glütseriidide liia korral.	Koore ebaküllaldane füüsikaline valmimine rasva kõrge oleiinhappesisalduse korral. Temperatuurirežiimi rikkumine või kokkulöömisel ja pressimisel.	Lasta koort sügavamalt ja kestvamalt füüsikaliselt valmida. Alandada või kokkulöömise ja pressimise temperatuuri. Suurendada võimoodusti koormust ja alandada soolvee temperatuuri.

Tabel 25

Viga	Vea olemus	Vea tekkimise põhjus	Vea vältimise abinõud
Rasvane, rasustunud või	Rasva vedela fraktsiooni liigne eraldumine ja laialivalgumine rasva kristallikeste pinnal peenkristallilise struktuuri korral.	Kestev mehhaaniline mõjutamine koore võiks löömiseks ettevalmistamisel ja kokkulöömisel ning ka või pressimisel.	Kinni pidada ettenähtud temperatuuridest koore valmimisel ja kokkulöömisel ning ka või pressimisel. Vältida või liigset pressimist ning või hõõrumist tampimisel ja vormimisel.
Sogane pisar (petine pisar)	Jämedispergeeritud, väljapesemata peti olemasolu.	Või puudulik pesemine ja pressimine.	Hoida võid kauem pesuvees ja alandada vee temperatuuri. Valmistada tihedam, paremini pestav ja pressitav tera. Intensiivsemalt võid pressida.
Suur pisar (lahtine vesi)	Plasma halb dispergeerumine.	Või puudulik pressimine ja pehme tera saamine. Soolase või kiire pressimine.	Kasutada peenkristallilist soola. Pressida võid kauem. Saada tihedam tera.

Tabel 26

Viga	Vea olemus	Vea tekkimise põhjus	Vea vältimise abinõud
Ülesoolatud või	Soolasisaldus standardiga kehtestatud normist kõrgem.	Vead lisatava soolakoguse arvutuses.	Kontrollida lisatava soola arvustust ja määrata soolasisaldus igas või partiis.
Ebaühtlane soolamine	Soola ebaühtlane jagunemine.	Soolamisel kasutatud tükkijäänud soola. Või puudulik pressimine pärast soola lisamist.	Kasutada standardset soola ja sõeluda seda. Võid pressida kauem.
Lahustumata sool	Märgatavate soolakristallide olemasolu või proovimisel.	Jämeda soola kasutamine. Kiire tempo pressimisel.	Sool sõeluda ja lisada võile pärast pressimise esimest staadiumi.

Tabel 27

Viga	Vea olemus	Vea tekkimise põhjus	Või vältimise abinõud
Valge ja kahvatu või	Pigmentide puudus piimarasvas	Värvuse puudumine või lisatava värvi ebapiisav kogus talvise või värvimise puhul.	Kontrollida võisse lisatava värvi intensiivsust. Vältida või rasustumist.
Kirju, triibuline, marmoreeritud või	Rasva ja plasma mitmesugune valgusmurduvus soolvee ebaühtlase jagunemise puhul võis, mille tõttu moodustuvad erineva läbipaistvusega kohad.	Soolvee ebaühtlane dispergeerumine võis (jämedate piiskade olemasolu).	Pressida võid hoolikalt kuni soolvee korraliku dispergeerumiseni.
Pistaatsia * (võidunud-roheline) värvus sulatatud võil	Vedelas rasvas lahustunud karotiini oksüdeerumine.	Vedelas rasvas lahustunud karotiini kontsentratsiooni tõus alla —5°-se säilitamistemperatuuri puhul. Karotiini kiirendatud oksüdeerumist sulatatud võis põhjustab antioksüdatiivsete omadustega plasma puudumine.	Perioodiliselt üle vaadata sulatatud või partiid pikaaegse miinustemperatuuris säilitamise ajal. Vea tunnuste avastamisel paigutada või hoidlasse, mille temperatuur pole alla —5°.

*) Pistaatsia — Vahemere ümbruses kasvav igihaljas põõsastaim, mille viljad on tuntud p-mandlite e. roheliste mandlite nime all

Või soolamise vead. Need vead on seoses soola ebaühtlase jagunemisega võis ja ka mittestandardse soola kasutamisega.

Need vead on toodud tabelis 26.

Või värvimise ja värvuse vead. Need tekivad peamiselt värvi ebaõigesti võile lisamise tagajärjel või ka soolvee ebaühtlasest jagunemisest võis. Need vead on loetletud tabelis 27.

Pakkimis- ja markeerimisvead. Pakkimisvead vähendavad või säilivust ja soodustavad hallituse arengut.

Need vead on toodud tabelis 28.

Tabel 28

Viga	Vea olemus	Vea tekkimise põhjus	Vea vältimise abinõud
Ebatihe või	Võis esineb õhutühemeid, kuhu koguneb vett.	Vormimismasinate reguleerimata töötamine ning temperatuurirežiimi rikkumine vormimisel ja tampimisel. Lohakas käsitsi tampimine.	Kontrollida või tampimise tihedust. Või vormimisel kinni pidada tehnilistest tingimustest.
Halvasti kokkupandud taara	Või halb isoleerimine välismõjudest.	Taara kokkupanemisel ja ettevalmistamisel pole tehnilistest tingimustest kinni peetud.	Kontrollida tünnide kokkupanemise ja kastide kokkunaelutamise kvaliteeti. Sulatatud või tünnides kasutada kaseiinemaili.
Ebaõige markeerimine	Lohakalt, segaselt pealekantud markeering.	Markeerimisnõuetest pole kinni peetud.	Kontrollida markeeringu õigsust igal võikastil.

V OSA

JUUSTU JA KASEIINI VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

ÜLDINE JUUSTU VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

26. PEATÜKK

PIIMA KUI JUUSTU TOORAINE OMADUSED JA ETTEVALMISTAMINE

Tunduvad kõikumised piima koostises ja koostisosade kiire muutumine bakterioloogiliste protsesside toimel mõjutavad tugevasti juustu valmistamise tehnoloogiat.

Juustu töötlemise protsessi suunamine oleneb piima omadustest. Piima omaduste muutumisel tuleb muuta tehnoloogilist protsessi nii, et oleks võimalik kas kõrvaldada või vähendada piima omadustes toimunud muutuste mõju valmistootele. Piima juustukõlblikkuse aste mõjutab juustu kvaliteeti rohkem kui ükski teine tegur. Juustu kvaliteet oleneb täielikult selle valmistamiseks kasutatud piima kvaliteedist.

Piima hea kvaliteedi all ei tule mõista mitte üksnes piima normaalseid füüsikalis-keemilisi omadusi ja koostist, nagu maitse, lõhn, konsistents ja värskus, rasva- ja kaseiinisisaldus jne., vaid ka mikrofloora koostisest, lehma tervislikust seisukorrast, kõrvalainete-sisaldusest jm. olenevaid bioloogilisi omadusi. Organoleptiliselt tajutavate vigadega, eriti maitse- ja lõhnavigadega piim ei ole juustu valmistamiseks kõlblik.

Piima rasva- ja kaseiinisisaldusest oleneb juustu väljatulek ja nende omavahelisest suhtest (rasv/kaseiin) juustu rasvasus.

Piima valkudest kasutatakse juustutööstuses põhiliselt kaseiini. Pastöriseeritud piima töötlemisel, samuti zigeri sadestamisel (rohelise juustu valmistamise puhul), läheb juustumassi üle suurel hulgal albumiini, mis kalgendub piima kuumutamise tagajärjel. Juustu valmistamiseks kasutatav piim ei tohi sisaldada suurel määral albumiini, kuna see rikub normaalset juustu valmimise protsessi ja saadud juust pole kvaliteetne. Seepärast ei kasutata juustu valmistamiseks piima enne, kui lehma lüpsmatulemisest on möödunud 7—10 päeva.

Kuigi piim sisaldab ainult 0,7—1,0% soolasid, on nende tähtsus juustu valmistamisel suur. Piima soolad on erineva koostise ja mõjuga. Näiteks hoiavad sidrunhappe soolad valku tursunud seisundis; kaltsiumi ioonide mõjul aga lähevad valgud piima laabiga kalgendamisel üle vähemtursunud seisundisse.

Piima bakteriaalse saastumise, sealjuures eriti soolekepikeste liiki kuuluvate gaasitekitajate bakterite leidumise üle otsustatakse käärimis- või laabi käärimisproovide järgi. Võihappebakterite olemasolu avastatakse võihappe käärimise proovi põhjal.

Võihappebakterid, kääritades piimasuhkru käärimise produkte (kaltsiumlaktaat), moodustavad juustus märkimisväärsel hulgal vesinikku või võihapet. Gaas rikub juustutaigna struktuuri ja kutsub esile juustu paisumise. Võihape aga rikub juustu maitset. Võihappe käärimine juustus algab valmimisprotsessi teisel poolel, kuna värskes juustus tormiliselt kulgev piimhappe käärimise protsess surub alla happetundlike võihappebakterite elutegevuse.

Piima kalgendumine laabi toimel. Juustutööstuse seisukohalt on üks tähtsamaid piima omadusi tema kalgendumine laabi toimel. Keskmistes kalgendumistingimustes (temperatuur, laabi kogus) liiga aeglaselt kalgenduvast piimast saadakse pude, aeglaselt tihenev kalgend. Juustu valmistamiseks on kõlbmatu ka piim, mis samades tingimustes kalgendub liiga kiiresti ja annab liiga kõva kalgendi.

Nii meil kui ka välismaal tehtud katsete andmetel on NSV Liidu üksikutes rajoonides ning ka välismaal (Rootsis, Soomes jt. maades) laabifermendi toimel liiga aeglaselt kalgenduvat piima kuni $^1/_3$ kogu piimast.

Piima kalgendumise omadused tehakse kindlaks laapimiskatsega. Beloussov ja Maimistova soovitavad jagada piima, kalgendumisajast olenevalt kolme tüüpi: esimesse tüüpi kuulub piim, mis kalgendub hiljemalt 15 minuti pärast, teise tüüpi piim, mis kalgendub 16—40 minuti jooksul ja kolmandasse tüüpi piim, mille kalgendumiseks kulub aega üle 40 minuti.

Normaalne on teist tüüpi piim. Esimest tüüpi piim mõjub negatiivselt teist tüüpi piimale kohandatud tehnoloogilisele protsessile. Kui tööstusesse saabuvast piimast kuulub valdav osa esimesse tüüpi, siis tuleb rakendada abinõusid selle mõju vähendamiseks.

Kolmandat tüüpi piim on juustu valmistamiseks veel vähem sobiv kui esimest tüüpi piim. Kui kokkutoodavas piimas on valdav osa kolmandat tüüpi piima, siis kutsub see esile tehnoloogilise protsessi tõsise rikkumise ja mitmesugused juustuvead konsistentsi, maitse, augustuse, kooriku ja värvuse osas. Kolmandat tüüpi piima negatiivne mõju tuleb kõrvaldada.

Piima ebanormaalne kalgendumine võib olla tingitud looma haigestumise tagajärjel tekkinud riketest piimanäärme funktsioonides (näiteks mastiidi puhul), kuid ka söötade normaalsest koostisest kõrvalekaldumistest, peamiselt nende mineraalainesisalduse osas.

Beloussov ja Maimistova tegid kindlaks, et kolmandat tüüpi piima omadusi saab parandada kaltsiumkloriidiga. See kinnitab kaltsiumi lahustuvate soolade valmimata piimale lisamise õigsust. Üheaegselt kaltsiumkloriidiga lisatakse piimale mõnikord ka naatriumfosfaati.

Kaltsiumkloriidi kogus oleneb piima omadustest. Praktiliselt lisatakse 100 l piimale 15—50 g veevaba kaltsiumkloriidi.

Kaltsiumkloriidi võib asendada kaltsiumfosfaadiga. Kaltsiumfosfaatide positiivset mõju juustu valmistamisel märkisid esmakordselt Kalantar ja Voitkevitš.

Uurides fosforhappe kaltsiumisoolade kasutamist juustutööstuses, leidis Vorobjov, et parimaid tulemusi saadakse monokaltsiumfosfaadi ($Ca(H_2PO_4)_2$) lisamisel, nimelt tekib parem kalgend, kiireneb piima kalgenemine laabi toimel, paraneb juustutera töötlemine, vähenevad rasva ja valgu kaod vadakusse ning paranevad juustu väljatulek ja kvaliteet. Kaltsiumfosfaati lisatakse 100 l piimale 15—40 g.

Piima valmimine. Värske soe piim ei ole juustu valmistamiseks sobiv, sest fosforhappe kaltsiumisoolad on soojas piimas põhiliselt kolloidses olekus. Seetõttu aeglustub piima kalgendumine ja tekkinud kalgend ei ole vajaliku tiheduse ja tugevusega. Piima happesuse tõusmisel lähevad need soolad lahusesse ja soodustavad sellega küllaldase tiheduse ja viskoossusega kalgendi saamist. 10—15% töödeldavast piimast jahutatakse temperatuurini 12—13° C ja lastakse seista 10—12 tundi kuni piima happesus tõuseb 20—22° Th. Selliselt ettevalmistatud valminud piim segatakse juustuvannis (katlas) värske piimaga.

Eri liiki juustude valmistamisel vajatakse töötlemismeetodist ja värske juustu happesusest tingitud erisuguse valmimisastmega piima. Šveitsi juustu valmistamisel on piima valmimise aste 18—20° Th, hollandi juustul 17—19° Th, tšedari juustul 20—22° Th ja pehmetel juustudel 22—25° Th.

Käesoleval ajal lastakse suurtes juustutööstustes piim valmida isoleeritud tankides.

Kui juustu valmistatakse pastöriseeritud piimast, lisatakse piimale vajaliku valmimisastme saavutamiseks piimhappebakterite puhaskultuuridega valmistatud juuretist.

Valmimata (värskel) piimal, millele on lisatud piimhappebakterite puhaskultuuride juuretist, paranevad töötlemisomadused fosforhappe soolade lisamisel.

Piima standardiseerimine. Juustu valmistamisel on vaja täpselt reguleerida tema rasvasisaldust vastavalt standardi nõuetele. Rasvasisaldus juustus muutub olenevalt tema veesisaldusest. Näiteks 45%-se veesisalduse juures on juustu rasvasus 27,5%, 35%-se veesisalduse juures aga 32,5%. Seepärast on rasvasust hakatud näitama juustu kuivaines.

NSV Liidus on kehtivad põhiliselt kaks rasvasuse normi, mis

on sisse võetud ka juustu standardisse, nimelt 50% ja 45%, ning soolveejuustudel (tšanahhi, tušini) 45—50% ja 35—40%. Lisaks neile valmistatakse ka lahjat juustu.

Juustu kuivaine rasvasisalduse arvutamisel määratakse kuivaine koos NaCl-ga, mida tuleb silmas pidada juustupiima rasvasuse arvestamisel. Enamikul juustudel ei ole kõikumised soolasisalduses kuigi suured (2—3%) ja need ei mõjuta märkimisväärselt rasvasisaldust juustu kuivaines.

Igale juustupeale (kang, kera) kantakse kontrollmärk, milles on märgitud garanteeritud rasvasisaldus kuivaines, tööstuse number ja Nõukogude Liidu selle oblasti, krai või vabariigi tingnimetus, kus asub juustutööstus. Kui juustu tegelik rasvasus ei vasta kontrollmärgil näidatud rasvasusele, viiakse juust madalama rasvasusega juustude gruppi või suunatakse sulatatud juustu tööstusesse ümbertöötamiseks.

Et saada standardse rasvasusega juustu ja vältida rasva ülekulu, standardiseeritakse juustu valmistamiseks määratud piim rasva ja kaseiini teatud vahekorrani. Seejuures võetakse arvesse rasva ja kaseiini ärakasutamise aste juustu valmistamisel.

Kui täispiima rasvasisaldus muutub, siis muutub samas suunas ka kaseiinisisaldus. Kuid kaseiinisisalduse suurenemine piimas jääb maha rasvasisalduse suurenemisest. Rasvasemal piimal on rasva ja kaseiini suhe suurem kui madalama rasvasusega piimal (tabel 29).

Tabel 29

Piim sisaldab %-des		Rasva ja kaseiini suhe	Piim sisaldab %-des		Rasva ja kaseiini suhe
rasva	kaseiini		rasva	kaseiini	
3,00	2,10	1:0,70	4,00	2,50	1:0,62
3,25	2,20	1:0,68	4,25	2,60	1:0,61
3,50	2,30	1:0,66	4,50	2,70	1:0,60
3,75	2,40	1:0,64	5,00	2,90	1:0,59

Mida rasvasem on täispiim, seda kõrgem on rasvasisaldus juustu kuivaines. Kaseiinisisaldus muutub olenevalt piima rasvasusest, seepärast tuleb rasva ja kaseiini ühtlase kindla suhte säilitamiseks juustu valmistamisel, mis sisaldaks kuivaines alati ühtlaselt rasva, madalama rasvasusega piima puhul segu koostada madalama rasvasusega kui rasvasema piima puhul.

Kui piima rasvasuse muutumisel rasva ja kaseiini suhe muutuks seaduspäraselt, oleks võimalik küllaldase täpsusega ära määrata segupiima nõutav rasvasus ainult täispiima rasvasisalduse järgi. Kuid rasva ja kaseiini suhe ei muutu seaduspäraselt, sest rasva- ja kaseiinisisaldust mõjutavad tunduvalt laktatsiooniperiood ja söötmistingimused.

ЦНИИМС-i andmetel muutub rasva ja kaseiini suhe järgmiselt:

Rasvasisaldus %-des	3	3,5	4	4,5	5
Rasv/kaseiin (karjamaaperiood)	1,06	1,13	1,21	1,26	1,35
Rasv/kaseiin (laudaperiood)	1,13	1,20	1,27	1,32	1,38

Need on keskmised arvud, millest võib olla kõrvalekaldumisi nii üles- kui ka allapoole.

ЦНИИМС-is on koostatud piima koostise ja juustu valmistamisel rasva ning rasvata kuivaine ärakasutamise põhjal tabelid *. Tabelites on antud segupiima (katlapiima) rasvasus olenevalt täispiima rasvasusest nii lauda- kui ka karjamaaperioodiks. Samuti on neis antud standardiseeritud segupiima koostamiseks vajalikud täis- ja kooritud piima (lõssi) kogused.

Tabelite koostamisel on kasutatud järgmist valemit:

$$R_{sp} = \frac{VR_jK}{100} \qquad (V—1)$$

kus R_{sp} — segupiima rasva %,
V — piima valgu %,
R_j — rasva % juustu kuivaines,
K — katseliselt saadud koefitsient, mis näitab rasva ja kaseiini ärakasutamise astet (50%-se rasvasusega juustudel $K=2{,}07$, 45%-stel $K=1{,}98$, 40%-stel $K=1{,}80$, 30%-stel $K=1{,}54$).

Kui normaliseeritud segupiimast valmistatud juustu rasvasus erineb standardi poolt lubatust, on vaja täpsustada koefitsiendi K suurust ja teha ümberarvutus valemi (V—1) järgi.

Piima pastöriseerimine. Juustutööstuses on pastöriseerimise peamine eesmärk hävitada juustu kerkimist põhjustavaid gaasitekitajaid baktereid. Seejuures tuleb silmas pidada, et piima omadused kõrge temperatuuri mõjul tugevasti muutuvad: fosfaadid sadenevad, albumiin koaguleerub, muutub piima laapimisomadus, kõrges temperatuuris pastöriseeritud piimast saadakse kohev, mõnikord isegi räitsakane kalgend, mida ei saa normaalselt töödelda ja millest saadakse halvema kvaliteediga juust.

Juustutööstuses kasutatakse lühiajalist pastöriseerimist 72° C juures.

Granikov tegi kindlaks, et kõrgtemperatuurilise järelsoojendusega juustu valmistamisel (nõukogude juust) võib piima pastöriseerida 68—70° C juures.

Tuleb valida selline pastöriseerimisviis, mille puhul piima omaduste muutumine on tähtsusetu. Kuid siiski tuleb piima kalgendumise omadused taastada kaltsiumkloriidi lahuse lisamisega.

* Справочник сыродела. Пищепромиздат 1954.

Pastöriseeritud piimast saadakse ühtlase kvaliteediga juust. Juustu väljatulek on mõningal määral suurem kui pastöriseerimata piimast, kuna selline juust sisaldab rohkem vett ja piimarasva ning valkude ärakasutamine on täielikum.

Piimhappebakterite puhaskultuuride juuretise lisamine. Kui juustu valmistatakse pastöriseeritud piimast, milles peaaegu kogu mikrofloora on hävinud, on vaja toorpiima mikrofloora taastada juuretise lisamise teel.

Juuretise koostis peab olema mitmekesine, koostatud õiges koguselises vahekorras valitud üksikutest bakterite liikidest. Sellistele nõuetele vastab juustu juuretis, mida ЦНИИМС väljastab

Mikrofloora üksikute liikide vahekord juuretises peab vastama nende osatähtsusele juustu valmistamisel.

Juustu valmistamisel on esmajoones vaja luua tingimused piima, kalgendi, juustutera ja toorjuustu happesuse tõstmiseks. Seepärast peab juustu juuretis sisaldama suurel hulgal aktiivseid happetekitajaid piimhappestreptokokke.

Beloussov tegi kindlaks, et hollandi juustu pH on pärast pressimist 5,3—5,6. Juustumassi happesuse tõusu kiiruse üle saab otsustada vadaku happesuse tõusu järgi juustuvannis. Hollandi juustu valmistamisel tõuseb vadaku happesus harilikult 1° Th võrra.

Juustutaigna (massi) seisundi järgi saab otsustada, kas kalgendi happesus tõusis normaalselt tehnoloogilise protsessi käigus.

Toor- või osaliselt pastöriseeritud piima töötlemisel võivad piimhappekepikesed juuretises puududa.

Propioonhappebakterid kääritavad juustu piimhappesoolad propioon- ja äädikhappeks, mille tõttu juustu maitse ja aroom mitmekesistuvad ning tekkiv süsihappegaas soodustab õige augustuse tekkimist. Propioonhappebakterite ülihulga puhul võib ette tulla juustu kerkimine. Harilikult piirdutakse piimas leiduvate propioonhappebakteritega. Bogdanov soovitab lisada vajaduse korral väheses koguses (kuni 20 tilka vedelkultuuri 800 l piimale) propioonhappebakterite kultuure.

Piima värvimine. Kui osutub vajalikuks tugevdada juustumassi loomulikku kollakat värvust, lisatakse piimale värvainet. Nõukogude Liidus lisatakse värvainet ainult juustumassi liiga heleda värvuse puhul, näiteks talvel.

Juustutaigna värvimiseks kasutatakse taime *Bixa orellana* seemnetest valmistatud värvainet anatot. See värvaine annab juustutaignale punaka varjundiga kollase värvuse. Väljastatakse seda värvainet vedelal kujul ja pulbrina.

Vedel värvaine koaguleerub külmumisel ja muutub juustu värvimiseks kõlbmatuks, pulbri kujul on ta aga vastupidav ka madalale temperatuurile. Enne tarvitamist lahustatakse värv vees. Piimale lisatakse värvi (10 ml 100 l piimale) enne laabi lisamist. Värvaine võimalikult ühtlasemaks jagunemiseks juustuvannis segatakse teda enne vähese hulga piimaga.

PIIMA KALGENDAMINE JA KALGENDI TÖÖTLEMINE

PIIMA KALGENDAMINE

Kalgendamine on juustutööstuses põhilisi piimavalgu ärakasutamise võtteid. Valkude kalgendumine, või, nagu mõnikord räägitakse, piima kalgendumine, võib toimuda laabi või happe mõjul. Vastavalt piima kalgendamise meetodile jagatakse juustud laabi- ja hapupiimajuustudeks. Laabijuustude valmistamisel kalgendatakse piima valk laabiga kaltsiumiioonide osavõtul, hapupiimajuustude valmistamisel aga piimhappega.

Laabiga kalgendamisel tekib kalgend kaltsiumparakaseinaadi arvel, happelisel kalgendamisel aga vaba kaseiinhappe arvel. See vahe on väga oluline, kuna ta on seoses juustumassi reaktsiooniga, mis määrab ära juustu valmimise protsessid ja valmisprodukti omadused.

Laap lahustatakse enne piimale lisamist soojas (32—35° C) vees. Saadud lahus lisatakse piimale 5—10 minutit pärast valmistamist.

Kogemused on näidanud, et laabipulbrit on soovitav lahustada 3 tundi enne tarvitamist pastöriseeritud hapus (60—70° Th) vadakus. P. Koroljov tegi kindlaks, et kui kasutada 60°-st pastöriseeritud vadakut, suureneb laabi aktiivsus ja ei ole vaja lasta lahust enne tarvitamist seista. A. Koroljov soovitab lahustada laabipulbri 60°-ses pastöriseeritud hapus vadakus. Selliselt saadakse aktiivne fermendilahus, mida võib kasutada otsekohe pärast valmistamist. Nii võib valmistada piima kalgendamiseks vajaliku 2—2,5%-lise laabilahuse korraga terve vahetuse jaoks.

Fakti, et vadakus lahustatud laap kannatab temperatuuri 60° C, vesilahuses aga kaotab selle temperatuuri juures oma omadused, võib seletada sellega, et vadak sisaldab vähesel määral lahustuvaid valke ja soolasid, mis kaitsevad laabifermenti denatureerumise eest soojuse mõjul.

Erinevalt laabist, millel ka vesilahuses on küllaltki suur aktiivsus, tuleb pepsiin lahustada 60°-ses pastöriseeritud hapus vadakus. Selliselt valmistatud 3—4%-list pepsiinilahust võib pärast jahutamist kohe tarvitada.

Laabipulbri või selle lahuse, samuti pepsiinilahuse vajaliku hulga kindlakstegemiseks on vaja teada nende preparaatide kangust (aktiivsust).

Fermendi aktiivsus määratakse kindlaks laabi proovimise seadmega. See kujutab enesest üheliitrise mahuga metallkruusi. Kruusi seesmisele pinnale, ülevalt alla, on märgitud skaala jaotusega 0 kuni 5. Kruusi põhjas on lühikese torukesega ava. Laabifermendi aktiivsuse määramiseks valmistatakse järgmine standardlahus:

2,5 g laabipulbrit segatakse 2,5 g keedusoolaga ja lahustatakse 95 ml kalgendamistemperatuuriga (32—35° C) puhtas vees. Kruus täidetakse kuni 0 märgini kalgendamiseks ettevalmistatud piimaga, suletakse kruusi ava ja lisatakse 10 ml laabilahust. Seejärel avatakse otsekohe kruusi põhjas olev ava ja, kui kalgendi tekkimise tagajärjel piima väljavool lõpeb, märgitakse ära piima nivoo kruusi skaalal. Skaala jaotus näitab ära laabipulbri koguse grammides, mis on vajalik 100 l piima kalgendamiseks 30 min jooksul.

Kui tehnoloogilisest protsessist tingituna vajatakse teistsugust piima kalgenemise kestust, siis arvutatakse vajalik laabi kogus ümber järgmise valemi järgi:

$$x = \frac{30A}{B_s} \qquad \text{(V—2)}$$

kus x — vajalik fermendikogus 100 l piima kalgendamiseks B_s minuti jooksul, g;
A — kruusi näit;
B_s — soovitav piima kalgendumise kestus, min.

Kui laabi või pepsiini kogus on küllaldane kogu juustuvannis oleva piima kalgendamiseks, siis kasutatakse tema aktiivsuse määramiseks standardlahuse asemel tarbelahust. Tarbelahuse kogus määratakse järgneva valemi abil:

$$x = 40K \qquad \text{(V—3)}$$

kus x — tarbelahuse kogus, mis on vajalik 100 l katlapiima kalgendamiseks 30 minuti jooksul, ml;
K — kruusi näit täis- ja murdarvudes.

Teistsuguse kalgendamiskestuse korral arvutatakse vajalik tarbelahuse kogus ümber valemi V—2 abil, võttes A võrdseks tarbelahuse hulgaga kruusi näidu järgi.

Kui ei ole kasutada laabi proovimise kruusi, siis võib laabi aktiivsuse ja vajaliku hulga määrata kalgendumiskestuse järgi kühvlis.

Pepsiinilahuse aktiivsuse määramisel kasutatakse teist vahekorda piima koguse ja uuritava fermendilahuse vahel (50:1, 10:1 asemel, mida kasutatakse laabi aktiivsuse määramisel). Sellega lähendatakse piima proovi kalgendamise tingimused piima kalgendamise tingimustele juustuvannis.

Kui on teada piimaproovi kalgendumiskestus piima koguse ja laabilahuse kindla vahekorra juures, saab välja arvutada juustuvannis oleva piima määratud aja jooksul kalgendamiseks vajaliku laabilahuse hulga järgmise valemi abil:

$$x = \frac{PF}{60\,SB} \qquad \text{(V—4)}$$

kus x — fermendi lahus, l;
P — juustuvannis oleva piima kogus, l või kg;
F — piimaproovi kalgendumise kestus (fermendilahuse kangus), sec;
S — piimakoguse ja lahuse vahekord, mida kasutati kanguse määramisel;
B — ettenähtud juustupiima kalgendumise kestus vannis, min.

Kui kanguse määramiseks oli valmistatud teatud kontsentratsiooniga, näiteks 1%-ne lahus, siis on leitud lahuse hulga järgi kerge välja arvutada vajalik laabipulbri kogus.

Piima kalgendamise temperatuur. Laabifermendi optimaalne mõjutemperatuur on 40—41° C. Kuid juustutööstuses sellist temperatuuri ei kasutata, kuna see on kõrgem piimhappe streptokokkide arengu optimaalsest temperatuurist. Peale selle kalgeneb piim 40—41° C juures kiiresti, samuti tiheneb kalgend kiiresti, mistõttu selle mehhaaniline töötlemine on raskendatud.

Juustutööstuses kalgendatakse tavaliselt piim laabi abil temperatuuril 30—35° C.

Kui normaalse valmimisastmega piima puhul on vaja saada pehmema konsistentsiga juustu, siis peab piima kalgendamise temperatuur olema madalam, sest sel puhul on vaja tagada intensiivne piimhappebakterite elutegevus piimas ja kalgendis. Kõrge piimhappesisalduse juures kutsuks kõrge temperatuur välja liiga suure vee eraldumise juustumassist.

Kõva juustu valmistamisel on normaalse valmimisastmega piima (happesus kuni 20° Th kalgendamise temperatuuriks umbes 32° C, pehmetel juustudel umbes 30° C (piima happesus 22° Th) ja enam. Kui tuleb kasutada puudulikult valminud piima, siis kalgendatakse piim kõrgema temperatuuri juures, et tugevdada piimhappe käärimise protsessi ja saada kõva, elastne ning tihe kalgend. Temperatuuri tõstmisega reguleeritakse ka vadaku eraldumist kalgendist. Ülevalminud piima töötlemisel alandatakse kalgendumistemperatuuri.

Piima kalgendumiskestus. Piima kalgendumiskestus määratakse kindlaks olenevalt töödeldava piima valmimisastmest. Mida vähem on piim valminud enne laabi lisamist, seda pikem peab olema kalgendumiskestus, et piima happesus piimhappebakterite elutegevuse mõjul tõuseks vajalikule kõrgusele. Ümberpöördult, mida kõrgem on piima valmimise aste enne laabi lisamist ja mida madalam ta peaks olema, seda kiirem peab olema piima kalgendamine.

Olenevalt kalgendi omadustest valitakse lõikeriistade liikumise kiirus ja vadaku eraldamise tingimused.

Tekkinud kalgendi lõiketakistus on võrdeline seistalaskmise ajale.

Kalgendi seistalaskmise ajast olenevalt muutub tema seesmine pinge, mis avaldub vadaku eraldumises, ja elastsus, s. o. kalgendi võime taastuda pärast deformeerumist.

Neid omadusi tuleb arvestada kalgendi valmiduse hindamisel. Kalgendi valmidust määratakse lihtsa võttega, nimelt kergitatakse kalgendit noa või pahtli abil ja jälgitakse kalgendi murdumist ning laialivalgumist, vadaku eraldumist jne. Kalgendi üldisel tugevusel on suur tähtsus edasisel töötlemisel, kuna sellest oleneb vadaku eraldumise kiirus ja osaliselt ka aste: nõrgast kalgendist eraldub vadak pikkamööda, kõvast kalgendist kiiresti.

Kalgendi tugevus on võrdeline laabi kogusega, näiteks suureneb kalgendi tugevus kahekordse laabikoguse lisamise puhul kahekordselt.

Kalgendamistemperatuuri muutumisel muutub ka kalgendi tugevus. Kui märkida kalgendi tugevust temperatuuril 20° C arvuga üks, siis suureneb kalgendi tugevus temperatuuri 5-kraadise tõusu korral ühe võrra, seega on 25° C juures kalgendi tugevus 2, 30° C juures 3 jne. Kalgendumiskestuse ja kalgendi tugevuse vahel on järgmine temperatuurist olenev suhe: temperatuuri tõusust tingitud kalgendi tugevuse viiekordsele suurenemisele vastab kalgendumiskestuse kolmekordne vähenemine.

Tähendatud seaduspärasust tuleb juustu valmistamisel arvestada, eriti juhtumeil, kui on vaja muuta tehnoloogilise protsessi režiimi.

Ühe ja sama juustuliigi valmistamisel peab kalgendi tugevus olema ühtlane kogu massis. Ühesuguse tugevusega kalgendi saamise üks eeltingimusi on piima ühtlane kvaliteet, mida tõhusalt aitab tagada pastöriseerimine. Pastöriseeritud piima saab kalgendada tema omaduste kohaselt valitud ühe ja sama aja jooksul ning ühesuguses koguses laabi, juuretise ja kaltsiumisoolade lisamisega.

Et saada vajalike omadustega kalgendit, tuleb kalgendamise ajal piimal rahulikult seista lasta. Fermendi lisamise järel tekivad piimas üksikud kaseiinihelbed, nende hulk suureneb järjest ja lõpuks ühinevad nad ühtseks massiks — kalgendiks. Kui piim sel ajal on liikvel, siis kaseiinihelveste vaheline side katkeb ega taastu enam edaspidi. Seetõttu tekivad kalgendisse lõhed, mille kaudu neid ümbritsevast kalgendist vadak enneaegselt eraldub. Erilist tähtsust omab kalgendi kvaliteet šveitsi juustu valmistamisel, kuna selle augustusele esitatakse eriti suured nõudmised.

KALGENDI JA JUUSTUMASSI TÖÖTLEMINE ENNE TOORJUUSTU SAAMIST

Tegurid, mis mõjutavad juustumassi töötlemisel vadaku eraldumise kiirust ja kogust

Kalgendumisel lähevad piima valgud soolist üle geeliks. Et saada piima geelist värsket juustumassi, selleks tuleb kalgendist eemaldada tunduval määral valguga sidumata vadakut.

Kalgendi töötlemisel värskeks juustumassiks tuleb valgu dehüdratatsioonil vabanev seotud vesi samuti kalgendist eemaldada.

Valmistatavast juustuliigist olenevalt peab värske juustumass sisaldama teatud hulga vadakut. Vadakusisalduse kõikumised juustumassis on lubatud ainult kitsastes piirides. Vadakusisalduse järsk suurenemine või vähenemine juustumassis kutsub esile antud juustuliigi tüüpiliste omaduste muutumise maitse, lõhna ja konsistentsi osas.

Paljude juustude valmistamisel eraldub vadak juustumassist töötlemise ajal juustuvannis. Töötlemise laadist oleneb järgnev vadaku eraldumine juustumassi vormimisel ja pressimisel.

Vee eraldamine kalgendunud piimavalgust oleneb suurel määral protsesside kulgemisest piima ettevalmistamisel, näiteks mikrofloora arengust.

Kalgendi veest vabanemise kiirust ja määra juustumassi töötlemisel mõjutavad ka võtted, mida juustumeister kasutab, nagu järelsoojenduse temperatuur, tera segamise kestus jne.

Vadaku juustumassist eraldumise kiirust ja määra mõjutavad tegurid võib jagada alatisteks, juustumeistri töövõtetest olenevateks ja kõrvalisteks.

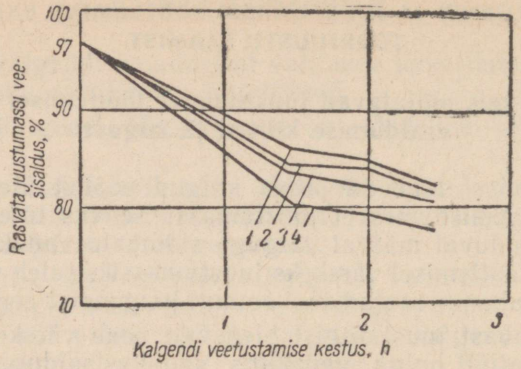
Alatisteks teguriteks on piima pastöriseerimine ja rasva ning lahustuvate kaltsiumisoolade sisaldus piimas.

Rasv on piimas väga peente rasvakerakeste kujul, mis lähevad üle kalgendisse ja juustumassi. Kalgendi vedel faas (vadak) püüab valguosakeste üksteisele liginemisest tingitud sisemise pinge mõjul kalgendist eralduda väga peente kapillaaride kaudu. Viimastes asuvad rasvakerakesed takistavad vadaku eraldumist. Rasvakerakesed aeglustavad vadaku liikumist kalgendis ja selle eraldumist. Mida rasvasem on piim, seda aeglasemalt eraldub vadak. Seda kinnitavad joonisel 55 toodud katseandmed.

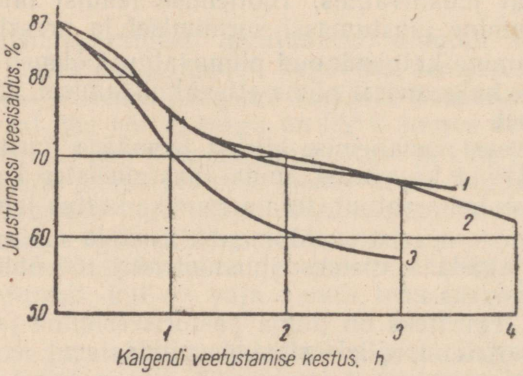
Piimas leiduvad kaltsiumisoolad ei mõjuta mitte üksnes kalgendi struktuuri, vaid ka vadaku eraldumist sellest. Kaltsiumisoolade poolest rikkast piimast saadakse tihe, kiiresti kuivav kalgend.

Kui piim sisaldab kaltsiumisoolasid alla määra, siis saadakse nõrk kalgend, millest vadak aeglaselt eraldub.

Piima pastöriseerimine pikendab kalgendist vadaku eraldumise



Joonis 55. Juustumassi veetustamine olenevalt piima rasvasisaldusest:
1 — 4,3%; *2* — 3%; *3* — 1,7%; *4* — 0,07% (veesisaldus on arvestatud rasvavaba massi kohta).



Joonis 56. Juustumassi veetustamine olenevalt piimast:
1 — valminud pastöriseeritud piimast; *2* — valmimata pastöriseerimata piimast; *3* — valminud pastöriseerimata piimast.

kestust. Pastöriseeritud piimast saadud juustumassi tuleb töödelda nagu värskest, valmimata piimast saadud juustumassi.

Joonis 56 näitab, et värskest valmimata piimast ja pastöriseeritud piimast saadud juustumassist eraldub vadak algul ühesuguselt ja jääb kaugele maha vadaku eraldumise protsessist pastöriseerimata valminud piima kasutamisel. Nagu tabelist nähtub, hargnevad kõverjooned 1 ja 2 kolme tunni järele pärast kalgendi lahtilõikamist, seega on valmimata pastöriseerimata piimast valmistatud juustumassis piimhappe käärimise protsess jõudnud tase-

mele, mis tagab vadaku kiire eraldumise. Valminud pastöriseeritud piimast saadud juustumassis on aga veel vadaku eraldumine pidurdatud, mis nähtavasti on tingitud muudatustest piimavalkude omadustes pastöriseerimise tagajärjel.

Juustumeistri töövõtetest olenevateks teguriteks on juustumassi aktiivne happesus ja töötlemistemperatuur ning ka juustutera suurus.

Piima kõrge happesuse ja samuti piimhappe käärimise protsessi kiirenemise puhul on vadaku eraldumine juustumassist suurem.

Sealjuures luuakse eelsoojendamisega (piima soojendamine kalgenemistemperatuurini) ja laabi lisamisega soodne temperatuur piimhappebakterite arenemiseks kalgendis ja juustumassis, mille tõttu piimhappe käärimise protsess intensiivistub. Kuid ainult vadaku happesuse järgi ei saa otsustada piimhappe käärimise protsessi kulgemise üle. Et saada ettekujutust protsessi õigest käigust, on vaja määrata juustuteras või juustumassis oleva vadaku happesus, kuna juustutera sees oleva vadaku happesus tõuseb tunduvalt kiiremini kui väljaspool tera (tabel 30).

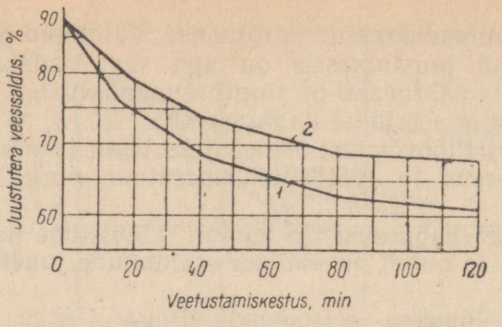
Tabel 30

Aeg pärast kalgendi lahtilõikamist min	Vadaku happesus °Th		Aeg pärast kalgendi lahtilõikamist min	Vadaku happesus °Th	
	väljas	teras		väljas	teras
30	12,8	17,1	150	—	39,9
50	13,9	19,8	170	19,6	49,1
70	14,1	23,9	200	21,1	53,0
90	15,6	28,6	230	23,9	69,0
120	16,3	32,8	250	25,0	—

Et kalgend vajalikul määral vadakust vabaneks, peab piimhappe käärimise protsess edasi kestma. Piima valmimise astmest ei olene ainuüksi juustu normaalne valmimine ja juustumassi kuivamine, vaid ka kaltsiumi lõhustamine valgust ja eemaldamine vadakuga. Ilma kaltsiumi lõhustamata ei ole võimalik saada hea konsistentsiga juustu.

Joonisel 57 on toodud piima valmimisastmest (happesusest) olenevad juustutera veesisalduse vähenemise kõverad. Piima happesuse mõju juustutera veesisaldusele on märgata juba tera töötlemise algusest peale.

Valmimata piimast saadud juustumass kuivab aeglaselt, olenevalt piimhappe käärimise protsessi arenemisest. Siin tuleb tugevdada sama efekti andvate teiste tegurite mõju. Kui järelsoojenduse kõrge temperatuuri (53—60° C) mõjul piimhappe tekkimise prot-



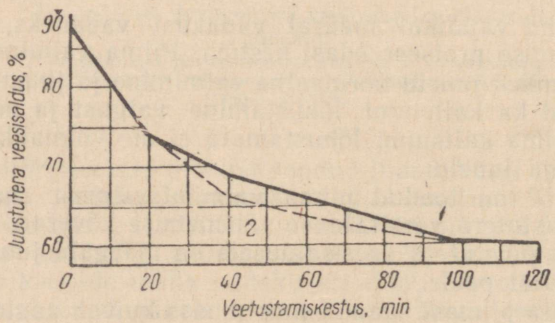
Joonis 57. Juustumassi veetustamine olenevalt piima happesusest:
1 — 18—19° Th; *2* — 25—26° Th.

sess juustumassis lõpeb, siis tuleb tagada vajaliku hulga piimhappe tekkimine juba enne järelsoojendust. Sellest on tingitud šveitsi tüüpi juustude valmistamisel tera pikaajaline segamine enne järelsoojendust. Peale selle lisatakse seda tüüpi juustude valmistamisel piimasse vajalikul hulgal termofiilseid baktereid.

Nagu piimhape, nii mõjub juustutera töötlemisele ka temperatuur. Tema mõjul kiireneb valguosakeste liitumine, mille tagajärjel vadaku eraldumine kiireneb ja suureneb. Juustumassi soojendamise tagajärjel kiireneb ja suureneb sünerees.

Kuna juustumassi temperatuuri on võimalik muuta, siis on see kõige kättesaadavam juustu veesisalduse reguleerimise abinõu. Tuleb õigeks pidada väidet, et mida kuivemat juustumassi soovitakse saada, seda kõrgem peab olema järelsoojenduse temperatuur.

Vadaku eraldumist juustumassist mõjutab ka järelsoojenduse kestus. Kõrge temperatuuri pikemaaegse mõjumise puhul jõuab vadak eralduda mitte üksnes pinnaligidasest kihist, vaid ka tsentrist (joonis 58).



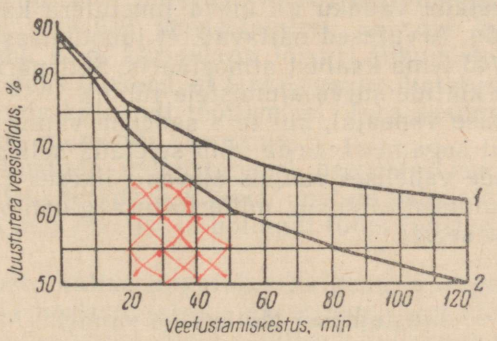
Joonis 58. Juustumassi veetustamine olenevalt järelsoojenduse kestusest (t=40° C):
1 — 2,4 min; *2* — 20—25 min.

Kui järelsoojendus teha kiiresti, siis eraldub vadak pinnaligidasest kihist samuti kiiresti ja tera veesisaldus väheneb. Tera pinnal asuvate valguosakeste üksteisega liitumisel tiheneb tera pind ja ta nagu kattub kilega, milline nähtus tavaliselt ühendatakse nn. tera kupatamisega.

Kõrge temperatuuriga järelsoojenduse puhul tuleb tera kupatamist ette seda teravamini mida kõrgem on järelsoojenduse temperatuur. Kuid ka sel puhul pidurdab tera pinnale tekkinud kile vadaku eraldumist ainult ajutiselt.

Juustumassi temperatuuri kiire tõstmise puhul eraldub vadak kiiresti ainult protsessi algul. Edaspidi vadaku eraldumine aeglustub ja erinevatele soojenduskestustele vaatamata saadakse ühesuguse veesisaldusega juustumass.

Vorobjovi andmetel eraldub vadak paremini peenema tera puhul, seega, mida suurem on juustu terade üldpind, seda suurem on kapillaaride kogu põiklõige, mille kaudu vadak eemaldub (joonis 59). Peene tera puhul on ka vadaku terast väljumise teekond lühem. Tähendab, peene tera seadmisel saab juustumassi kuivamist kiirendada.



Joonis 59. Juustumassi veetustamine olenevalt tera suurusest:
1 — tera suurus 0,2 cm^3; *2* — tera suurus 1 cm^3.

Kõrvalteguritena võib nimetada laabi kogust ja kaseiinisisaldust piimas. Sageli arvatakse ekslikult, et raskus, mis mõjub vadaku all vanni põhja sadenenud terale, on üks vadaku eraldumist mõjutavaid tegureid. Tegelikult ei ole sellel mingit tähtsust.

Tera seadmisel ja ka pärast seda, lastakse teral enne juustu vormimist üks või rohkem kordi seista vanni põhjas. Selle juures mõjub vanni põhjas olevale kihile ülemiste kihtide raskus. Kui selline juustutera isepressimine avaldaks märkimisväärset mõju vadaku juustumassist eemaldumise kiirusele, siis oleks selle tagajärjeks vadaku ebaühtlane eraldumine. Sel puhul kuivaksid allpool lamanud juustuterad kiiremini ja järgneval sadestamisel nad

ladestuksid kiiremini vanni põhja, kuna nende tihedus oleks suurem kui pealpool asunud teral. Selle tulemuseks oleks veelgi suurem lahkuminek pealmiste ja alumiste kihtide tera veesisalduses. Tegelikult aga me sellist pilti ei näe ja, nagu näitab tabel 31, ei kiirene isepressimise tagajärjel vadaku eraldumine juustuterast.

Tabel 31

Juustutera seistalaskmise kestus pärast kalgendi lõikamist minutites	Juustumassi vee %, kui plasti paksus on cm		Juustumassi seistalaskmise kestus pärast kalgendi lõikamist minutites	Juustumassi vee %, kui plasti paksus on cm	
	15	45		15	45
0	87,0	87,0	90	64,0	—
30	79,9	78,4	120	60,2	60,9
60	67,3	67,8	150	57,7	56,3

Et isepressimine ei avalda mõju vadaku eraldumisele, on mõistetav, kui arvestada vadaku all oleva juustutera kaalu, s. o. isepressimise jõudu. Arvutused näitavad, et juustumassi kaal vadaku all on ainult 1/43 tema kaalust atmosfääris. Sellepärast on juustuplasti ülemiste kihtide surve alumistele tühine.

Kuid segamise vaheajal, kui tera sadeneb vanni põhja, kuivab ta kiiremini kui segamisel. Seda võib seletada sellega, et sadenenud juustuterade vahelises ruumis olevas väikeses vadakukoguses tõuseb happe kontsentratsioon, mille tõttu aeglustub happe difundeerumine tera seest.

Juustumassi töötlemine vannis

Juustumassi töötlemine vannis algab kalgendi lahtilõikamisega.

Töötlemisel omab suurt tähtsust kalgendi tihedus. Mida peenem peab olema tera, seda pehmem peab lõikamise algul olema kalgend. Mida jämedamat tera soovitakse, seda kõvem peab olema kalgend.

Järelikult peab pehmete juustude valmistamisel kalgend olema kõvem kui kõvade juustude puhul. Arvamus, nagu oleks kalgendi ja juustu kõvaduse vahel (kõvad ja pehmed juustud) otsene sõltuvus, ei ole põhjendatud. Erinevused kalgendi kõvaduses on tingitud piima erinevatest omadustest, mitte aga piima ettevalmistusest (erinev happesus) või kalgenemise tingimustest (erinevad ajad kalgenemismomendist kuni lahtilõikamiseni).

Kalgendi töötlemine vannis koosneb järgmistest operatsioonidest: kalgendi lahtilõikamine, tera seadmine, tera eeltöötlemine

enne järelsoojendust, järelsoojendus ja tera kuivatamine pärast järelsoojendust.

Kalgendi lõikamine. Tera seadmist alustatakse kalgendi lõikamisega. Kalgendi lõikamise ja tera seadmise vahe on ainult kalgendi peenestamise astmes.

Selivanov tegi kindlaks, et täispiima kalgendi lõiketakistus teravale lõikeservale on 1,0—1,5 g/cm, kooritud piima kalgendil aga 1,5—2,0 g/cm. Sünereesi tagajärjel tekkinud tihedama kihi tõttu on kalgendi tera pind suurema tugevusega. Küllaldase kiirusega (50 cm/sec) liikuv terav lõikeriist purustab selle kihi ja lõikab kalgendi tükid peeneks. Nõrga kalgendi või liiga kõrge happesusega piimast saadud kalgendi lõikamisel koguneb lõikeriista tera ette tihe kiht, mida lõiketera või traat läbi ei lõika, vaid ainult lahku lükkab. See on tundemärk, et valgu võre elementide vaheline side ei ole küllaldaselt tugev.

Selivanovi andmetel suureneb kalgendi tera tugevus vadaku eraldumisel järgmiselt: kui kalgendi esialgsest mahust eraldub 40% vadakut, on tugevus 10 g/cm, 60% vadaku eraldumisel — 23 g/cm ja 75% eraldumisel 50 g/cm.

Kuna kalgendi tera tugevus vadaku eraldumisega järjest suureneb, siis tera edasisel peenestamisel on vaja kasutada järjest suuremat jõudu, s. o. kiirendada lõikuri liikumist. Praktilise töö juures tekib lõpuks olukord, et tera tugevus ületab selle surve, mis on võimalik anda kalgendi töötlemisel. Tera seadmine tuleb lõpetada enne selle momendi saabumist.

Pehmete juustude valmistamisel peenestatakse kalgend 20—30 mm suurusteks teradeks, kõvale juustule valmistatakse 4—5 mm ja isegi alla 3 mm (šveitsi ja hollandi tüüpi juustud) läbimõõduga tera.

Šveitsi juustu katlas lõigatakse kalgend lüüraga, juustuvannis vertikaalsete ja horisontaalsete lõikuritega. Samade seadmete abil toimub ka tera seadmine. Mehhaanilise käivitusega vannides kasutatakse kalgendi lõikamiseks ja tera seadmiseks samuti mehhaaniliselt käivitatavaid lõikureid.

Tera seadmisel tekivad peened kalgendi osakesed, nn. juustu tolm. Peene tera seadmisel tekib tolmu rohkem, keskmise suurusega (2,5—3,5 mm) tera seadmisel tekib tolmu 1,5—5% juustumassi üldkogusest. Liigsest tolmust hoidumiseks tuleb tera seadmise tingimused valida olenevalt kalgendi omadustest.

Plasti moodustamisel sadeneb juustutolm viimases järjekorras ja rikub juustu pressimist. Tolmu tekkimisega kaasnevad ka suured rasvakaod vadakusse. Liigne hulk tolmu tekib kalgendi liiga väikese ning ka liiga suure tugevuse puhul. Esimesel juhul ei ole kalgendi valgu võre veel saavutanud vajalikku vastupidavust ja peened osakesed eralduvad kergesti üldisest massist, teisel juhul peab lõikeriista kiirus olema suur ja seetõttu kistakse massi küljest peened osakesed lahti.

Ülelaabitud kalgendi töötlemisel tekib rohkem tolmu kui nõrgalt laabitud kalgendi puhul. Viimasel puhul katkestatakse liigsest tolmust hoidumiseks lõikamine ja lastakse tera sadeneda. Sealjuures eraldub peenest terast rohkem vadakut, ta muutub tihedamaks ja töötlemise jätkamisel puruneb vähem kui jäme tera.

Juustumassi eelkuivatamine. Juustumassi segamisel enne järelsoojendust kuivab mass paremini ja piimhappebakterite arenemine jätkub. Seetõttu suureneb piimhappe hulk ja tõuseb aktiivne happesus juustutera sees. Liiga kõrge happesuse puhul on juustutaigen rabe ja väikese siduvusega.

Šveitsi ja hollandi tüüpi juustude valmistamisel taotletakse segamisel enne järelsoojendamist mitmesuguseid eesmärke. Šveitsi juustu valmistamisel on järelsoojendusele eelneva tera segamise eesmärgiks piimhappe kogunemine, hollandi juustu valmistamisel on piimhappe kogunemine vajalik sel puhul, kui pehmema konsistentsiga juustutaigna saamiseks on kalgendist vaja eemaldada liigne kaltsium. Pikaajalisel segamisel enne järelsoojendust tõuseb tera happesus tugevasti. Parema siduvusega hollandi juustu saamiseks soovitavad A. Koroljov ja A. Vorobjov vadakut veega lahjendada.

Viimastel aastatel oli see juustu töötlemisel tähtis võte mõtlematult kõrvale jäetud ja tehnoloogilisest protsessist välja lülitatud. ЦНИИМС-is tehtud tööd kinnitavad vadaku veega lahjendamise vajadust kõigepealt hollandi tüüpi juustude valmistamisel. Vee lisamisega vadakule enne järelsoojendust või selle ajal on võimalik väga tõhusalt vähendada piimasuhkrusisaldust toorjuustus ja reguleerida toorjuustu happesust. Kui pärast $^1/_3$ osa vadaku eemaldamist lisada 10% vett, siis väheneb piimasuhkru kontsentratsioon 25% võrra. Juustudes, mille valmistamisel vadakule lisati vett, on lahustuvat valku 4% rohkem kui juustus, mis valmistati ilma vett lisamata. Vee lisamise tulemusena saadakse parema kvaliteedi ja konsistentsiga juust ja välditakse juustu liiga haput maitset.

Järelsoojendus. Rasvase kõva juustu valmistamisel ei ole juustumassi töötlemisel kalgendamistemperatuur küllaldane nõutava kuivusega tera saamiseks. Seepärast tuleb temperatuuri tõsta, mille tõttu tera tõmbub tugevasti kokku ja tema mehhaaniline tugevus suureneb.

Tera seadmine peab olema lõpetatud järelsoojenduse alguseks. Enne tera seadmise lõpetamist alustatakse järelsoojendust sel puhul, kui kalgend on liiga pude ja tiheneb pikkamisi. Sel puhul tuleb järelsoojendust teha eriti ettevaatlikult, olenevalt tera suurusest.

Järelsoojendamisel suureneb juustutera kleepuvus, mille tõttu võivad tekkida kokkukleepunud juustutera tombud ja vadak ei eraldu ühtlaselt. Et sellest hoiduda, tuleb juustutera vahetpidamata segada, kasutades selleks suurepinnalisi segisteid.

Tera kuivatamine pärast järelsoojendust. Liiga lühiajalisel juustumassi järelsoojendamisel ei jõua vadak juustuterast eralduda. Soovitava kuivusega juustutera saamiseks on vaja hoida juustumassis teatud aja jooksul järelsoojendustemperatuur. Kui tera on saavutanud järelsoojendusel lõpuks soovitava kuivuse, ei ole teda pärast järelsoojendust enam vaja segada.

Enamasti suureneb piimhappe kogus juustumassis nii järelsoojenduse ajal kui ka pärast seda ja tera lõplik veesisaldus (kuivamise aste) on nii soojendamise kui ka piimhappe käärimise protsessi tulemus.

Sageli on vaja vähendada juustutera kleepuvust; see on väga oluline juustu normaalseks pressimiseks. Seepärast segatakse juustumassi pärast järelsoojendust, et luua võimalikult soodsad tingimused vadaku ühtlaseks eraldumiseks. Mida rohkem on tera juustumassi peenestamise ja eelkuivatamise tagajärjel kuivanud, seda vähem on teda vaja kuivatada pärast järelsoojendust.

Praktiliselt tuleb pikendada kalgendi töötlemise aega, kui piim ei ole vajalikul määral valminud või kui piimhappe käärimise protsessi pidurdavad mõned muud põhjused (näiteks faagi olemasolu).

Järelkuivatuse lõpp (juustutera valmidus) määratakse organoleptiliselt juustutera kleepuvuse ja elastsuse järgi (katsudes). Need juustutera omadused näitavad otseselt, kas juustumass on valmis pressimiseks, kaudselt saab nende põhjal otsustada ka massi veesisalduse üle.

Juustutera veesisalduse objektiivse hindamise meetodi väljatöötamiseks on tehtud korduvalt katseid. Kuid sealjuures tuleb arvestada ka tera elastsust ja kleepuvust, mitte ainult juustumassi veesisaldust. Need omadused aga ei muutu alati paralleelselt juustutera veesisalduse muutumisega. Juustutera valmiduse määramiseks püsib tänaseni organoleptiline hindamine.

Kui kõrgtemperatuurilise järelsoojendusega ja sellele järgneva segamisega ei lähe korda vajalikul määral vähendada tera kleepuvust, siis töö lõpul, kui tera on küllaldaselt kuiv, valatakse vadakule juurde külma vett. Selle tulemusena saadakse pressimiseks kõlblik juustutera.

Kõrgema veesisalduse ja happesusega juustumassi saamiseks ei muudeta mitte üksnes tera peenust, järelsoojenduse temperatuuri ja kalgendi töötlemise kestust, vaid jäetakse ära järelsoojenduse andmine ja mõnikord ka peenestatud kalgendi segamine (brõnsa tootmisel).

Praktilises töös näeme väga sageli kõrvalekaldumisi tehnoloogilise protsessi keskmistest normidest. Tehnoloog peab neid arvestama, protsessi vajalikult suunama ja andmed juustu töötlemise kohta kandma tehnoloogia žurnaali.

PIIMA KOOSTISOSADE ÄRAKASUTAMINE JUUSTUTÖÖSTUSES

Piimast lähevad üle juustusse kaseiin, rasv, vees lahustuvad ained (laktoos, albumiin, soolad, vitamiinid), fosfaadid ja vesi.

Juustu valmistamisel püütakse piima koostisosi, peamiselt kaseiini ja rasva, võimalikult täielikult ära kasutada. Juustusse üleminevate piima koostisosade hulk, juustu kaal ja toorjuustu väljatulek olenevad piima kalgendumisest ja kalgendi kvaliteedist ning töötlemisest. Juustu koostisosade kaod (kaalukaod) ja valmisjuustu väljatulek olenevad toorjuustu soolamisest ja tema töötlemise tingimustest valmimisel (juustukeldrite temperatuur ja õhu niiskus, juustu pesemine, parafineerimine).

Kaseiini ärakasutamine. Piima kalgendamisel laabi toimel läheb osa kaseiini vadakuvalguna lahusesse. Lisaks sellele läheb osa kaseiini kaduma juustu tolmuna. Sellele vaatamata on piimast juustusse üleminev valgu kogus [1] peaaegu võrdne ja mõnel puhul isegi suurem kaseiinisisaldusest piimas (tabel 32).

Tabel 32

Juust	Kaseiini ärakasutamise %			Autor
	keskmine	maksimaalne	minimaalne	
Hollandi	—	103	98,2	Kajukov
Tšedari	95,5	101,5	89,0	Barkan
Nõukogude	97,5	101	93,8	

Juustusse ülemineva valgu % oleneb kalgendi omadustest. Kui tekib ebatihe, pude kalgend, eralduv vadak on sogane või purustatakse kalgendit lõikamisel ja tera seadmisel üleliia, siis väheneb valgu ärakasutamise protsent.

Pastöriseeritud piimast saadud kalgend on pastöriseerimata piimast saadud kalgendist pehmem, kuid sealjuures suureneb valgu ärakasutamise protsent parakaseiinile mõningal hulgal lisanduva albumiini tagajärjel.

Rasva ärakasutamine. Rasva ärakasutamisest ja tema üleminekust vadakusse oleneb juustu väljatulek ja standardse toodangu saamine. Mitmete andmete põhjal on rasva ärakasutamise protsent juustu valmistamisel 80—95.

Kalgendi töötlemisel läheb rasv vadakusse üle algul peamiselt suurte, edaspidi aga väikeste rasvakerakestena. Seda kinnitavad Vorobjovi andmed (tabel 33).

[1] Kogu juustus olev valk on võrrutatud kaseiiniga.

Tabel 33

Uurimise objekt	Rasvakerakeste kogus %-des, mille läbimõõt on mikronites		
	kuni 1,25	1,25—2,5	2,6—4
Piim	61	32,4	6,6
Vadak:			
töötlemise algul	53	30,5	16,5
enne järelsoojendust	67,6	20,4	12
järelsoojenduse keskel	72,1	17,5	9,3
pärast järelsoojendust	79,5	16,5	3,9
töötlemise lõpul	83,5	16,0	1,5

Tabelist 33 nähtub, et kalgendi ja tera töötlemise käigus suureneb väikeste rasvakerakeste hulk 53%-lt (töötlemise algul) kuni 83,5%-ni (töötlemise lõpul). Selle kõrval väheneb keskmiste ja eriti suurte rasvakerakeste suhteline kogus.

Juustutera töötlemise käigus väheneb ka rasvakerakeste keskmine läbimõõt vadakus. Enne järelsoojendust on see 1,84μ, siis 1,65μ ja töötlemise lõpul 1,52μ.

Kuidas järelsoojenduse kiirus ja temperatuur mõjutavad rasva üleminekut vadakusse, seda näitab tabel 34, kus on ära toodud ЛТИХП korraldatud uurimistööde tulemused.

Tabel 34

Juustumassi töötlemise periood	Selliste rasvakerakeste kogus %-des, mille läbimõõt on mikronites			Selliste rasvakerakeste kogus %-des, mille läbimõõt on mikronites		
	kuni 1,25	1,25—2,5	2,6—4,0	kuni 1,25	1,25—2,5	2,6—4,0
	Järelsoojenduse temperatuur 40°			Järelsoojenduse temperatuur 50°		
Kuni järelsoojenduseni	55	34	11	55	34	11
Pärast järelsoojendust	57	33	10	80	13	7
Töötlemise lõpul	76	21	3	88	10	2

Nagu tabelist 34 nähtub, suureneb kalgendi töötlemise protsessi kestel vadakus väikeste ja väheneb suurte rasvakerakeste kogus. Kõrgtemperatuurilise järelsoojenduse puhul on väikeste rasvakerakeste hulk suhteliselt suur — 88% 76% vastu. Vastavalt väheneb rasvakerakeste keskmine läbimõõt: algul oli see 1,7μ, pärast järelsoojendust 1,6μ ja töötlemise lõpul 1,4μ. Järelsoojenduse tempera-

tuuri tõstmine 40° C-lt 45° C-le ei mõju vadaku rasvasisaldusele. Mõlemal puhul oli see keskmiselt 0,47%.

Katštova andmetel ei mõjuta järelsoojenduse kiirus rasvakerakeste üleminekut vadakusse (tabel 35).

Tabel 35

Juustumassi töötlemise perioodid	Rasvakerakeste sisaldus, %					
	Soojendamisel 3 min kestel			Soojendamisel 12 min kestel		
	väikseid	keskmisi	suuri	väikseid	keskmisi	suuri
Enne järelsoojendust	56	33	11	56	35	11
Pärast järelsoojendust	86	11,9	2,1	80,8	15,2	4,0
Töötlemise lõpul	88	9,8	2,1	82,8	14,6	2,6

Kiirel järelsoojendamisel suureneb väikeste rasvakerakeste arv vadakus 56%-ilt 88%-ni, aeglasel järelsoojendamisel aga kuni 82,8%-ni. Vadakusse üleminev rasvakogus sealjuures ei suurenenud.

Võiks arvata, et kiirel soojendamisel ja temperatuuri tõstmisel (40° C-lt 45° C-ni) peaks rasva viskoossuse vähenemise tõttu rasva eraldumine vadakusse suurenema, kuid tegelikult seda ei sünni, kuna vesi eraldub kiiresti terast ja tera tiheneb, mille tõttu rasvakerakeste läbitungimine läbi valgu võre pidurdub ja eralduvad ainult väikesed rasvakerakesed.

Vadaku rasvasus väheneb järk-järgult üksikute tehnoloogiliste protsesside kulgedes:

Töötlemise staadium	Vadaku keskmine rasva %
Pärast kalgendi lõikamist (1 min järel)	1,00
Pärast kalgendi töötlemist (5 min järel)	0,55
Enne järelsoojendamist	0,45
Pärast järelsoojendamist	0,40
Töötlemise lõpul	0,36

Juustutera töötlemise käigus eralduva vadaku rasvasisaldus väheneb, seetõttu väheneb ka kogu vadaku keskmine rasvasisaldus. Maksimaalselt sisaldab rasva vadak, mis eraldub kalgendist selle lahtilõikamisel ja peenestamisel, edaspidi vadaku rasvasus väheneb.

Vorobjovi andmetel läheb juustu valmistamise üksikutel perioodidel vadakusse rasva järgmiselt (tabel 36).

Tabel 36

Juustumassi töötlemise perioodid	%-des	
	eraldunud vadak	vadakusse üleläinud rasv
Enne järelsoojendust	70	79,8
Järelsoojenduse ajal	20	15,2
Pärast järelsoojendust	10	5,0

Põhiline rasvakogus (umbes 80%) eraldub enne järelsoojendamist 25 minuti jooksul, edaspidi väheneb rasva eraldumine tunduvalt ja järelsoojendamisel ning sellele järgneval segamisel (30—40 minuti jooksul) väheneb rasva üleminek vadakusse 20%-le.

Vadaku rasvasisaldus oleneb järelikult kalgendi algtöötlemisest, mitte aga järelsoojenduse tingimustest.

Rasva paremaks ärakasutamiseks ja vadaku rasvasuse vähendamiseks tuleb vältida rasva eraldumist pinnale ja ära hoida kalgendi pinna jahtumine, lisaks sellele peab kalgendit enne järelsoojendamist väga hoolikalt töötlema.

Selivanov tegi kindlaks, et vadaku rasvasus väheneb, kui juustu valmistatakse homogeniseeritud piimast.

Fosfaatide ärakasutamine. Fosfaatide üleminek piimast juustusse oleneb suurel määral happesuse tõusust juustu valmistamise protsessis (tabel 37).

Tabel 37

Piimhappe käärimise protsessi areng	Maksimaalne pH	Juust sisaldab %-des	
		fosforit	kaltsiumi
Mõõdukas	5,10	0,495	0,70
Tugev	4,59	0,266	0,16

Kõvad juustud, mille valmistamisel piimhappe käärimise protsess kulgeb mõõdukalt, sisaldavad fosforit tunduvalt rohkem kui pehmed juustud. Viimastes on vadaku happesus juba kalgendist eraldumise algul kõrge (16—20° Th). Tekkinud piimhappe mõjul muutuvad fosforhappe soolad kergesti lahustuvateks ja fosfori üleminek vadakusse suureneb.

Kaltsiumi üleminek piimast juustusse oleneb happesuse tõusust juustumassis. Piimhappe lõhustab kaseinaatidelt ja fosfaatidelt kaltsiumi ja muudab selle lahustuvaks kaltsiumlaktaadiks. Sellega on seletatav kaltsiumi vähenemine juustumassis massi ja vadaku happesuse tõusmisel.

Juustumassisse jäänud kaltsiumil on suur tähtsus juustu konsistentsi kujunemisel: kõrge kaltsiumisisalduse puhul on juustu-

taigna konsistents rohkem seotud ja võib muutuda rihmjaks ja kõvaks, madala kaltsiumisisalduse puhul aga on taigna konsistents rabe ning võib muutuda pudedaks.

Piimasuhkru ärakasutamine. Piimasuhkru üleminek piimast juustusse oleneb juustumassi veesisaldusest. Mõnel puhul vähendatakse piimasuhkru kontsentratsiooni juustumassis lahjendades vadakut veega. Kuid see on lubatud võrdlemisi kitsastes piirides, kuna piimasuhkur on vajalik juustu valmimise protsesside normaalseks arenemiseks. Piimasuhkru käärimise produktid — piim ja muud happed — võtavad osa juustu konsistentsi, maitse ja aroomi kujunemisest, süsihappegaas ja vesinik aga augustuse moodustamisest ja selliste tingimuste loomisest, mis pidurdavad kahjuliku mikrofloora (hallitusseente) arengut juustus.

29. PEATÜKK

JUUSTU VORMIMINE JA PRESSIMINE

JUUSTU VORMIMINE

Juustutera ühtseks, juustudele vastava suurusega monoliitideks ühendamiseks vormitakse juustu. Ettevalmistatud juustumass asetatakse vormidesse, milles edaspidi juustu pressitakse. Vormimise ajal peab vadakul olema võimalik vabalt eralduda.

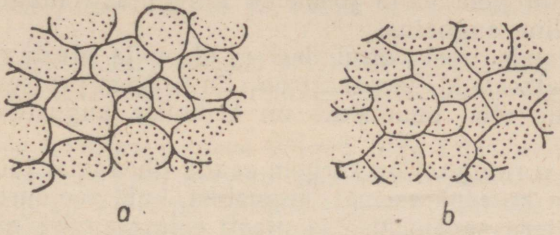
Kasutuselolevaid vormimisviise võib jagada kahte liiki: vormimine vormi valamise teel ja vormimine plastist. Vormi valamise teel vormitakse läti, jartsevi, tšedari, aragatsi, lamba-, dorogobuži ja paljusid teisi juuste.

Plastist vormimisel lastakse juustuteral pärast segamist vadaku all põhja sadeneda, plasti tekitada. Viimane asetatakse vormidesse ilma terade omavahelist asendit rikkumata, kas tervelt või juustu mõõtmetele vastavateks tükkideks lõigatult. Nii vormitakse hollandi, šveitsi ja teisi juuste.

Vormimisviisist olenevad juustumassi omaduste erinevused. Sissevalamise teel vormimisel jäävad juustuterade vahele suhteliselt suured tühemed, juustutera tombukeste puuduliku peenestamise korral on neil korrapäratu kuju. Vadak eemaldub juustumassist kiiresti, selle asemele asub väljastpoolt sisseimetav õhk. Õhku on juustust pressimise abil tunduvalt raskem eemaldada kui vadakut. Pressi surve mõjul eemaldub vadak juustust peente joakestena. Õhumullid juustu sees on aga ümbritsetud õige väikestesse valgu kalgendi sõlmekestesse suletud vedelikuga. Seetõttu säilivad juustus sisemised tühemed, mis põhjustavad juustul ebaühtlase kujuga augud — augustuse.[1]

[1] Augustuse all mõistetakse aukude üldist pilti juustu läbilõikel, see oleneb augukeste hulgast, suurusest, vormist ja asetusest.

Plastist vormimisel saadakse tihedam mass, milles vahed terade vahel on väiksemad ja suuruselt ja asetuselt ühtlasemad (joonis 60).



Joonis 60. Juustumassi mikrostruktuur:
a — enne vormimist; *b* — pärast vormimist.

See on tingitud sellest, et plasti moodustamisel sadeneb juustutera võrdlemisi pikaldaselt ja peenemad terad asetuvad suurte terade vahele. Sealjuures ei kleepu terad ega teki ka teratompusid. Kuna plasti pressitakse nõrga surve all juba enne, kui temast eemaldub terade vahel asetsev vadak, siis juustumassi jämedad poorid muutuvad vadakuga täidetud kapillaarideks, õhk aga ei tungi plasti sisse.

Juustumassi töötlemise laadi, vormimise viisi ja juustumassi makrostruktuuri [1] vahel on olemas teatud side. Mida rohkem vett juustumass vormimisel sisaldab, seda parem on kasutada sissevalamise teel vormimist. Sealjuures tuleb arvestada, et pehmelt töödeldakse juustumassi alati arvestusega, et teatud kogus vadakut peab eralduma juustumassist selle vormimisel ja pressimisel. Seepärast on väga tähtis, et juustumass juba pressimise algul oleks mure. See saavutatakse sissevalamise teel vormimisel.

Sissevalamise teel vormitud veerikkas juustus algul olemasolevad tühemed võib-olla vähenevad pressimisel, kuid neid ümbritsevad terad nähtavasti ei kleepu kokku ja juustu käärimisel tekkinud gaasid suruvad ebakorrapärase kujuga augud uuesti suuremaks. Kui tühemed ei muutu väikseks, siis kulgeb aukude tekkimise protsess järgmiselt: algul täituvad tühemed õhuga ja seejärel juustumassi käärimisel tekkinud gaasiga.

Juustumassi kuivaks töötlemisel eemaldub temast enamik vadakut enne vormimist ja pressimist. Seepärast kasutatakse siin vormimist plastist, mille tõttu saadakse tihedam mass. Edaspidi tekivad selles massis ümmargused augud.

Eeltoodust ei tohi järeldada, nagu oleks sissevalamise teel vormimise puhul augustus ainult kribuline ja plastist vormimisel ümmargune. Kui sissevalamise teel vormitakse peeneteralist juustumassi, mille kapillaarsus juba algusest peale on küllaltki

[1] Makrostruktuur — palja silmaga nähtav juustu ehitus tema läbilõikel.

peenike, siis ei tungi välisõhku juustumassi või tungib seda ainult vähesel määral ja tekivad ümmargused augud. Kui juustuplasti sattusid suured teratombud ja plasti pressimist alustati liiga hilja, kui vadak oli juba välja jooksnud ning plasti tungis õhku, siis tekib kribuline augustus.

Sissevalamise teel vormimisel ei ole vaja plasti moodustamiseks tööd katkestada, seepärast on siin kergem protsessi mehhaniseerida. Selle viisi puuduseks on kribulise augustuse tekkimise võimalus.

Plastist vormimisel on kergem saada tihedamat juustumassi ja järelikult ka korrapärasemat augustust, kuid seejuures tuleb töö katkestada tera sadenemise ja plasti eelpressimise ajaks.

Sissevalamise teel vormimise protsessi kiirendamiseks, võimalikult ühtlaste juustude saamiseks ja juustumassi kadudest hoidumiseks kasutatakse vormide gruppe.

Plastist vormida on ratsionaalne erilises vormimisvannis, mis on varustatud liikuvate plaatidega. See võimaldab vanni tööpinda muuta vastavalt juustumassi kogusele. Vadak eemaldatakse vanni külgedel ja põhjas asuva drenaažiseadme abil. Seda meetodit kasutades ei ole vaja juustutera vadaku all kokku lükata vajaliku paksusega plasti saamiseks, kusjuures praktikas sageli rikutakse plasti struktuuri. Lisaks sellele saab juustuvanni varemalt vabastada järgmise piimakoguse töötlemiseks.

Kujust sõltumata tuleb juustud vormida võimalikult kiiresti ega tohi neil lasta jahtuda. Ilma järelsoojenduseta juustude valmistamisel, näiteks suupistejuustu puhul, langeb mõnikord vormimine kokku vadaku eraldumise algusega ja vadaku eraldumine kestab kauem kui järelsoojendusega juustude valmistamisel. Sel puhul on vaja juustu vormida sellise temperatuuri juures, mis tagab vadaku normaalse eraldumise (keskmiselt 20° C).

Tähtis tingimus vadaku optimaalseks eraldamiseks vormimise ajal on juustumassi pidev, mitte liiga kiire jahtumine. Jahtumisel aeglustub piimhappe käärimine, järelikult ka juustumassi happesuse tõus. Juustutera muutub kõvemaks, kaotab omaduse muuta oma kuju ja täita vahed ning tühemed juustumassis. Samuti kaotab tera oma kleepumisomadused.

Järkjärguline juustumassi temperatuuri langus saavutatakse juustu vormimise ruumi temperatuuri reguleerimise ja madala soojusjuhtivusega materjalist valmistatud vormide kasutamisega.

JUUSTU PRESSIMINE

Juustu pressitakse juustumassi tihendamiseks, üksikute juustuterade kõige parema kokkukleepumise tagamiseks ja vormimisel kaasahaaratud vadaku eemaldamiseks juustumassist.

Vannis töötlemise tulemusena omandavad juustuterad kas kera või kuubi kuju. Vadaku eraldamise tõttu muutuvad pressimisel

juustutera suurus ja kuju. Sealjuures muutub pinnalähedaste juustuterade kuju suuremal määral.

Pressimisel on vaja silmas pidada, et pressimise surve ja kestus vastaksid juustu liigile ja vadak saaks takistamatult välja voolata.

Pressimisel on suur tähtsus pressisurvel juustule, mida väljendatakse kogusurvega kilogrammides juustumassi ühe kilogrammi kohta.

Praktikas kasutatav surve kõigub õige laias ulatuses — isepressimise survest kuni surveni, mis ületab juustu kaalu 60-kordselt. Surve peab vastama juustumassi pressimiseks ettevalmistusele: mida rohkem sisaldab juustumass vadakut, seda nõrgem peab olema pressi surve, et mitte vadakut juustumassi kinni pressida. Seepärast pressitakse pehmeid juuste minimaalse survega isepressimise teel, kõvu juuste aga presside abil.

Survet juustumassile hinnatakse saavutatud massi tihenemise ja juustutera kokkukleepumise järgi.

Vajalik pressimiskestus määratakse kindlaks juustumassi küllaldase tiheduse saavutamise järgi ning juustutera kleepumise ja lahtise vadaku eraldumise järgi.

Sageli on pressimise lõpu väliseks tundemärgiks vadaku eraldumise lõpp. Mõningail juhtumeil, näiteks šveitsi ja tšedari juustu valmistamisel, jätkatakse juustu pressimist ka pärast vadaku eraldumise lõppemist.

Pehmete juustude valmistamisel eemaldatakse kogu vadak juustumassist selle isepressimise ajal.

Kõva juustu valmistamisel oleneb pressimise lõpul juustumassi jäänud vadaku kogus peamiselt juustumassi töötlemisest vannis. Pressimisega saab juustumassist eraldada ainult lahtist vadakut, mis ei ole valguga tugevasti seotud.

Seda kinnitavad rea katsete tulemused (tabel 38).

Tabel 38

Juust	Vormimine	Pressimine	Juustu veesisaldus pärast pressimist %-des	Autor
Hollandi kerajuust	Plastist	pressiga (5 tundi)	41,49	Vorobjov ja Sirokin
	Sissevalamise teel	Isepressimine (1 tund)	41,66	
		Isepressimine (4 tundi)	41,24	
Hollandi leibjuust	Plastist	Pressiga (3 tundi)	45,2	Beloussov
		Isepressimine (3 tundi)	44,7	

Tabelist 38 järgneb, et pressimisviis ei mõjuta vadaku eraldumist.

Vadaku eraldumiseks on vajalikud järgmised tingimused:

a) temperatuuri vastavus pressimise alguseks saavutatud juustumassi kuivuse astmele,

b) temperatuuri vastavus juustumassi soovitava lõpliku kuivuse astmele,

c) vajaliku jämedapoorilise juustumassi struktuuri säilitamine pressimise algul,

d) juustust eralduva vadaku kiire äravool.

Praktilised kogemused ja üksikasjalised uurimised on näidanud, et töötlemise ajal küllaldaselt kuivatatud hollandi juustu valmistamiseks minevat juustumassi võib pärast mõneaegset isepressimist erilise ettevaatuseta pressida kohe täissurvega, ilma et sealjuures oleks karta vadaku kinnipressimist juustumassi. Tabelist 39 nähtub, et hollandi juustu juures ei leia kinnitust laialtlevinud arvamine, nagu saadakse algusest peale täissurvega pressimisel kuivem pinnaalune juustumassi kiht, mis pressimisel takistab vadaku eraldumist juustu sisemisest osast.

Tabel 39

Survе	Veesisaldus protsentides juustumassi erinevates kihtides	
	välises	sisemises
Järk-järgult suurenev, kuni 40 kg/l kg massile	42,47	42,92
Algusest peale 40 kg/l kg massile	42,02	42,52

Sageli on vajalik, et pressimise lõpuks tekiks juustul väline tihedam kiht, mis edaspidi takistaks mitmesuguste ainete, näiteks ammoniaagi ja soola difundeerumist juustusse ja vee difundeerumist juustust välja. Selline tihenenud koorikukiht on üks juustu valmimise reguleerimise abinõusid. Kuid koorikukihi tugevat tihenemist ei või lubada enne, kui vadaku eraldumine juustust on praktiliselt lõppenud.

Mida kiiremini eraldub vadak juustust, seda kiiremini tuleb ta eemaldada juustu ja vormi seina vahelisest ruumist, või isepressimiseks lauale asetatud juustu ja laua pinna vahelisest ruumist. Selleks asetatakse enne vormimist lauale matid, juust aga mähitakse pressimise ajaks riidesse (serpjankasse, lõuendisse).

XIV rahvusvahelise piimanduse kongressi (1956. a.) materjalides on ära toodud täiustatud meetod juustu vormimise ja pressimise mehhaniseerimiseks. Meetodi olemus on alljärgnev. Töötlemise lõpul pumbatakse juustutera ühes järelejäänud vadakuga

vormimislauale, millel on 132 vormi. Juustutera pumpamine vannist vormidesse ei avalda negatiivset mõju juustumassi kvaliteedile, ka ei ole rasvakoed suuremad kui hariliku töötamismeetodi puhul.

Vastava pneumaatilise seadme abil juhitakse vormid pressimissektsiooni. Seal surutakse juustud kolbide abil vormidest välja ja mähitakse pressimisriidesse. Juustu pressitakse pneumaatiliselt 30 minutit survega 100 kg ühele 4 kg raskusega juustule. Pressimissektsiooni alla on asetatud soojenduspatareid, mis hoiavad ära juustu jahtumise pressimise ajal. Pressimise lõppedes tõstetakse vormide grupp üles ja pressimisriidesse mähitud juustud jäävad lauale. Seejärel vabastatakse juustud pressimisriidest ja asetatakse riiulitele, millega nad paigutatakse soolveebasseini.

30. PEATÜKK

JUUSTU SOOLAMINE, VALMIMINE JA SUITSUTAMINE

JUUSTU SOOLAMINE

Soolamise eesmärk on anda juustule maitse. Sealjuures mõjutab sool ka juustu valmimist ja juustutaigna konsistentsi ning värvust. Juustu soolasisaldus on tingitud valmimise iseloomust ja maitse erinevustest. Šveitsi juustu soolasisaldus peab olema 1,5—2,5% (suurem soolasisaldus pidurdab propioonhappebakterite ja juustukepikeste arengut), rokfoori juustul 4—4,5%, brõnsal 6—8% (kõrge soolasisaldus pidurdab juustu valmimist selle algstaadiumis ning spetsiifilise maitse tekkimist).

Juustu soolamisel mõjub keedusoola lahus juustumassile pinnalt. Kui naatriumkloriidi lahuse kontsentratsioon juustumassi pinnal on suurem kui keskel, toimub soola difundeerumine juustu pinnalt siseossa ja vee osmootiline ümberasetumine ning temas lahustunud ainete difundeerumine juustust väljapoole. Osa juustu sisse difundeeruva soola ja juustumassi vahel tekib adsorptsiooniline ja keemiline toime, osa soola jääb püsima lahusena. Seetõttu on juustu koorikukihis soola kontsentratsioon suurem kui soolvees.

Esialgu pärast juustu soolamist toimuvad vahetusprotsessid soolvee ja juustumassi pinnakihi vahel. Selle tulemusena muutub juustumassi pinnakiht tunduvalt: nimelt kõvaks ja valgeks ning suurem osa soolamisel juustu difundeerunud soolast kontsentreerub juustu pinnakihti.

Soola difundeerumist juustusse raskendab suhteliselt väike juustu kapillaaride põiklõige, lisaks sellele takistavad rasv ja valgud soola difundeerumist vaba vee kaudu. Kuna sool difundeerub pikkamisi, siis alaneb tema kontsentratsioon pinnaligidastes juustukihtides vähe ja saavutab kiiresti soolveega ühesuguse kontsentratsiooni.

Kuna juustu soolatakse kõrge kontsentratsiooniga soolvees, siis toimub juustu pinnakihis valkude väljasoolamine. Ühtlasi eemaldub sealt kõrgkontsentratsioonilisse soolvette suur hulk vaba vett. Juustu pinnakihti jääb küllastatud soolalahusele vastav kogus vett, kapillaaride põiklõige väheneb veelgi ja aeglustub ka difusioon.

Sellega on seletatav fakt, et sool tungib soolveest juustusse peamiselt soolamise algul. Kuid suure veesisaldusega pehmete juustude soolamisel rikutakse soola difundeerumise protsessi vähemal määral.

Valkude väljasooldumise tulemusena suurenevad valgu osakesed ja on märgata värvuse tuhmumist. Pinnakihi elastsus väheneb ja rabedus suureneb. Näiteks, kui juust vahetult pärast kanges soolalahuses soolamist põrandale kukub, tekivad temas kergesti praod. Eriti juhtub seda sellise juustu puhul, millel on antud mahu juures kõige väiksem pind, s. o. kerakujulisel juustul.

Soolamisel surutakse mõningal määral alla ebasoovitavad bakterioloogilised protsessid juustu sees, eriti aga juustu pinnal. See avaldub gaasi tekkimises juustus. Juustu soolamisel pinna kaudu on gaasi tekkimine koorikualuses kihis pidurdatud ja auku ei teki.

Juustumassi sooldumine oleneb järgmistest teguritest: soolveega kokkupuutuva pinna suurusest ja omadustest, soolvee kontsentratsioonist, juustumassi veesisaldusest ja valgu seisukorrast ning juustumassi ja soolvee temperatuurist.

Juustu pind. Juustu pinna mõju kindlakstegemisel juustu sooldumisele omab olulist tähtsust pinna suhteline suurus, s. o. juustupinna suuruse ja juustumassi vastastikune suhe. Sellest oleneb soolamiskestus, mille jooksul erinevad juustuliigid omavad soolamise lõpuks umbes ühesuguse soolasisalduse (tabel 40).

Tabel 40

Juust	Juustu pind cm^2	Soolamiskestus päevades
Hollandi kerajuust	900	6—8
Jaroslavi juust	1160	4—5

Läti ja jaroslavi juustul on ühesugune kaal ja peaaegu sama suhe pinna ja massi vahel ning nad soolduvad ühe ja sama aja jooksul. Kõrgem soolasisaldus läti juustus on tingitud pinnakihi erinevast tihedusest, mis jaroslavi juustul on tugeva survega pressimise tagajärjel suurem kui läti juustul.

Soola kontsentratsioon. Soolvee kontsentratsioon mõjutab rohkem vee osmoosi kui soola juustusse tungimise kiirust. Soolvee kontsentratsiooni suurenemisega tugevnevad osmootilised nähtused, mille tõttu juustu koorikukiht kaotab rohkem vett.

Juustumassi veesisaldus. Juustumassi veesisalduse suurenemisel arenevad difusiooniprotsessid suuremal määral ja juust sooldub kiiremini. Neis tingimustes võib kõrge kontsentratsiooniga soolvee kasutamisel mõnikord soolamise lõppmomendi määramine olla ebatäpne. Sellega on seletatav, miks mõnede pehmete juustude (näit. dorogobuži) soolamisel kasutatakse madalama kontsentratsiooniga soolvett. Kui tahetakse soolamiskestust lühendada mõnele tunnile (näit. suupistejuustu valmistamisel), tuleb kasutada kõrge kontsentratsiooniga soolvett.

Juustumassi valkude seisund. Juustude soolamisega kaasneb valkude osaline hüdratatsioon. See protsess ei kulge alati ühesuguselt. Tugevasti tursunud valkudest on vee eraldamine naatriumkloriidi toimel raskendatud madala happesuse puhul. Seda võib näha rihmja, kummise konsistentsiga juustu soolamisel. Sellise konsistentsiga juustu sooldumine on raskendatud ja lõpeb varem, kui see oleks vajalik standardi nõuetele vastava soolasisalduse saamiseks.

Soolamise temperatuur. Juustu sooldumise kiirus on otseselt olenev temperatuurist. Temperatuuri alanemise puhul saab eriti märgatavaks juustu sooldumist aeglustavate tegurite mõju, näiteks valgu tugev tursumine kummise juustutaigna puhul.

Mõõtmetelt suurema juustu, madala veesisalduse ja happesuse ning soolvee ja juustumassi madala temperatuuri puhul tuleb soolamiskestust pikendada.

Juustu soolamise viisid

Põhilised juustu soolamise viisid on järgmised:

vormitud ja pressitud juustumass soolatakse kas kuiva kristalse soolaga või soolvees;

terakujulist või väikestes tükkides (enne vormimist) juustumassi soolatakse kas teras (soolveega) või taignas (kuiva soolaga).

Kuiva soolaga soolamine pärast pressimist on tehniliselt kõige lihtsam, kuid kõige suurema töömahuga soolamisviis. Kuiva soolaga soolamisel kaetakse juustu pind soolakihiga. Juustust imatud vee ja õhust saadud niiskuse mõjul soolakristallid lahustuvad. Tekkinud lahusest difundeerub naatriumkloriid juustumassi. Sellise soolamisviisi puhul on vee eraldumine juustumassist kõige suurem.

Kuiva soolaga, mida mõnikord eraldi kuivatatakse ja sõelutakse, soolatakse pehmeid juuste (suupiste-, dorogobuži juust) ja

kõrge veesisaldusega kõva juustu (jartsevi ja läti juust). Selliste juustude pind on kiiresti niiskuva soola kinnihoidmiseks küllaldasel määral niiske ja krobeline.

Sileda ja kuiva koorikuga pressitud juuste, millel ei püsi kuiva soola kiht, tuleb soolata märja soolaga. Selleks kaetakse juustupind tugevasti märjastatud pudrutaolise soolakihiga (hollandi kerajuust) või niisutatakse juustu pinnale puistatud kuiva soola kihti veega (šveitsi juust). Üleliigne vesi (soolvesi) nõrgub kiiresti ära ja juustule jääb märg soolakübar, mis soolvee pindpinevuse tõttu tihedasti juustul püsib.

Soolvees soolamine on kõige ratsionaalsem soolamisviis. Seda kasutatakse kõigis kõva juustu tööstustes, kus töö on mehhaniseeritud. Ka pehmeid juuste soolatakse soolvees.

Selle soolamisviisi juures asetatakse pressitud juustud kangesse soolvette. Soolamise ajal ujub juust soolvees, ulatudes veidi sellest välja. Et soolduks ka soolveest väljaulatuv osa, puistatakse see soolaga üle või asetatakse juustudele mingi riie, mis soolveega läbi imbub. Nii saavutatakse kogu juustu ühtlasem sooldumine.

Soolveebasseinide mahu täielikumaks kasutamiseks eraldatakse juustukihid üksteisest restide või riiulite abil.

Enne soolvette asetamist jahutatakse juustud mõnikord kas õhus või jäävees.

Kõva juustu soolamiseks on kõige otstarbekam kasutada 23—24%-list soolvett. Kui soolveebasseinides kasutatakse soolvee sundtsirkulatsiooni, siis soolvee kontsentratsioon ja temperatuur soolamise ajal ei muutu.

Ühtlase kontsentratsiooni hoidmiseks tuleb soolvett sageli segada (mitte harvem kui üks kord päevas). Soolveebasseini põhjas peab olema lahustumata soola jääk. Soolvee kontsentratsioon basseini ülemises osas ei ületa tavaliselt 22—23%.

Monokaltsiumparakaseinaat, mis alati koguneb juustusse selle soolamise momendiks, lahustub hästi 5—10%-lises soolvees. Seetõttu hakkab juustumass tursuma, kui soolvee kontsentratsioon väheneb 10%-le. Juustu pinnakiht pehmeneb, pind muutub libedaks ja limaseks. Sellest hoidumiseks peab kasutama kõrgema kontsentratsiooniga soolvett.

Pikaajalisel kasutamisel rikastub soolvesi temasse difundeeruvate juustu koostisosadega. Nende koguse suurenemisel osa neist sadestub välja, osa aga, sealjuures ka piimhape, jääb lahusesse. Soolvee koostise muutumise tulemusena aeglustub piimhappe difusioon juustumassi välimistest kihtidest soolvette. Juustukooriku suure piimhappesisalduse tõttu väheneb viimase vastupanuvõime mitmesuguse mikrofloora arenemisele juustu valmimise ajal. Tähelepanekud on näidanud, et soolvee happesust ei tohi lasta tõusta üle 30° Th. Kõrge happesusega soolvesi tuleb neutraliseerida kas kriidi või lubjaga mitte alla 5° Th.

Kui soolvesi sisaldab vähe hapet, siis on valk dehüdratiseeritud seisukorras isegi siis, kui soola kontsentratsioon väheneb. Juustumassi väikestest osakestest ja lahustumatust sademest saadakse lahti soolvee filtreerimisega. Enne teistkordset kasutamist tuleb soolvett pastöriseerida ja jahutada.

Tsirkuleerivat soolvett puhastatakse, neutraliseeritakse ja püsivat kontsentratsiooni hoitakse tsirkulatsiooniseadme ühes punktis.

Teras soolamisel lisatakse juustuvanni pärast $^1/_3$ osa vadaku eemaldamist soolvett arvestusega 300 g kuiva soola 100 l piima kohta.

Ettepaneku juustu teras soolamiseks tegid juustumeistrid D. Lertšer, A. Popov ja V. Sorokin. Seda moodust kasutati kaua aega madaltemperatuurilise järelsoojendusega juustude valmistamisel. Viimasel ajal on sellest juustu soolamise viisist loobutud. Kuid uurimised ja praktilised kogemused on näidanud, et selle meetodi kasutamine on otstarbekohane, sest see lühendab juustu soolamiskestust 1—2 päevale. Seetõttu suureneb soolveebasseinide läbilaskevõime ning juustumassi hüdrofiilsuse suurenemise tõttu tõuseb veesisaldus juustus 2% võrra.

Juustu osaline teras soolamine parandab konsistentsi ja soodustab õige augustuse tekkimist, kuna see pidurdab liigset gaasi tekkimist juustus (Maluško jt.).

Juustu teras soolamist ei või kasutada kõrgtemperatuurilise järelsoojendusega juustu valmistamisel, kuna šveitsi, nõukogude, altai ja moskva juustu valmimise protsessis on tähtis osa soola suhtes tundlikel propioonhappebakteritel.

Soolamine taignas on kasutusel tšedari tüüpi juustude valmistamisel. Selle meetodi juures peenestatakse tšedariseeritud juustu mass väikesteks liistakuteks ja soolatakse kohe sellise koguse kuiva peene soolaga, mis garanteerib valmisjuustus 2—3%-lise soolasisalduse.

Soola kaod olenevad soolamisviisist ja soola juustusse tungimise kiirusest. Kõige ökonoomsem viis on soolamine taignas, selle järel soolamine soolvees ja kuiva soolaga.

Juustu soolamisel ei tohi kasutada keedusoola, mis sisaldab suurel määral mõru maitsega magneesiumisoolasid.

Soolvees soolamise puhul ei ole soolakristallide suurusel peaaegu mingisugust tähtsust, kuid on siiski parem kasutada soolvee valmistamiseks peeneteralist soola ja nõutava kontsentratsiooni hoidmiseks tarvitada jämedamat soola. Jämedateraline sool ei setti tihedasti basseini põhja ja poorsema kihi tõttu lahustub ta kiiremini.

Kuivalt soolamisel võib kasutada keskmise jämedusega soola kõvale juustule ja peeneteralist soola pehmele juustule. Teras ja taignas soolamisel kasutatakse samuti peeneteralist soola.

Valmimise olemus

Juustu valmimine on fermentatiivne-mikrobioloogiline protsess. Valmimisel toimuvad peaaegu kõikide juustu koostisosade juures tunduvad füüsikalis-keemilised muutused, millest olenevad juustu maitse, lõhn, taigna seisukord ja augustus. Erilist osa etendavad seejuures muutused juustu valgus. On kindlaks tehtud, et valk muutub nii laabifermendi kui ka piimhappebakterite endofermentide toimel.

Ainult laabifermendi toimel lõhustub 2,51% valku, ainult piimhappestreptokokkide toimel 11,75%, kuid nende ühisel toimel 60,56%.

Muudatused juustumassi üksikutes koostisosades olenevad valmimisrežiimist (temperatuurist, niiskusest, aeroobsusest jne.).

Juustu valmimisel, eriti esimestel päevadel, väheneb tema veesisaldus. Näiteks normaalsetes valmimistingimustes väheneb hollandi juustu veesisaldus 45%-lt 40—42%-le.

Veesisaldus väheneb seetõttu, et soolamise ajal kisub sool juustust vett ära, samuti väheneb veesisaldus vee auramise tõttu juustu pinnalt.

Valgud peptoniseeruvad ja tekivad peptoonid ning amiinohapped. Peptoniseerimisprotsessi süvenemisel suureneb vees lahustuvate valgu lagusaaduste hulk, mis annavad juustule maitse.

Kaseiini lõhustumise algstaadiumis tekivad albumoosid ja peptoonid, valgu molekuli edasisel lõhustumisel peptiidid. Peptiidid omakorda lagunevad amiinohapeteks, mis võivad anda uusi lagusaadusi, nagu vaba ammoniaak, süsihappegaas jne.

Juustu valmimisastet hinnatakse selle järgi, kui suur on valkude lagunemise ulatus ja sügavus. Lagunemise ulatuse all mõistetakse valkude lahustuvate laguproduktide (peptooonide) hulka, lagunemise sügavuse all amiinohapete hulka. Juustu valmimist hinnatakse harilikult lahustuva lämmastiku ja üldlämmastiku vahekorra järgi.

Valkude lõhustumine algab laabifermendi toimel, mis valmistab neid ette edasiseks lõhustumiseks piimhappe mikrofloora mõjul, mille toimel valkude hüdrolüüs läheb kuni amiinohapeteni. Juustu valmimise esimesel perioodil tegutsevad piimhappestreptokokid, teisel perioodil ka piimhappekepikesed.

Kõva juustu valmimisel on piimarasvaga toimuvad muudatused väikesed.

Piimasuhkur käärib täielikult juustu valmimise esimese kümne päeva jooksul.

Isepressivate kõvade ja pehmete juustude juures etendab suurt osa juustu pinna lima mikrofloora. See aeroobne mikrofloora kutsub esile valkude lõhustumise juustu pinnalt. Sealjuures tekkiv

ammoniaak neutraliseerib piimhapet koorikualuses kihis. Niisugustes juustudes kulgeb valmimisprotsess pinnalt sissepoole. Rea pehmete juustude valmimise protsessist võtavad osa ka hallitusseened, mis arenevad nii juustu sees (rokfoor) kui ka pinnal (suupistejuust).

Valmimistingimused

Juustu valmimine algab juba juustuvannis. Kuid valkude ja piimasuhkruga sel perioodil toimuvad muutused ei ole märkimisväärsed. Seepärast on enamikul juhtumeil toorjuustu saamise operatsioonid suunatud mikrobioloogiliste protsesside reguleerimiseks. Tehnoloogilise protsessi sellel staadiumil rikastub juustumass valmimiseks vajalike mikroorganismidega.

Otsene valmimisprotsess algab juustu soolamisel. Valmimise sellel perioodil on vaja alla suruda kahjulikud bakterioloogilised protsessid. Kuid ühes sellega aeglustub ka kasulike mikroorganismide areng ja selle tulemusena pidurdub juustu valmimine. Valmimise edasistel perioodidel on vaja luua juustumassi valmimiseks soodsad tingimused.

Soolamise ajal on üheks valmimise reguleerimise abinõuks vee eraldamine juustumassist, pärast soolamist aga juustumassi temperatuur.

Kõva juustu valmimisel muutub juustumassi temperatuur järgmiselt: pressimise lõpuks juustumassi temperatuur langeb, võrreldes järelsoojenduse maksimaalse temperatuuriga ja saavutab madalaima seisu soolamise ajal. Selles temperatuuris hoitakse juustu veel mõni aeg pärast soolamist, kui on karta liiga tugevat gaasi tekkimist juustus. Valmimisperioodil tõstetakse juustumassi temperatuur vajaliku maksimaalse kõrguseni. Sellel tasemel hoitakse temperatuuri niikaua, kui see on vajalik valmimisprotsesside stimuleerimiseks, ja lõpuks alandatakse temperatuuri kuni juustu realiseerimiseni.

Juustukeldrite õhu temperatuur ja niiskus. Vastavalt eespool-nimetatud muutustele juustumassi temperatuuris reguleeritakse ka juustukeldrite õhu temperatuuri. Selleks on keldrites vajalikud neli ruumi: soolamisruum (8—10° C), jahe üleminekukelder (10—12° C), käärimiskelder mesofiilse mikroflooraga juustule (14—16° C) või termofiilse mikroflooraga juustule (18—25° C) ja jahe valmimiskelder (10—12° C). Tähendatud temperatuurirežiimist võib olla kõrvalekaldumisi olenevalt juustu liigist. Nii hoitakse pehmete juustude puhul kõige kõrgem temperatuur keldri esimeses ruumis ja alandatakse seda järk-järgult järgmistes ruumides. See on tingitud sellest, et pehmetes juustudes ja tšedari juustus on kahjulikud bakterioloogilised protsessid piimhappe kõrge kontsentratsiooni tõttu maha surutud.

Juustu valmimisel alaneb veesisaldus järk-järgult. Enamasti

kuivab juustumass valmimisel rohkem, kui see on vajalik tiheda kooriku moodustamiseks. Liigne kuivamine võib pidurdada juustu valmimist.

Juustu kuivamise kao valmimise ajal moodustavad vee auramine juustu pinnalt ja kuivaine kaod.

Valmimisel tekib juustu kuivaine kadu juustu koorikust tekkinud limakorra kõrvaldamise, piimasuhkru käärimisel tekkivate gaaside lendumise ja valkude lagunemisega. Kuivaine kaod kompenseeritakse osaliselt soolamise ajal juustumassi tungiva soolaga.

Barkan tegi kindlaks, et kuivaine kaod hollandi juustu igakordsel pesemisel on 0,8% ja kogu valmimise aja jooksul, millal juustu pestakse 4—5 korda, 3,6%.

Kuivamiskaod juustu valmimisel kõiguvad tugevasti olenevalt valmimistingimustest, nagu keldrite õhu niiskusest, juustupinna töötlemise võtetest, ventilatsioonitingimustest, samuti juustumassi esialgsest veesisaldusest: mida veerikkam on juust, seda suuremad on kuivamiskaod * valmimisel.

Juustu kuivamise kiirus oleneb keldri õhu niiskusest. Kõva juustu soolamisel kuiva soolaga peab õhu niiskus keldri esimeses ruumis (soolamisruumis) olema 92—95%. See on vajalik selleks, et veeauru rõhk õhus oleks kõrgem kui veeauru rõhk niiske soola pinnal, et ära hoida juustupinnal oleva soola kuivamist.

Sagedasti hoitakse soolatud juustu enne käärimiskeldrisse asetamist soolamisruumis, kuhu asetatakse selleks vastavad riiulid. Soojas keldris on kõigepealt vaja kõvale juustule moodustada koorik, s. o. kuivatada juustumassi pealmine kiht või vähemalt pealmine kiht ette valmistada kooriku moodustumiseks. Kooriku tekkimine juustule on seotud keedusoola kontsentratsiooniga juustumassi välises kihis. Mida madalam on keedusoola kontsentratsioon, seda kiiremini moodustub koorik. Suur tähtsus on ka õhu temperatuuril ja niiskusel: kooriku moodustumisel ei tohi õhuniiskus olla kõrgem kui 90%.

Soojast keldrist väljumise järel hoitakse juustu madalama õhuniiskuse juures (88—90%), mistõttu juustu pinnal on mitmesuguste mikroorganismide areng väiksem.

Juustupinna hooldamine valmimise ajal. Selle järgi, kuidas sool difundeerub juustu pinnakihist keskele ja jaguneb ühtlaselt kogu juustumassis, arenevad juustu pinnal aeroobsed mikrobioloogilised protsessid.

Enamiku kõvade juustude koorikul arenevad mikrobioloogilised protsessid alljärgneva skeemi kohaselt.

Pärast soolamist on juustu pinnakihi soolasisaldus niivõrd kõrge, et valgud on tugevasti dehüdratiseeritud. Soola kontsentrat-

---

* Riivjuustude puhul on juustumassi kuivatamine tehnoloogilise protsessi asendamatu osa.

sioon juustu pinnakihis alaneb järk-järgult, kuni jõuab kätte moment, millal tema mõju muutub vastupidiseks, nimelt hakkavad valgud tursuma. Seetõttu tekib juustu pinnale õhukene valge limakord. Kui soola kontsentratsioon on veel küllaldaselt suur ja happesus kõrge, arenevad pärmiseened, mis alandavad keskkonna happesust ja loovad sellega tingimused leelistekitajate bakterite (*Bact. linens*) arenemiseks. Viimaste elutegevuse tagajärjel tekib algul neutraalne ja seejärel leelisene reaktsioon mitte ainult limal, vaid ka koorikul. Kui sool on juba ühtlaselt jagunenud kogu juustumassis, tursuvad valgud vähem ja lima hakkab kuivama.

Kõrgema happesusega juustude (jartsevi juust) valmimise protsessi juures suureneb piima või kalgendi veerohkuse või tugevama piimhappe käärimise tõttu pärmseente osatähtsus. Neil juhtumeil, kui soolasisaldus kooriku kihis on algusest peale madalam (tšedari juust, poolikult sooldunud juustud) või jaguneb sool kogu juustumassis kiiresti, võib märgata soolale vastupidavate hallitusseente varasemat arengut.

Hallitusseened osaliselt seovad piimhapet ja lagundavad valke ning rasva, seetõttu on nad vajalikud paljude pehmete juustude valmistamisel kui valmimise otsesed tegurid.

Läti, jartsevi jt. juustude valmistamisel kasutatakse juustulima baktereid laialdaselt, olenevalt kooriku iseloomust ja pinna hooldamise võtetest juustu valmimise ajal.

Juustu pesemine ja kuumtöötlemine. Sileda ja tiheda koorikuga kõva pressjuustu, mille valmimisel mikrofloora areng juustupinnal ei ole vajalik, tuleb koorikut limast ja hallitusest puhastamiseks aegajalt pesta. Vee temperatuur peab vastama juustu seisukorrale. Nii tuleb juustu, milles on karta liigset gaasi tekkimist, pesta jahedama veega (18—20° C), juustu aga, mille käärimisprotsessi tahetakse tugevdada, tuleb pesta soojema veega (40° C).

Juustulima kultiveerimine juustul. Isepressitavatel kõvadel juustudel (jartsevi, läti, volga) on pärast vormidest väljavõtmist krobeline, ebatasane, nõgudega pind, mis on tingitud tera puudulikust liitumisest. Sellise pinnaga juust paigutatakse keldrisse.

Juustupinna tasandamiseks ja järelikult hallitusseente arengust hoidumiseks kasutatakse ära juustulima, mis hakkab arenema enne hallituse tekkimist. Kui lima ei teki küllaldaselt, siis kantakse lima juustule teistelt, hästi valmivatelt juustudelt.

Mõne juustu, näiteks dorogobuži juustu juures, on limal juustu valmimisel suur tähtsus. Leeliselise reaktsiooniga ja limaproduktid tungivad juustumassi sisse, neutraliseerivad seda ja muudavad mõnikord reaktsiooni aluseliseks, mis on vajalik normaalseks valmimiseks. Lima mõjub ka kõva juustu maitsele ja eriti lõhnale. Ammoniaagihulga suurenemise, taigna pinnaligidase osa pehmenemise ja juustutaigna reaktsiooni nihkumise tõttu leelise suunas muutub selliste juustude lõhn sarnaseks pehme juustu lõhnaga.

Enamiku juustude omadused muutuvad valmimise kestel. Ühed, nagu šveitsi, roheline jt., ei ole värskena toiduks kõlblikud ja väärtusliku toiduaine omadused tekivad neil valmimisel. Teised juustud, näiteks suupiste- ja kohupiimajuustukesed, on söödavad värskelt ja valmimisel tekivad neil uued maitse- ja lõhnaomadused. Maitse ja lõhna muutumise kõrval muutuvad valmimisel ka juustu teised omadused.

Maitse ja lõhn. Enamikul juustudel on enam-vähem terav, spetsiifiline maitse, mida tarbijaskond hindab.

Juustu maitse on tingitud maitsenärve ärritavatest lahustuvatest ainetest, lõhn aga lenduvatest ühenditest, mis tungivad ninaõõnsusesse läbi nina ja ninakoopa. Osa lõhnavaid aineid, nagu mõned rasvhapped on ühtlasi terava maitsega.

Lahustuvad ja lenduvad ained lähevad juustusse üle piimast või siis, nagu näiteks keedusool, satuvad sinna väljastpoolt. Kuid olulisemad ained, millest on tingitud valmisjuustu maitse ja lõhn, nagu amiinohapped, ammoniaak, äädik-, propioon- ja rasvhapped, estrid jne., tekivad juustu valmimise kestel valkude, piimasuhkru ja rasva lagunemisel (Tšebotarjov).

Umbes 20% kaseiinis leiduvatest amiinohapetest (glütsiin, alaniin, proliin, seriin) on magusa maitsega. Magusavõitu maitse on ka propioonhappekaltsiumisoolal. Nende ainete sisaldusest oleneb paljude juustude magusavõitu maitse. Lahustuvate ja lenduvate ainete kogunemine juustusse oleneb juustumassis arenevatest biokeemilistest protsessidest, mikrofloora hulgast ja omadustest ning nende arengu tingimustest. Nende tingimuste hulgas on suur tähtsus temperatuuril.

Juustu valmimiseks, s. o. vajaliku hulga lahustuvate ja lenduvate ainete tekkimiseks vajalik aeg oleneb temperatuurist. Mida kõrgem on temperatuur, seda kiiremini juust valmib. Kuid selle juures tuleb arvesse võtta, et temperatuuri tõstmise korral võivad kvalitatiivselt muutuda juustu mikrobioloogilised protsessid ja maitse.

Mida valminum on juust, seda teravam on tema maitse. Kõva juustu ülevalmimine ei kutsu veel välja tema tunduvat riknemist. On teada juhtum, et 200 aasta vanune šveitsi juust oli veel söödav. Pehmete juustude ülevalmimine kutsub alati esile nende riknemise. See seletub sellega, et pehmete juustude valmimise protsessis laguneb ka rasv, mille tõttu ülevalmimisel tekivad väga terava, ebameeldiva maitsega ained.

Juustutaigna ehitus. Juustutaigna ehitus oleneb kalgendi töötlemise tingimustest ja muutustest tema valmimisel. Kõva juustu struktuur oleneb tera peenestamisest ja sellele järgnevast järelsoojendusest. Beloussov tegi mikroskoopimise abil kindlaks, et kõva juustu valmimisel säilivad üksikud terad õhukeste poolläbi-

paistvate kihitistega piiritletud moodustistena. Tema arvates kujutavad need kihitised enesest homogeense vedelikuga täidetud kanaleid.

Kuid see seletus ei näi olevat küllaldaselt põhjendatud. Õigemini on nendeks kihitisteks juustutera kestad, mis alati tera töötlemisel tekivad tihenenud kihina, isegi siis, kui ei kasutata kõrget temperatuuri. Tera kest sisaldab rasva vähem kui ülejäänud tera, sest sealt läheb osa rasva vadakusse. On võimalik, et tera kesta valkaine on erinev ülejäänud teraosa valgust, sest tema vadakusisaldus on madalam. Sellest on tingitud mikroskoobi abil jälgitav valguskiirte juustuliistaku erinevatest kohtadest läbimise erinevus: juustutera välimine kiht on läbipaistvam kui sisemine osa.

Pehmete juustude valmimisel ei säili piirid juustuterade vahel, kuna nende valk lahustub nii valmimisprotsessi käigus toimuval lõhustumisel kui ka lahustumata valgu tursumise tagajärjel.

Kõvas juustus ei tõuse pressimise momendiks piimhappesisaldus maksimaalsele tasemele, temasse jääb veel suur puhverdamise tagavara, mille tõttu edasisel piimhappe tekkimisel juustumassi hapu reaktsioon väga vähe suureneb. Kõva juustu taigen, mis algul on kõva konsistentsiga, muutub olenevalt monokaltsiumparakaseinaadi kogunemisest järk-järgult pehmeks, viskoosseks, soojendamisel sulavaks ja 5%-lises soolvees lahustuvaks.

Piimhappe suure koguse juures tekib vaba parakaseiinhape, mille mõjul valgud koaguleeruvad, side suuremaks koondunud valguosakeste vahel rikutakse ja juustutaigen kaotab siduvuse. Normaalse kõva juustu taigen ei kaota valmimise ajal täielikult oma siduvust. Paralleelselt monokaltsiumparakaseinaadi kogunemisega lagunevad valgud ühes uute lahustuvate ainete tekkimisega. Algul ei ole see protsess kuigi märgatav, kuid üheaegselt juustu valmimise ja lahustumata valgu koguse pideva vähenemisega juustus väheneb juustutaigna vastupidavus ja ta muutub omapäraselt murduvaks. Kuna juustu valmimisel pidevalt väheneb vett siduv lahustumata valgu kogus, siis jõuab kätte moment, millal osa vett ei ole enam seotud. See vesi tungib tühjadesse juustuaugukestesse, silmakestesse, ja tekib nõndanimetatud juustupisar. Šveitsijuustu pisar on järgmise koostisega:

Pisara koostisosad	kogus g/100 ml
Kuivaine	28,60
Lämmastik	3,02
Tuhk (mineraalained)	5,43
Naatriumkloriid	3,40
Kaltsiumoksiid	0,90
Magneesiumoksiid	0,04

Pehmetel juustudel saabub maksimaalne happesus varem kui kõval juustul, sest piimhappe käärimine on intensiivsem. Maksimaalse happesuse saavutamise momendil on pehmete juustude val-

gud tunduvalt suuremal määral koaguleerunud ja seetõttu ka tema taigen valmimise algul vähem seotud. Valmimise käigus tekib juustu pinnal peamiselt leelist tekitavate mikroorganismide elutegevuse tõttu palju ammoniaaki. Vaba piimhape neutraliseeritakse järk-järgult, pinnalt sissepoole, järelejäänud lahustumata valk aga tursub tugevasti. Tursunud juustupinna valk neelab vett juustu seesmisest osast. Pehme juust on siis täielikult valminud, kui on kadunud tema kohupiimane südamik.

Juustutaigna konsistents oleneb ka rasvasisaldusest, sest rasv kobestab valgu skeletti, vähendab selle vastupidavust ning muudab juustu pehmeks ja õrnaks.

Ka veesisaldusest oleneb juustu konsistents suurel määral. Võrdse happesuse, lahustumata valgu- ja rasvasisalduse puhul on pehmem see juust, mis sisaldab rohkem vett.

Juustu rasvasuse suurendamise korral väheneb tema veesisaldus.

Juustumassi struktuur sõltub valgu seisukorrast (tursumine, dehüdratatsioon), mis omakorda oleneb veesisaldusest.

Juustu augustus. Valmimisel tekivad juustumassis gaasid, mis eraldudes suruvad juustumassi laiali ja tekitavad sisemisi tühemeid — auke. Üksikute juustuliikide augud võivad gaasi tekkimise kiirusest olenevalt olla erinevad.

Augustuse iseloom on sageli seotud juustu kvaliteediga, peamiselt maitse, aroomi ja juustutaigna konsistentsiga, kuna aukude tekkimine oleneb esmajoones juustumassi mikrofloora kvalitatiivsest ja kvantitatiivsest koostisest. Mikrofloorast aga oleneb suurel määral juustu kvaliteet.

Šveitsi juustu augud on täidetud süsihappegaasi, lämmastiku ja hapnikuga. Juustu valmimise algul tekib mõnikord piimasuhkru käärimine koos vesiniku eraldumisega. Viimane jääb juustusse. Mõnede juustuliikide juures, nagu hollandi juustud, on see normaalne nähtus, teiste juures aga, nagu šveitsi juust, on see normaalse käärimisprotsessi rikkumise tunnuseks. Kuna juustutaigna gaaside läbilaskevõime on väike, siis küllastub taigen süsihappegaasiga ja kujuneb anaeroobsete tingimustega sarnanev olukord.

Juustu augud tekivad kahes faasis: algul küllastub juustumass gaasiga, seejärel eralduvad lahusest gaasimullid. Gaasid tekivad juustumassis mikroorganismide fermentatiivse tegevuse tagajärjel. Juustu koorik takistab gaaside difundeerumist juustumassist väljapoole, mille tagajärjel juustumass küllastub ja isegi üleküllastub gaasidega.

Kui juustumassi vees lahustunud sidumata gaaside surve ületab rõhu, mis on vajalik juustumassi elastsuse piiri ületamiseks, siis osa gaasi vabaneb, koguneb teatud kohtadesse ja algul väga väikesed olnud tühemed järjest suurenevad.

Vaatlused näitavad, et augud tekivad juustuteradevahelistes

tühemetes. Augukeste suurenemisel venitatakse neid ümbritsevad juustuterad õhukesteks plaadikesteks (Beloussov).

Vedeliku survet temas asuvale kerakujulisele õhumullile arvutatakse järgmise valemi abil:

$$p = \frac{2\sigma}{r} \qquad \text{(V—5)}$$

kus σ — pindpinevus gaasi ja juustumassi piiril,
r — gaasimulli raadius.

Vedeliku surve gaasile on seda suurem, mida väiksem on gaasimulli raadius. Sellepärast difundeerub gaas väikestest mullikestest suurtesse.

Kohe, kui juustumassi tekib väike gaasimullikene (silm), lõpeb augukest ümbritseva juustumassi küllastumine gaasiga ja algab gaasi difundeerumine augukesse. Kuna auguke suureneb pidevalt ja gaasi kontsentratsioon teda ümbritsevas juustumassis on alla küllastumise piiri, siis väheneb tublisti augukeste tekkimise võimalus algul tekkinud augu vahetusse lähedusse.

Gaasi difusiooni ühesuguse kiiruse juures juustumassis ja juustumassi ühtlase surve juures aukudes olevale gaasile, s. o. juustumassi ühtlase struktuuri ja ühesuguse koostise juures, oleneb aukude suurus ja nende vahemaa gaasi tekkimise kiirusest. Mida kiirem on gaasi tekkimine, seda väiksemad on juustu augud ja seda ligemal nad üksteisele asuvad ning ümberpöördult.

Bakterite elutegevuse tagajärjel söötme geelis tekkinud gaas eraldub mullikestena seal, kus olid juba olemas väiksemad õhumullikesed ja kus järelikult on surve väiksem, mitte gaasi tekkimise kohal. Sellepärast olemasolevad mullikesed suurenevad.

Võib oletada, et juustumassis on üksikute terade ühinemise kohtades juustumassi üksikute osade seostumine nõrgem kui juustuterade sees. Juustuterade vahele jäävad samuti väikesed tühemed, kus tingimused üleküllastatud lahusest gaasi esialgseks eraldumiseks on eriti soodsad. Sellepärast tekivad gaasi aeglasel moodustumisel augud alati juustuterade vahele. Gaasi kiirel moodustumisel tekivad augukesed nii juustuterade vahele kui ka terade sisse, kuna gaasi üleküllastumine toimub kiiremini kui gaasi difundeerumine esialgsetesse teradevahelistesse tühemetesse.

Isepressivale läti juustule ja sellega sarnanevatele juustudele on augustus normaalne, kui augukesed on erineva suurusega ja ebakorrapärase välimusega. Valmimisel täidavad aeglaselt tekkivad gaasid juustuterade vahele jäänud suured tühemed. Gaasi surve ei ole aga küllaldane aukudele kera kuju andmiseks.

Hollandi tüüpi juustudel tekivad augud kiiresti, need ilmuvad juba soolamise esimestel päevadel.

Šveitsi juustul algab aukude tekkimine umbes kaheksandal päeval, kui piimasuhkur on täielikult käärinud.

Hollandi juustudel tekivad piimasuhkru käärimisel süsihappegaas ja vesinik. Vesinik lahustub vees vähem kui süsihappegaas ja küllastab kiiremini juustumassi, mille tagajärjel tekib palju väikesi auke.

Kuna šveitsi juustu valmistamisel võetakse ühekorraga katlast välja kogu mass võrdlemisi kuumana, mis vähendab hapniku lahustuvust vees (vadakus), siis on õhu temasse tungimise võimalused väiksemad kui sissevalamise teel või plastist vormitavatel juustudel, mis võrdlemisi kaua õhuga kokku puutuvad. Šveitsi juustu augud peavad olema suuremad ja harvema asetusega kui teistel juustudel, kuna siin on gaasi tekkimine tiheda juustumassi tõttu pikaldane. Šveitsi juustu auk on kerakujuline. See võib peamiselt olla tingitud aukude aeglasest tekkimisest ja šveitsi juustu taigna plastilisusest, kuid osaliselt ka aukude tekkimist põhjustava gaasisegu erinevast koostisest. Hollandi juustul koosneb auke täitev gaas piimasuhkru käärimisel tekkinud vesinikust. Peene tera puhul saadakse ühtlasema kujuga augud kui jämeda tera puhul, kuna peenem tera on harilikult ühtlasema suuruse ja veesisaldusega. Tühemed peene tera vahel on pärast pressimist ka ühtlasemalt asetatud. Piimasuhkur käärib ära esimestel päevadel (5—12 päeva), mille järel lõpeb gaasi tekkimine.

Juustu pikaajalisel valmimisel ja hoidmisel difundeeruvad juustu teatud rõhu all olevad gaasid juustust välja, kusjuures vesinik difundeerub kiiremini kui süsihappegaas. Gaasi rõhk augukestes väheneb ja, kui juustu taigen sel perioodil on küllaltki plastiline, siis vajub juust oma kaalu mõjul kokku ja augud lamenduvad. See on eriti märgatav lameda kujuga juustude juures (šveitsi, kostromaa).

Juustutaigna värvus. Valmisjuustu taigna loomulik kollane värvus oleneb piimas leiduvast värvainest (pigmendist), mis juustusse üle läheb, ning valgu füüsikalisest olemusest, millest oleneb juustumassi läbipaistvus ja järelikult ka valguse neeldumine.

Juustutaigna kollase värvuse suurendamiseks lisatakse piimale spetsiaalset värvainet.

Juustutaigna läbipaistvus võib olenevalt valguosakeste suurusest kaunis palju kõikuda. Väikeste valguosakeste puhul tungivad valguskiired sügavale juustumassi ning värvus näib tugevkollasena. Suurte valguosakeste puhul hajub valgus juba juustumassi pinnakihis ja värvus näib valge või kahvatukollane. Seotud konsistentsiga kõva juustu taigen on kollase värvusega. Valmimise algul, kui keedusoola kontsentratsioon koorikukihis on suur ja valgud seetõttu välja sooldunud, on kõva juust kahvatu värvusega. Edasisel valmimisel vähenevad koorikukihi soolasisaldus ja happesus, mille tagajärjel valgu tugevamal tursumisel enamik vett seotakse valguga. Selle tulemusena muutub koorikukiht palju läbipaistvamaks

juustu seesmisest osast ning seetõttu ka tumedamaks kui seesmine osa.

Pehmetel juustudel tõuseb happesus valmimise algul võrdlemisi kõrgele ja taigna värvus on seetõttu valge. Ta muutub kollasemaks olenevalt juustumassi neutraliseerimisest (pinnalt juustu sisse) ja valgu tursumise taastumisest.

Rasvastel juustudel on eredam kollane värvus kui lahjadel juustudel, kuna rasv on värvitud temas lahustunud pigmendi, karotiiniga.

Juustu koorik. Eri liiki juustude pinnakihil on erinevad omadused. Soolveejuustudel, nagu tšanahhi ja tušinii juust ning brõnsa, pinnakihid peaaegu ei erine seesmisest massist. Neil juustudel puudub koorik. Koorikuta juustude hulka kuulub ka rokfoor, millist juustu iseloomustab kõrge soolasisaldus. Madalama soolasisalduse puhul kuivab suure tursumisomadustega valku sisaldav juustumassi pinnakiht ja muutub koorikuks. Viimane on võrreldes juustumassiga kuivem, suurema kõvaduse ja mehhaanilise vastupidavusega. Selline koorik kaitseb juustu hästi väliste mõjude eest. Koorik tekib kõvadel juustudel.

Pehmete juustude pinnakihi muutused on sarnased kõva juustu pinnakihi muutustega, kuid kõrge veesisalduse tõttu on pehmete juustude koorik pehme ja praguneb kergesti tugevamal kuivamisel. See on tingitud tema palju madalamast kaltsiumisisaldusest, võrreldes kõva juustu koorikuga. Pehme juustu koorik kaitseb juustu halvasti, seepärast mähitakse pehmed juustud tööstusest väljastamisel tihedasse niiskust halvasti läbilaskvasse pakkematerjalisse, näiteks metallfooliumi, pärgamenti või tsellofaani.

Juustu kuju. Juustu kujust oleneb suurel määral tema välimus. Kuna kuju oleneb valmimistingimustest, siis esitatakse kujule suured nõudmised.

Juustu valmimisel muutub tema kuju järk-järgult. Kõvadel juustudel, peale tšedari, seisavad kuju muutused juustu järk-järgulises vajumises juustumassi pehmenemise tõttu käärimiskeldris ja kerkimises, mida kutsub esile juustumassi mahu suurenemine tekkinud gaaside mõjul.

Tšedari juustu juures ei ole märgata tema kuju vajumist, kuna ta on riidega (bandaažiga) ümber tõmmatud, ka ei esine juustu kerkimist, kuna tema valmimisel gaase ei teki.

Pehmete juustude kuju muutub mõningal juhul (dorogobuži liiki juustud) eeltoodud skeemi kohaselt, kuigi siin juustu pehme konsistents vajutab sellele oma pitseri (juust vajub tugevasti). Teistel juhtudel, näiteks suupistejuustu puhul, tõmbub juustu pind tugevasti sisse ja tema servad ulatuvad pinnast kõrgemale. Veerikkad pehmed juustud võivad laiali valguda. Rokfoori juustu kuju ei muutu valmimisel. See on tingitud tema rabedast, väheseotud massist.

Et anda juustule spetsiifilist maitset ja pikaaegset säilivust, suitsutatakse juustu külma suitsuga. Suitsutatakse suitsutuskappides lehtpuusaepuru puudulikul põlemisel saadud suitsuga. Suitsutamistemperatuur ei tohi tõusta üle 30° C, suitsutamise kestus on 20—32 tundi.

Viimasel ajal on välja töötatud meetod juustu suitsutamiseks kõrgepinge elektriväljas. Juustud paigutatakse kahe eri nimetusega elektroodi vahele, millest üks on ühendatud vooluallikatega, teine aga maandatud. Sealjuures saavad suitsu komponendid laengu, ioniseeruvad ja difundeeruvad intensiivselt juustusse. Seetõttu kestab elektriga suitsutamine ainult mõni minut.

31. PEATÜKK

JUUSTU VALMISTAMISE TÄIUSTATUD MEETODID

JUUSTU VALMISTAMINE ÜMBERVALAMISMEETODIL PERIOODILISELT TÖÖTAVATES JUUSTUVALMISTITES

Juustu valmistamise kehtiva tehnoloogia üks puudusi on juustuvannide või katelde madal ärakasutamise koefitsient.

Juustuvannis toimuvate operatsioonide kogu kestus on 180—200 minutit, sellest ajast on vann pärast kalgendi töötlemist tera ail kinni umbes 60 minutit. Tähendab, et $^1/_3$ sellest ajast pole tootlik.

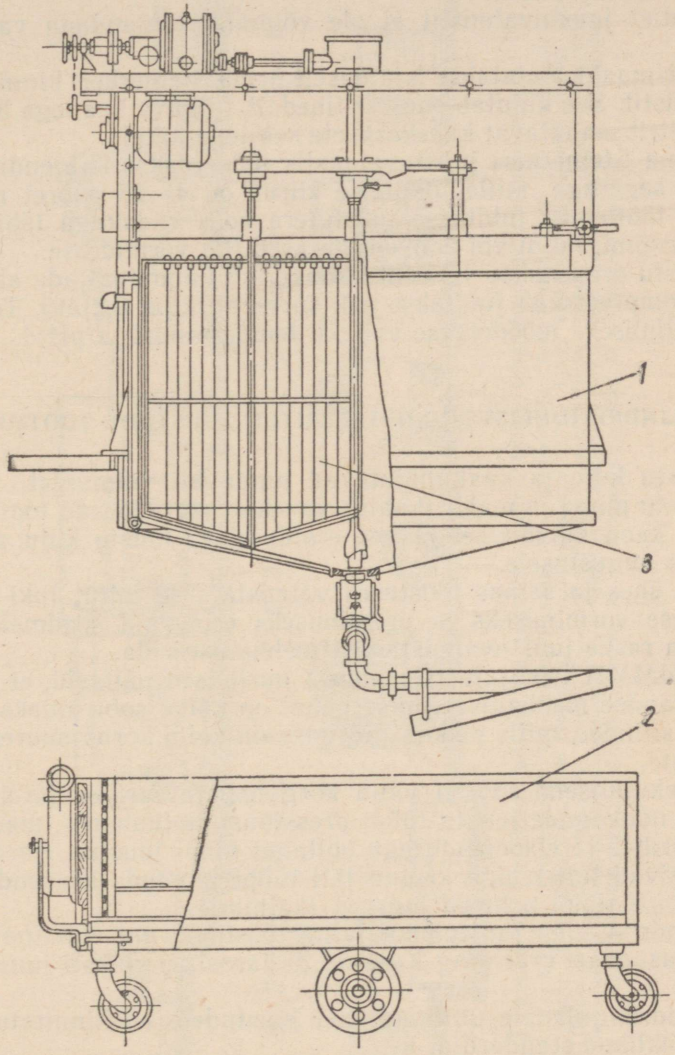
NSV Liidus tehti esimesed katsed juustu valmistamise tehnoloogilise protsessi täiustamiseks aastatel 1930.—1931.

ВНИМИ töötajad (Granikov jt.) kasutasid Kujaganski katsejuustutööstuses nõukogude juustu tehnoloogia väljatöötamisel ümbervalamismeetodit. Meetod seisnes selles, et pärast vannis töötlemist lasti juustutera koos vadakuga voolata vormimiskärusse, kus toimus vormimine ja plasti eelpressimine.

ЦНИИМС-is tehti (D. Šahhov) ettepanek kasutada juustu ümbervalamismeetodil valmistamisel perioodiliselt töötavat lahtist juustuvalmistit.

See juustuvalmisti (joonis 61) koosneb katlast, millel on lõikurid kalgendi lõikamiseks ja peenestamiseks ning propellersegisti tera segamiseks, ning vormimisvannist ühes võrgu, plaatide ja pressiga. Kasutada saab seda kõvade pressjuustude ja isepressivate juustude valmistamisel.

Juustu valmistatakse perioodiliselt töötavas juustuvalmistis järgmiselt: juustuvalmistis töödeldakse kalgendit mehhaaniliste lõikuritega. Saadud tera segatakse propellersegistiga. Valmis tera valgub ise liikuvasse vormimisvanni, kus plast vormitakse. Seal toimub ka eelpressimine ning tükeldamine.



Joonis 61. Perioodiliselt töötav ЦНИИМС-i juustuvalmisti:
1 — katel; *2* — vormimisvann; *3* — segisti.

Juustu valmistamisel perioodiliselt töötavas juustuvalmistis lüheneb katla kasutamiskestus alates selle piimaga täitmise momendist kuni tera eemaldamiseni, vannide kasutamisega võrreldes, 65 minuti võrra.

Lahtist juustuvalmistit ei ole võimalik tühjendada vaakuumi all.

Välismaal kasutatakse laialdaselt firma Steineckeri kinnist juustuvalmistit. See kujutab enesest tihedalt sulguva kaanega 3000 või 5000 liitrit mahutavat kahekordsete seintega katelt.

Firma Steineckeri juustuvalmistis töödeldakse kalgendit lõikurite ja segistiga, mille liikumise kiirus on 4—25 pööret minutis. Pärast töötlemist juhitakse juustutera koos vadakuga läbi erilise ava vormimisvanni või konveierile asetatud vormidesse.

Juustu pressitakse vormides konveieril kummipatjade abil, millesse kompressorist juhitakse õhk surve all kuni 0,2 atü. Tootmise kontrollimiseks mõõdetakse vadaku temperatuuri ja pH-d.

SILINDRIKUJULISTE UNIFITSEERITUD JUUSTUDE TOOTMINE

Juustu kuju ja kaal mõjutavad tunduvalt valmimist.

Juustu pinna ja mahu (kaalu) vahekorrast olenevad toote kahanemise kaod kuivamisel ja vee eraldumine. Juustu kuju avaldab mõju ka augustusele.

Kui ühes ja samas tööstuses valmistatakse mitut liiki juustu, vajatakse vormimiseks ja pressimiseks erinevaid seadmeid. Seetõttu on raske juustuvalmistamist mehhaniseerida.

МТИММП töötajate (Granikov) uurimised näitasid, et juustuvalmistamise mehhaniseerimise puhul on kõige sobivamaks juustu kujuks silinder, mille pikkus (kõrgus) on kolm korda suurem läbimõõdust.

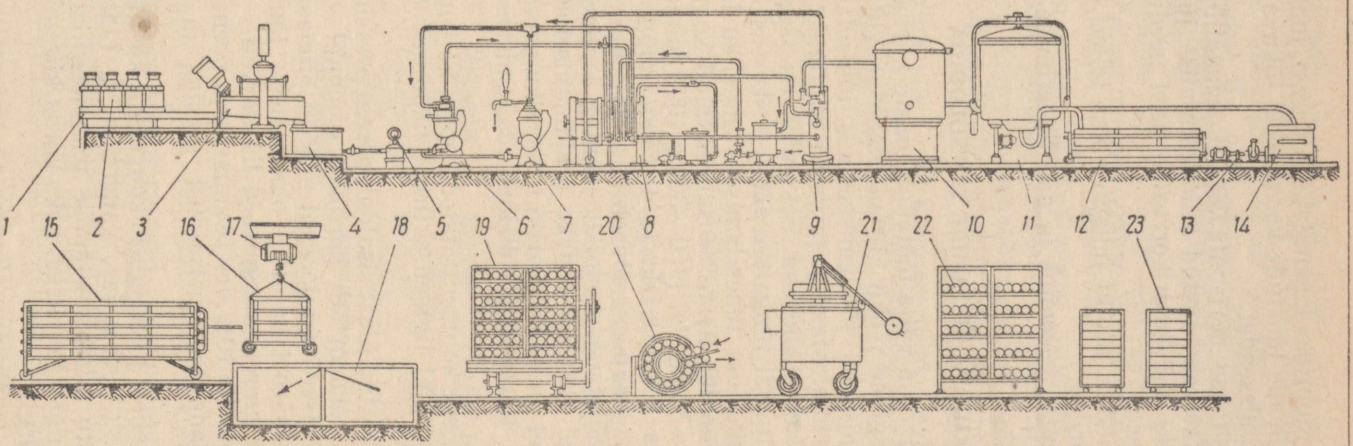
Sellekujulisena töötati välja kõrgtemperatuurilise järelsoojendusega nõukogude juustu tüüpi pressjuustud (kubani), madaltemperatuurilise järelsoojendusega hollandi tüüpi juustud (jaroslavi), isepressivad limakihiga kaetud läti tüüpi juustud (krasnodari) ja dorogobuži tüüpi pehmed juustud (kalinini).

Silindrikujulise juustu pikaajaline tööstuslik katsetamine korraldati Krasnodari krai ning Kalinini ja Jaroslavi oblasti juustutööstustes.

Silindrikujulistele unifitseeritud juustudele on kinnitatud vastavad riiklikud standardid.

Tehnoloogilise skeemi kohaselt (joonis 62) vastuvõetud piim puhastatakse, pastöriseeritakse ja seejärel juhitakse juustutsehhi kas töötlemiseks või valmimiseks piimahoidlas.

Piima kalgendamiseks ja kalgendi töötlemiseks kasutatakse perioodiliselt töötavaid hermeetilisi juustuvalmisteid. Valmis tera vormitakse ümbervalamismeetodil erilistes vormimisseadmetes.



Joonis 62. Unifitseeritud kujuga juustude valmistamise tehnoloogilise protsessi skeem:

1 — piimakannud; *2* — rulltee; *3* — kaalud; *4* — vastuvõtupaak; *5* — piimamõõtja; *6* — piimapuhasti; *7* — koorelahuti; *8* — pastöriseerimisseade; *9* — jahuti; *10* — piima valmimise tankid; *11* — juustuvalmistid; *12* — liikuv ümberpööratav pehme juustu vormimise laud; *13* — pump; *14* — liikuv kõva juustu vormimise seade; *15* — horisontaalne pneumaatiline press; *16* — konteiner juustu soolamiseks; *17* — telfer; *18* — soolamisbasseinid tsirkuleeriva soolveega; *19* — liikuv riiul ümberpööratavate riiulilaudadega; *20* — silindrikujuliste juustude pesemise masin; *21* — elektrisoojendusega parafineerimisseade; *22* — statsionaarne riiul; *23* — liikuvad vankrid.

Pehmete juustude vormimiseks kasutatakse liikuvat, ümberpööratavat vormimislauda, kõvade juustude vormimisel liikuvat, vibraatoriga varustatud vormimisseadet.

Kõva juustu pressitakse horisontaalsel pneumaatilisel pressil. Pressimise järel asetatakse juustud silindrikujulise juustu riiulitele ja lastakse tõstuki abil keldrikorrusele, kust need telferi abil soolamisruumi viiakse.

Soolamise järel viiakse riiulid juustuga kas telferi või elektrikäruga käärimiskambrisse.

Silindrikujulise juustu pesemine ja parafineerimine on mehhaniseeritud.

JUUSTU KIIRVALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

ЦНИИМС-i töötajad on välja töötanud juustu kiirvalmistamise tehnoloogia. Tehnoloogilise tsükli kiirendamine saavutatakse kalgenemiskestuse ja kalgendi töötlemiskestuse lühendamise arvel kaltsiumkloriidi, naatriumfosfaadi ja juuretise suurendatud koguste juustupiimasse lisamise tulemusena. Sel puhul on laapimiskestus 10—12 minutit ja kalgendi ning tera töötlemiskestus 35 minutit.

Piima kalgenemiskestuse lühendamiseks hariliku laabikoguse puhul (2,5 g/100 l piimale) lisatakse suurendatud koguses $CaCl_2$ (50 g/100 l piimale) ja NaH_2PO_4 (150—300 g 100 l piimale). Piima pH alaneb sealjuures 6,5-lt 6,1-le ja tiitritav happesus tõuseb 18°—42° Th-ni. Vadaku happesus tõuseb kuni 34° Th-ni.

Geeli sünereesi mõjutava vesiniku ioonide kontsentratsiooni suurenemise tagajärjel kiireneb vadaku eraldumine kalgendist ja terast. Tera töötlemisel on vadaku pH-6,1, hariliku protsessi puhul on see aga 6,4. Selle tulemusena lüheneb töötlemiskestus tunduvalt.

Vesiniku ioonide kõrge kontsentratsioon püsib ka vormimisel ja pressimisel. Valmimise ajal ligineb aktiivne happesus (pH) siiski normaalsele (5,5).

Kiirmeetodil valmistatud juust sisaldab pärast pressimist piimasuhkrut 0,25% võrra rohkem kui harilikul meetodil valmistatud juust. Lühikese töötlemiskestuse jooksul ei jõua piimasuhkur käärida piimhappeks, mispärast vajaliku omadustega juustu saamiseks tuleb suurendada juuretise kogust ja lisada vett.

Piimale 5% ja vadakule 10% vee lisamisega ja peene tera seadmisega saab vähendada suhkrusisaldust juustus ja saavutada vajalik happesus.

1956. a. rahvusvahelisel piimanduse kongressil käsitleti Walteri jt. (USA), Czulaki jt. (Austraalia), Yamamoto jt. (Jaapan) ettekannetes tšedari juustu kiirvalmistamise tehnoloogilist protsessi.

Tootmisprotsess kulgeb tavalisest kaks korda kiiremini alljärgnevate normatiivide järgi.

15 sekundit 72°-se temperatuuri juures pastöriseeritud ja 30°-ni

jahutatud piimale lisatakse juuretisi, mis koosnevad piimhappebakterite puhaskultuuridest ja aktiivsetest ning soojuse ja keedusoola mõjule vastupidavatest *Str. durans*'i kultuuridest. Piima happesus tõstetakse 0,1 n kloorvesinikhappe (HCl) lisamisega kuni 0,20%-ni, piimhappele ümberarvutatult. Piima laapimine kestab 20—30 minutit.

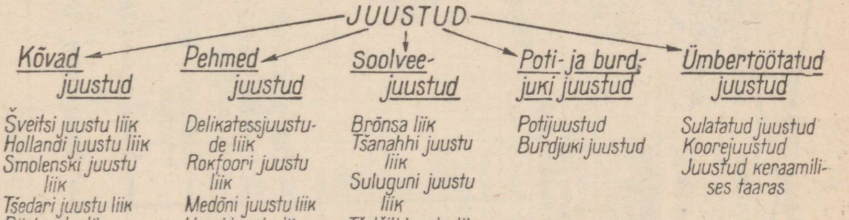
Järelsoojendus algab 15 minutit pärast kalgendi lahtilõikamist. Tera töötlemine lõpetatakse, kui vadaku happesus on tõusnud 0,17% (piimhappele ümberarvutatult), s. o. kui alghappesus (0,135%) on tõusnud 0,035% võrra. Kalgendi töötlemist reguleeritakse järelikult piimhappeprotsessi arenemise järgi (vadaku happesuse järgi). Kalgend peenestatakse, kui vadaku happesus juustumassis on tõusnud 0,45%-ni, piimhappele ümberarvutatult.

Soolatud juustumassi vormitakse soolases vadakus või vees temperatuuriga 43° C. Pressimise ajal peab juustu pH olema 5,1—5,3. Juustu töötlemine kuni pressimiseni kestab ainult 3 tundi hariliku töötlemise 5,5—6,5 tunni asemel.

ÜKSIKUTE JUUSTULIIKIDE VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

JUUSTUDE LIIGITAMISE PÕHIMÕTTED

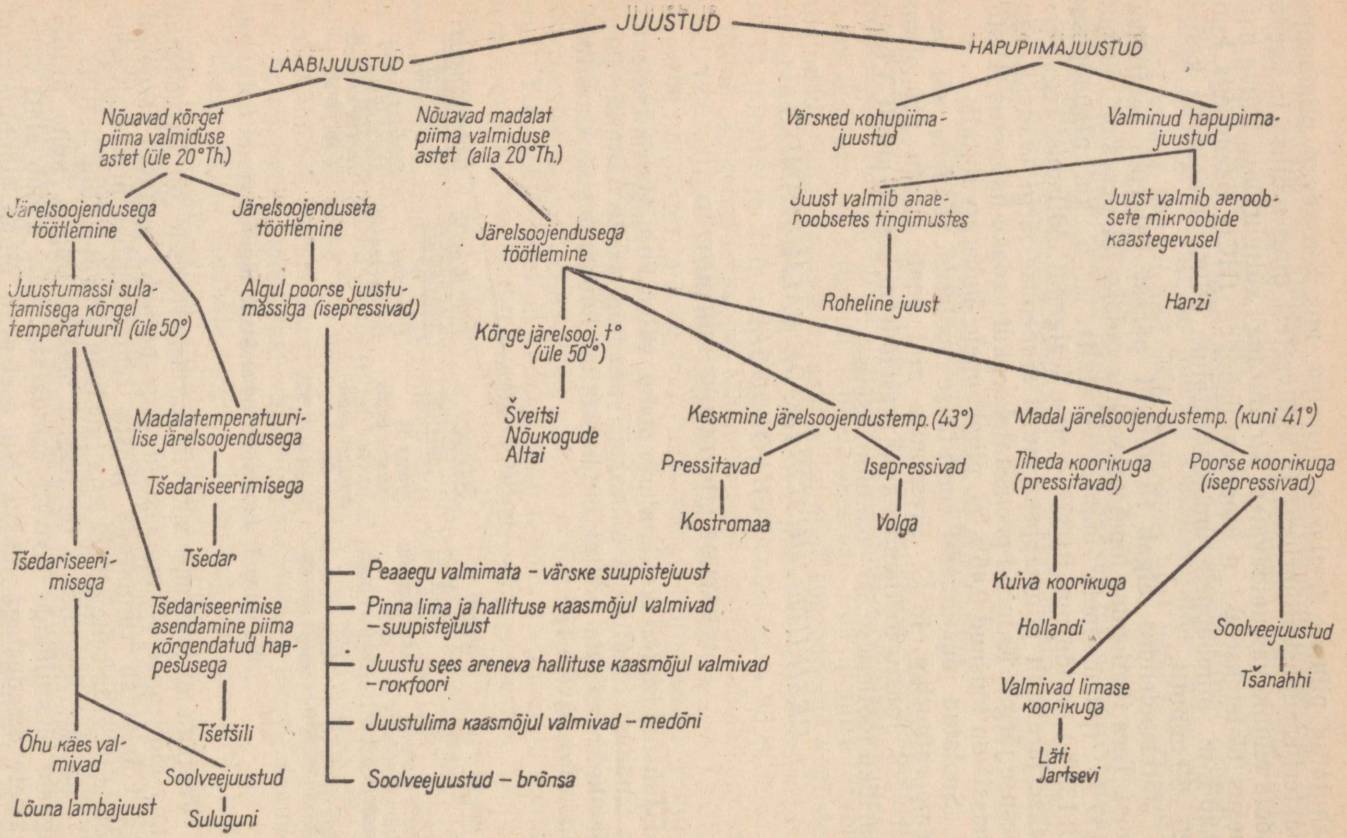
Juustud liigitatakse kaalu ja mahu, välise kuju, kooriku seisundi ja omaduste, maitse ja lõhna, värvuse ning teiste näitajate järgi. Nende erinevuste põhjal on koostatud kaubanduslik klassifikatsioon (vt. skeem 1).



Skeem 1. Juustude kaubanduslik liigitus.

Vaatamata juustude suurele mitmekesidusele on kalgenenud piima töötlemise põhimomendid väga paljudel juhtudel sarnased. See võimaldab rühmitada juustu tehnoloogilise protsessi põhimõtete järgi ja selle alusel teha juustude tehnoloogiline liigitus.

Juustude liigitamine on teatud määral tinglik, kuna mitmesuguste juustuliikide üksikute esindajate vahel leidub alati vahepealsete omadustega juustu. Nii asetsevad piima kombineeritud


JUUSTUD
LAABIJUUSTUD
HAPUPIIMAJUUSTUD
Nõuavad kõrget piima valmiduse astet (üle 20°Th.)
Nõuavad madalat piima valmiduse astet (alla 20°Th.)
Värsked kohupiima-juustud
Valminud hapupiima-juustud
Järelsoojendusega töötlemine
Järelsoojendusega töötlemine
Järelsoojendusega töötlemine
Juust valmib anaeroobsetes tingimustes
Juust valmib aeroobsete mikroobide kaastegevusel
Juustumassi sulatamisega kõrgel temperatuuril (üle 50°)
Algul poorse juustumassiga (isepressivad)
Roheline juust
Harzi
Kõrge järelsooj. t° (üle 50°)
Madalatemperatuurilise järelsoojendusega
Keskmine järelsoojendustemp. (43°)
Madal järelsoojendustemp. (kuni 41°)
Šveitsi Nõukogude Altai
Tšedariseerimisega
Pressitavad
Isepressivad
Tiheda koorikuga (pressitavad)
Poorse koorikuga (isepressivad)
Kostromaa
Volga
Tšedariseerimisega
Tšedar
Peaaegu valmimata – värske suupistejuust
Pinna lima ja hallituse kaasmõjul valmivad – suupistejuust
Kuiva koorikuga
Tšedariseerimise asendamine piima kõrgendatud happesusega
Juustu sees areneva hallituse kaasmõjul valmivad – rokfoori
Hollandi
Soolveejuustud
Tšanahhi
Tšetšili
Juustulima kaasmõjul valmivad – medõni
Valmivad limase koorikuga
Õhu käes valmivad
Soolveejuustud
Soolveejuustud – brõnsa
Läti
Jartsevi
Lõuna lambajuust
Suluguni

Piim (I järgu tunnused)

Kalgendumise laad (kalgendusagent)				Laabiga										Happega				Laabi ja happega									
Piima valmiduse aste (happesus enne kalgendumist)				kõrge >22°Th				keskmine 20-22°Th				madal <20°Th				madal <20°Th				kõrge >22°Th				keskmine 20-22°Th				madal <20°Th			
Järelsoojenduse temperatuur				kõrge	keskmine	madal	ilma sooj.	kõrge	keskmine	madal	ilma sooj.	kõrge	keskmine	madal	ilma sooj.	kõrge	keskmine	madal	ilma sooj.	keskmine	madal	ilma sooj.	keskmine	madal	ilma sooj.	keskmine	madal	ilma sooj.	keskmine	madal	ilma sooj.
Juustu mass (II järgu tunnused)	Õhu käes valmivad	Kuiva koorikuga pestavad	Pressitavad	Ilma massi valmim.	3	×	×	–	3	×	×	–	2	1	1	–	22	×	×	–	×	×	–	×	×	–	×	×	–
				Massi sulatam.	×	10	×	–	×	×	×	–	×	×	×	–	–	–	–	–	×	×	–	×	×	–	×	×	–
			Isepressivad või nõrgalt pressitavad	Ilma massi valmim.	–	×	×	×	–	×	×	×	–	×	4	×	×	×	–	–	×	×	×	×	×	×	×	×	×
				Massi sulatam.	×	×	×	–	×	×	×	–	×	×	×	–	–	–	–	–	×	×	–	×	×	–	×	×	–
				Hallituse arenemisega juustus	–	–	–	×	–	–	–	×	–	–	–	×	–	–	–	×	–	–	×	–	–	×	–	–	×	–
		Poorse lõimase koorikuga	Isepressivad või nõrgalt pressitavad	Ilma massi valmim.	–	×	×	7	–	6	5	×	–	×	×	×	×	×	×	16	×	×	×	×	×	×	×	×	×
				Hallituse arenemisega juustus	–	–	–	9	–	–	–	×	–	–	–	×	×	×	×	×	–	–	×	–	–	×	–	–	×
				Hallituse arenemisega juustu pinnal	–	–	×	8	–	–	×	×	–	–	×	×	–	–	×	17	–	×	×	–	×	×	–	×	×	×
		Kestas (riie, nõu jne.)	Pressitavad	Ilma massi valmim.	×	×	×	–	×	×	×	–	×	×	×	–	×	×	×	×	×	×	–	×	×	–	×	×	–
				Tšedariseerimisega	–	×	×	–	–	×	12	–	–	×	×	–	–	–	–	–	×	×	–	×	×	–	×	×	–
				Massi sulatamis.	×	10	×	–	×	×	×	–	×	×	×	–	–	–	–	–	×	×	–	×	×	–	×	×	–
			Isepressivad või nõrgalt pressitavad	Ilma massi valmim.	×	×	×	×	–	18	19	×	19	19	19	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
				Tšedariseerimisega	–	×	×	–	–	×	×	–	–	×	×	–	–	–	–	–	×	×	–	×	×	–	×	×	–
				Hallituse arenemisega juustu pinnal	×	×	–	–	×	×	–	–	×	×	–	–	×	×	×	×	×	×	–	×	×	–	×	×	–
	Soolvees valmivad			Ilma kalgendi töötlemiseta, (isepressivad	–	–	–	×	–	–	–	20	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	×	–	–	×	–	–	×
				Kalgendi töötlemisega, pressitavad	–	×	×	–	–	×	13	–	–	×	×	–	–	–	–	–	×	×	–	×	×	–	×	×	–
				Massi tšedariseerimisega või sulatam.	14	–	–	–	×	–	15	–	×	–	×	–	–	–	–	–	–	×	–	–	×	–	–	×	–
				Ilma valmimiseta	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21	21	21	21	–	–	×	–	–	11	–	–	×	–

1 Hollandi, jaroslavi, kostromaa, stepi
2 Nõukogude, šveitsi, altai, moskva, kubani
3 Sbrinz, kaukaasia riivjuust, mägialtai riivjuust
4 Uglitši
5 Jartsevi, läti, krasnodari
6 Volga
7 Limburgi (dorogobuži) medõni, kalinini
8 Smolenski, camembert (suupiste)
9 Rokfoor ja tema teisendid
10 Cacio cavallo (lõuna)
11 Teejuust
12 Tšedari ja tema teisendid
13 Tšanahhi, tušini, kobani
14 Tšetšili
15 Suluguni
16 Harzi
17 Hallitusega kohupiimajuustud
18 Daralagjazi
19 Motal
20 Brõnsa lehmapiimast
21 Kohupiim ja kohupiimamass
22 Roheline juust (mass valmib enne vormimist)

Kodumaises sortimendis olevad juustud on märgitud arvudega

× Võimalikud variandid
– Mitteotstarbekohased, võimatud või kahtlased variandid

kalgendamisel piimhappe käärimise ja laabi toimel valmistatud juustud tüüpiliste laabi- ja hapupiimajuustude vahepeal.

Juustu liigitamine [1] tehnoloogilise protsessi erinevuse järgi (vt. skeem 2) võimaldab kergemini omandada ükskõik millise uue juustuliigi tehnoloogiat, kui on kindlaks tehtud, kuhu ta kuulub liigituse skeemis.

NSV Liidus koostasid juustude liigituse skeemi D. Bubnov, A. Koroljov, I. Gissin ning ka ЦНИИМС.

Juustu liigituse skeemidest on tehnoloogiliste tunnuste järgi kõige rohkem põhjendatud A. Koroljovi koostatud skeem. Selle skeemi aluseks on põhilised töötlemisvõtted, millega reguleeritakse juustu valmimise otsustavaid tegureid — juustumassi niiskust ja mikrofloora arengut. Sellisteks tehnoloogilisteks võteteks on valgu sadestumise meetod, piimhappe käärimise protsessi arengu aste või piima valmidus töötlemistemperatuuri režiim, juustust vee eraldumine pressimisel, eri mikrofloora kasutamine juustu valmimisel ja juustu soolamise viis ning määr. Eraldi tuuakse ära naturaaljuustu ümbertöötamisel saadud juustude rühm.

Samal põhimõttel on koostatud ka Gissini liigituse skeem (vt. skeem 3). Selles jagatakse kõik juustude tunnused kahte rühma. Esimesesse rühma kuuluvad enne juustu vormimist kasutatavad tehnoloogilised võtted, nimelt piima valmiduse aste ja kalgendamise viis ning kalgendi töötlemise temperatuur. Juustu valmimisega seoses olevad tunnused, nagu kooriku seisund, pressimisviis, soolvees valmimine jne., kuuluvad tunnuste teise rühma.

32. PEATÜKK

KÕVA LAABIJUUSTU VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

ISEPRESSIVAD KÕVAD JUUSTUD

Sellesse rühma kuuluvad jartsevi [2] ja läti juust. Maitse ja lõhna poolest on neile ligidalt sarnased volga ja aragatsi juust.

---

[1] Skeemis 2 on rida juustude nimetusi toodud uue nomenklatuuri järgi. Muudetud on järgmiste juustude nimetused:

Endine nimetus	Uus nimetus
gouda	kostromaa
tilsiti	jartsevi
bakšteini	läti
grüjääri	altai (suur)
limburgi	dorogobuži
kamambääri	suupistejuust
cacio cavallo	lõuna lambajuust
pecorino	aragatsi

[2] Jartsevi juust on vastavatest standarditest välja jäetud, seda praegu ei toodeta. (Toimetus.)

Volga ja aragatsi juustu valmistamisel kasutatakse pressimist, kuid seda tehakse nii, et juustu pinnakiht liiga ei tiheneks. Seepärast valmivad need juustud nagu isepressivad juustud. Lisaks sellele on volga ja aragatsi juustu järelsoojenduse temperatuur kõrgem, mis soodustab termofiilse mikrofloora arengut ja tingib nende juustude maitse erinevuse.

Selle rühma juustudest kuulub enamik kõvade, lima all valmivate juustude liiki. Sellist valmimisviisi tingib sissevalamise teel vormimine ja isepressimine. Nende juustude pind on ebatasane ja poorne. Hallitusseentega infitseerimisest hoidumiseks tuleb poorid limaga kinni määrida.

Kalgendi töötlemise erinevuste, värske juustumassi omaduste ja valmimise järgi on selle rühma tüüpilisemad juustud ligilähedased pehmetele juustudele. Selle rühma juustude veesisaldus on suurem, mille tõttu ka juustumassi maksimaalne happesus on kõrgem kui teistel kõvadel juustudel.

Nende juustude valmistamisel võib ette tulla selline neile mitteomane juustumassi veesisalduse ja happesuse suurenemine, et nad kujunevad tüüpilisteks pehmeteks juustudeks. Sel puhul nad valmivad nagu pehmed juustud, s. o. valmimise algul on neil kohupiimane konsistents, mis pärast muutub elastseks juustumassi ammoniaagiga neutraliseerimise tõttu. See muutumine algab pinnakihist ja laieneb juustu sisse nagu pehmetel juustudel.

Jartsevi ja läti juust. Läti juustu valmistamise tehnoloogia töötas välja juustumeister Gratšev. Jartsevi juust erineb läti juustust peamiselt oma kuju poolest.

Jartsevi juust kujutab endast 16 cm läbimõõduga 7—8 cm kõrgust silindrit. Tema kaal on 2—2,3 kg. Läti juust on madala kangi kujuline. Tema alus on 17×17 cm mõõdetega ruut ja kõrgus 7—8 cm, kaalub 2,2—2,6 kg.

Nende juustude valmistamiseks kasutatakse keskmise valmimisastmega piima[1], mille happesus on 18—20° Th. Piimahappe käärimise protsessi intensiivistumiseks peab piim kalgendi töötlemise algul kalgenema 30—40 minuti jooksul. Kui piim ei ole küllaldaselt valminud, tuleb kalgendamisprotsessi pikendada 60 minutini. Keskmine kalgendamistemperatuur on 31—32° C.

Toorele või osaliselt pastöriseeritud piimale, mille happesus ei ületa 20° Th, lisatakse kuni 0,5% juuretist. Kasutatakse kas ainult piimhappestreptokokkide puhaskultuuride või kombineeritud juuretist, mille koostisse kuuluvad ka piimhappekepikesed. Pastöriseeritud piimale lisatakse ainult kombineeritud juuretist.

Laapimisel saadud kalgend peab olema vajalikult tihe. Saadud

---

[1] Juustu valmistamise tehnoloogia kirjelduses on antud standardi järgi lubatud rasvasusega juustude tehnoloogilise protsessi kekmised normid. Neist erineva rasvasusega juustude valmistamisel tuleb valida neile tingimustele vastavad normid.

kalgend lõigatakse vertikaalseteks prismadeks ja jäetakse niikauaks seisma, kuni tema pind kattub vadakuga.

Tera on suurem (6—8 mm). Peene tera (3—4 mm) seadmisel saadakse hollandi juustuga sarnanev juust, lima tekib vähe ja sellele juustule karakteerset lõhna on nõrgalt tunda. Liiga suure tera seadmisel võib saada kõva juustu kohta liiga kõrge happesusega juustu. Mõlemal puhul saadud juust pole tüüpiline jartsevi juust.

Järelsoojendust alustatakse 20—30 minutit pärast kalgendi lahtilõikamist. Selleks ajaks peab olema tera seatud ja tunduval määral kuivatatud. Järelsoojenduse temperatuur kõigub 37—39° C vahel. Soojendamine kestab 10—15 minutit ja sellele järgnev segamine mitte üle 10 minuti. Kalgendi töötlemine, alates kalgendi lõikamisest kuni segamise lõpuni pärast järelsoojendust, kestab 40—50 minutit. Kui juustu valmistatakse vähe valminud piimast, pikeneb kalgendi töötlemise aeg tunduvalt.

Vadaku äravoolu hõlbustamiseks asetatakse juustuvormid äärisega restlauale, mis on kaetud kahekordse puuvillriidega (serpjankaga). Et säilitada juustul õige kuju ja osaliselt kergendada vadaku äravoolu, pööratakse juust pärast vormimist aeg-ajalt ümber.

Jartsevi ja läti juustu soolatakse kuiva soolaga sissehõõrumise teel 5 päeva jooksul.

Gaasi liiga tugeva tekkimise vältimiseks hoitakse soolatud juustud üks kuu jahedas keldris, mille temperatuur on 12° ja õhu niiskus 92%, seejärel viiakse nad üle sooja keldrisse (15°). Kuid sellise režiimi juures võib juhtuda, et juustulima mikrofloora ei ole küllaldane juustu valmimiseks. Pastöriseeritud piimast valmistatud juustu hoitakse pärast soolamist soojas ja seejärel jahedas keldris.

Juustu hõõrumist alustatakse 5.—7. päeval pärast soolamise lõpetamist. Juustu hõõrutakse algul 1—2 päeva tagant ja pärastpoole 3 päeva tagant.

Lima tekib juustu pinnale teisel nädalal pärast soolamist, kuid soojas keldris ja nõrgema soolamise puhul mõnikord ka varem. Lima hulk algul suureneb. Valmimisaja teisel poolel muutub juustulima paksemaks, hakkab kuivama ja juustu ebatasasele koorikule tekib pastataoline kleepuv kiht, mis kaitseb koorikut hallituse eest.

Kuivanud limaga juust mähitakse paberisse või pärgamiini ja pakitakse vaherestidega kastidesse.

Jartsevi ja läti juustu realiseeritakse kahe kuu vanuselt.

MADALTEMPERATUURILISE JÄRELSOOJENDUSEGA KÕVAD PRESSJUUSTUD

Siia rühma kuuluvad järgmised juustud: hollandi (kera- ja leibjuust), kostromaa, lilliput, jaroslavi, stepi ja uglitši.

Neile juustudele on iseloomulik suhteliselt madaltemperatuuriline järelsoojendus (38—41° C).

Seda liiki juustud pressitakse võrdlemisi suure survega, kusjuures nad on tingimata mähitud pressimisriidesse.

Selle tulemusena tekib juustule tihe pinnakiht, millest pinnal tekkivate ainete, peamiselt ammoniaagi, läbitungimine on raskendatud. Samal põhjusel väheneb juustu pinnal arenevate aeroobsete mikrobioloogiliste protsesside mõju juustu valmimise protsessile.

Juustu pesemisega eemaldatakse juustu pinnalt lima ja alandatakse koorikukihi soolasisaldust ja happesust, millega raskendatakse lima tekkimist juustu pinnale.

Nende juustude tüüpilised omadused on tingitud juustumassi suhteliselt madalast happesusest, juustulima eemaldamisest, kõrgest soolasisaldusest ja nõrgast termofiilse mikrofloora arengust.

Hollandi juustud. Hollandi kerajuustu valmistamine algas Venemaal XIX sajandi 70-ndatel aastatel. Venemaal muudeti hollandi juustu valmistamise tehnoloogiat, mille tõttu tema maitse ja konsistentsi omadused olid meil tunduvalt erinevad Hollandis valmistatud juustude vastavatest omadustest.

Hollandi juustu valmistatakse 17—19° Th happesusega piimast. Hollandi juustu valmistamisel toorpiimast hakati piimhappestreptokokkide kultuure kasutama varem kui ühegi teist liiki juustu valmistamisel. Algul kasutati selleks nõndanimetatud venivat vadakut. Käesoleval ajal kasutatakse toorpiima puhul piimhappestreptokokkide kombineeritud kultuuride juuretist, toor- ja pastöriseeritud piimale aga piimhappestreptokokkide ja mesofiilsete piimhappekepikeste kultuuride juuretist.

Toorpiimale lisatakse juuretist 0,1—0,2%, pastöriseeritud piimale 0,2—0,5%.

Kui toorpiimas, mille happesus on üle 19° Th, on arenenud piimhappestreptokokkide tugevad tüved, siis võib juuretis esile kutsuda üleliigse happesuse tõusu, mille tulemusena halveneb juustu kvaliteet.

Normaalse valmidusega piima laapimistemperatuur on 32—34° C. Üle 30 minuti laabitakse ainult nõrgalt valminud piima, samuti piima, mille kaltsiumisisaldus on kõrge. Lühiajalisel (alla 30 min) laapimisel saadakse küllaltki madala happesusega juustumass. Kalgend peab olema keskmise tihedusega.

Rasvaste hollandi juustude juures kõigub juustutera suurus 3—6 mm piires, olenevalt sellest, kas vadaku eraldumist on vaja kiirendada või aeglustada.

Järelsoojendust alustatakse varem kui teiste kõvade juustude puhul, mõnikord tehakse seda kohe pärast tera seadmist. Sellega püütakse alandada juustu happesust ja suurendada juustutaigna siduvust.

Järelsoojendamisega tõstetakse juustumassi temperatuur ligikaudu 40°-ni.

Soojenenud massi segatakse seni, kuni tera omandab küllaldase elastsuse ja kaotab kleepuvuse pressimiseks vajalikul määral.

Segamine lõpetatakse kohe, kui leitakse, et tera on küllalt kuiv. Vanni põhja sadenev tera lükatakse kokku plasti moodustumise kohal. Plasti pressitakse puit- või metallplaatidega. Kokkupressitud plasti paksus on 12—13 cm.

Kokkupressitud plast lõigatakse juustu kaalule vastavateks tükkideks. Et saada vajaliku kujuga juustu, asetatakse juustutükid vormidesse ja pööratakse neid lühikeste vaheaegade järel mitu korda ümber. Juustud markeeritakse kaseiinist numbritega, mis näitavad valmistamise kuupäeva ja vanni numbrit. Seejärel pressitakse juustu vastavate presside all. Beloussov esitas järgmise pressimisrežiimi:

juustuplasti eelpressimine vannis	kuni 30 min,
pressimisriidesse asetatud juustu isepressimine vormides	60 min,
pressimine survega 30:1	30 min.

Sellise pressimisviisi juures on suur osatähtsus eelpressimise alt tulnud juustuplasti isepressimisel. Isepressimisel on tingimata vaja teha juustupinnale drenaaž, et vadakut kiiremini eraldada. Hollandi juustu sellise pressimisrežiimi juures saab vähendada presside arvu, kuid sealjuures on vaja hoolega jälgida pressimist, samuti peab piim olema hea kvaliteediga.

Soojal aastaajal asetatakse pressitud juust jahtumiseks ja kahjuliku mikrofloora arenemise pidurdamiseks 3—4 tunniks külma vette (5—6° C).

Siia rühma kuuluvate juustude soolvees soolamine kestab 7—10 päeva, kui soolamisruumi temperatuur on 10—12° C.

Pärast soolamist hoitakse juustu esimesed 10—15 päeva madalas temperatuuris (10—12° C). Harilikult hoitakse teda sel ajal soolamisruumis. 2—3 päeva järel pööratakse juustud ümber. Kui juustupinnale tekib lima ja hakkab arenema hallitus, pestakse juustu, võetakse ette kuumtöötlemine ja paigutatakse juust käärimiskeldrisse, mille temperatuur on 14—16° C ja õhu relatiivne niiskus 90—92%. Juustu pestakse iga 10—12 päeva järel. 40—45 päeva vanune juust paigutatakse kuiva (õhu niiskus 88—90%) ja jahedasse (10—12° C) laokeldrisse ja jätkatakse selle perioodilist pesemist. Pärast pesemist kastetakse juustud 75—80° C-sse kuuma vette.

Kooriku moodustumise ja kuivamise järel juust parafineeritakse.

Sellesse rühma kuuluvad juustud, peale kostromaa juustu, pakitakse restidega varustatud kastidesse. Kostromaa juust pakitakse puutrumlitesse.

ЦНИИМС on teinud ettepaneku kasutada kostromaa juustu valmistamisel juuretist, mis koosneb *Str. lactis*'e ja aroomitekitajatest *Str. diacetilactis*'e ja *Str. paracitrovorus*'e tüvedest, mis annavad juustule hästi väljakujunenud maitse ja aroomi. Seoses sellega peab piima kalgendamise temperatuur olema 32—34° C ja kalgendamise kestus 25—30 minutit. Tera suurus on 4—5 mm. Olenevalt juustutera omadustest tõstetakse 10—15 minuti jooksul järelsoojenduse temperatuur 40—43° C-ni. Juustu valmimise juures on suur tähtsus tema veesisaldusel pärast pressimist ja sellega seotud aktiivsel happesusel. Kostromaa juustu veesisaldus peab pärast pressimist olema 41—43%. Et saada pehmema konsistentsiga juustu, võib üksikuil juhtumeil tema veesisaldus olla kuni 45%.

Vadakut soovitatakse veega lahjendada, mille tõttu väheneb piimasuhkrusisaldus juustu vesifaasis. Vett lisatakse 10% töödeldava piima kogusest. Juustumassi optimaalne pH on pärast pressimist 5,6—5,8, 10 päeva järel 5,20—5,25, ja valmis kostromaa juustul 5,35—5,40. Selline happesus tagab normaalsete omadustega juustu saamise.

Stepi juust sarnaneb kostromaa juustuga, kuid erineb sellest veidi hapukama ning soolasema maitse ja pehmema konsistentsi poolest. Stepi juustu valmimisel toimuvad biokeemilised protsessid on sarnased kostromaa juustus toimuvate protsessidega.

Stepi juustu tehnoloogia on välja töötatud selliselt, et saada kõrgema vee- ja soolasisaldusega juustu. See saavutatakse peamiselt suurema tera seadmise ja pikema soolamiskestusega.

KÕRGTEMPERATUURILISE JÄRELSOOJENDUSEGA KÕVAD PRESSJUUSTUD

Siia rühma kuuluvad nõukogude, moskva, šveitsi ja altai juust.

Šveitsi ja altai juust on madala silindri kujulised. Selline kuju tagab kõige paremini juustumassi õige pressimise. Peale selle vastab niisugune kuju kõige rohkem ümmargusest katlast juustulinaga väljavõetava plasti kujule. Sellise kujuga juustude puuduseks on nende suur kaal ja juusturiiulite puudulik ärakasutamine. Moskva juust on silindrikujuline ja kaalub 6—8 kg, nõukogude juust kangikujuline ja kaalub 12—16 kg.

Kõrge järelsoojendustemperatuur annab pressitava juustumassi suhteliselt pikaajalise jahtumise juures juustukepikese elutegevusest tingitud bakteriaalsetele protsessidele erilise suuna. Juustukepikese areng suureneb kõrges temperatuuris (18—25° C), mis valitseb keldris, kus peamiselt toimub juustu käärimine. Tänu eriti tugevasti kokkupressitud juustumassile, nõrgale sooldumi-

sele, suhteliselt madalale happesusele ja kõrge temperatuuri juures valmimisele areneb neis juustudes propioonhappe käärimine. Selle käärimisprotsessi puhul tekib rohkesti süsihappegaasi, mille mõjul seda tüüpi juustudel kujunevad suured augud.

Selle rühma valmisjuustude augustus koosneb suurtest ümmarguse või ovaalse kujuga aukudest. Juustutaigen on küllalt tihe, kuid seejuures õrn, maitse on parakaseiini sügava lagunemise saadustest tingituna omapäraselt terav ja magusavõitu.

Šveitsi juust. See on suurimaid juuste, tema raskus on kuni 100 kg, mõnel juhul isegi kuni 130 kg. Kõige sagedamini valmistatakse juustud 60—80 kg raskused. Juust on silindrikujuline, läbimõõduga 70—90 cm ja kõrgusega 14—18 cm. NSV Liidus on šveitsi juustu tehnoloogiat muudetud, võrreldes Šveitsis kasutatava tehnoloogiaga. Meil soolatakse juustu tugevamini, mistõttu tema maitse on teravam, vähem magus ja augud peenemad.

Šveitsi juustu valmistamiseks valitakse kõige parema kvaliteediga piim.

Kalgendamise alguseks peab piim sisaldama võrdlemisi suurel hulgal piimhappestreptokokke, mis vastab piima happesusele 18—20° Th.

Valminud, 18—20° Th happesusega piima kalgendamise temperatuur on 32° C. Keskmine kalgendumiskestus on 30 minutit. Kõikumised laapimistemperatuuris ja ajas olenevad piima valmidusest ja teistest omadustest. Šveitsi juustu valmistamisel kalgendatakse piima ja töödeldakse kalgendit poolkerakujulistes metallkateldes. Seda tingib vajadus võtta kogu juustuplaat katlast korraga välja.

Kalgendi tükeldamist alustatakse olenevalt kalgendi valmidusest kas kohe pärast kalgenemist või mõni aeg hiljem. Enne tükeldamist keeratakse kalgendi pealmine kiht ümber. Seda tehakse pealmise kihi temperatuuri alumiste kihtide omaga ühtlustamiseks. Kalgend tükeldatakse ja tera töödeldakse lüüra abil.

Prismakujuliseks lõigatud kalgendit töödeldakse järgmiselt: kahe kühviga tõmmatakse lõigatav kalgendi pealmine kiht katla vastasküljelt enese poole. Seda tehakse algul pikkamööda, pärastpoole kiiremini.

Seejärel alustatakse tera töötlemist lüüra abil. Katlasse asetatakse reflektor, et tekitada ringikujuliselt liikuvale vadakule keeris ja vältida juustutera sadenemist katla keskel.

Tera seadmine kestab 20 minutit, tera suurus võetakse 3—6 mm.

Normaalselt valminud piima kasutamisel kestab tera segamine enne järelsoojendamist 30—40 minutit, puudulikult valminud piima juures võib segamine kesta 1 tund ja üle selle.

Olenevalt kuivamise kiirusest lastakse tera enne järelsoojendamist mõni minut rahulikult sadeneda. Seejärel segatakse tera vastava segistiga üles, tükeldatakse kokkukleepunud teratombud ja alustatakse järelsoojendamist.

Järelsoojenduse temperatuuriks võetakse 54—58° C. Soojenda-

misel 45—50° C vahel suureneb tunduvalt juustutera kleepuvus, mis on tingitud sellest, et selles temperatuuris hakkab märg valk sulama. Kui temperatuur on üle 50° C, on märgata valgu suureneva dehüdratatsiooni mõju ja tera kleepuvus väheneb.

Pärast järelsoojendamist jätkatakse kuivatamist kuni tera omandab küllaldase elastsuse ja tugevuse, mis näitab, et vadak on nõutaval hulgal eraldunud ning tera kleepuvus vajalikul määral vähenenud.

Šveitsi juustu valmistamisel esitatakse tera valmidusele palju rangemad nõuded kui madaltemperatuurilise järelsoojendusega juustude valmistamisel. Ülekuivatatud tera liitub halvasti või ei liitu üldse, pressimise ajal ülekuivatatud tera kiht surutakse läbi riide ja liitub sellega tugevamini kui ülejäänud juustumassiga.

Juustuplaat võetakse katlast välja neljakandilise juustulinaga (serpjankaga — hõre puuvillriie), mille üks, vee või vadakuga niisutatud serv keeratakse kaks korda ümber teraslindi. Lina tõmmatakse teraslindi abil juustumassi alla nii, et võimalikult kogu juustumass jääks selle sisse, mille juures ei või plasti purustada ega ümber pöörata.

Riide sees olev juustuplast tõstetakse plokkide abil katlast välja ja toimetatakse kohe, vadaku eraldamist ootamata, rippteed kaudu pressimislauale ja lastakse varem ettevalmistatud silindrikujulisse põhjata vormi. Juustumassi muljutakse vormis käte abil, et ta selle ühtlaselt ja täielikult täidaks.

Pressimise esimesel poolel mähitakse juust märga riidesse (serpjankasse), et ära hoida kooriku enneaegset kuivamist ja võimaldada vadaku jäägi eraldumist. Pressimise teisel poolel vahetatakse iga ümberpööramise ajal märg riie kuiva vastu. Sel ajal vadakut enam ei eraldu ja edasise pressimise eesmärgiks on juustumassi tihendamine.

Esimene ümberpressimine tehakse 5—10 minutit pärast pressimise algust. Selle juures jälgitakse, kas juustu pinna käega silumisel eraldub juustust üksikuid teri, mis on tunnuseks, et tera on küllaldaselt kuiv.

Šveitsi juustu pressitakse 12—16 tundi. Algsurvet — 6 ühikut — suurendatakse pressimise lõpuks kuni 20—30 ühikuni (20—30 kg survet 1 kg juustule). Viimasel ümberpressimisel pressitakse juustu külgpinda sileda pinna saamiseks ilma riideta. Šveitsi juust on värvuselt kollane, peente heledamate täppidega. Et saada šveitsi juustule iseloomulikku suureaugulist augustust, kasutatakse erilisi tehnoloogilisi võtteid, näiteks juustu aeglast soolamist.

Esimesed 2—4 päeva soolatakse juustu märja soola pudruga. Selleks ajaks paigutatakse juust laialivalgumisest hoidumiseks vormi. Vorm niisutatakse seestpoolt veega ja hõõrutakse soolaga kokku. Juustu pealmine riie puistatakse soolaga üle ja piserdatakse veega märjaks.

Soolamise ja valmimise ajaks asetatakse šveitsi juust kuivale

siledaks hööveldatud puukettale (aluslauale), mis kaitseb juustu muljumise ja vigastamise eest.

Pärast kahepäevast vaheaega juustu soolamisel, millal juustu pinnal olev soolvesi laiali hõõrutakse, soolatakse juustu täiendavalt soolvees. Soolamine kestab 8—10 päeva. Soolamiskeldri õhu temperatuur hoitakse 10—12° C piirides, õhu niiskus peab olema 90—92%.

Soolamiskeldris hoitakse juustu pärast soolamist veel 8—12 päeva aluslaudadel. Selle aja kestel pööratakse juust ümber ülepäeviti ja hõõrutakse kuiva riidega. Pärast seda paigutatakse juust käärimiskeldrisse, kus algab ja toimub juustu peamine käärimisprotsess, mille tulemusena tekivad juustus augud. Käärimise lõpuks peab olema gaasi tekkimine juustu massis lõppenud, vastasel korral on augustus vigadega (lõhed).

Juustumassi temperatuuri tuleb muuta järk-järgult, sellepärast asetatakse käärimiskeldrisse viidud juust algul alumisele riiulilauale, kus temperatuur on 2—3° C võrra madalam. Käärimiskeldri temperatuur võib olla 18—25° C, õhu niiskus 92—93%.

Käärimiskeldris seisab juustu kooriku eest hoolitsemine selles, et juust ülepäeviti ümber pööratakse, pestakse, kuiva rätikuga üle hõõrutakse ja juustu pealmine pind kuiva peene soolaga üle puistatakse. Sool lahustub mõne tunni jooksul. Tekkinud soolveepisarad hõõrutakse üle kogu juustupinna laiali pikavarrelise harjaga. Käärimiskeldris soolatakse juustu 10—15 korda.

Käärimiskeldris viibimise aja jooksul peab juustule tekkima tihe vastupidav koorik. Et koorik kuivaks ühtlaselt, selleks hoitakse juustu puhastel kuivadel ketastel.

Käärimiskeldris hoitakse juustu 1—1,5 kuud, mõnikord ka kauem. Juustu töödeldakse (pestakse, soolatakse, pööratakse ümber) ja koputatakse läbi ülepäeviti.

Kui gaasi tekkimine lakkab, mida juustumeister peab jälgima juustu läbikoputamisega iga pööramise ajal, viiakse juust käärimiskeldrist jahedasse (12—15° C) laokeldrisse, mille õhu niiskus on umbes 90%. Selles keldris hoitakse juustu kuni täieliku valmimiseni. Siin seisab juustu hooldamine pesemises ja hõõrumises.

Šveitsi juustu valmimise kestus on 4—10 kuud, keskmiselt 6 kuud.

Nõukogude juust. 1930.—1932. aastal töötasid ВНИМИ teaduslikud töötajad Granikov jt. välja nõukogude juustu valmistamise tehnoloogia šveitsi juustu valmistamise tehnoloogia alusel.

Nõukogude juustu mõõtmed on: pikkus 48—50 cm, laius 18—20 cm, kõrgus 12—17 cm ja kaal 12—18 kg.

Nõukogude juust valmistatakse pastöriseeritud piimast. Osa piima (10—15%) jahutatakse 22—25° C-ni, lisatakse 0,5—1,0% piimhappestreptokokkide juuretist ja lastakse seista tund aega. Seejärel jahutatakse piim 10—12° C-ni ja hoitakse järgmise päevani. Selle aja jooksul tõuseb piima happesus 2—3° Th võrra.

Peale valminud piima lisatakse pastöriseeritud ja jahutatud piimale 0,2—0,5% piimhappestreptokokkide juuretist ja 0,1—0,3% juustukepikeste juuretist.

Nõukogude juustu valmistatakse suure mahuga ja mehhaaniliste segistitega juustuvannides.

Piima kalgendumine kestab temperatuuril 32—35° C 25—35 min. Tera suurus on 4—6 mm. Tera seatakse 25—30 minuti jooksul. Tera segamine kuni järelsoojendamiseni kestab 15—30 minutit.

Järelsoojendamise temperatuur valitakse 52—56° C piirides. Järelsoojendamine kestab 25—40 minutit, mille jooksul muutub juustutera samuti nagu šveitsi juustu valmistamisel. Järelsoojendamise ajal kontrollitakse vadaku happesust ja selle tugeva tõusu puhul lahjendatakse vadakut veega.

Tera kuivatamine pärast järelsoojendust kestab 40—80 minutit. Tera segamisega kuivatatakse teda sama kleepuvusastmeni nagu šveitsi juustu puhul.

Juustu eelpressimine vannis kestab 20—30 minutit. Pressitud plast lõigatakse vajaliku suurusega kangideks.

Ümbervalamise teel vormimise puhul eemaldatakse umbes 40% vadakut. Järelejäänud juustutera ja vadaku segu lastakse kraani kaudu voolata vormimisvanni. Eelpressimine toimub pressi abil.

Lahtilõigatud juustumassi kangid asetatakse riidega (serpjankaga) kaetud vormidesse. Juustud jäetakse isepressimiseks vormidesse 30 minutiks, millise aja jooksul neid 2 korda ümber pööratakse.

Enne pressimist markeeritakse juustud kaseiinist numbritega. Pressimist alustatakse 6 kg survega 1 kg juustule. Lõpuks suurendatakse survet kuni 30 kg 1 kg juustule. Pressimine kestab 4—6 tundi. Selle aja jooksul pressitakse juustu mitu korda ümber 30 minuti järel, 1 tunni järel pärast esimest ümberpressimist, 1—1,5 tunni järel pärast teist ümberpressimist ja 1—1,5 tunni järel pärast kolmandat ümberpressimist. Alates kolmandast ümberpressimisest võib serpjanka asendada lõuendiga. See võimaldab saada siledama pinnaga juustu.

Pressimise järel asetatakse juust soolvette. Soolamisruumi temperatuur peab olema 8—12°, õhu niiskus 90—92%. Soolamine soolvees kestab 8—10 päeva, kombineeritud soolamine 2 päeva soolapudruga vormides ja 6—8 päeva soolvees. Soolatud juustu kuivatatakse soolamisruumis 4 päeva. Seejärel viiakse juust käärimiskeldrisse.

Käärimiskeldri temperatuur hoitakse 20—25° C piirides ja niiskus 92—94% piirides.

Käärimiskeldris soolatakse juustu täiendavalt kuiva peensoola abil. Soolatakse 8—12 korda üle kahe päeva ja pestakse iga 5 päeva tagant.

Nõukogude juustu hoitakse käärimiskeldris 25—35 päeva. See-

järel paigutatakse ta kuiva jahedasse keldrisse, kus temperatuur hoitakse 12—15° C ja niiskus 87—88% piirides. Selleks ajaks tekib juustule normaalne koorik.

Jahedas keldris juust pestakse, kuivatatakse, markeeritakse standardinõuete kohaselt ja parafineeritakse.

Nõukogude juustu tehnoloogia erinevuste tõttu, võrreldes šveitsi juustu tehnoloogiaga, nagu juustumassi suurem veesisaldus ja kõrgem valmimistemperatuur, valmib ta palju kiiremini (nõukogude juust valmib 4 kuuga).

Riivjuustud. Need juustud kuuluvad kõrgetemperatuurilise järelsoojendusega valmistatavate juustude liiki. Järelsoojenduse temperatuur valitakse 52—60° C piirides. Riivjuustude konsistents on kuiv ja neid on noaga raske lõigata. Toiduks tarvitamisel nad riivitakse pulbriks, millest ongi tuletatud nende nimetus.

Riivjuustu toodetakse väga palju Itaalias, Argentiinas ja teistes Euroopa ja Ameerika maades. Levinumaid riivjuuste on parmesani, sbrinzi, provolone, grana ja pecorino juust. Meil valmistatakse riivjuustu Altais võrdlemisi väikestes kogustes.

Riivjuustude valmistamise tehnoloogia on alljärgnev. Laabi lisamise momendiks tõstetakse piima happesus 20—22° Th valminud piima ja *Str. lactis*'e ja *Bact. casei* tüvedest juuretise juurdelisamise abil. Piim kalgendub 25—30 minuti jooksul. Juustutera töödeldakse peenike, 3 mm läbimõõduga. Kalgendit töödeldakse kõrge temperatuuri juures kuni tera täieliku kuivamiseni. Juustu pressitakse 10—20 tundi ja soolatakse kuni 2 kuud.

Riivjuustud valmivad 1—2 aastat, mõnikord ka kauem. Seejärel võib neid pluss temperatuuri juures säilitada veel mitu aastat.

Et juustud valmimise ajal liiga ei kuivaks, selleks õlitatakse neid mitu korda.

Riivjuustude veesisaldus on väike, neil on teraline struktuur ja harv, nõrgaltarenenud augustus. Valminud juustudel on šveitsi juustule omane kõrbenud pähkli maitse.

Lebedeva andmetel sisaldab aasta vanune riivjuust vett 30%, üldvalku 5,02% ja lahustuvat valku 1,1%. Tema tiitritav happesus on 400° Th ja aktiivne happesus (pH) 5,25. Rasvasisaldus juustu kuivaines kõigub 30—45% piirides, soolasisaldus on 2—4%.

Kuna riivjuustude kvaliteet nende pikaajalise plusstemperatuuri juures hoidmisel säilib ja nad on vastupidavad transportimisel, siis nad levivad kõige enam lõunarajoonides ja mägismaadel.

PRESSIMISELE EELNEVA KÄÄRIMISEGA (TŠEDARISEERIMISEGA) KÕVAD JUUSTUD

Selle juusturühma tüüpilisi esindajaid on tšedari, mägialtai, tšetšili, suluguni ja lõuna lambajuust.

Nende juustude üldiseks iseloomustavaks erinevuseks on see, et

juustumassil tekib enne vormimist omadus soojendamisel sulada ja kuumas 5%-lises keedusoola lahuses lahustuda. Need omadused saab juustumass tšedariseerimisprotsessil, käärimisel, mille tulemusena massi koguneb suur hulk piimhapet, millest ongi tingitud juustu eriline maitse ja konsistents.

Tšedari juust. Tšedari juustu eelkäijaks Venemaal oli tšesteri juust, mida valmistati juba XIX sajandi algul.

Tšedari juust on silindrikujuline, selle läbimõõt on 36—37 cm, kõrgus 28—30 cm ja kaal 30—33 kg. Maitse on tal veidi terav ja hapukas.

Tšedari juustu valmistatakse pastöriseeritud piimast, millele lisatakse 15% valminud piima ja 1% kombineeritud piimhappebakterite juuretist.

32—33° C-ne piim kalgendatakse 30—35 minuti jooksul.

Kalgend lõigatakse kohe vajaliku suurusega teraks (keskmiselt 10 mm). Umbes 25 minutit pärast kalgendi lõikamist alustatakse järelsoojenduse andmist, mida tehakse 35 minuti jooksul. Järelsoojenduse temperatuur valitakse olenevalt tera kuivamisest 40—43° C.

Järelsoojenduse lõpul segatakse massi vannis juustutera vajalikuks kuivamiseks. Kuivatamise lõpuks tõuseb vadaku happesus kuni 16—18 °Th. Kuivatatud juustutera lastakse sadeneda vanni põhja, vadak valatakse kiiresti ära ja juustumass paigutatakse lauale tšedariseerimiseks. Mõnikord tšedariseeritakse vannis, enne vadaku eemaldamist. Tšedariseerimise ajal segatakse juustumassi.

Segamise järel tasandatakse juustumass ühtlaseks 20 cm paksuseks kihiks ja lastakse seista 30 minutit. Seejärel lõigatakse mass 20 cm laiusteks ribadeks ja pööratakse mitu korda ümber.

Tšedariseerimisel tekib juustumassis piimhape ja selle toimel suurel hulgal monokaltsiumparakaseinaati:

$$\underset{\text{Kaltsiumpara-kaseinaat}}{2H_2R(COO)Ca_3} + \underset{\text{Piimhape}}{10C_3H_6O_3} \longrightarrow \underset{\text{Monokaltsiumpara-kaseinaat}}{[NH_2R(COOH)_5(COO)_2]Ca} + \underset{\text{Kaltsiumlaktaat}}{5(C_3HO_3)_2Ca}$$

Tšedariseerimise tagajärjel muutub juustumass pehmeks, venivaks ja kihistub õhukesteks lehesarnasteks liistakuteks, milleks aitab kaasa korduv juustumassi tükkide ladestamine ja laialivalgumine.

Tšedariseerimisprotsessi arengu üheks näitajaks on vadaku happesus, mis pidevalt tõustes on tšedariseerimise lõpul 70—90° Th.

Tšedariseerimise ajal ei tohi juustumassi temperatuur olla alla 30° C.

Tšedariseeritud juustumass peenestatakse erilistes purustites ja soolatakse kuiva puhta peeneteralise soolaga, mida võetakse 2,5—3,5% juustumassi kaalust.

Vormimise ja pressimise ajaks peab juustumass olema jahutatud 25° C-ni.

Tšedari juustu vormimisel kaalutakse ühesugused kogused juustumassi (keskmiselt 38 kg). Erinevalt enamikust teistest juustudest on tšedari juustu mass pressimise momendiks väga palju oma kleepuvusest kaotanud, mispärast teda pressitakse erilistes, vormi mõõtmete järgi õmmeldud, hõredast mitkalist või marlist ümbristes, bandaažides. Tšedari juustu vormitakse ja pressitakse tugevates, tinutatud raudplekist vormides. Pressimiseks kasutatakse mitmesuguse konstruktsiooniga nii vertikaalseid kui ka horisontaalseid presse.

Pressimise kestel pressitakse tšedari juust kolm korda ümber. Juust võetakse pressi alt ära ja korraldatakse bandaaži. Vajaduse korral asetatakse juust 3—5 minutiks kuuma (umbes 50° C) vette ja pressitakse uuesti. Tšedari juustu pressimine kestab 2 päeva, teiste juustudega võrreldes võrdlemisi suure survega, kuni 60 kg 1 kg juustumassile. Surve suurendamine ja pressimise aja pikendamine on tingitud sellest, et tšedari juustu mass on pressimise ajaks jahtunud ja seetõttu tunduvalt kõvenenud.

Tšedari juustu valmimise keldris on kaks ruumi: käärimisruum, mille temperatuur on 12—15° C, ja külm ruum (8—10° C) juustu edasiseks valmimiseks. Tšedari juustu hallitamisest hoidumiseks ei tohi keldri niiskus olla üle 85%.

Käärimiskeldris hoitakse tšedari juustu umbes 7 päeva, selle järel viiakse ta külma keldrisse. Selleks ajaks on juustu koorik küllaldaselt kuivanud ja teda võib parafineerida.

Külmas keldris hõõrutakse juustu kuiva rätikuga pärast parafineerimist ning ka enne seda, ja pööratakse ümber mitte harvemini kui 3 päeva tagant. Keskmise valmiduseni jõuab tšedari juust 5—6 kuu pärast. Tšedari juustu hoitakse juustutööstuse keldrites 1,5 kuud. Ülejäänud aja valmib ta baasis temperatuuril 6—10° C. Tšedari juustud pakitakse kahekaupa silindrikujulisele restile.

LAHJA JUUST

Lahjat juustu valmistatakse poolfabrikaadina sulatatud juustu valmistamiseks.

Lahja juustu valmistamisel eraldub vadak kalgendist tunduvalt kiiremini kui rasvasest juustumassist.

Lahja juustu konsistents on madala happesuse juures suurema siduvusega ja rihmjas.

Rihmja konsistentsiga juust sooldub pikkamööda, tal on kalduvus rikneda gaasi tekitajate bakterite mõjul ja lisaks sellele on sellist juustu raske töödelda.

Hollandi tüüpi lahja juustu valmistamiseks kasutatakse kooritud piima (lõssi), mille happesus on 22—25° Th.

Lõssi kalgendist eraldub vadak palju kiiremini kui piima kalgendist, seepärast pole vajadust seda järel soojendada ja vadaku eraldumist reguleeritakse kalgendamistemperatuuriga.

Lõssi kalgendamistemperatuur valitakse olenevalt juustu soovitavast veesisaldusest. Keskmiselt on see 32° C.

Lõssi kalgendumiskestus oleneb tema happesusest enne kalgendamist. Kui lõssi happesus on 22° Th, kestab kalgendamine 30 minutit, kui happesus on 20° Th ja madalam, siis kuni 1 tund.

Nende lõssi kalgendamistingimuste ja võrdlemisi jämeda tera puhul (kuni 10 mm) kestab tera töötlemine umbes 30 minutit.

Juustu võib vormida mitmel viisil: kas plastist või kuivatatud juustutera vormidesse valamise teel. Juustu valmistatakse mitmesuguse kujuga, näiteks kangikujuline, madala silindri kujuline jne. Lahjat juustu peab pressima, kuna tihe sile koorik on üks tingimusi vigadeta koorikuga juustu saamisel. Riidesse mähitud juustu pressitakse umbes 2 tundi.

Lahja juust soolatakse soolvees. Soolamise kestus oleneb juustu kujust, suurusest, veesisaldusest ja konsistentsist. Võrreldes rasvase hollandi juustuga sooldub samakujuline lahja juust 2—3 päeva võrra kiiremini. Lahja juust valmib hollandi juustuga ühesugustes tingimustes.

Juustumassi suhteliselt kõrge happesus aitab tunduval määral ära hoida gaasitekitaja mikrofloora arengut.

Juustu hooldamine seisab tema perioodilises pesemises.

33. PEATÜKK

PEHMETE LAABIJUUSTUDE, SOOLASTE JA HAPUPIIMAJUUSTUDE VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

PEHMED LAABIJUUSTUD

Mõiste pehme juust ühendatakse sageli ettekujutusega pehmest, elastsest taignast kui juustu tingimata vajalikust omadusest. See omadus on iseloomulik dorogobuži, smolenski ja suupistejuustudele. Kuid pehmete juustude hulka kuulub ka rida juuste, mille taigen valminud olekus on isegi kõvema konsistentsiga kui mõne kõva juustu taigen. Näiteks valminud rokfoori (pehme juust) taigen on pinna ligidalt kõvem kui hollandi liliputi (kõva juust) taigen.

Juustutaigna pehmus on suurel määral olenev veesisaldusest. Mida suurem on juustu veesisaldus, mis oleneb kalgendi töötlemisest, seda rohkem suureneb värske juustumassi happesus ja piimasuhkru täieliku käärimise tulemusena saavutatud maksimaalne happesus.

Pehme juustu valmistamine erineb kõva juustu valmistamisest selle poolest, et pehme juustu valmistamisel koguneb värskesse juustumassi palju piimhapet.

Juustumassil on suured puhverdamisomadused, mis on tingitud valkude ja nõrkade hapete soolade kõrgest kontsentratsioonist. Piimhappesisalduse suurenemise puhul muutub juustumassi aktiivne happesus pikkamisi (pH=4,8—5,2).

Pehmete juustude maksimaalne aktiivne happesus on tunduvalt kõrgem (pH=4,0) kui kõvadel juustudel. Kui pehmed juustud on saavutanud maksimaalse aktiivse happesuse, ei oma edaspidine juustu veesisalduse muutumine praktilist tähtsust, kuna kõrge happesus pidurdab tugevasti bakterioloogiliste protsesside ja proteolüütiliste fermentide arengut.

Sobiva temperatuuri ja niiskuse puhul areneb mitmesuguse kuivusega hapu piimakalgendi pinnal alati aeroobne mikrofloora (pärmi- ja hallitusseened), mille tagajärjel selle keskkonna happesus väheneb. Seda mikrofloorat asendab uus, mis areneb vähem hapus, neutraalse- ja aluselise reaktsiooniga söötmes (juustulima leelist tekitav mikrofloora). Sellise mikrofloora areng kutsub esile juustu pinnal valkude lõhustumise koos ammoniaagi tekkimisega. Pehme juustu kooriku hooldamise eesmärgiks on luua juustu pinnal soodsad tingimused piimhapet siduvate mikrobioloogiliste protsesside arenguks.

Juustumassi neutraliseerimise protsess toimub pinnalt, sellepärast algab ka pehme juustu valmimine juustu välimistes kihtides ja laieneb sissepoole. Rokfoor juustu valmimisel luuakse tingimused aeroobse hallituse arenguks välisõhuga ühenduses olevates juustu seesmistes tühemetes.

Põhilised tehnoloogilised võtted, millega pehme juustu valmistamine erineb kõva juustu valmistamisest, on järgmised:

piima kõrge valmidusaste (22—25° Th) ja pikaajaline kalgendamine,

vadaku eraldamine juustumassist madala temperatuuri juures (kalgendamise ja tera kuivatamise temperatuur on sama),

suurema tera töötlemine võrreldes kõva juustuga,

suhteliselt suur juustu pind võrreldes tema väikese kaaluga,

aeroobse mikrofloora kasutamine juustumassi happesuse alandamiseks.

Aeroobse mikrofloora kasutamise järgi võib pehmed juustud jagada kolme rühma:

juustud, mis valmivad peamiselt aeroobse juustulima mikrofloora mõjul — dorogobuži juustu rühm;

juustud, mis valmivad hallitusseente ja juustulima mikrofloora kaastegevusel — suupistejuustu rühm;

juustud, mis valmivad hallitusseente mõjul — rokfoori juustu rühm.

Dorogobuži juustu rühm. Siia rühma kuuluvad dorogobuži, medõni ja smolenski juust. Selle rühma juustud on terava, nõrga ammoniaagimaitsega.

Medõni juust erineb dorogobuži juustust kaks korda väiksema kaalu poolest. Nende valmistamise tehnoloogia on ühesugune. Juustud valmistatakse piimast, mille happesus on 22° Th, kalgendatakse võrdlemisi pika aja jooksul (40 minutit). Suurt tera (läbimõõt 30 mm) kuivatatakse ilma järelsoojendamata 40 minutit. Juustud vormitakse tera vormidesse valamise teel, soolatakse 14—15° C juures ja lastakse seejärel valmida temperatuuris 11—14° C. Valmimise ajal hõõrutakse juustu veega ning vahetevahel ka soolveega ja pööratakse ümber. Kui juustu keskele on jäänud kohupiimane tuumik, pakitakse juust ja saadetakse baasi. Juustu järelvalmimine toimub laos.

Smolenski juust erineb dorogobuži ja medõni juustust selle poolest, et teda pärast soolamist lastakse kuivada kuni 5 päeva. Selle aja jooksul areneb juustu pinnal jõudsasti *Oidium lactis* ja mõnikord ka *Penicillium*. Nende elutegevuse produktidest on tingitud smolenski juustu spetsiifiline maitse, millega ta erineb dorogobuži juustust. Pärast kuivatamist hõõrutakse smolenski juustu samuti nagu dorogobuži ja medõni juustu.

Suupistejuustu rühm. Selle juusturühma kõige tüüpilisemaid ja levinumaid esindajaid on suupistejuust. Teiste siia rühma kuuluvate pehmete juustude tehnoloogia ei erine märkimisväärselt suupistejuustu valmistamise tehnoloogiast.

Nende juustude valmistamisel saadav juustumass on kõrge happesusega. See saavutatakse piima kõrge valmidusastmega. (24—25° Th), pika kalgenemiskestusega (60—90 min), kalgendi vähese peenestamise ja juustumassi madalas temperatuuris kuivatamisega (30—32° C).

Pärast soolamist ja lühiajalist, umbes kolmepäevast hoidmist kõrges temperatuuris (20° C), asetatakse juust 7 päevaks kuivatusruumi, mille temperatuur hoitakse 14—16° C ja õhu niiskus 80—85% piirides. Juustu järelvalmimine toimub 12°-se temperatuuri ja õhu 90%-lise niiskuse juures.

Pärast soolamist areneb juustul *Oidium lactis* ja *Mycoderma*, kuivatusruumis *Penicillium* ja järelvalmimisel juustu lima. Valmimisprotsessi kiirendamiseks mähitakse juust pärgamenti ja fooliumi.

Hallitusseente arengu tagajärjel tekib juustul spetsiifiline seene lõhn. Hallituste ja juustulima liigse arenemise puhul laguneb rasv ülemäära, mille tulemuseks on juustuvead: rääsinud ja seebimaitse.

Rokfoori juustu rühm. Siia rühma kuuluvad rokfoori, gorgonzola, stiltoni, mklatš-paniri juust jt. Mklatš-paniri juust valmistatakse lambapiimast, ülejäänud selle rühma juustud — nii lamba-

kui ka lehmapiimast. Selle rühma juustudest toodetakse kõige rohkem rokfoori juustu.

Rokfoori juustule annavad tüüpilise maitse rasva lagusaadused.

Rokfoori juustu valmistamisel saadakse kõrge happesusega juustumass. Paremate võimaluste loomiseks hallitusseente arenguks juustu sees tuleb vormimist toimetada nii, et juustu sisemine osa oleks küllaldaselt poorne. Hallitusseente eosed viiakse kas piimasse või vormimise ajal juustumassi. Pärast lühiajalist hoidmist kõrges temperatuuris (1—2 päeva 20° C) viiakse juust soolamiseks ja valmimiseks külma (6—10° C) keldrisse.

Kõrges temperatuuris hoidmisel tugevneb juustus piimhappe käärimine, madalas temperatuuris aeglustub mõningal määral hallitusseente areng ja nende fermentide, eriti lipaasi tegevus. Juustu valmimisel kõrges temperatuuris lagundab lipaas rasva niivõrd tugevasti, et juustule tekib mõru, rääsinud maitse. Madalas temperatuuris aga kogunevad juustu rasva lagusaadused, mis annavad rokfoorile omapärase, nõrga pipramaitsega sarnaneva maitse, mida eriti hinnatakse selle juustu juures. Rokfoori normaalsete omaduste tekkimist soodustab ka kõrge soolasisaldus (4%).

SOOLVEEJUUSTUD

Soolveejuustude valmistamise iseärasuseks on nende valmimine soolvees. Sellega erineb brõnsa pehmest suupistejuustust, suluguni juust tšedari juustust, tšanahhi ja tušini juust läti juustust. Need erinevused on niivõrd sügavad, et neist on tingitud igaühe eespoolnimetatud juustu biokeemilised ja mikrobioloogilised omadused.

Brõnsa. Brõnsat valmistati varem ainult lambapiimast, praegu valmistatakse seda ka lehmapiimast või lehma- ja lambapiima segust.

Tehnoloogiline protsess võimaldab saada suure veesisaldusega ja kõrge happesusega juustumassi. Brõnsa pressimise tingimused valitakse sellised, et oleks võimalik saada kõrge veesisaldusega juustumass. Pressimist alustatakse ja see lõpetatakse varakult, kui juustumass on alles väga veerikas ja pehme. Sellest nimelt on tingitud vadaku kinnipressimine juustumassi.

Brõnsa soolamine ja valmimine soolvees pidurdab valmimisprotsessi. Kui soolamisel kasutatakse keedusoola vesilahust, siis leotatakse tunduv kogus piimasuhkrut välja ja brõnsa konsistents muutub kõvaks. Sellest hoidumiseks tuleb soovitava happesuse saavutamise järel brõnsat jahutada või üle valada hapust vadakust valmistatud soolalahusega.

Tšernjovi andmetel valmistatakse brõnsat Bulgaarias alljärgneval viisil. Piim pastöriseeritakse temperatuuril 72—74° C mõne sekundi jooksul või siis hoidmisega 10 minutit temperatuuris

68—70° C. Iga 100 kg piima kohta lisatakse 20 g kaltsiumkloriidi ja 0,5 l juuretist. 27—30° C-se piima kalgendamine laabiga kestab 70—90 minutit. Kalgend tõstetakse lauale, kus seda lõigatakse ja pressitakse nõrga surve all kahe tunni jooksul. Brõnsat soolatakse 12 tundi, mille järel ta asetatakse tünnidesse valmima. Valmimine toimub vadakusoolvees, mis juustust esimestel päevadel eritub. Tünnidesse lisatakse juurde pastöriseeritud vadakust valmistatud soolvett, mille soolasisaldus on 10—12%. Juustu valmimine temperatuuris 12—18° C kestab vähemalt üks kuu. Brõnsat säilitatakse 10—12%-ses soolvees temperatuuril 4—6° C.

Gissin jt. tegid kindlaks brõnsa soolvees valmimise järgmised iseärasused: mikrobioloogiliste protsesside areng on väga pikaldane, mille tõttu piimasuhkru käärimist peaaegu ei toimu. Piimasuhkru jälgi leidub veel brõnsas, mis 100 päeva on olnud 18—20%-ses soolvees.

Valminud brõnsa sisaldab suurel määral lahustuvat valku, mis kujutab endast tugevalt hüdratiseeritud kaseiini.

Brõnsa hoidmisel 18—20%-ses soolvees on algul märgata kaalu kadu, seejärel nagu saabub tasakaal ning brõnsa kaal püsib ühtlasel tasemel. Seejärel võib brõnsa kaal suureneda.

Tušini, tšanahhi, kobi ja osseetia juust. Need juustud valmistatakse peamiselt lehmapiimast. Piim kalgendatakse 30—32°-se temperatuuri juures. Kalgendi töötlemine on sarnane läti juustu tüüpi isepressivate juustude töötlemisega. Vormitakse neid juuste tera vormidesse valamise teel. Pärast poole osa vadaku eemaldamist valatakse juustutera kas vormidesse või hõredast riidest kottidesse sellises koguses, et valmisjuustud ei kaaluks üle 6 kg.

Tušini ja tšanahhi juustu valmistamisel pressitakse juustumassi kottides, pärast kottidest väljavõtmist paigutatakse nad tüvikoonusekujulistesse aukudega metallvormidesse. Pärast ümberpööramist on juustul kahekordse tüvikoonuse kuju. Viimasel ajal valmistatakse ka täisnurkse kujuga tšanahhi juustu. Juustu isepressimine kestab suvel 6—8 tundi, talvel 8—12 tundi.

Osseetia ja kobi juust vormitakse punutud korvides ja soolatakse 18—20%-ses soolvees. Soolvett vahetatakse tihti, sest ta küllastub difusiooni ja osmoosi toimel juustust soolvette üleminevate ainetega. Osseetia juustu soolatakse enne soolvette paigutamist nädal aega kuiva soolaga.

Et luua soolveejuustule harilikust soolamisest erinevaid spetsiifilisi valmimistingimusi, hoitakse juustu esimesed 15—20 päeva soolvees temperatuuriga 12—15° C. Selle järel võib soolvee temperatuuri alandada 8—12° C-ni.

Et saada iseloomuliku maitsega juustu, peab seda valmida laskma 45—90 päeva.

Suluguni juust. Suluguni juust valmistatakse valminud piimast, milleks piimale lisatakse 1—2% piimhappebakterite juuretist.

Kalgendi, juustutera ja plasti töötlemine sarnaneb mõningal määral tšedari juustu valmistamise protsessiga.

Juustumass valmib plastis 5—8 tundi 30—35%-se temperatuuri juures. Sealjuures pööratakse plasti järjekindlalt. Plasti valmimisel eralduva vadaku happesus tõuseb protsessi lõpuks 70—80° Th ja juustumassi happesus 140—170° Th.

Suluguni juust vormitakse väikeste madalate silindritena, mille kaal on 1—1,5 või 0,3—0,8 kg.

Pärast soolamist pakitakse juust küllastatud soolveega tünnidesse. Tarvitatakse ka värsket valmimata suluguni juustu, mida praetakse. Praadimisest tekib juustule omapärane koorik ja ta omandab täiesti mõnusa maitse.

Tšetšili juust. Tšetšili juustu tootmisel lastakse lehmapiima happesus tõusta 45—50° Th ja lambapiima happesus 100—110° Th. Selleks hoitakse piima temperatuur kuni hapnemiseni 35—40° C või siis lisatakse talle kas haput vadakut või hapupiima. 38—40 kraadine piim kalgendatakse laabiga 5—10 minuti jooksul.

Kohe, kui hakkab tekkima kalgend, tõstetakse temperatuur 48—55°C-ni. Seejuures segatakse piima kogu aeg. Algul tekivad helbed, mis pärast kokku kleepuvad. Selle tulemusena saadakse kuni 8 cm paksused pikad lindid. Nendest lintidest, mida järkjärgult juustuvannist lauale tõmmatakse, tehakse lindikerad.

Värske juustumass valatakse üle külma veega ja paigutatakse 18—20%-lisse soolvette.

Tšetšili juustus arenevad piimhappestreptokokid ja eriti -kepikesed palju intensiivsemalt kui tšanahhi juustus. Vaatamata sellele sooldub see juust kiiresti, kuna tal on suhteliselt suur pind, seetõttu mikrobioloogilised protsessid lõpevad temas varakult.

HAPUPIIMAJUUSTUD

Hapupiimajuustude tehnoloogia erineb laabijuustude tehnoloogiast valgu sadestamise viisilt. Ühel juhul kalgenduvad valgud piimhappe, teisel juhul laabi toimel.

Hapupiimajuustude valmistamisel on värske juustumassi happesuse muutumise võimalused piiratud. Valgud sadestatakse piimhappega madala temperatuuri juures ja saadud juustumass, milles arenevad mikrobioloogilised ja keemilised protsessid, on kõrge happesusega. Võib sadestada valgu ka maksimaalse temperatuuri juures, mis lubab elujõulisena säilitada vaid termofiilse mikrofloora. Sealjuures saadakse juustumassis hapude kaltsiumkaseinaatide ja vaba kaseiinhappe segu. Sel puhul on juustumassi happesus madalam, kuid happesust muuta sellistes piirides, kui seda tehakse laabijuustude valmistamisel, ei ole võimalik, sest seejuures halvenevad valgu sadenemise tingimused.

Kõvade hapupiimajuustude tähtsaim esindaja on roheline juust, pehmete esindaja kohupiimajuust, mis valmib juustulima bakterite

toimel, ja kohupiimajuust, mille valmimisel on kaastegevad hallitusseened, ja juustulima bakterid.

Roheline juust. Valgu sadestamiseks lisatakse 80° C-ni soojendatud lõssile vadakut, mille happesus on 180—200° Th. 40-kraadise temperatuuriga vadaku lisamise järel langeb kogu massi temperatuur sadestamise lõpul umbes 70° C-le. Valkude sadestamiseks nii kõrges temperatuuris kulub võrdlemisi vähe haput vadakut. Pärast valkude täielikku sadestamist on katlas vadaku happesus keskmiselt 25° Th. Neis sadestustingimustes väljalangenud kaseiinist ei ole kaltsiumi lõhustumine täielik, mistõttu kalgendil on omadus sulada kõrges temperatuuris. Juustumassi (zigeri) madal happesus ja anaeroobsetes tingimustes valmimine (nagu kõval juustul) on tingitud kaseiini sadestamisest madala happesuse juures ja kaltsiumi mittetäielikust lõhustumisest.

Zigeri valmimisest võtab osa koos vadakuga lisatud termofiilsete piimhappebakterite mikrofloora. On olemas viited, et zigeri valmimisest võtavad osa ka võihappebakterid, mille eosed ei hävi valgu sadestamise kõrges temperatuuris. Ziger valmib kastides või püttides temperatuuril 20° C 1—1,5 kuu jooksul.

Valminud ziger puhastatakse pinnakihist, peenestatakse valtside või hakkmasina abil, lisatakse sellele 5% soola ja 1—1,5% sinise lambalääts (*Trigonella coerulea*) lehtede pulbrit. Seejärel kuivatatakse massi kuni 48% veesisalduseni ja vormitakse Žemotškini poolautomaadil või automaadil «Tsõganka».

Roheline juust on riivjuust ja seda kasutatakse toitude juurde riivitult, pulbri kujul.

Pehmed hapupiimajuustud. Harzi juustu tüüpi kohupiimajuustukesed valmistatakse kohupiimast, mille veesisaldus ei ületa 68%.

Hästi pressitud kohupiim hõõrutakse ühtlaseks massiks, lisatakse 3% soola ning valmimise kiirendamiseks soodat ja kriiti. Seejärel vormitakse väikesed 30—100 g raskused juustukesed ja lastakse neil valmida algul kõrges (20—22° C) ja seejärel madalamas (10—12° C) temperatuuris. Juustukesed valmivad pinnalt sissepoole. Valmisjuustul on terav maitse ja ammoniaagi lõhn.

Need juustukesed saavad valmida ainult siis, kui juustukeste pinnal arenev aeroobne mikrofloora, pärmiseened, hallitusseened ja juustulima mikrofloora üleliigse happe neutraliseerib.

Leedu juust. Leedu juustu valmistamisel lisatakse pastöriseeritud piimale piimhappebakterite juuretist. Kalgend lõigatakse lahti, soojendatakse 45° C-ni ja töödeldakse. Enne vormimist lisatakse juustumassile köömneid. Soolatakse juustu pinnalt kuiva soolaga. Juust valmib temperatuuris 12—14° C kõrge õhuniiskuse juures. Valmimise ajal hõõrutakse teda ja pestakse 2%-lise soolalahusega. Juust valmib 1,5 kuu jooksul.

34. PEATÜKK

SULATATUD, DELIKATESS- JA KUIVA JUUSTU VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

Sulatatud, delikatess- ja kuiv juust kuuluvad naturaaljuustust valmistatud juustude hulka. Neist kõige suurema tähtsusega on sulatatud juust. Kõik nad valmistatakse valminud naturaaljuustudest.

SULATATUD JUUSTUD

Sulatatud juustud valmistatakse valminud naturaaljuustudest, millele lisatakse sulatussoolasid, mõningaid piimasaadusi ja mitmesuguseid maitseaineid.

Esmakordselt hakati 1911. aastal sulatatud juustu tootma Šveitsis. Algul turustati seda mitmesuguste nimetuste all, nagu karbijuust, koorikuta, konserv-, pastöriseeritud ja turistijuust. 30-ndatel aastatel hakati seda juustu igal maal nimetama sulatatud juustuks.

Piimatööstuse haruna on sulatatud juustude tootmine võrdlemisi noor. NSV Liidus anti esimene sulatatud juustu tööstus ekspluatatsiooni Moskvas 1932. aastal, teine tehas ehitati Leningradis 1935. aastal. Siit edasi kasvas sulatatud juustu tööstuste arv järjekindlalt.

Sulatatud juustu tarvitamine on levinud paljudes maades. See on väärtuslik toiduaine, mis hoidmisel säilitab oma kvaliteedi, sest sulatamise ajal hävib 99,9% mikrofloorast ja lisaks sellele on ta tihedalt pakitud kaitsvasse fooliumi. Ka ei vaja sulatatud juust hoidmisel hooldamist, sest tal puudub koorik. Kuna juustu turustatakse originaalpakendis, siis on seda mugav käsitseda nii ostjal kui ka müüjal. Eriti sobiv on teda tarvitada kuuma kliimaga rajoonides.

Sulatatud juustu valmistamiseks kasutatakse hea maitseomadustega, kuid kooriku, välise kuju, vormi ja konsistentsivigadega või pikemaajaliseks säilitamiseks sobimatut naturaaljuustu. Sulatamiseks kasutatakse ka rasva-, vee- ja soolasisalduse suhtes mittestandardset juustu. Sulatatud juustu nimetatakse selle järgi, millisest naturaaljuustust ta on valmistatud, näiteks sulatatud nõukogude, šveitsi, läti, volga või jaroslavi juust.

Sulatatud juustu valmistamise tehnoloogiline protsess koosneb järgmistest etappidest:

tooraine valik,
tooraine ettevalmistamine,
tooraine peenestamine,
segu koostamine,
segu sulatamine,

juustu fassimine,
juustu jahutamine ja pakkimine ning
juustu säilitamine.

Tooraine valik. Peale valminud naturaaljuustu kasutatakse sulatatud juustu valmistamiseks lahjat juustu, rasvast ja lahjat kohupiima, nii lehma kui ka lambapiimast valmistatud brõnsat, soolveejuustu (tšanahhi, tušini), täispiima- ja lõssipulbrit, kuiva ja kondenseeritud vadakut ning petti.

Töötlemisele suunatud juustu hinnatakse organoleptiliselt ja määratakse selle rasva-, vee- ja soolasisaldus ning pH. Parema maitsega sulatatud juustu saamiseks segatakse sageli üks, kaks, kolm ja enam liiki juustu. Valmimata juust segatakse ülevalminuga või lisatakse seda valminud juustule väikestes kogustes. Valmimata juustust saadud mass on liiga tiheda konsistentsiga ja halvasti sulav, ülevalminud juustust aga määriv ja vedel.

Naturaaljuustu konsistentsivead, nimelt lõhed ja rabedus, ei mõju sulatussoolade õige valiku puhul juustu sulamisele. Juustu vead, nagu praod, mädapesad, rikutud koorik ja deformeerumine, ei oma tähtsust, kuna sel puhul juustud enne sulatamist puhastatakse. Sulatamiseks ei ole kõlblikud teravalt tuntavate maitsevigadega, nimelt rääsinud, rasva-, mäda-, hallituse- ja mõru maitsega juustud.

Et saada standardi nõuetele vastavat sulatatud juustu, tuleb retsepti koostamisel erilist tähelepanu pöörata tooraine rasva- ja veesisaldusele. Seejuures tuleb arvesse võtta, et sulatussoolade lisamisega suureneb valmisprodukti kuivainesisaldus 1,5—2% võrra.

Tooraine ettevalmistamine. Sulatamiseks võetavalt juustult kõrvaldatakse parafiin, juustu leotatakse ja pestakse, kooritakse ja kõrvaldatakse vigastatud osad, kaseiinist numbrid ning markeeringu templi jäljendid.

Parafiinist vabastamiseks asetatakse juustud kuuma vette (90° C). Parafiinisegu sulab ja tõuseb pinnale. Seejärel leotatakse juustu 45—70-kraadises vees ja pestakse masinaga. Juustu puhastamine (kooriku kõrvaldamine) on seni vähe mehhaniseeritud ja seda tehakse peaaegu kõikjal käsitsi. Kaod juustu koorimisel olenevad juustu suurusest ja koorikukihi olukorrast ning moodustavad 2—8%. Juustukoori kasutatakse loomasöödaks või tehniliseks otstarbeks.

Tooraine peenestamine. Puhastatud juust peenestatakse algul juustupurustis, kus pöörlevad noad lõikavad juustu suuremateks tükkideks, mis edasi peenestatakse hakkmasinas, mille sõela avade läbimõõt on 5—10 mm. Hakkmasinast väljuv mass lastakse põhjalikumaks peenestamiseks läbi valtside. Juustumass hõõrutakse erineva kiirusega pöörlevate graniitvaltside vahel hästi peeneks. Valtside vahe reguleeritakse olenevalt juustu kõvadusest ja rasvasusest. Harilikult on see 0,1—0,3 mm. Peenestatud juustumass kraa-

bitakse valtsidelt maha terasnoaga ja juhitakse segamisvanni. Kui valtsid puuduvad, siis lastakse juust teist korda läbi hakkmasina, kasutades peenemate avadega restsõela (2—3 mm).

Segu koostamine. Et saada standardi nõuetele vastavat sulatatud juustu, on vaja õigesti koostada vastav segu. Segu koostamisel juhindutakse iga juustu liigi kohta kinnitatud retseptidest. Selleks määratakse rasv ja kuivaine ja tehakse rasva ning vee normeerimise arvestus kooskõlas retsepti nõuetega. Rasva liia puhul lisatakse segule lahjat juustu või teisi kooritud piima saadusi, rasva vajaku korral aga võid ja rasvarikast juustu.

Sulatamiseks ettevalmistatud juust on soovitav enne segistis läbi segada, seejärel 100 kg-se mahuga anumas koos sulatussooladega üks tund seista lasta. Kuid suure toodangu juures nõuab juustu selline valmimine palju lisapinda. Seepärast ei lasta segu sageli enne sulatamist seista, ehkki valmida laskmisel on järgmised paremused: sulatussoolade kulu väheneb 15% võrra, paranevad sulatamisprotsess ja juustu kvaliteet.

Et parandada juustu maitseomadusi, esmajärjekorras neil juustudel, mida toodetakse rasvavaesest toorainest, samuti mitmekesiste maitsenüansside andmiseks, kasutatakse mitmesuguseid lisandeid ja maitseaineid. Segule lisatakse 0,4—0,5% ulatuses juustu kaalust köömne ja tilli seemneid või 3—4% ulatuses 20%-list piirituseekstrakti, 0,4—0,6% trigonella pulbrit, 0,4—0,5% musta pipart, 5% punast pipart ja 7—9% tomatipastat.

Juustule kollase värvuse andmiseks lisatakse segule vedelat juustuvärvi 2—4 g 100 kg juustu kohta.

Segu sulatamine. Juustusegu sulatamiseks kasutatakse mitmesuguseid soolasid: fosfaate, tsitraate, mõnikord ka tartraate, s. o. fosfor-, sidrun- ja viinhappe soolasid. Neid soolasid nimetatakse emulgaatoriteks, stabilisaatoriteks ja kõige sagedamini sulatussooladeks, kuna nad soodustavad juustu sulatamist ja ühtlase, püsiva emulsiooni saamist.

Fosfaatidest kasutatakse kõige rohkem dinaatriumfosfaati ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$). See sool on leeliselise reaktsiooniga ja ta lahustub halvasti külmas vees. Dinaatriumfosfaadi lahuse pH on 8,2—8,6. Kui on vaja madalama pH-ga soolalahust, siis kasutatakse mono- ja dinaatriumfosfaatide segu. Mononaatriumfosfaat on hapu reaktsiooniga sool (pH=4,6). Nende soolade segamisel mitmesuguses vahekorras saadakse vajalik pH.

Soola pH	8,6	7	6,5
dinaatriumfosfaadi %	100	93,5	74,0
mononaatriumfosfaadi %	—	6,5	26,0

Valminud juustude sulatamisel ei lisata fosforhappe soolasid üle 2,5% ja sidrunhappe soolasid üle 1,5% ümberarvutatult veevabaks soolaks.

Sidrunhappe naatriumisoolad — tsitraadid — on võrreldes fos-

faatidega paremad valkude lahustajad. Nende kasutamine tagab sulatatud juustu hea maitse ja konsistentsi, kuid nad on tunduvalt kallimad ja neid kasutatakse nõukogude ja šveitsi juustude sulatamiseks. Häid tulemusi saadakse fosfaatide ja tsitraatide kombinatsioonidega. Naatriumtsitraate saadakse kristallilise sidrunhappe ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) ja ($NaHCO_3$) naatriumbikarbonaadi (söögisooda) segamisel järgmistes vahekordades:

soola pH	5	5,25	5,50
sidrunhappe %	66,5	63,0	61,5
söögisooda %	33,5	37,0	38,5

Viinhappe soolad (tartraadid) tekitavad pärast juustu mõnepäevast hoidmist suuri kristalle[1], selline juust krigiseb hamba all. Sellepärast on tartraatide praktiline kasutamine piiratud.

Šubin tegi uute sulatussoolade — trioksüglutaarhappe naatriumisoolade — uurimisel kindlaks, et need soolad on head valgulahustajad ja on sobivad igasuguse valmimisastmega juustu sulatamiseks. Nende kasutamisel saadakse hea kvaliteediga juust.

Juustu sulatamine on keerukas füüsikalis-keemiline protsess, mida senini ei ole põhjalikult uuritud. Juustumassi soojendamisel koos sulatussooladega lahustuvad valgud ja tekib püsiv rasva emulsioon. Lahustuva lämmastiku hulk suureneb sulatamisprotsessi ajal kolmekordseks, võrreldes lämmastiku hulgaga naturaaljuustus. Seejuures tekivad vees hästi lahustuvad kaseiinhappe naatriumisoolad — naatriumkaseinaadid. Soolade mõju juustumassile suureneb kõrge sulatamistemperatuuri puhul.

Kõik sulatussoolad, mida kasutatakse juustu sulatamiseks, ei mõju valkudele ühesuguselt. Oma mõju intensiivsuse järgi võib neid asetada niisugusesse järjekorda: tsitraadid > tartraadid > fosfaadid.

Sulatussoolad kutsuvad esile valkude tursumise ja hüdratatsiooni, mille tõttu sulatatud juust sisaldab rohkem vett kui naturaaljuust, mis mõningal määral soodustab pehme konsistentsiga sulatatud juustu saamist. Oluliselt mõjutab juustu sulamist ja konsistentsi juustu ja sulatussoolade aktiivne happesus.

Barkan väidab, et sulatussoolad dissotsieeruvad juustu vees lahustudes katioonideks ja anioonideks. Mitmealuseliste hapete anioonidel on suur adsorptsioonivõime ja nad annavad juustu valkudega ühinedes neile üle negatiivse laengu. Järelikult on sulatussoolade mõju seotud nende adsorptsiooniga valgu pinnal. Adsorptsioon oleneb tooraine ja lisatavate soolade aktiivsest happesusest.

Sulatusprotsessile avaldab suurt mõju vees lahustumata valkude sisaldus juustus. Nende sisaldus juustus ei ole ühesugune, see oleneb juustu valmidusest ja võib ulatuda kuni 80%-ni. Lahustamata valkude hulga suurenemisega saadakse kõva struktuuriga

[1] Kristallid tekivad tartaraatide ja juustus leiduva kaltsiumi vaheliste reaktsioonide toimel, sealjuures tekivad kaltsiumi tartaraadid.

geel ja kõva konsistentsiga sulatatud juust. Juustu kõrge valmidusastme ja lahustuvate valkude suurema sisalduse juures tekib nõrk geel ja määriva konsistentsiga sulatatud juust.

Sulatuseks vajalik soolakogus oleneb vees lahustumata valkude sisaldusest. Seepärast tuleb valmimata juustule, mis sisaldab suurel määral vees lahustumatut valku, lisada rohkem soolasid.

Välismaal (Saksamaal, Šveitsis, Taanis) kasutatakse sulatussooladena peamiselt tsitraate, fosforhappe naatriumsoolasid kasutatakse harvemini. Olenevalt tooraine omadustest muudetakse soolade koostist. Sulatussoolade lahuse kõlblikkuse tähtsamaks näitajaks loetakse nende happesust, mis määratakse kindlaks 0,5 n NaOH lahusega tiitrimisel, kasutades indikaatorina fenoolftaleiini. 1 ml leeliselahust, mis kulub 5 ml soolalahuse tiitrimiseks, nimetatakse tinglikult happe kraadiks. Näiteks tuleb valminud emmentali juustu sulatamiseks Šveitsi retsepti järgi kasutada sidrun- ja fosforhappe soolade segu happesusega 5,5—6,5 tingkraadi.

Valminud kõva juustu sulatamiseks on laialt kasutusel soolade lahus, mille 100 liitrit sisaldab 8 kg sidrunhapet, 4,4 kg kaltsineeritud soodat, 4 kg dinaatriumfosfaati, 0,5 kg naatriummetafosfaati ja 0,8 kg trinaatriumfosfaati. Sellise lahuse happesus on 4,6—5,5 tingkraadi. Kui lahuse happesus ei vasta tähendatud normidele, tuleb retsept uuesti läbi vaadata. Lahuse happesuse tõstmiseks suurendatakse sidrunhappe kogust ja vähendamiseks lisatakse juurde soodat. Et saada kvaliteetset juustu, selleks kontrollitakse tooraine, soolade lahuste ja valmisprodukti happesust. Aktiivset happesust määratakse potentsiomeetriga. Naturaaljuustu pH määratakse nii destilleeritud veega lahjendatud proovides kui ka otse juustus. Sulatatud juustu pH määratakse ilma lahjendamata. Valmis sulatatud juustu pH on 5,5—5,8 piires.

Tšehhoslovakkia Piima ja Munade Instituudi töötajad tegid kindlaks sidrunhappe soolade tunduva eelise teiste sulatussoolade ees. Ühesuguse kuivaine- ja rasvasisalduse juures saadakse fosfaatide kasutamisel liiga viskoosse ja vedela konsistentsiga sulatatud juust.

Lisaks sellele on kindlaks tehtud, et sulatusprotsessile avaldab mõju juustu kaltsiumisoolade-sisaldus. Juustu vähema kaltsiumisisalduse, samuti suurema lahustuva valgu sisalduse juures paraneb sulatamisprotsess.

Juustumassi sulatatakse 50—100-liitrise mahuga kinnistes kateldes, mis on varustatud aurusärgi ja mehhaaniliste segistitega. Üks kateldest täidetakse juustumassiga, seejärel tõstetakse katel vastava mehhanismi abil üles ja surutakse tihedalt vastu kaant. Juustumassi soojendamiseks lastakse katla aurusärki 1—2 atü survega auru. Sulatamisprotsessi kiirendamiseks juhitakse mõnikord aur otse juustumassi. Sulatamise ajal segatakse massi segistitega — algul pikkamisi ja viskoossuse vähenedes suurendatakse segamiskiirust.

Juustu sulatatakse vaakuumis temperatuuris 70° C. Pastöriseerimisefekti suurendamiseks tõstetakse sulatamistemperatuuri 80—85° C-ni, olenevalt tooraine kvaliteedist ja protsessi käigust.

Sulatamine kestab keskmiselt 15 minutit ja auru otse katlasse juhtimisel 10—12 minutit. Sel puhul suureneb juustu veesisaldus umbes 5% võrra. Sulatuse lõpp määratakse kindlaks massi konsistentsi ja välimuse järgi. Valmis mass muutub voolavaks, ilma teradeta ühtlaseks aineks.

Juustu fassimine. Sulatatud juustumassi fassimiseks 30-, 50-, 62,5-, 100- ja 125-grammisteks pakkideks kasutatakse fassimis- ja pakkimisautomaate, mis 1 minutis pakivad 60 juustu. Juust pakitakse 14 mikroni paksusesse alumiiniumfooliumi. Kõrvalekaldumist fooliumi paksuses on lubatud ±1 mikron, suurema erinevuse juures töötab automaat halvasti. Automaat kleebib algul etiketi, seejärel valmistab fooliumist pakendi, mõõdab sellesse rangelt määratud koguse sulatatud juustu ja suleb pakendi. Vaakuumi mõjul pakist eralduvad etiketid määritakse liimiga ja asetatakse fooliumile. Välismaal on laialt levinud etikettide trükkimine püsivate värvidega otse fooliumile.

Tuleb ette juhtumeid, et juustu säilitamisel alumiiniumfoolium korrodeerub, kuna alumiinium kui keemiliselt aktiivne metall astub reaktsiooni juustu sooladega ja hävib, mille tagajärjel juust hallitab ja rikneb. On kindlaks tehtud, et korrosioon leiab aset siis, kui juustule on lisatud liiga suures koguses sulatussoola, õhu niiskus on suur ja säilitamistemperatuur kõrge. Et ära hoida fooliumi korrodeerumist ja suurendada sulatatud juustu kvaliteedi säilivust, kaetakse fooliumi sisemine pind korrosioonikindla lakiga.

Välismaal on fooliumi lakiga katmise eesmärgiks ka paki hermeetiliseks tegemine, mitte ainult korrosioonist hoidumine. Selleks kasutatakse temperatuurini 50—60° C soojendatud lakki. Lakid valmistatakse polümeerist, mis koosneb 87% vinüülkloriidist ja 13% vinüülatsetaadist. See lakk on lõhnata ja maitseta ja keemiliselt püsiv. Lakikihi paksus on mõni mikron.

Alumiiniumist fooliumi asemel võib sulatatud juustu pakkimiseks kasutada ka polümeerseid kelmeid või sünteetiliste vaikudega kaetud paberit, mis temperatuuril 50—60° C kleepuvad.

Juustu jahutamine, pakkimine ja säilitamine. Sulatatud juustu pakikesed asetatakse riiulitele ja paigutatakse jahutuskambrisse, kus nad jahutatakse kuni 10° C. Olenevalt kambri temperatuurist kestab jahutamine 4—10 tundi.

Jahutatud juustud pakitakse pappkarpidesse või puukastidesse, 10—25 kg igasse kasti. Pappkarpi pakitakse erinevate etikettidega 2, 4 või 6 kuubi-, ristküliku- või segmendikujulist juustu. Kastid markeeritakse nõuete kohaselt.

Sulatatud juustu transporditakse isotermilistes vagunites, milles temperatuur ei tohi olla üle 8° C. Jahutatud juust hoitakse töösstuses ja külmhoones kuivades, hästi ventileeritud kambrites tem-

peratuuris 6—8° C kuni 2 kuud, ja temperatuuris —5° C kuni 4 kuud.

Sulatatud juustu koostis ja kvaliteet. Sulatatud juustu toodetakse mitmesuguse rasva-, vee- ja soolasisaldusega. Nõukogude, altai, jaroslavi ja volga juustul peab rasvasisaldus kuivaines olema vähemalt 45%, veesisaldus ei tohi olla üle 48% ja soolasisaldus üle 1,5—3%. Kostromaa ja läti juust sisaldavad 40% rasva, 50% vett ja kuni 3,5% soola. Sulatatud juustul peab olema vastavale juustuliigile omane puhas maitse. Taigen peab olema elastne ja ilma terakesteta, ega tohi mureneda. Sulatatud juust on ilma augukesteta, on lubatud ainult üksikud väikesed õhumullid juustutaignas. Juustu taigna värvus — nõrkkollasest kuni kollaseni — peab olema ühtlane kogu massis.

Sulatatud juustu mikrofloora koosneb peamiselt piimhappestreptokokkidest ja -kepikestest, mis välja kannatasid sulatamistemperatuuri. Soolekepikeste liiki baktereid, võihappebatsille ja pärmiseeni võib sulatatud juustus leiduda vaid õige vähesel määral. Ühes grammis heakvaliteedilisest toorainest valmistatud värskes juustus leidub sadu, maksimaalselt tuhandeid baktereid. Kui juustu hoitakse kõrges temperatuuris, suureneb bakterite hulk tugevasti, kuni mitme miljonini.

Sulatatud juustu kahjustavad hoidmisel kõige rohkem võihappebatsillid. Need eostega bakterid kannatavad välja sulatamistemperatuuri ja kääritavad piimhappe soolasid (kaltsiumlaktaate). Võihappebakterite tugeva arengu puhul, eriti suvel, tuleb ette sulatatud juustude kerkimist (bombaaži). Võihappebakterite arenemist juustus soodustavad madal temperatuur sulatamisel, keedusoola madal kontsentratsioon, juustu kõrge pH (üle 5,6) ja kõrge säilitamistemperatuur.

Voitkevitš tegi kindlaks bakterite kasvu tunduva suurenemise sulatatud juustus pärast juustu 20-päevast säilitamist temperatuuris 20—24° C (3—5 tuhandelt kuni 0,5—1,5 miljonini 1 ml-s). Kerkinud sulatatud juustus suureneb bakterite üldarv 11 miljonini, võihappebakterite arv aga 1—11 tuhandeni 1 g kohta, sealjuures oli *coli* grupi bakterite hulk tähtsusetu (mitte üle 10 bakteri 1 g kohta).

Sulatatud uus juust valmistatakse lahjast juustust, millele lisatakse brõnsat, kohupiima, võid ja rasvast juustu. Ta sisaldab kuivaines 30 või 40% rasva ning vett vastavalt 55 ja 52%, soola 2 kuni 4%.

Sama retsepti järgi valmistatud sulatatud juustu, milles või on asendatud toidu salomassiga (taimse hüdrorasvaga), nimetatakse sulatatud suupistejuustuks.

Suitsutatud vorstjuustul on vorsti kuju, mille läbimõõt on 4 kuni 8 cm. Kaetud on see tsellofaanist, pärgamendist või soolest kestaga. 40%-se rasvasisaldusega kuivaines sisaldab vorst-

juust kuni 52% vett ja 2—4% soola. 30%-se rasvasusega juustus võib olla kuni 55% vett.

Lahja ja rasvase juustu, kohupiima, brõnsa ja või segu sulatatakse 80° C juures. Sulanud mass surutakse vorstipritsi või hakkmasina abil kestasse. Seejärel suitsutatakse teda temperatuuris 25° C 12 tundi. Pärast jahutamist juust parafineeritakse. Valmisproduktil on suitsutatud toodetele omane maitse.

Plastilised juustud valmistatakse kohupiimast. Neid nimetatakse ka magusateks šokolaadi-, sidruni- ja apelsinijuustukesteks, kuna neile lisatakse vastavaid essentse, muid lisandeid ja suhkrut. Plastilise juustu segule lisatakse 32% lahjat kohupiima, võid ja suhkrut, 0,01% vanilliini, 0,1% essentsi ja 3% naatriumfosfaati. Šokolaadijuustule lisatakse 6,5% kakaod.

Segu sulatatakse temperatuuris 80—85° C. Sulatatud juustule õrna, plastilise konsistentsi andmiseks homogeniseeritakse sulatatud massi 150—200 atü juures. Siit on tuletatud ka nende juustude nimetus — plastilised juustud. Pärast homogeniseerimist mass fassitakse automaadiga nagu harilik sulatatud juust. Plastiline juust lahustub hästi nii kuumas kui ka külmas vees.

Steriliseeritud ja pastöriseeritud konservjuust on hea säilivusega ja hästi transporditav toode hermeetilises pakendis. Seda kasutatakse kaugpõhjas ekspeditsioonide jne. varustamiseks.

Steriliseeritud juustu valmistamise tehnoloogia töötati välja ЦНИИМС-is (Krašenin). See juust sisaldab 50% rasva kuivaines ja kuni 44% vett ning tal on nõrk pastöriseerimise kõrvalmaitse. Seda valmistatakse naturaalsest hollandi juustust või kiiresti valmivast juustumassist. Steriliseeritud juustu tehnoloogiline protsess on alljärgnev.

Peenestatud juustude segu sulatatakse temperatuuril 90—90° C, mille järel seda steriliseeritakse samas katlas temperatuuril 100—105° C. Segu valatakse 95° C juures eelnevalt autoklaavis steriliseeritud konservitoosidesse. Suletud toosid steriliseeritakse uuesti 100—105° C juures ja jahutatakse. Hea säilivusega juustu võib saada juustumassist, mille pH on 5,3—5,6. Selleks lisatakse sidrunhapet kuni 0,5% juustu kaalust.

Moskva sulatatud juustu tehases on juurutatud pastöriseeritud sulatatud juustu tootmine. Pastöriseeritud sulatatud juust saadakse heakvaliteedilisest naturaaljuustust. Sulatatud kuum mass valatakse seestpoolt lakitud ja pärgamendiga vooderdatud konservitoosidesse. Toosid suletakse ja pastöriseeritakse 75°-ses kuumas vees. Valmistootel on meeldiv juustumaitse, vähese pastöriseerimisest tekkinud kõrvalmaitsega. Sisaldab kuivaines 45% rasva ja 45% vett.

Võidejuustud (juustupasta) saadakse naturaaljuustu ja mitmesuguste komponentidega kiirestivalmiva juustumassi sulatamisel. Võidejuustudel on võrreldes hariliku sulatatud juustuga tera-

vam maitse ja õrnem konsistents. Nad sisaldavad rohkem vett ja neid saab nagu võid leivale määrida.

ЦНИИМС (Lebedeva) on esitanud võidejuustu mitmes teisendis: volga, rokfoori, tomatiga, küüslauguga ja rohelised võidejuustud. Need juustud sisaldavad 30—50% rasva kuivaines, vett 53—62% ja keedusoola 3,5%.

Võidejuustude tehnoloogia sarnaneb sulatatud juustu tehnoloogiaga, erineb ainult selle poolest, et sulatamistemperatuur võetakse 5—10° C kõrgem ja mõnikord homogeniseeritakse segu. Võidejuust pakitakse alumiiniumfooliumi kaaluga 50 g ja topsikestesse kaaluga 100 ja 200 g.

Võidejuustude puuduseks on nende halb säilivus. Neid ei saa hoida temperatuuris kuni 6° C üle 20 päeva. Kui hoiuruumi temperatuur tõuseb 18—20° C-ni, hakkavad juustud hallitama, nende pinnal areneb kiiresti mikrofloora; 1—2-kuisel hoidmisel leidub 1 g juustus mitmest tuhandest kuni mitmekümne või isegi mõnesaja miljoni bakterini. Mikrofloora areng toimub peamiselt piimhappebakterite arvu suurenemise arvel. Mikrobioloogilise protsessi pidurdumist on märgata küüslauguekstraktiga valmistatud võidejuustul, sest küüslaugus leiduvad fütontsiidid takistavad bakterite kasvu.

Alumiiniumtuubidesse pakitud võidejuustu säilivus on tunduvalt parem. Seda kinnitavad ЛТИХП töötajate ja Leningradi Sulatatud Juustu Tööstuse töötajate ühiselt tehtud katsed. Võidejuustu valmistati mitmesuguste retseptide järgi nii sulatamisega kui ka ilma massi sulatamata 50%-lise rasvasisaldusega kuivaines ja 55—60%-lise veesisaldusega. Juust pakiti seestpoolt lakiga kaetud alumiiniumtuubidesse. Tuubide maht oli 100 g ja enam. Võidejuustud said tänu hermeetiliselt suletud pakendile pärast kahekuist säilitamist temperatuuris 5° C hea hinnangu. Head tulemused saadakse ka, kui võidejuust pakitakse polümeeridest või mõnest teisest materjalist kelmesse.

DELIKATESSJUUST

Delikatessjuustud valmistatakse kõrgekvaliteedilisest nõukogude, jaroslavi ja hollandi juustust. Valmistamise tehnoloogia on alljärgnev. Segule lisatakse mitmesuguseid maitseaineid ja lisandeid, nagu peenestatud suitsukala või -liha, võid, tomatipastat ja pipart. Naturaaljuust kooritakse, tükeldatakse, peenestatakse hakkmasinas ja seejärel valtsmasinas. Peeneks jahvatatud juust segatakse lisanditega kohupiimasegisti tüüpi masinas.

Juustud fassitakse 100—250 g mahuga keraamilistesse purgikestesse, seepärast nimetatakse seda juustu sageli juustuks keraamikas. Purgikesed on mõlemalt poolt glasuuritud.

Valmis juustudel on terav, hästi tuntav maitse, lisandite aroom ja pastataoline konsistents. Nad sisaldavad 65—70% kuivainet ja 50—70% rasva kuivaines. Võidejuustud valmistatakse ilma kuum-

töötlemiseta, seepärast on nende säilivus lühike, neid ei saa 2°-se temperatuuri juures hoida üle 15 päeva, kõrgema temperatuuri puhul on säilitamiskestus veelgi lühem. Nii delikatessjuustude kui ka võidejuustude säilivust saab suurendada, kui neid hermeetiliselt pakkida tuubidesse või kelmesse.

KUIV JUUST

Kuiva juustu valmistatakse sulatatud ja naturaaljuustudest, nagu nõukogude või mõnest teisest riivjuustu tüüpi kõvast juustust, mille veesisaldus on madal. Vajaduse korral võib kuiva juustu, eriti sulatatud juustust valmistatud kuiva juustu veega segamise teel taastada.

Valminud juust peenestatakse peenteks teradeks või laastudeks ja kuivatatakse temperatuuris 40—50° C. Kõrgem kuivatamistemperatuur võib põhjustada rasva väljasulamist ja riknemist. Juustu võib kuivatada ükskõik millises kuivatis. Valmistoote veesisaldus ei tohi ületada 10%. Kuiv juust pakitakse fooliumi ja selle järele pappkarpi kaaluga 100 g. Kuna see juustuliik on hügroskoopne, siis tuleb seda säilitada kuivas, ventileeritavas ruumis.

Välismaal valmistatakse kuiva juustu sulatatud juustu brikettimisega. Valmistamisprotsess koosneb kahest osast. Algul kuivatatakse juust toatemperatuuris terakeste kõvendamiseks, et ära hoida terade kokkukleepumist ja rasva eraldumist. Siis kuivatatakse kamber- või pidevalt töötavates kuivatites 2 tundi kuni 3%-lise veesisalduseni. Pärast kuivatamist juust briketitakse.

Kuivatatud sulatatud juust sisaldab 51% rasva, 34% valku, 8% piimasoolasid ja keedusoola, 3% vett ja 4% muid aineid. Taastamiseks segatakse juust sooja veega ja saadakse algprodukt, mida võib lõigata viiludeks. Vaakuumis toosidesse või kelmesse pakitud juustu võib säilitada kauemat aega.

35. PEATÜKK

SORTEERIMINE, PAKKIMINE, TRANSPORTIMINE, SÄILITAMINE JA JUUSTU VEAD

JUUSTU SORTEERIMINE TÖÖSTUSES

Tööstuse keldrites hoitakse juustu kuni selle teatud valmiduseni. Hoidekestus oleneb juustu liigist. Pehmet juustu ei hoita ülevalmimise kartusel kuni täieliku valmimiseni. Tööstusest saadetakse juust rajoonide ja rajoonidevahelistesse baasidesse, mõnikord ka otse tarbija ladudesse.

Kui juust saadetakse lõplikuks valmimiseks rajooni või rajoonidevahelisse juustukeskusse, on vaja tarvitusele võtta abinõud, et

juust teel ei rikneks, kuna tavaliselt sel ajal juustul koorik veel ei ole tekkinud.

Enne ärasaatmist sorteeritakse juust tööstuses ühtlase kvaliteediga partiideks. Sorteerimisel hinnatakse juustu puuriproovi järgi. Juustu sorteerimist kergendab asjaolu, et ühe ja sama teo juust on ühesuguse kvaliteediga.

JUUSTU PAKKIMINE

Standardi nõuetele vastavalt sorteeritud juust pakitakse kas paberisse või fooliumi või siis parafineeritakse, mille järel ta pakitakse kastidesse.

Juustu parafineerimine. Parafineerimise eesmärk on kaitsta juustu pinda hallituse, riknemise ja kuivamise eest, samuti kokku hoida tööjõudu juustu hooldamisel tema valmimise ja hoidmise ajal. Parafineerimise eel pestakse ja kuivatatakse juustu. Juustu koorik peab olema puhas ja kuiv, vastasel korral lööb parafiini segu kooriku küljest lahti ja praguneb. Seepärast parafineeritakse juustu 1—2 kuu vanuselt.

Parafineerimise tehnika on alljärgnev. Juust kastetakse 2—3 sekundiks sulasse parafiinisegusse, mille temperatuur peab olema 140—160° C.

Kaitsekihi vastupidavuse suurendamiseks lisatakse parafiinile 10% mesilaste vaha või 15% tseresiini. 1948. aastast alates kasutatakse segu ДС või nõndanimetatud vahasegu. Selle koostis on 60—65% parafiini ja 35—40% petrolaatumit. Kuid need plastifikaatorid ei anna soovitud tulemusi, saadakse pragunev ja mittepüsiv kaitsekiht.

Seoses keemiateaduse ja tööstuse kiire arenguga sünteetiliste kõrgmolekulaarsete ühendite — polümeeride — tootmisel on saanud käesoleval ajal võimalikuks kasutada neid sulamitena koos parafiiniga juustu katmisel.

ЛТИХП ja МТИММП on välja töötanud rea uusi sulameid polüisobutüleeni ja polüetüleeni kasutamisega. Need polümeerid vastavad esitatud nõuetele: nad ei lase läbi veeauru, on vastupidavad soojusele, segunevad hästi parafiiniga, on elastsed, tulekindlad ja kahjutud ning värvuselt kaunid.

Kõige paremaid tulemusi saadakse madalmolekulaarsete polümeeride, polüisobutüleeni П-20 ja polüetüleeni ВД-500 (mittestabiliseeritud polüetüleen), kasutamisel. Kui suurendada parafiinisegus nende protsenti, suureneb sulamite viskoossus, mis ei ole soovitav. Juustu parafineeritakse koos sulamitega temperatuuris 140—160° C 2 sekundi jooksul.

5% polüisobutüleeni sisaldava sulami temperatuuri alanemisel 120° C-ni pakseneb kiht 0,20 millimeetrilt 0,27 mm-ni. Parafiinile või ДС-segule lisatavad polüisobutüleen ja polüetüleen suurenda-

vad katte vastupidavust ja elastsust. Katte paksus oleneb parafineerimiseks kasutatava segu koostisest.

Sulam	Kihi paksus mm
ДС-segu (kontrollproov)	0,16
95% ДС-segu + 5% polüisobutüleeni	0,20
90% ДС-segu ja parafiini + 10% polüisobutüleeni	0,26
95% ДС-segu ja parafiini + 5% polüisobutüleeni	0,20
95% ДС-segu + 5% polüetüleeni	0,32
92,5% ДС-segu + 5% polüisobutüleeni + 2,5% polüetüleeni	0,34

Parafiinikoguse suurendamise ja ДС-segu vähendamisega sulamis suureneb kattekihi tihedus ja vastupidavus soojusele.

Uute sulamitega kaetud juustude kuuekuisel säilitamisel tehti kindlaks, et selle menetluse puhul jäävad täielikult ära juustu kuivamise kaod, kate ei pragune, hallitust ei esine ning juustu kvaliteet paraneb.

Soovitatakse järgmisi sulameid lisanditega:

ДС ja parafiini segu (1:1) 5—10% polüisobutüleeniga, ДС-segu ja parafiini (1:1), 2% polüetüleeni ja 5% polüisobutüleeni, ДС-segu ja 2,5% polüetüleeni (ЛТИХП andmetel).

Juustu pakkimine kelmesse. Et saada koorikuta juustu, vältida kadusid, suurendada säilivust ja lihtsustada hooldamist, pakitakse värske juust otsekohe pärast pressimist kelmesse. Selliselt toimitakse peamiselt tšedari liiki juustudega. Välismaal kasutatakse selleks mitmesuguseid kelmeid, nagu pliofilm, saraan, kraiovak jt.

Pakkimiseks kasutatav kelmematerjal on mitmesuguse koostise, omaduste ja välimusega. On olemas läbipaistvaid, matte ja mitmesuguse värvusega kelmeid. Need on valmistatud sünteetilistest vaikudest ja on küllaltki suure vastupidavuse ja elastsusega.

Juustu pakkematerjalina kasutatakse ka polüetüleeni ja polüisobutüleeni sulamitega töödeldud tsellofaani ja kombineeritud kahekordset erinevatest materjalidest pakendit, mille paksus on 10—60 mikronit.

Juust pakitakse kokkutõmbuvasse kelmest kotti, siis keeratakse selle suu kokku ja pressitakse alumiiniumist plaadiga tihedalt ligi. Seejärel kastetakse juust 2—3 sekundiks kuuma vette (umbes 100° C). Selle tagajärjel tõmbab kelme umbes $^1/_3$ võrra kokku, liibub tihedalt juustu pinnale ja kaitseb seda hallituse eest. Hallitusest hoidumiseks töödeldakse juustu pinda mõnikord sorbiinhappega. Polüetüleenist valmistatud sulavad kelmed sulatatakse kokku eriliste kuumutusseadmete abil.

Sünteetilistest materjalidest kelmesse võib pakkida ka fassitud valminud juustu. Juust lõigatakse viiludeks või väikesteks tükkideks ja pakitakse kas vaakuumis või harilikul viisil. Paki otsad ja servad sulatatakse kokku soojendamisel. Nii saadakse hermeetiline pakend ja juust ei kuiva ega rikne. Etikett kleebitakse kas kelmele või paigutatakse pakendisse.

Kuna juba ligemas tulevikus on olemas laiad perspektiivid polümeersete ühendite tootmiseks, siis võib loota, et kaitsekelmete kasutamine juustu ja teiste piimasaaduste pakkimiseks laialdaselt levib.

JUUSTU TRANSPORTIMINE

Transportimisel võib tugevate raputuste ja välistemperatuuri mõjul ka hästi ettevalmistatud ja pakitud juustu kvaliteet halveneda.

Valmisjuustu transportimisel on sobivaimaks temperatuuriks —5 kuni +10° C.

Kõrgés temperatuuris, eriti kui see ületab 20—25° C, juust pehmeneb ja tema pinnalt sulab rasv välja. Liiga madalas temperatuuris võib külmuda juustu tühemeis ja suuremates kui ka peenemates kapillaarides olev vesi. Seejuures suruvad tekkinud jääkristallid valguosad laiali.

Pärast vee kiiret sulamist juustus ei jagune see juustutaignas harilikult enam nii peenelt ja ühtlaselt kui enne külmumist. Seetõttu muutub juust muredaks, koorik praguneb, juust on kergesti murduv ja juustu vedelik jookseb välja. Külmunud ja kiiresti sulanud juustul on ilmetu maitse. Murduva ja rabeda konsistentsiga juust külmub kergemini, kuna vesi temas asub suuremates kapillaarides. Juustu pinnakihis jääkristallide tekkimise tagajärjel tõmbub juustupinda kattev parafiin lahti.

Väikese juustu külmumisel tekivad peened jääkristallid. Sellise juustu sulamise järel ei ole alati märgata muudatusi tema konsistentsis.

Et säilitada pikkamisi külmutatud juustu struktuuri, tuleb teda ka pikkamööda sulatada. Sel puhul ei pakita juustu kastidest välja, vaid kastid külmunud juustuga laotakse madala temperatuuriga (3—4° C) ruumis virna ja kaetakse tekkidega. Juustu sulamine nõuab aega 15—20 päeva.

Davidov tegi kindlaks, et kui külmumise tagajärjel rabedaks muutunud juustu hoida kolm kuud ruumis temperatuuriga 0—2° C, paraneb tunduvalt juustu konsistents.

Juustu külmumise temperatuur oleneb lahustunud ainete, eriti keedusoola kontsentratsioonist juustu vedelfaasis, s. o. osmootse rõhu suurusest. Sel põhjusel külmuvad valmisjuustud madalama temperatuuri juures kui värsked.

Juust	Külmumistemperatuur °C
Valmis hollandi juust	—6,8 + —10,3
Valmis nõukogude juust	—7,8 + —10,1
Värske läti juust	—6,3 + —6,5

Juustus ei külmu kogu vesi, külmumata osa veest sisaldab lahustunud aineid rohkem ja juustu külmumiseks on vaja madalamat temperatuuri.

Et ära hoida juustu külmumist, ei transpordita seda kõva pakasega.

Raudteel veetakse juustu isotermilistes vagunites.

JUUSTU SÄILITAMINE JA KVALITEEDI HINDAMINE

Rajooni või rajoonidevahelises baasis ei hoita juustu kaua. Siin hinnatakse juustu kvaliteeti, sorteeritakse, värvitakse ja parafineeritakse teda vajaduse korral ja saadetakse tarbija ladudesse.

Juustu kvaliteedi tõend koostatakse kindlaks tähtajaks kooskõlas ekspertiisijuhenditega. Hindamiseks saabunud juustupartii hindamise põhilised nõuded on märgitud standardites ja tehnilistes tingimustes. Juustu kvaliteedi hindamisel vaatab ekspert üle juustu pakkimise, kooriku seisundi ja parafineerimise ning kontrollib juustupartii õiget koostamist ja kvaliteedi ühtlust.

Juustu maitse, lõhna, konsistentsi, augustuse ja värvuse hindamiseks võetakse puuriproov. Selle juures võetakse osa proove vee-, rasva- ja soolasisalduse määramiseks. Ekspertiisilehe koostamisel märgitakse sinna juustu hindamise tulemused. Enamik kõvasid juuste hinnatakse 100-pallise süsteemi järgi.

Näitajad	Pallide arv
Maitse ja lõhn	45
konsistents	25
augustus	10
värvus	5
välimus	10
pakkimine	5

Mõne juustuvea ilmnemisel alandatakse standardi nõuete kohaselt juustu kvaliteedinäitajate hindeid. Kui liita üksikute näitajate hindepallid, saadakse juustu hinde üldpall, mis näitab, millisesse sorti hinnatud juust kuulub. Näiteks 87—100 palliga hinnatud juust kuulub kõrgemasse sorti, kusjuures tema maitse hinne peab olema vähemalt 37 palli. Juust hindepalliga 75—86 palli kuulub esimesse sorti. Juust, mille hinne on alla 75 palli, või mis oma koostise poolest ei vasta standardi nõuetele, kuulub ümbertöötamisele.

Kõik pehmed juustud, samuti unifitseeritud kujuga juustud (kubani, krasnodari, kalinini) on sordita ja neid ei hinnata pallisüsteemi järgi. Organoleptiliste näitajate järgi (maitse, konsistents, augustus, välimus ja värvus) peavad juustud vastama standardi nõuetele.

Tarbija ladudesse saabub juust kas täiesti valminuna või poolvalminult. Sellest oleneb ka juustu hoidmise režiim.

Tabel 41

Juustu viga	Vea karakteristika	Vea tekkimise põhjused	Abinõud vea vältimiseks ja kõrvaldamiseks
		Maitse- ja lõhnavead	
Nõrgalt tuntav maitse	Antud juustuliigile omane spetsiifiline maitse ja lõhn on nõrk, ilmetu.	Juust ei ole vajalikult valminud. Madal valmimistemperatuur. Kuivaks töödeldud juustutera.	Piimale lisada rohkem bakterite juuretist. Valmistada veerikkam juustutera. Hoida keldris nõutav käärimistemperatuur.
Rasvamaitse	Juustus leidub võihapet, mille ebameeldiv lõhn ja maitse meenutavad riknenud rasva maitset ja lõhna.	Võihappebakterid kääritavad teisel valmimisperioodil kaltsiumlaktaati ja tekitavad võihapet.	Hoolega kontrollida piima kvaliteeti ja lasta juustul valmida madalas temperatuuris.
Rääsinud maitse	Lipolüütiliste fermentide toimel lagundatud rasva ebameeldiv, rääsinud rasva maitse ja lõhn.	Hallitusseente ja fluorestseeruvate bakterite areng piimas ja juustus.	Juustu hoida madala temperatuuriga ruumis. Mitte kasutada juustu valmistamiseks rääsinud maitsega piima.
Söödamaitse	Juust sisaldab söötade maitse- ja aroomiaineid.	Tugevalõhnalised taimed loomasöödas (küüslauk, koirohi jt.)	Piima hoolikalt sorteerida. Jälgida loomade söötmist.
Hapu maitse	Liiga tugevasti väljenduv hapu maitse.	Piima kõrge happesus ja juustumassi aeglane töötlemine tera seadmisel. Juustu valmimine madalas temperatuuris.	Kasutada piima, mille happesus ei ületa 20° Th. Vältida liigset happesuse tõusu tera töötlemisel (lisada vadakule 10—20% vett). Juustu lasta valmida vajaliku temperatuuri juures.
Mõru maitse	Mõru maitse juustul.	Loomade söötmine mõrumaitseliste söötadega. Juustu soolamine naatrium- ja magneesiumsulfaate sisaldava soolaga. Tunduv peptoonide kogunemine. Mammokokkide areng piimas ja juustus.	Mõru maitsega rohu kõrvaldamine söödaratsioonist. Piim pastöriseerida. Juustu soolamiseks kasutada standardnõuetele vastavat soola. Juustud lasta valmida vajaliku temperatuuri juures.

Tabel 41 (järg)

Juustu viga	Vea karakteristika	Vea tekkimise põhjused	Abinõud vea vältimiseks ja kõrvaldamiseks
Roiskunud lõhn ja maitse	Roiskunud kõrvalmaitse juustul.	Valgu lagundamine roisubakteritega, mille arengut soodustab juustu madal happesus ja nõrk soolamine.	Hoolikalt kontrollida tooraine kvaliteeti. Piim pastöriseerida. Kasutada aktiivset bakterite juuretist. Kinni pidada juustu soolamise režiimist.
Läppunud (repetunud) maitse ja lõhn	Nõrk mädamunalõhn ja -maitse juustul.	Gaasitekitajate bakterite elutegevusest tingitud ebanormaalne juustu käärimine. Sellejuures tekkinud ained sisaldavad väävelvesinikku ja tsüstiini.	Hoolikalt kontrollida tooraine kvaliteeti. Piim pastöriseerida. Jälgida, et happe tekkimine, juustu soolamine ja valmimistemperatuur oleksid normaalsed.
Mittetüüpiline maitse	Maitse ja lõhn ei vasta antud juustuliigi maitsele ja lõhnale.	Seda liiki juustu valmistamise tehnoloogilise režiimi rikkumine.	Täita antud juustuliigile ettenähtud normatiivid.
Ammoniaagilõhn ja -maitse kõval juustul	Ammoniaagilõhn ja kõrvalmaitse juustul.	Leelisetekitajate bakterite ja lima arenemine juustu pinnal.	Tagada vajalik vee eraldumine juustuterast, nõuetele vastav pressimine ja pidev kooriku hooldamine juustu valmimise ajal.
		Konsistentsi vead	
Kõva ja kuiv konsistents	Rasvase valmisjuustu liigne kõvadus.	Tera liigsest kuivatamisest, kõrgtemperatuurilisest järelsoojendusest ja keldrite vähesest niiskusest tingitud vähene veesisaldus juustus.	Jämedama tera seadmise, järelsoojenduse temperatuuri alandamise ja töötlemiskestuse lühendamisega valmistada veerikkam tera. Suurendada niiskusesisaldust juustukeldrites.

Tabel 41 (järg)

Juustu viga	Vea karakteristika	Vea tekkimise põhjused	Abinõud vea vältimiseks ja kõrvaldamiseks
Rihmjas konsistents.	Liigse sidususega juustutaigen.	Valgud on ülemäära tursunud piimhappe vähesuse tõttu.	Tõsta juustutaigna happesust suurendatud koguse piimhappebakterite juuretise lisamise ja kalgendamis- ning töötlemiskestuse pikendamisega.
Murduv ja pude konsistents	Lahtilõikamisel juust murdub kergesti ja isegi pudeneb.	Piima ja juustu kõrgest happesusest tingituna valgu mitteküllaldane tursumine.	Juustu valmistamiseks mitte kasutada kõrge happesusega piima. Lisada vadakule vett. Valmistada juustu, mille pH pärast pressimist oleks 5,3—5,6 ja jahutada juust külmas vees. Vältida juustu külmumist transportimisel.
Praguline konsistents (isepragunev)	Horisontaalselt (harvemini kaldu) asetsevad praod juustus.	Juustutaigna mitteküllaldane sidusus, mis on tingitud tema liigsest happesusest, samuti madalast valmimistemperatuurist.	Piim valida värskuse järgi ja ümber töötada kiiremalt. Lisada vadakule 10—20% vett.
Lõhe	Vertikaalses suunas asuv suur (kinnine või lahtine) lõhe juustus.	Piima ja juustutaigna kõrge happesus. Juust valesti vormitud. Juustu deformeerumine (vajumine) valmimisel.	Valmistada normaalse happesusega juust. Juust vormida ja valmida lasta nõuete kohaselt.
Määriv, liiga pehme konsistents	Liiga pehme juustutaigen.	Juustumassi kõrge veesisaldus.	Valmistada antud juustuliigile vastava veesisalduse ja happesusega juustutaigen.

Tabel 41 (järg)

Juustu viga	Vea karakteristika	Vea tekkimise põhjused	Abinõud vea vältimiseks ja kõrvaldamiseks
		Augustusvead.	
Augustuse puudumine (pime juust) ja peen, harv augustus	Augustuse puudumine või peened, harvalt asetsevad augukesed.	Piimhappebakterite nõrk areng. Juustumassi kõrge happesus, mille tõttu on pidurdatud gaasitekitajate bakterite elutegevus. Juustu tugev soolamine ja madal valmimistemperatuur.	Kasutada aktiivset juuretist. Kinni pidada ettenähtud temperatuurirežiimist juustu valmimisel.
Võrguline augustus	Suur hulk väga peeni auke.	Soolekepikeste gruppi kuuluvate bakterite tormilisest arengust tingitud intensiivne gaasi tekkimine juustu valmimise algul. Seda soodustab kõrge temperatuur juustu soolamisel ja valmimise algul, samuti piima bakteriaalne saastumine.	Piim pastöriseerida. Lisada salpeetrit. Juustu soolata madalama temperatuuri juures.
Käsnjas augustus	Suured, ebaühtlase kujuga tihedalt asetsevad augud.	Juustu valmimise keskmisel perioodil võihappebakterite arengust tingitud intensiivne gaasi tekkimine.	Hoolikalt valida piima. Hoida keldrites madal temperatuur.
Piluline augustus	Horisontaalselt asetsevad pilukujulised augud.	Aukude lamendumine juustu vajumisel, mida kutsuvad esile juustu pehme konsistents ja hoidmine kõrges temperatuuris.	Hoida juustu ettenähtud temperatuuriga ruumis. Moodustada juustule vastupidav, elastne koorik.
Rebitud augustus	Suured või keskmise suurusega ebakorrapärase kuju ja rebitud äärtega augud.	Üleliigne, reguleerimata käärimine juustus, mõnikord ka vormimisel õhu kaasahaaramine juustumassi.	Suurendada piima bakterioloogilise puhtuse nõudeid. Kasutada õiget tehnoloogilist režiimi ja võtteid juustu töötlemisel.

Järelvalmimisel hoitakse juustu samades temperatuuri- ja niiskusetingimustes, mis on ligilähedased tingimustele tööstuse keldrites. Seejuures on vaja hoolitseda juustu kooriku eest. Parafineeritud ja samuti kuivanud limaga juustu võib säilitada kuivades, hästi ventileeritavates ladudes pikemat aega. Seejuures ei vaja juustud peale ruumide perioodilise tuulutamise erilist hooldamist. Lubatud säilitamiskestus oleneb juustu liigist. Näiteks umbes temperatuuri —5° C ja 80—85%-se niiskuse puhul võib hollandi tüüpi juustu säilitada kuni 8 kuud. Limase koorikuga juustu säilitamistemperatuur ei või olla alla 0° C (2—4° C).

JUUSTU VEAD

Kui ei peeta kinni juustu valmistamise tehnoloogilisest režiimist ja kasutatakse halvakvaliteedilist tooraine, võivad juustul tekkida maitse-, lõhna-, konsistentsi-, augustus- jne. vead.

Põhilised juustuvead on toodud tabelis 41.

36. PEATÜKK

KASEIINI VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

KASEIINI FÜÜSIKALIS-KEEMILISED OMADUSED

Kaseiin sisaldab ligi 80% kõikidest piima valkudest. Lehmapiim sisaldab keskmiselt 2,7% kaseiini, 0,5% albumiini ja 0,1% globuliini. Kaseiin kuulub keerukate valkude, fosforproteiidide liiki ja sisaldab ligi 16% lämmastikku ja 23 kuni 16 amiinohapet (erinevate uurijate andmetel).

Piimas esineb kaseiin kompleksis kaltsiumfosfaadiga. Tema molekulkaal on ligikaudu 30 000, erikaal 1,26.

Praktiliselt on kaseiin vees lahustumatu. 20° C juures on tema lahustuvus ainult 0,2%, isoelektrilises punktis aga veelgi väiksem.

Kaseiin lahustub hapetes ja leelistes. Puhas kaseiin on värvuselt valge, maitseta ja lõhnata; amiino- ja karboksüülrühmade esinemise tõttu on ta amfoteerne. 1 g kaseiini neutraliseerimiseks on vaja 8,2 ml 0,1 n leeliselahust.

Kaseiin koosneb koostiselt ja omadustelt erinevatest α-, β- ja γ-kaseiini fraktsioonidest (tabel 42).

Tabel 42

Kaseiin	Sisaldus %-des		Ioonide liikuvus	Laabifermendiga kalgendumine
	fosforit	kaltsiumi		
α	0,98	0,72	6,7	kalgendub
β	0,55	0,86	3,0	kalgendub
γ	0,11	1,03	2,0	ei kalgendu

Kaseiini sadestatakse laabifermendi, kaltsiumkloriidi ja mineraalsete ning orgaaniliste hapetega (sool-, väävel-, piim- ja äädikhape) isoelektrilises punktis (pH-4,6—4,7).

Vastavalt sellele toodetakse happe-, laabi- ja kaltsiumikaseiini.

Piimhappe mõjul eraldub kaltsium ning moodustub kaseiinhape ja kaltsiumlaktaat:

$$NH_2—R—(COO)_6\,Ca_3+6\,C_3H_6O_3=$$
$$=NH_2—R—(COOH)_6+3\,(C_3H_5O_3)_2\,Ca.$$

Kaseiini kasutatakse tehniliseks otstarbeks ja toiduks.

Tehnilist happekaseiini kasutatakse liimina mitmes tööstusharus (vineeri-, paberi-, puidutöötlemis-, tekstiili-, lakivärvitööstuses jm.). Tehnilist laabikaseiini kasutatakse plastmassi — galaliidi — saamiseks, millest valmistatakse tarbeesemeid (nööpe, kamme jm.). Lähemal ajal asendatakse tehniline kaseiin sünteetiliste ainetega.

Toidukaseiini kasutatakse valguliste toitepreparaatide plasmooni ja kaseiinpiima tootmiseks ning leiva ja saia küpsetamisel.

Viimasel ajal on NSV Liidus välja töötatud vees lahustuva toidukaseiini tootmise meetod. Meil hakati tehnilist kaseiini tootma 1902. aastal ja toidukaseiini 1944. aastal.

Laabi- ja happekaseiini võib saada tera-, ejektor- ja tavalisel järelsoojendusmeetodil.

Kaseiini toodetakse lõssist. Kuivkaseiin sisaldab 10 kuni 12% vett. Seepärast piirdub kaseiini tootmise tehnoloogia piima kalgendi maksimaalsel määral veest vabastamisega. Kaseiini tootmise protsessis eemaldatakse 99% lõssis olnud veest: 95% töötlemise ja pressimise ajal ja 4% kuivatamisel. Sel viisil ei jää valmistootesse rohkem kui 1% lähtetooraines olnud veest.

Vähese rasvasisaldusega (ligikaudu 1,5%) kaseiini saamiseks ei tohi lõssi rasvasisaldus ületada 0,05%. Laabikaseiini tootmisel ei tohi lõssi happesus ületada 21° Th.

Tehnilise ja toidukaseiini tootmine koosneb järgmistest tehnoloogilistest operatsioonidest:

tooraine ettevalmistamine,
kaseiini sadestamine (eraldamine),
tera töötlemine,
tera pesemine,
tera pressimine või tsentrifuugimine,
toorkaseiini peenestamine,
tera kuivatamine ja
kaseiini säilitamine.

Toidukaseiini tootmise põhiline erinevus tehnilise kaseiini tootmisest seisneb alljärgnevas.

On kohustuslik, et tooraine pastöriseerimisel temperatuur ei oleks alla 85° C. Toorkaseiin pestakse kas pastöriseeritud või kloo-

ritatud veega ja kuivatatakse kuivatites (ei ole lubatud kuivatada päikesepaistel).

Pesemine ja kõik kaseiini töötlemise järgnevad protsessid, nimelt pressimine, peenestamine ja kuivatamine, on kõikide kaseiiniliikide juures ühesugused.

Kaseiini tootmine terameetodil

Kaseiini terameetodil tootmisel sadestatakse kaseiin hapu vadakuga terade kujul.

Kaseiin sadestatakse ja tera töödeldakse 34—35° C juures. Tera tugevnemine ja sellest vee eraldumine toimub happe, mitte aga kuumutamise mõjul. Peale selle saadakse terameetodi puhul peenemad ja kobedamad terad, mida on parem pesta.

Happekaseiini terameetodil tootmisel kiireneb tootmisprotsess, saadakse kütuse kokkuhoidu ja paraneb kaseiini kvaliteet.

Kaseiini toodetakse terameetodil alljärgnevalt. 2—3 päeva enne tootmist valmistatakse hapu vadak. Selleks kasutatakse vadakut, mis on saadud kas kaseiini isehapendumise meetodil tootmisel või lahja kohupiima tootmisel. Eelnevalt vadak filtreeritakse ja, kui selle temperatuur on 35—40° C, valatakse vaatidesse. Vadaku happesuse kiiremaks tõstmiseks lisatakse temale 1%-list hapukoorevõi tootmisel kasutatavat bakteriaalset juuretist. On soovitatav lisada 0,1% juustu või bulgaaria kepikese bakteriaalset juuretist, mis tekitab kõrgema happesuse. Vadaku happesus ei tohi olla alla 140° Th.

Selleks,et vähendada hapu vadaku vajadust, soovitatakse enne sadestamist viia lõssi happesus 30° Th-ni. Selle sihiga hoitakse lõssi pärast separeerimist 38—40° C juures. Mõnikord lisatakse lõssile umbes 1% juuretist.

Haput vadakut valmistatakse iga päev sellises koguses, et seda jätkuks töödeldava lõssi üldise happesuse viimiseks kuni 65—70° Th. Peale selle jäetakse osa vadakut järgmise valmistamise juuretiseks. Kaseiini sadestamiseks vajalikku hapu vadaku kogust arvestatakse iga töötlemise jaoks, lähtudes nõutavast lõssi (65—70° Th) ja vadaku (140° Th) happesusest. Seejuures kasutatakse järgnevat valemit:

$$V = \frac{L(65 - H_1)}{H_v - 65}, \qquad \text{(V—6)}$$

kus V — kaseiini sadestamiseks vajalik hapu vadaku kogus,
L — lõssi kogus,
H_1 — lõssi happesus enne sadestamist,
H_v — hapu vadaku happesus,
65 — soovitav vadaku happesus vannis.

Enne kaseiini sadestumist hoolitsetakse, et lõssi temperatuur oleks 34—35° C. Kui see on alla 34° C, moodustub liiga peenike,

helbeline ning määriv tera ja kaseiini väljatulek väheneb. Kui aga temperatuur on üle 35° C, saadakse üleliia suured terad, mille tõttu tera on halb pesta ja kaseiini, rasva, tuha- ja happesisaldus suureneb. Ka vadaku temperatuur peab olema enne lõssisse valamist 34—35° C.

Lõssi pidevalt segades valatakse sellele haput vadakut 10 minuti jooksul katkestamatult juurde kuni kaseiinihelveste eraldumiseni, mille järel vadaku lisamine katkestatakse, massi segamist aga jätkatakse veel 5—10 minutit. Kui selle aja jooksul vadak muutub selgeks ja värvuselt heleroheliseks, lastakse 3—4 mm suurused terad sadestuda ja vannist eemaldatakse osa vadakut. Kui vadak jääb ikka veel sogaseks, valatakse haput vadakut seni juurde, kuni vannis olev vadak muutub läbipaistvaks.

Pärast vadaku osalist eemaldamist jätkatakse massi segamist ja lisatakse uuesti haput vadakut juurde, kuni happesus vannis tõuseb 65—70° Th, mis vastab pH=4,6-le. Sellise aktiivse happesuse juures läheb kaseiin üle isoelektrilisse seisundisse, valk muutub elektroneutraalseks ja vähem hüdrofiilseks, mis vastab tehnoloogilise protsessi eesmärgile saada võimalikult väikese veesisaldusega maksimaalselt dehüdratiseeritud toorkaseiini.

Pärast viimaste vadakuannuste lisamist segatakse veel 10—12 minutit. Tera loetakse valmiks, kui see saavutab küllaldase vetruvuse ja tiheduse. Pärast töötlemise lõppemist valatakse vadak ära ja toorkaseiin pestakse.

Kaseiini tootmine ejektormeetodil

Kaseiini tootmisel ejektormeetodil laabi ja happelise kalgendi peenestamiseks ja vadaku eraldamiseks rakendatakse aurujoapumpa (ejektorit).

Pump imeb lõssi kalgendi karpi, kus see purustatakse peenteks teradeks, soojendatakse nõutava temperatuurini ja sealt suunatakse pesemisvanni.

Ejektormeetodit loetakse kaseiini tootmise kõige täiuslikumaks meetodiks. Selle meetodi juures saadakse vähima tuha- ja happesisaldusega kaseiin, väheneb töökulu ja kiireneb tootmisprotsess.

Ejekteerimistemperatuur kehtestatakse 55—58° C vahel. Liiga kõrge ejekteerimistemperatuuri puhul võib aset leida kaseiini denaturatsioon ja lahustuvuse vähenemine, madala puhul aga ei eraldu kalgendist küllaldaselt vadakut ning seda on raske töödelda.

Ejekteerimistemperatuuri on kõige parem reguleerida, muutes kalgendi või auru etteandmist ejektorikarpi.

Auru rõhu juures alla 2 atü asetatakse lõssi hapendamise vannid või toobrid selliselt, et pärast lahtilõikamist kalgend ise saaks ejektorisse valguda. Ejektorseadme nõutava tootlikkuse tagamiseks peab vahemaa aurudüüsi ja segunemiskambri vahel olema 7—15 mm.

Kaseiini tootmine tavalisel meetodil (järelsoojendusega)

Tavalisel meetodil toodetakse happe- ja laabikaseiini. See meetod ei ole nii täiuslik kui tera- ja ejektormeetod, nõuab ka rohkem aega ning töökulu.

Happekaseiin. Lõss soojendatakse 25—35° C-ni ja hapendatakse bakterite juuretisega. Hapendamine vältab 10 kuni 16 tundi. Pärast lahtilõikamist soojendatakse kalgendit kuni 45—50° C, seejärel peenestatakse 5 mm suurusteks teradeks, kuumutatakse kuni 65° C ja segatakse 10—15 minutit kuni tera täieliku tihenemiseni ja valmimiseni. Pärast töötlemise lõppu valatakse vadak ära ja tera pestakse läbi.

Laabikaseiin. Toidukaseiini tootmisel lisatakse mitte üle 21° Th happesusega pastöriseeritud lõssile kaltsiumkloriidi, lähtudes arvestusest 20 g 100 liitri piima kohta. Kalgendamistemperatuur määratakse 33—36° C piirides. Laabi fermenti või pepsiini lisatakse sellises koguses, et piim kalgenduks 20—30 minuti jooksul. Tehnilist kaseiini toodetakse toorest lõssist.

Valmis kalgend peenestatakse 3—5 mm suurusteks teradeks ja kuumutatakse pideva segamise juures 58—60° C-ni. Sellist kõrget temperatuuri rakendatakse selleks, et tugevdada sünereesi ja saada vähima veesisaldusega toorkaseiin.

Kalgendit töödeldakse samuti kui laabijuustude tootmisel.

Põhiline erinevus seisneb aga selles, et kui juustu tootmisel on tarvis eemaldada laabi geelist rangelt optimaalses koguses vett, siis kaseiini tootmisel, vastupidi, püütakse eemaldada maksimaalne kogus kalgendis sisalduvast veest.

Kaseiini pesemine

Toorkaseiini pesemise sihiks on eemaldada tarbetud lisandid: piimasuhkur, piimhape ja vees lahustuvad piimasoolad, mis halvendavad kaseiini kvaliteeti (eriti tehnilise). Kaseiini pesemisvesi peab vastama järgmistele nõuetele:

peab olema puhas ja bakteriaalselt saastumata, eriti ei tohi esineda roisubaktereid;

ei tohi sisaldada rauasoolasid, kuna viimased adsorbeeruvad valgus ja värvivad ta hallikaspruuniks, roostevärviliseks; 1 liitris vees lubatakse kuni 2 mg rauda (ümberarvutatult Fe_2O_3-le);

vee reaktsioon peab olema lähedane neutraalsele; leeliseline vesi, sisaldades kaltsiumi süsihappesoolasid, kutsub esile kaseiini tugeva paisumise ja osalise lahustumise.

Kareda veega pestud toorkaseiin muutub märjaks, libedaks ja edasiseks töötlemiseks kõlbmatuks. Kaseiini pesemiseks lubatakse kuni 5-kraadise karedusega vett. Kõrgema karedusega vett tuleb väävelhappega neutraliseerida.

Neutraliseerimiseks vajalikku väävelhappe kogust arvutatakse järgneva valemi abil:

$$x = \frac{4{,}9W(L-2)}{TK} \qquad (V - 7)$$

kus x — väävelhappe kogus, ml,
W — vee kogus, l,
L — vee leelisus (100 ml vee neutraliseerimiseks mineva 0,1 n happelahuse kogus milliliitrites),
T — väävelhappe tihedus,
K — väävelhappe kontsentratsioon,
2 — vee jääkleelisus pärast neutraliseerimist,
4,9 — normaalse väävelhappelahuse kontsentratsioon.

Vee neutraliseerimisel väävelhappega moodustub kaltsiumsulfaat, mis eemaldatakse settimise teel.

Kaseiini pestakse kolm korda: alguses veega, mille temperatuur on 30—35° C, seejärel 20—25° C-se veega ja kolmas kord 10—15° C-se veega. Iga pesemine kestab 10—15 minutit. Ühe pesemise peale kulutatakse vett 20% ulatuses töödeldud tooraine kogusest. Toidukaseiin pestakse kas pastöriseeritud või klooritatud veega.

Kaseiini pressimine, tsentrifuugimine ja peenestamine

Pestud toorkaseiin pressitakse või tsenrifuugitakse. Hästi pressitud kaseiin sisaldab vähe vett, kuivab kiiresti ja tema kvaliteet on hea.

Pressimise ja tsentrifuugimise tulemusel eemaldub vesi, mis katab terade pindu ja asub nendevahelises ruumis. Kaseiini pressitakse tavaliselt 2—3 tundi, tera hea töötlemise puhul aga 1—2 tundi surve all 20 kg/dm^2.

Tavaliselt eraldub esimese tunni kestel umbes 90% veest, ülejäänud osa eraldub pressimise teise tunni jooksul. Edasise pressimise juures lõpeb vee eraldumine täielikult või siis eraldub vett tähtsusetus koguses (1—2%).

Kestev pressimine ei ole otstarbekohane, kuna see kutsub esile kaseiinikihtide kokkukleepumise ja kaseiini happesuse tõusu, mille tagajärjel kaseiini kvaliteet halveneb.

Happesuse tõusu kaseiini pressimise ajal iseloomustatakse andmetega, mis on toodud tabelis 43.

Kui pressitakse kõrgema temperatuuri juures, eemaldub vesi kaseiinist paremini ja kiireneb ka vadaku eraldumine. Kuid liiga sooja kaseiini pressimisel kleepub kaseiini plast (eriti laabikaseiinil) liiga tugevasti, mille tagajärjel raskeneb tema kuivatamiseelne purustamine.

Peale selle võib liiga kõrge pressimistemperatuuri puhul

Tabel 43

Katse	Toorkaseiini happesus °Th		
	pressimise algul	3 tunni pärast	5 tunni pärast
1	20	32	48
2	24	44	80

kaseiini happesus tugevasti tõusta. Seepärast peab temperatuur pressimise ajal olema 15—20° C.

Kui kaseiin ei kleepu liiga tugevasti ja happesus ei tõuse, siis võib kaseiinimassi temperatuur olla ka 20—25° C.

Kui pressitava massi temperatuuri tõsta kuni 20—25° C, võib saada väiksema veesisaldusega kaseiini (2—3% võrra). Temperatuuri tõstmisega muutuvad kaseiiniterad vähem vetruvateks ja kergemini kokkusurutavateks, mistõttu võib pressi survet sel puhul vähendada.

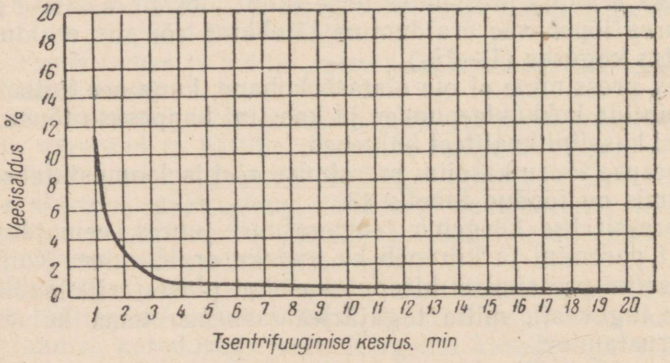
Pressi survel 20 kg/dm² lubatakse kaseiinikihi paksust kuni 10 cm.

Toorkaseiinist on parem enne kuivatamist vett eraldada tsentrifuugimise teel.

Vorobjov ja Favstova on kindlaks teinud, et kui tsentrifuugi pöörete arvu suurendada 500-lt kuni 1000-ni minutis, alaneb vee kogus kaseiinis 3—4% võrra, pöörete arvu edasisel suurendamisel 1000-lt kuni 1500-ni ainult 1—1,5% võrra.

Kaseiini tsentrifuugimine 5—6 minuti jooksul on küllaldane. Edasise tsentrifuugimise juures eraldub vett veel väga väikestes kogustes (joonis 63).

Kaseiini tsentrifuugimise tagajärjel kiireneb tootmisprotsess, happesuse tõusmine on välditud ning plast ei kleepu kokku.



Joonis 63. Kaseiini tsentrifuugimise graafik.

Kaseiini tsentrifuugimiseks kasutatakse vertikaalset tsentrifuugi alumise ajamiga, pealt täitmise ja võrktrumliga. Trumli korvi läbimõõt on 70—90 cm ja kõrgus 30—40 cm. Trummel teeb 1000 pööret minutis. Ühekordne tooraine mahutavus on 50 kg.

Kaseiin pannakse tsentrifuugi korvi pressimiskotis ja jaotatakse seal ühtlaselt ringikujuliselt.

Pärast pressimist ja tsentrifuugimist sisaldab toorkaseiin 55—60% vett. Madalama veesisaldusega kaseiini on õnnestunud saada ainult siis, kui seda pressiti hüdraulilisel pressil. Kui pressi surve oli 50 kg/cm², sisaldas kaseiin 40% vett, 100 kg/cm² juures 36%. Kaseiinimass muutus kõvaks, kummiseks. Toorkaseiinisse alles jäänud vesi ei eraldunud ka tugeva surve puhul, kuna ta esineb valguga seotud olekus ja erineb teistsuguste füüsikalis-keemiliste omaduste poolest (ei ole väljasurutav, ei külmu ega lahusta suhkrut). On kindlaks tehtud, et 1 g kaseiini seob 0,6—0,7 g vett.

Kaseiini tsentrifuugimine ja pressimine mõjuvad ühesuguselt vee eraldumisele, mõlemal puhul saadakse ühesuguse veesisaldusega kaseiin.

Pressitud kaseiin peenestatakse enne kuivatamist 3—5 mm läbimõõduga teradeks. Selleks on kõige parem kasutada ВНИМИ purustit, mille tööpõhimõte seisneb alljärgnevas. Rihveldatud puittrummel hõõrub pööreldes kaseiini läbi tinutatud traatvõrgu. Võrk on kinnitatud alusele ja puutub trumliga kokku ühest küljest. Kaseiinitera suurus oleneb võrguavade suurusest. Kaseiini peenestamisel ei tohi purusti trummel teha üle 100 pöörde minutis. Trumli läbilaskevõime on 100—120 kg/h.

Toorkaseiini kuivatamiseelne konserveerimine

Toorkaseiini konserveeritakse siis, kui seda ollakse sunnitud tehastes pikemat aega säilitama, aga samuti ka osakondades, kus teda säilitatakse mitu päeva enne tehasesse kuivatamisele saatmist.

Toorkaseiin on halvasti säiliv toode, sest ta sisaldab rohkesti vett, valku ja piimasuhkru jääke.

Kaseiini riknemine algab piimhappebakterite arenemisega, mille tagajärjel tema happesus kiiresti tõuseb. Seejärel paljunevad pärmi- ja hallitusseened, mis alandavad kaseiini happesust ja loovad soodsad tingimused roisubakterite tegevuseks, viimased aga põhjustavad lõpliku riknemise (roiskumise).

Riknemisprotsessis kattuvad kaseiiniterad limaga, kleepuvad suurteks tompudeks ja omandavad halli või kollase värvuse. Mida kõrgem on säilitamistemperatuur, seda kiiremini kaseiin laguneb. Suvisel säilitamisel võib kaseiin 1—2 päeva kestel muutuda täiesti kõlbmatuks. Konserveerimine aga peatab või aeglustab tunduvalt mikroorganismide arenemist.

Toorkaseiini konserveerimise eesmärgil säilitatakse seda enne

kuivatamist külmkambris 0 — +5° C juures, valatakse külma veega üle, happekaseiin peale selle veel hapu vadakuga selleks, et vältida roisubakterite arenemist.

Talvisel ajal külmutatakse tehnilist kaseiini mitme päeva jooksul kas taaras või õhukese kihina raamidel, mille tagajärjel langeb tooraine veesisaldus 2—3-kordselt.

Kokkuleppel tarbivate tehastega võib tehnilist kaseiini konserveerida kemikaalidega. Parimaid tulemusi saavutatakse hüdrosulfiti ja bisulfiti kasutamisel.

Kaseiini kuivatamine

Selleks, et kaseiini säilitada pikemat aega, kuivatatakse seda standardse veesisalduseni (mitte üle 12%).

Vääralt kuivatamise puhul saadakse suure veesisalduse ja happesusega, puuduliku lahustuvuse ja halva välimusega kaseiin.

Kaseiini terad peavad olema võimalikult ühesuurused, sest ainult siis kuivab kogu terade mass üheaegselt. Erineva suuruse puhul kuivavad väikesed terad üle, mille tagajärjel võib väheneda kaseiini lahustuvus.

Kõige sagedamini kuivatatakse kaseiini raamidele tõmmatud purje- või kotiriidel. Raamile, mille suurus on 75×100 cm, raputatakse kuni 2 kg toorkaseiini sellise arvestusega, et kihi paksus oleks ligikaudu 1 cm. Paksema kaseiinikihi puhul pikeneb kuivatamiskestus.

Kappkuivatites kuivatamisel puhutakse üle kaseiinikihi sooja õhku. Kuivatamise ajal neelab kuiv kuumutatud õhk kaseiinist eralduvad veeaurud ja väljub kuivatist veerikkana. Mida suurem on siseneva ja väljuva õhu niiskuse vahe, seda efektiivsem on kuivatamine.

Kappkuivatisse on asetatud aurukalorifeer. Kapi keskel on riiulid väljatõmmatavate kaseiniraamidega. Kuivati lõppu on üles seatud ventilaator.

Kaseiini kuivatamise kappides hoitakse esialgu temperatuur 40—45° C, aga 1,5—2 tunni pärast tõstetakse see 55—60° C-ni. Kaseiini segatakse kuivatamise algul iga poole ja lõpupoole iga tunni tagant.

Kuivatamisprotsessi õigeks juhtimiseks ja temperatuuri järskude mõjude vältimiseks tuleb raamid toore kaseiiniga mahutada peamiselt alumistele riiulitele, s. o. madalama temperatuuri tsooni, ja vastupidi, juba osaliselt kuivanud kaseiin asetada soojusallikale lähemale.

Tehnilist kaseiini võib kuivatada ka lahtises õhus (päikesepaistel kuivatamine). Seejuures saadakse valgem kaseiin, kuna päikesekiired lagundavad kaseiini poolt adsorbeeritud piima värvained. Päikesepaistel kuivatamise puuduseks on see, et kaseiin saastub tolmuga ja rikneb sajuste ilmadega.

Kuivatamise ajal peab täpselt täitma kehtestatud temperatuurirežiimi, kuna liiga kõrge või liiga madal temperatuur kutsub kaseiinis esile ebasoovitavaid füüsikalis-keemilisi muutusi.

Liiga kõrge temperatuuri puhul toimub kaseiini denaturatsioon ja halveneb tema lahustuvus, kaseiin kõrbeb, mille tagajärjel ta muutub kas pruunikashalliks või tumedaks.

Madala temperatuuri puhul on kuivamine liiga aeglane, arenevad kahjulikud mikroorganismid ja kaseiin roiskub, happesus tõuseb ja terade pinnad sulavad.

Kaseiini kuivatamine loetakse lõpetatuks, kui temasse ei jää üle 12% vett. Kuivatamise lõpupoole peavad kaseiiniterad tugeva surve all purunema. Kui terad ei purune, vaid deformeeruvad, ei ole kaseiin veel küllaldaselt kuiv.

Kuivatatud kaseiin esiteks jahutatakse, määratakse selle rasva-, vee- ja tuhasisaldus ning happesus, sorteeritakse ja pakitakse.

Häid tulemusi saadakse toorkaseiini kuivatamisel sublimatsiooniga (vaakuumi all miinustemperatuuri juures). Guigo tegi kindlaks, et sublimatsiooniga kuivatamise tulemusel saadakse valge kaseiin, mis on hästi paisuv ja kergesti lahustuv, hõlpsasti jahvatatav ja struktuurilt kobe. Sublimatsiooniga kuivatamise kestus —25° C juures ei ületa kuivatamise aega õhkkuivatites.

KASEIINI KVALITEEDILE ESITATAVAD NÕUDED

Tehniline kaseiin peab olema värvuselt kas valge või kreemikas, ühtlaste, kuni 5 mm suuruste teradega ja kokkusulanud tompudeta.

Tehniline kaseiin peab rahuldama alljärgnevaid nõudeid (tabel 44).

Tabel 44

Tehniline kaseiin	Sisaldus %-des mitte üle			Happesus °Th, mitte üle
	vesi	rasv	tuhk	
Laabikaseiin:				
kõrgem sort	12	1,5	7—8,5	50
III sort	12	3,0	4—5,9	160
Happekaseiin:				
kõrgem sort	12	1,5	2,5	60
III sort	12	3,0	4,0	200

Kaseiin, mis loetletud nõudeid ei rahulda, loetakse mittestandardseks.

Toidukaseiin peab rahuldama järgnevaid nõudeid: vett mitte üle 12%, rasva kuni 3% ja happesus mitte üle 50° Th laabikaseiinil ja mitte üle 60° Th happekaseiinil.

KASEIINI PAKKIMINE JA SÄILITAMINE

Kuivkaseiin sorteeritakse ja pakitakse kottidesse või kastidesse. Hariliku kaseiini standardne kaal on kotis 50 kg, ejektorkaseiinil aga 40 kg.

Kuivkaseiin on hästi püsiv toode. Teda võib säilitada aasta ja rohkem. Kaseiini säilitamisel on vaja täita alljärgnevaid nõudeid.

Kaseiini säilitamise ruum peab olema kuiv ja ventileeritav. Kaseiin on küllalt hügroskoopne, imab niiskes ruumis vett ja rikneb. Algul ta hallitab, seejärel algavad roiskumisprotsessid.

Parim kaseiini säilitamise temperatuur on 0—10° C ja suhteline niiskus mitte üle 75%. Kaseiini võib säilitada ka miinustemperatuuris.

Perioodiliselt tuleb kontrollida kaseiini veesisaldust ja saastumist kahjuritega — nimelt lesta ja koiga. Lesta või teiste aidakahjurite avastamise puhul kõrvaldatakse nakatunud kaseiin ja ruum desinsekteeritakse sööbenaatriumi või 5%-se kloorlubja lahusega ning seejärel valgendatakse ja tuulutatakse.

Transportimisel raudteejaama või varumisbaasi tuleb kaseiin hoolikalt katta alt ja pealt presendiga selleks, et teda kaitsta vihma ja tolmu eest.

Kui toidukaseiini säilitatakse hermeetiliselt suletud polüetüleenkottides, pikeneb tema säilivus ja maitse püsib kaua aega.

KASEIINI VEAD

Standardist kõrvalekaldumine viib kaseiini kvaliteedi halvenemisele ja vigade tekkimisele. Kõige sagedamini kohtame all-loetletud vigu.

Kaseiini kõrge rasvasisaldus on tingitud sellest, et separaatori halva töö tagajärjel (separaatori trumli pöörete arv polnud küllaldane, trummel saastunud ja separaator rikkes) on lõssi rasvasisaldus suur ja separeerimistingimustest ei peetud kinni (madal temperatuur ja piima kõrge happesus). Rasvasisaldust saab alandada kaseiini tootmisel ejektor- ja terameetodiga.

Kaseiini kõrge happesus on tingitud tera halvast pesemisest ja tooraine kauasest säilitamisest enne kuivatamist. Peale selle tõuseb happesus liialt pika pressimise ja aeglase kuivatamise tagajärjel.

Happekaseiini suur tuhasisaldus tekib puuduliku pesemise ning kaseiini liiva ja tolmuga saastumise tagajärjel. Vähese tuhasisaldusega laabikaseiini saadakse kõrge happesusega (üle 21° Th) lõssist ja vahel kalgendi aeglase töötlemise tagajärjel.

Kaseiini veesisaldus on tingitud puudulikust kuivatamisest ja kaseiini säilitamisest niiskes ruumis.

Kaseiini pudulik lahustuvus võib tekkida kõrge temperatuuri kestva mõju tagajärjel kuivatamise ajal, millal toimub kaseiini denaturatsioon.

Kaseiin muutub värvuselt kas tumepruuniks või pruuniks, kui teda kuivatatakse kõrges temperatuuris ja pestakse rauasoolasid sisaldava veega. Toorkaseiin omandab tumeda või halli värvuse roiskumisprotsessis kauase säilitamise korral.

Kaseiini terade läikiv ja sulanud pind on tingitud ebaõigest kuivatamisest, kui toorkaseiin asetatakse liiga kõrge temperatuuriga kuivatisse. Kõige sagedamini sulab kõrge happesusega laabikaseiin, kuna selles moodustub monokaltsiumkaseinaat. Happekaseiin sulab harva.

Roiskuv ja kopitanud lõhn tekib liiga kaua säilitatud toorkaseiinil ning niiskes ruumis säilitatud kuivkaseiinil. Kaseiini riknemine tugevneb, kui pesemisvesi polnud kvaliteetne.

TOIDUKASEIINI TOOTMINE KALTSIUMKLORIIDI ABIL

1953. a. ВНИМИ-s (Djatšenko kaastöölistega) töötati välja meetod, kuidas toidukaseiini toota piima valkude kaltsiumkloriidiga sadestamise teel.

Meetodi olemus seisneb selles, et kui piimale lisada kaltsiumioone, siis kaseiini kolloidosakesed suurenevad umbes 4-kordselt ja koaguleeruvad. Piima soojendamisel intensiivistub osakeste suurenemine ning ka kaseiini koagulatsioon. Kaseiini ja kaltsiumfosfaadi kompleks küllastub täiendavalt kaltsiumiga vabanevate H-ioonide arvel.

Piima järgneva soojendamisega ei sadestu kaltsiumkloriidiga ainuüksi kaseiin, vaid ka suur osa albumiini ja globuliini, mille tagajärjel paraneb piima valkude kasutamine ja suureneb valmistoote väljatulek võrreldes happekaseiinigа 5% võrra ja võrreldes laabikaseiiniga 10% võrra. Kaseiin sisaldab 2,65% kaltsiumi ja 1,49% fosforit, s. o. märgatavalt rohkem kui laabi- ja happekaseiin.

Selle meetodi järgi lisatakse kooritud piimale kaltsiumkloriidi lahust (lähtudes arvestusest 1—2 g veevaba soola 1 liitri piima kohta) ja otsekohe kuumutatakse piim 90° C-ni.

Valkude sadestamiseks vajalik kaltsiumkloriidi kogus määratakse kindlaks proovisadestamistega. Selleks lisatakse 1 liitrile ettevalmistatud piimale vastav kogus kaltsiumkloriidi. Pidevalt segades kuumutatakse segu kiiresti 90° C-ni. Kui valkude kalgendumine ei alanud, siis jätkatakse proovile tilkhaaval kaltsiumkloriidi lahuse lisamist, kuni saabub täielik sadestumine ja vadak muutub läbipaistvaks.

Kaltsiumkloriidist valmistatakse eelnevalt 40%-ne lahus. Selleks võetakse 60 liitri vee kohta 40 kg veevaba kaltsiumkloriidi. Suurema niiskusesisaldusega kaltsiumkloriidi (kas sulatatud, kristalliline või granuleeritud) võetakse 10—12% rohkem kui arvestuse järgi.

Kaltsiumkloriidi 40%-se lahuse tihedus on 1,392, 35%-se lahuse tihedus aga 1,3373. Tihedus määratakse 20° C juures areomeetriga.

Sulatatud kaltsiumkloriidi lahust lastakse enne kasutamist pikemat aega settida ja seejärel valatakse setet põhja jättes teise nõusse.

Kaltsiumkloriidiga ejekteeritakse 80—95°-ne piim. Sellise temperatuuri juures töötlemine asendab pastöriseerimist, mispärast tuleb ejekteerimisprotsessist täpselt kinni pidada ning vältida üksikute piimakoguste puudulikku soojendamist. Ejekteerimistemperatuuri on kõige parem reguleerida piima juurdevoolu muutmisega.

Kaltsiumkaseiini tootmisel tavalise meetodiga lisatakse kaltsiumkloriid samale piimakogusele kui ejektormeetodi puhul. Piima soovitatakse kuumutada 85—95° C-ni ja selle temperatuuri juures lasta valkudel sadeneda kestva pastöriseerimise vannides.

Kui piim on kuumenenud 85—95° C-ni, jätkatakse segamist veel 2—3 minuti jooksul. Seejärel lastakse piim eraldunud valkude settimiseks 7—8 minutit seista. Pärast seda lastakse vadak vannist välja ja tera pestakse.

LAHUSTUVA TOIDUKASEIINI TOOTMINE

Tavaline toidukaseiin ei lahustu vees, ning see piirab tema kasutamist.

Vorobjov töötas välja vees lahustuva toidukaseiini naatriumkaseinaadi tootmise tehnoloogia.

Vees lahustuva kaseiini saamise protsessi olemus seisneb alljärgnevas.

Kaseiini sadestamisel happega saadakse kaseiinhape, sadestamisel laabiga aga kaltsiumkaseinaat. Kaseiini need mõlemad vormid ei lahustu vees. Selleks, et saada lahustuvat ühendit — kaseiini naatriumisoola, tuleb kaseiinhapet töödelda söögisoodaga.

$$NH_2—R—(COOH)_6+6NaHCO_3=$$
$$=NH_2—R—(COONa)_6+6H_2O+6CO_2$$

Lahustuvat kaseiini võib toota kahel meetodil, kas soolhappe- või piimhappemeetodil. Soolhappemeetod omab võrreldes piimhappemeetodiga alljärgnevaid eeliseid:

tunduvalt väheneb kütuse ja külma kulu,

katlas saavutatakse kergemini vadaku nõutav happesus,

jääb ära hapu vadaku varumine, mille kulu moodustab kuni 40% töödeldava tooraine mahust.

Kaseiini sadestamine. Soolhappekaseiini tootmisel lahjendatakse kontsentreeritud soolhapet 8-kordselt ja valatakse püsiva segamise juures 20—30 minuti jooksul lõssisse. Katlas oleva vadaku optimaalseks happesuseks on seejuures 50—53° Th ehk pH = 4,5. 100 l piima kohta kulub 3—3,5 l soolhapet erikaaluga 1,19 ja kontsentratsiooniga 37,2%.

Kaseiini sadestamisel piimhappega 35° C juures saadakse pooltoode üksikute terade kujul, mida on kerge pesta. Selle meetodi juures on vajalik, et vadaku happesus töötlemise lõpul oleks kuni pH=4,6 või 67—70° Th.

Kuivema piimhappe pooltoote saamiseks tuleb seda järelsoojendada, mis tugevdab kalgendi sünereesi ja soodustab vee eraldumist.

60% ja suurema veesisaldusega toorkaseiini soodaga segamisel kleepub kaseiin kokku ja muutub edasiseks töötlemiseks kõlbmatuks. Seepärast pole lahustuva kaseiini saamise meetod 35° C juures järelsoojenduseta vastuvõetav.

Kaseiini neutraliseerimine ja kuivatamine. Toorkaseiin peenestatakse 3—4 mm suurusteks teradeks ja töödeldakse soodaga kuni neutraalse reaktsioonini. Vajalik sooda hulk arvutatakse alljärgneva valemi järgi

$$x = A(B-40)0{,}084, \qquad \text{(V—8)}$$

kus x — söögisooda kogus, g;
A — neutraliseerimisele kuuluva toorkaseiini kogus, kg;
B — toorkaseiini happesus, °Th;
0,084 — söögisooda kogus, mis on vajalik 1 kg kaseiini happesuse neutraliseerimiseks 1 kraadi võrra, g.

Toorkaseiini on kõige parem segada söögisoodaga kohupiima segamise masinates. Neutraliseerimise lõppemise üle võib otsustada tera ühtlase värvuse ja temas valgete täpikeste puudumise järgi. Õigesti töödeldud toorkaseiin peab olema kuiv ja pudenev.

Pärast neutraliseerimist peenestatakse toorkaseiin uuesti 3—4 mm suurusteks teradeks ja pannakse otsekohe kuivatisse. Peenestatud toorkaseiin kuivab kiiremini ja seega välditakse mikrofloora arenemist ja happesuse tõusu. Peale selle väheneb peenestatud kaseiini kuivatamisel kütusekulu.

Lahustuva toidukaseiini kuivatamine ei tohi kesta üle 4 tunni, kusjuures temperatuur ei tohi tõusta üle 60° C.

Vees lahustuv kuivkaseiin ei sisalda rohkem kui 13% vett, 2% rasva ja kuni 6,5% tuhka. 5%-lise kaseiini vesilahuse optimaalne happesus on 0—15° Th. Temperatuuri tõstmisega kuni 90—100° C lahustumine kiireneb ja kaseiini lahustuvus suureneb.

Kaseiini lahustuvust ja happesust saab määrata ühise prooviga. Kaaluklaasi, kus on 5 g peenestatud kaseiini, valatakse 25 ml 50° C-ni soojendatud vett. Seejärel valatakse klaasi veel 70 ml kuuma vett ja aetakse segu keema. Viie minuti pärast peab kaseiin segamise juures täielikult lahustuma.

Happesuse määramiseks tiitritakse 20 ml kaseiinilahust fenoolftaleiini indikaatoriga 0,1 n seebikivilahusega. Kulutatud 0,1 n seebikivi lahuse milliliitrite arv korrutatult viiega näitab kaseiinilahuse happesust Thörneri kraadides.

VADAKU TÖÖTLEMISE TEHNOLOOGIA

Vadak sisaldab 0,25—0,39% rasva, 0,75—0,95% valke, 4,6—4,8% laktoosi ja 0,52—0,56% mineraalsoolasid.

Peale selle leidub vadakus fosforlipoide (0,0002—0,0005%), fermente, vitamiine, mineraalaineid ja teisi komponente, mis tingivad tema väärtuse toorainena toiduainete, söötade, tehniliste toodete ja jookide tootmisel.

Vadaku kuivainesisaldust U_{vad} võib määrata järgmiselt.

a) Popovi valemi järgi:

$$U_{vad} = 1{,}18R_{vad} + 2{,}43\,\frac{100t - 100}{t}; \qquad \text{(V—9)}$$

b) Borissovi valemi järgi:

$$U_{vad} = 1{,}19R_{vad} + 2{,}404\,\frac{100t - 100}{t}; \qquad \text{(V—10)}$$

c) Borissovi lihtsustatud valemi järgi:

$$U_{vad} = 1{,}19R_{vad} + 0{,}235a + 0{,}457; \qquad \text{(V—10a)}$$

d) Kovalenko lihtsustatud valemi järgi:

$$U_{vad} = \frac{0{,}2706\,a}{t} \qquad \text{(V—11)}$$

kus a — areomeetri näit,
t — vadaku tihedus,
R_{vad} — vadaku rasvasisaldus, %.

Vadaku füüsikalis-keemilised omadused on järgnevad.

Viskoossus	1,67 cP
Pindpinevus	50,5 dyn/cm
Erisoojus	0,970 kcal/kg deg
Soojusejuhtivus	0,465 kcal/m h deg
Temperatuurijuhtivus	$4{,}6 \cdot 10^{-4}$ m²/h
Elektrijuhtivus	$52—56 \cdot 10^{-4}$ 1/Ω · m
Happesus	12—13,5° Th
Tihedus	1,023—1,026 g/cm³

PIIMASUHKRU TOOTMINE

Juba 1780. aastal tegi Scheele kindlaks, et piimasuhkur on loomse päritoluga.

Jariga (1791) osutas, et tatarlased kasutasid toitudes ammugi piimasuhkrut tavalise asemel, saades seda märapiimast.

Esmakordselt hakati piimasuhkrut tootma Šveitsis (1880), seejärel Itaalias ja Saksamaal (1883) ning USA-s (1890).

NSV Liidus toodetakse piimasuhkrut 130 tööstuses, tema tootmine on viimastel aastatel tunduvalt kasvanud.

Piimasuhkru omadused ja kasutamine

Piimasuhkur (laktoos) kuulub disahhariidide hulka, mis koosnevad kahest monoosist — glükoosist ja galaktoosist. Laktoosi sünteesiprotsessi kohta ei ole ühist arvamust. Arvatakse, et laktoos moodustub verega udara alveoolidesse kanduvast glükoosist. Seejuures moodustub transglükoosidatsiooni reaktsiooni tulemusel esialgu galaktoos, mis annab glükoosiga ühinedes laktoosi.

Laktoos on võimeline osa võtma mitmesugustest keemilistest reaktsioonidest: taandamine, ühinemine, hapendumine jm. Selline laktoosi omaduste mitmekesisus põhjustab tema mitmekülgset kasutamist meditsiinis: lastepreparaatide tootmisel, D_2-vitamiini tablettide täidisena, Behterevi dražeedes ja mitmesugustes keemia- ja toiduainetetööstuse harudes.

$C\begin{matrix}H\\O\end{matrix}$ rühma võimel taandada hõbedahapendi ammoniaagilahust kuni metallini põhineb laktoosi kasutamine peeglitööstuses. Laialdaselt kasutatakse laktoosi söötmena penitsilliinitööstustes.

Piimasuhkru saamise meetodid

On teada kolm järgnevat piimasuhkru saamise meetodit. Esimene meetod, mille esitas 1883. a. Ljubavin, põhineb sellel, et suhkrud võivad reageerida leelis- ja leelismuldmetallide hapenditega ja hapendite hüdraatidega, moodustades sahharaate üldise valemi järgi:

$$xC_{12}H_{22}O_{11} \cdot yCaO \cdot zCaCO_3$$

Raskesti lahustuvate sahharaatide saamiseks lisatakse suhkrulahustele puhast värskelt põletatud lubja pulbrit ja keedetakse kuni mono- ja dikaltsiumsahharaatide moodustumiseni. 1 gramm-molekuli kaltsiumoksiidi lisamisel 1 gramm-molekulile laktoosilahusele moodustub monokaltsiumlaktosaat $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot CaO$, kaltsiumoksiidi 3 gramm-molekuli lisamisel aga raskesti lahustuv trikaltsiumlaktosaat $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 3CaO$. Monokaltsiumlaktosaat läheb kuumutamisel üle trikaltsiumlaktosaadiks.

Tšebotarjov ja Kovalenko tegid kindlaks, et 20° C-se kaltsiumoksiidiga sadestub ligi 40—45% laktoosist.

Igumnova sadestas laktoosi pliiatsetaadiga ja ammoniaagiga, allutades laktosaadi sademe saturatsioonile.

Saturatsiooni puhul vabaneb laktoos ja liigne CaO muutub $CaCO_3$-ks. Laktoosilahust aurutatakse kuni kontsentreeritud (küllastunud) lahuse saamiseni, millest laktoos edaspidi välja kristalliseeritakse.

Piimasuhkru saamise teine meetod põhineb piima vadaku kombineeritud termilisel, keemilisel või ioonvahetuslikul töötlemisel. Seejuures eemaldatakse valkude termolabiilsed fraktsioonid kuumutamisega, soojuspüsivad fraktsioonid aga sadestatakse kaltsiumkloriidiga, lubja või teiste valkusid väljasoolutavate või sadestavate kemikaalidega. Vadaku mineraalset osa võib eemaldada elektrodialüüsiga või ioonvahetusega.

Rozanov ja Kovalenko tegid kindlaks, et hea vadaku demineraliseerimine saavutatakse keemiliselt püsivate ja suuremahuliste tehislike vaiguioniitide kasutamisel. Demineraliseerida võib kas tavalise, ühendatud või pöörduva skeemi kohaselt (vt. III osa, 14. peatükk). Puhastatud vadak aurustatakse ja seejärel kuivatatakse. Saadud pulber sisaldab 91—94% laktoosi.

Siiski ei ole nii esimene kui ka teine piimasuhkru saamise meetod tööstuses levinud. Praktikas on kõige enam kasutusel kolmas meetod, mis põhineb vadaku aurustamisel ja laktoosi kristalliseerimisel. Piimarasvast vabastamiseks separeeritakse vadakut kas vähendatud juurdevoolu või separaatori trumli mõnevõrra (10—15% võrra) suurendatud pöörete arvu juures. Vadaku vabastamine valk- ja mineraalainetest on seotud suurte raskustega, mis on tingitud valgu molekulide elektrilaengulisusest.

Valkude agregatiivse püsivuse alandamine ja nendest vadaku eraldamine võib põhineda järgnevate tegurite koosmõjul: termiline denaturatsioon ja termolabiilsete fraktsioonide koaguleerumine, valkude väljasoolutamine ja sadestamine keemiliste ainetega ning keskkonna reaktsiooni nihutamine isoelektrilise punkti poole.

Isoelektriline punkt kaseiini jaoks on pH=4,7 juures, laktoalbumiini jaoks pH=4,55 juures ja globuliini jaoks pH=5,4 juures.

Valgu (albumiini, globuliini) termolabiilsete fraktsioonide denaturatsiooni ja koaguleerumise täiesti rahuldav efekt saavutatakse vadaku kuumutamisel kuni 90—95° C 10—15 minuti jooksul.

Juustuvadakust võib valkusid välja soolutada või sadestada mitmesuguste meetoditega: soolhappe ja lubja, kaltsiumkloriidi-, happe- jt. meetoditega.

Soolhappe ja lubja meetodi juures hapustatakse esialgu värske juustuvadak soolhappega 14—16° Th võrra, võrreldes esialgse happesusega. Seejärel kuumutatakse vadakut kuni 90—93° C ja kui see temperatuur on saavutatud, valatakse juurde lubjapiima, et alandada happesus kuni 4—8° Th (pH=6,4—6,8). Valkude sadestamisel kuumutatakse haput (mitte üle 70° Th) vadakut kuni 90—93° C 10—15 minuti jooksul. Seejärel lisatakse temasse lubja-

piima, arvestades esialgse happesuse alandamise vajadust 35—40° Th võrra.

Häid tulemusi saadakse vadaku puhastamisel siis, kui ühendatakse valkude sadestamise soolhappe ja lubja meetod vadaku ioniitidega töötlemisega mitmesuguste ioonvahetajate abil: ekspatiidid КУ-1, КБ-4, КУ-2 jt.

Nagu näitasid ЦНИИМС-i (Rozanov) ja ЛТИХП-i (Kovalenko) uurimused, saavutatakse vadaku eraldumise hea efekt, kui lisada vadakule 1—2% kaltsiumkloriidi 18—20%-list lahust. See on tingitud sellest, et mineraalhapped ja -leelised mõjuvad valkude ioongruppidele. Mineraalhapete mõjul muundub rühm —COO— rühmaks —COOH, mille tõttu seos —COO... H_3N^+ katkeb ja peptiidne ahel hargneb. Kui leelis mõjub valkudele, siis kõrvaldub positiivne laeng analoogilisel viisil.

Valgumolekulide lahustamatute gruppide moodustumine ja denatureeritud valkude kalgendumine on seotud sellega, et denatureeritud valgu molekulide pinnal asetsevad positiivsed ja negatiivsed grupid ühinevad teise valgumolekuli vastasmärgiga laetud gruppidega, mille tagajärjel tekivad molekulidevahelised soolasillakesed.

Kalgendunud valk langeb settesse ainult osaliselt. Osa temast jääb hõljuma, mistõttu täielikuks väljaeraldamiseks tuleb lasta segul settida 1—1,5 tunni jooksul. Valguhelbed eemaldatakse võrgu, marli jm. abil. Vadaku vabastamiseks settinud või hõljuvas olekus olevast valgust tuleb vadakut filtreerida (diatomiidipulbri kasutamisega) filterpressiga või isetühjenevate tsentrifuugidega.

Mineraalhapete ja keemiliste ainete rakendamiseta sadestatud valku võib kasutada atsidofiil-albumiinpiima, kohupiima jm. tootmiseks, kemikaalide rakendamisega sadestatud valku võib kasutada lindude ja loomade söödaks.

Laktoosi eraldamine põhineb tema väljakristalliseerimisel küllastunud ja ülekküllastunud lahustest, mistõttu tuleb vadakut kondenseerida. Soojusenergiakulu vähendamiseks on otstarbekohane kasutada kahe- või kolmeastmelisi vaakuumaparaate. Vahustumise vältimiseks tuleb lisada 1 t vadakule 0,1—0,2 kg oleiinhapet, seebisoopa või teisi pindaktiivseid aineid. Piimasuhkru pooltoote valmistamisel tuleb kondenseerimine lõpetada 57—62%-lise kuivainesisalduse saavutamisel, mis vastab kondenseeritud vadaku tihedusele 1,27—1,29 g/cm³.

Kondenseeritud vadakut jahutatakse. Seejuures laktoos kristalliseerub. Laktoosi täielikumaks kristalliseerumiseks tuleb vadakut perioodiliselt segades aeglaselt jahutada.

Emalahusest eraldamiseks ja lisanditest vabastamiseks tsentrifuugitakse saadud kristallisaati ning selle järel pestakse laktoosikristallid üks või kaks korda külma veega läbi.

Pärast tsentrifuugimist sisaldavad laktoosikristallid 12—14% vett ja neid ei saa säilitada pikemat aega, mispärast neid tuleb

kuivatada kapp-, tunnel- või parem trummelkuivatites. Saadud kristallid jahvatatakse ja pakitakse kottidesse, puu-(vineer-)kastidesse või trumlitesse. Paremaks säilitamiseks on otstarbekohane kasutada hermeetilist taarat.

Puhastatud piimasuhkru saamiseks lahustatakse pooltoode kuumas vees ja töödeldakse kondisöe, diatomiidi ja blankiidiga (hüdrovääv lishappe naatriumisool). Seejärel lahus keedetakse, filtreeritakse, aurustatakse, kristalliseeritakse ja kristallid kuivatatakse.

Tooraine kulu toorpiimasuhkru saamisel on 37—40 kg/kg, kristallisaadi tootmisel aga 9 kg/kg.

Toodetav toorpiimasuhkur ja puhastatud piimasuhkur peavad rahuldama järgmisi nõudeid (tabel 45).

Tabel 45

Piimasuhkur	Sisaldus, %				
	laktoosi mitte alla	valke mitte üle	piimhapet mitte üle	tuhka mitte üle	niiskust mitte üle
Pooltoode:					
kõrgem sort	91	2	0,5	1,5	2,5
I sort	85	3	1,0	2,5	4,0
II sort	79	5	2,0	4,0	6,0
Puhastatud toode:					
kõrgem sort	99,7	—	—	—	0,3
I sort	95—99	1	—	0,8	1,8
II sort	90—95	2	0,5	2,0	2,0

Piimasuhkru kristallisaat (siirup)

Tänu kondenseeritud piimavadaku väärtuslikele bioloogilistele ja kasvuteguritele ning laktoosisisaldusele kasutatakse teda laialdaselt toitva söötmena penitsilliini tootmisel. Kristallisaadi saamiseks vabastatakse vadak rasvast ja valkudest (ilma lubjastamata) ja kondenseeritakse. Kondenseerimise lõpp määratakse tiheduse järgi, mis on 40—50%-se laktoosi kontsentratsiooni juures umbes 1,26 g/ml, või refraktomeetriga kuivainesisalduse järgi. Kondenseeritud vadak valatakse tünnidesse (mahuga 50—100 l). Külmas ruumis säilitamisel kristalliseerub laktoos ja kondenseeritud vadak omandab helekreemi värvusega teralise struktuuri.

TOIDUAINETE JA JOOKIDE TOOTMINE VADAKUST

Vadakust kuumutamisega eraldatud valkudest (albumiin, globuliin) võib saada mitmesuguseid toiduaineid: albumiinkohupiima, juustukesi, albumiinpiima, albumiinpastat jm. Vadakust võib samuti valmistada mitmesuguseid jooke (keefiri, kumõssi, kalja jne.).

Albumiinkohupiim

Albumiinkohupiima toodetakse värskest vadakust, mille happesus ei ole üle 30° Th. Kõrgema happesuse puhul väheneb albumiini eraldumise määr ja halveneb tema maitse.

Albumiini sadestamiseks hoitakse vadaku temperatuur 30 minuti jooksul 92—95° C piirides. Albumiin eraldub helvestena, mis sadestuvad aeglaselt reservuaari põhja. 26—28° C-ni jahutatud albumiinimass hapendatakse juuretisega, mis koosneb 2,7%-st piimhappestreptokokkidest ja 0,3%-st atsidofiilkepikestest.

Hapendatud albumiinimassi segatakse hoolikalt ja pressitakse 74—79%-lise veesisalduseni kohupiimas. Teralisuse vältimiseks ei tohi albumiinimassi pressida liiga kaua või rõhku ülemäära suurendada.

Pressitud albumiinkohupiim pannakse taarasse, säilitamistemperatuur ei tohi olla üle 5° C.

Albumiinkohupiima võib tarvitada vahetult toiduks või segada juurde harilikule kohupiimale mitmesugusteks toodeteks ümbertöötamiseks.

Albumiinkohupiim peab sisaldama 26—29% kuivainet ja tema happesus ei tohi olla üle 140° Th. Maitse ja lõhn on iseloomulikud hapupiimale, nõrgalt avalduv spetsiifiline albumiini kõrvalmaitse on lubatav. Konsistents olgu ühtlane, küllaldaselt tihe, nõrgalt määriv, ilma tunduvate valguterakesteta, värvus valgest kuni nõrgalt kreemikani.

Albumiinjuustukesed

Albumiinkohupiimast võib toota rasvaseid või rasvata juustukesi suhkruga, maitse- ja aroomiainetega (köömned, kaneel, nelk, pipar, till jm.).

Rasvased juustukesed peavad sisaldama vähemalt 20% rasva, 25% suhkrut ja mitte üle 50% vett, lahjad juustukesed 25% suhkrut ja mitte üle 55% vett; nii ühtede kui ka teiste happesus ei tohi olla üle 120° Th.

Et parandada kohupiima struktuuri, anda temale nidusust ning kõrvaldada tükilisust ja teralisust, hõõrutakse teda ja segatakse täidisega. Häid tulemusi saavutatakse hõõrumisel hundis, hakkmasinas. Kohupiimamassile lisatavad täidised ja maitselisandid tuleb ette valmistada samuti nagu kohupiimajuustukeste tootmisel.

Ettevalmistatud täidiseid ja kohupiimamassi segatakse hoolikalt 10—15 minuti jooksul kohupiima segamise masinas kuni ühtlase massi saamiseni. Valmis kohupiimamass pannakse tünnidesse ja saadetakse fassimisele.

Atsidofiil-albumiinpasta

Albumiin sisaldab selliseid asendamatuid amiinohappeid, nagu leutsiin, leisiin ja triptofaan. Albumiinirikkad tooted omavad suurt tähtsust väikelaste dieetikas. Seoses sellega on välja töötatud mitmesuguste suurt kogust albumiini sisaldavate jookide ja preparaatide kunstlike segude retseptid. Üheks selliseks tooteks on atsidofiil-albumiinpasta. S. Paraštšuki järgi seisneb tema valmistamise tehnoloogiline protsess alljärgnevas.

90° C juures pastöriseeritud piimavadakus leiduvad albumiinihelbed kogutakse ja pressitakse kuni 25%-lise kuivainete-sisalduseni. Albumiinkohupiim segatakse atsidofiilse juuretisega ja suhkruga vahekorras: 40% albumiinkohupiima, 45% atsidofiiljuuretist ja 15% suhkrut. Segu fassitakse klaasidesse või purkidesse.

Atsidofiil-albumiinpasta sisaldab: 8,5—10% albumiini, 1,2—1,3% kaseiini, 1,5—1,9% laktoosi, 0,3—0,6% piimhapet, 0,3% mineraalaineid ja 15% sahharoosi. Kuivainete üldine sisaldus on umbes 29%. Atsidofiil-albumiinpasta on mõnel määral ühekülgne valgutoode, mispärast sagedamini toodetakse nõndanimetatud atsidofiil-albumiin-kaseiinpastat. Atsidofiil-albumiin-kaseiinpastat valmistatakse alljärgneval viisil. Lõss pastöriseeritakse 90° C juures, jahutatakse kuni 42—44° C ja hapendatakse 5% atsidofiilkepikeste juuretisega. Juuretisega segatud piima hoidmisel 37—40° C juures hapendub ta 5—6 tunni pärast. Saadud kalgend lõigatakse katki ja jäetakse kalgendi tugevnemiseks ja vadaku eemaldamiseks 1 tunniks vanni.

Vadak eemaldatakse pressimisega, lähtudes arvestusest, et 100 kg piimast saaks 25 kg kohupiimamassi (atsidofiilpastat). Albumiinkohupiima 25 osale lisatakse 55 osa pressitud kohupiimamassi ja 20 osa suhkrut.

Läbihõõrumiseks lastakse segu läbi kohupiima segamise masina ja valtside. Atsidofiil-albumiinkaseiinpasta fassitakse 200-grammistesse purkidesse ja säilitatakse realiseerimiseni madalal, temperatuuril 4—5° C.

Atsidofiil-albumiinkaseiin-pasta sisaldab 7,5—8% albumiini, 10% kaseiini, 1,8—2% laktoosi, 0,7—1,0% piimhapet, 20% sahharoosi ja 0,3% mineraalaineid. Kuivainete üldine sisaldus on 40—41%.

Atsidofiilpasta on eriti kasulik sooltehaiguste profülaktikas.

Albumiinpiim

Albumiinpiim võib olla kas rasvata või rasvane (rõõsakoore lisamisega), suhkruga või suhkruta. Värvuselt on see kollakaskreem ja omab väikeste õrnade albumiinhelvestega vedela hapukoore konsistentsi; maitse on kergelt tahe, hapupiimataoline, meeldiv ja karastav ning suhkruga albumiinpiimal magus.

Albumiinpiima saadakse albumiinimassist, mis on eraldatud sama meetodiga kui albumiinkohupiima tootmiselgi.

Vadak kallatakse pealt ära sellise arvestusega, et järelejääv hapukooretaoline albumiinimass moodustaks umbes 10% vadaku esialgsest kogusest.

Kohupiimamassi jahutatakse kuni 28—30° C-ni, seejärel lisatakse juuretist, mis sisaldab 1,5—2,5% piimhappestreptokokke ja 0,1—0,3% limasest tüvest atsidofiilkepikesi (hapendatava massi mahust). Hapendatavat massi segatakse hoolikalt. Magusa albumiinpiima tootmisel lisatakse 10%-list peedisuhkrulahust, mis on valmistatud kas albumiinpiima või rõõsakoorega. Lahust filtreeritakse, pastöriseeritakse, jahutatakse kuni 28—30° C ja valatakse albumiinpiimasse. Rasvase albumiinpiima tootmisel lisatakse segule enne hapendamist värsket pastöriseeritud ja 28—30° C jahutatud rõõska koort sellise arvestusega, et rasvasisaldus tõuseks 3,2%-ni. Valmistatud albumiinpiim segatakse hoolikalt, villitakse pudelitesse ja korgitakse. Pudelid piimaga asetatakse 2—3 tunniks 28—30° juures termostaati ning pärast seal hoidmist pannakse kuni 120° Th happesusega valmistoode külmkambrisse, kus teda jahutatakse kuni 6—8° C.

Albumiinkreem

Kreem kujutab endast meeldiva maitse ja õrna konsistentsiga vahukoort meenutavat lumivalget massi. Teda valmistatakse vadakust, mille happesus pole üle 28° Th. Kui happesus on nõutavast kõrgem, siis seda vähendatakse söögisoodaga.

Vadak juhitakse aurujoalise ejektoriga vanni, kuhu on asetatud linase riidega kaetud rest. Ejektorisse auru andmist reguleeritakse nii, et ejektorist väljuva vadaku ja albumiini massi temperatuur oleks 80—85° C.

Ejektorist väljuv vahustatud ja peenehelbeline mass koguneb riidele, kuna vadak valgub vanni põhja.

Vahustatud albumiini lastakse tund aega vajuda ja seejärel pressitakse teda niisama kaua. Pressitud albumiinkreem lastakse läbi valtsimis- ja segamismasina, kus seda segatakse maitse- ja aroomiessentsidega. Kreemile lisatakse 10—12% suhkrut, 0,1% essentsi ja 0,01% vanilliini.

Kreem fassitakse tünnikestesse ja säilitatakse ruumis temperatuuriga 5—6° C.

Keefir albumiinpiimast

Albumiinpiim on keefiriseenekestele heaks söötmeks, mis võimaldab teda kasutada keefiri valmistamiseks.

Värske albumiinpiim jahutatakse 28—30° C-ni ja hapendatakse seda 6—8% keefiriseenekestest valmistatud juuretisega. Juureti-

sega segatud albumiinpiim villitakse kas pudelitesse või anumatesse ja paigutatakse termostaati hapendumiseks 28—30° C juures 16—18 tunni jooksul. Happesus tõuseb kuni 85—90° Th. Toode omandab küllaldase keefirimaitse. Madalama temperatuuri puhul kestab hapendumine umbes ööpäev. Nõrgal keefiril peab happesus olema 70—90° Th, keskmisel 105° Th ja kangel kuni 120° Th. Jahutamiseks ja lõplikuks valmimiseks asetatakse keefir külmkambrisse, mille temperatuur on 8—10° C.

1000 g joogi peale kulub albumiinpiima 931,6 g ja juuretist 80 g.

Kumõssi tüüpi jook

Vadak peab olema värske, kõrvallõhnadeta ja -maitseteta, happesus ei või olla üle 60° Th ja lisatava täispiima happesus mitte üle 20° Th. Piima pastöriseeritakse 80—85° C juures, vadakut aga valkude termolabiilsete fraktsioonide koaguleerumise ja sellele järgneva jahuse konsistentsi vältimiseks temperatuuril mitte üle 70° C.

Soojendatud piimavadakule lisatakse peensuhkrut või suhkrulahust (1 osa suhkrut 1,5 osas vadakus) ja hoitakse 20 minuti jookkul 70° C juures ja seejärel jahutatakse kuni 40° C.

Jahutatud vadakule lisatakse 3—5% juuretist võetud võrdses koguses bulgaariakepikese ja limata tüvest atsidofiilkepikese kultuuridest. Happesuse saavutamisel 80—85° Th jahutatakse vadakut kuni 25° C, lisatakse suhkrusiirup, hapendatakse leiva (0,1%) ja piimapärmiga (0,4%) ja kääritatakse 16—18 tunni jooksul.

Hapendatud vadakut jahutatakse kuni 18—20° C, seejärel lisatakse talle intensiivselt segades 10°-ni jahutatud pastöriseeritud täispiima. Käärimisprotsessi ajal tuleb aga segu 1—2 tunni järel segada. Käärimise lõppemisel jahutatakse jooki, nii et selle temperatuur ei oleks üle 10° C, villitakse see pudelitesse ja säilitatakse 5—8° C juures. Kasutatakse järgnevat ingredientide suhet g-des 1000 g-le: vadakut 628,3, täispiima (rasvasisaldusega 3,6%) 278,1, suhkrut 72,1, piimhappebakterite juuretist 46,35 ja pärmijuuretist 5,15.

Vadakukali

Rasvane vadak filtreeritakse ja separeeritakse. Vadak ei tohi sisaldada üle 0,08—0,1% rasva. Liigse suhkrukulu vältimiseks ei tohi töödelda kõrge happesusega (üle 80° Th) vadakut. Kooritud vadak pastöriseeritakse spiraaltorudega tõrtes või kahekordsete seintega vannides, kus ka albumiin sadestatakse. Protsessi kiirendamiseks võib vadakut pastöriseerida pastörisaatoris ja kohe juhtida vannidesse või tõrtesse.

Koaguleerunud valkudega pastöriseeritud vadakut filtreeritakse, pärast valkudest vabastamist aga jahutatakse hapendamistemperatuurini (25—30° C). Juuretise valmistamiseks võib valida alljärgnevatest menetlustest ühe.

1. 2 liitris pastöriseeritud ja jahutatud vadakus lahustatakse 100 g värsket leivapärmi ja vähemalt 25 g suhkrut ja seejärel lastakse massi käärida 30° C juures. 2—3 tunni pärast on juuretis valmis.

2. Magusale vadakule, mis on pastöriseeritud 85° C juures ja jahutatud kuni 30° C, lisatakse hapendamiseks 0,5—2% ulatuses bulgaaria kepikese, piimhappestreptokoki ja leivapärmi (1%) puhaskultuuride segu. 12—15-tunnise käärimise järel 25° C juures juuretis valmib. Seda võetakse 5—10% ulatuses hapendatavast vadakust.

3. Ühele liitrile pastöriseeritud ja kuni 35—38° C jahutatud vadakule kallatakse juurde 30 ml *Bact. casei* juuretist, 3 ml *Bact. bulgaricumi* juuretist ja 40 ml õllepärmi. Pärast 18—24-tunnist hoidmist temperatuuris 35—40° C lisatakse 1—2% suhkrut. Segu villitakse hermeetiliselt korgitavatesse pudelitesse. Juuretist hoitakse 2 ööpäeva jooksul temperatuuris 7—10° C, mille järel ta muutub tarvitamiskõlblikuks.

Juuretise lisamisel segatakse hoolikalt anuma sisu. Üheaegselt juuretisega lisatakse vadakule 80—85% retseptis ettenähtud suhkrunormist (50,5 g liitri vadakule). Joogile vastava värvuse andmiseks lisatakse ülejäänud osa (15—20%) suhkrust põletatud suhkrusiirupi näol. Pärast hoolikat segamist jäetakse vadak 20° C juures 15—20 tunniks käärima. Käärimise lõppemise üle otsustatakse pinnale vahu moodustumise ja magushapu maitse järgi; kalja happesus on 80—90° Th.

Vadaku kõrvalmaitse vältimiseks ja kaljale iseloomuliku värvuse andmiseks lisatakse talle pärast lõplikku hapnemist peale põletatud suhkru veel puuviljaessentsi (pirni-, õuna-, kirsi-) arvestades 0,2 ml ühe liitri kalja kohta.

Kui essentse ei ole, võib vadaku maitse kõrvaldamiseks lisada põldmündikeedist.

Pärast aroomi- ja värvainete lisamist kalja segatakse, jahutatakse kuni 6—8° C ja villitakse kas tünnidesse või pudelitesse. Täidetud ja hermeetiliselt suletud tünnid ja pudelid pannakse külmkambrisse temperatuuriga 2—3° C, kus neid hoitakse vähemalt üks ööpäev. Selle aja jooksul kali valmib, temasse koguneb suurel hulgal süsihappegaasi, mis annab joogile värskendava ja janukustutava omaduse.

1000 g kaljale kulub 979,1 g vadakut, 50,5 g suhkrut, 0,2 g pärmi ja 0,2 g essentse.

Kihisev jook

Vadakust valmistatakse kihisevat jooki järgneval viisil. 60—80° Th happesusega vadak filtreeritakse läbi kahekordse marli. 100 kg vadaku kohta võetakse 11 kg suhkrut või suhkru ja mee segu. Suhkur ja mesi lahustatakse väikeses hulgas vadakus, mille temperatuur on 50° C, filtreeritakse läbi kahekordse marli ja segatakse siis ülejäänud vadakuga. Segu värvitakse safraniga, pastöriseeritakse 30 minuti jooksul 63° juures, jahutatakse kuni 30° C ja lisatakse 1% šampanjapärmi juuretist. Seejärel villitakse vadak pärast viieminutilist segamist paksuseinalistesse pudelitesse, korgitakse ja pannakse kaheks päevaks seisma ruumi temperatuuriga 18° C.

Kondenseeritud vadak ja vadakupulber

Kondenseeritud vadakut toodetakse kuivainesisaldusega 45—55% ja 55—65%.

Kondenseeritakse ja kuivatatakse heakvaliteedilist värsket, kõrvalmaitseteta ja -lõhnadeta soolamata vadakut, mis on eelnevalt 30 minuti kestel 63—74° C juures pastöriseeritud.

Kondenseeritud vadak villitakse tünnidesse. Fassitud toodet segatakse aeg-ajalt ja hoitakse seda 18—24 tundi kaanega sulgemata. Aeglase jahtumise tagajärjel toimub piimasuhkru kristalliseerumine ja kondenseeritud vadak omandab pastataolise või mõnikord poolkõva konsistentsi. Jahutatud toote tünnid kaanetatakse ja säilitatakse ruumis, kus temperatuur pole üle 8° C.

35—45%-lise ja mõnikord ka suurema kuivainesisaldusega kondenseeritud vadakut võetakse 5—15% ulatuses lähtetooraineks sulatatud juustude tootmisel, mis parandab juustude maitset, pealegi hõlbustavad vadaku mineraalsoolad sulatamist. 45—55%-lise kuivainesisaldusega vadakut võib kasutada pagaritoodete, kuni 60%-lise kuivainesisalduseni kondenseeritud vadakut kuivikute ja küpsiste valmistamisel. 65% kuivainet sisaldavat kondenseeritud vadakut koos juurviljade ekstraktide, maitseessentside ja bensoehappe naatriumisoolaga võib kasutada valgu-juurvilja vorsti valmistamisel.

Kuni 65%-lise kuivainesisalduseni kondenseeritud vadakut võetakse 15% ulatuses ja segatakse 50% kartulijahu, 25% rukkijahu ja 10% nisujahuga kuni taignataolise massi saamiseni, mis lõigatakse lintideks ja hakitakse migetinuudliteks.

Vadakupulbri tootmisel lähtetooraine kõige enne pastöriseeritakse ja kondenseeritakse kuni 28—32%-lise kuivainesisalduseni valtskuivatites kuivatamise puhul ja 36—42%-ni pihustikuivatites kuivatamise puhul. Et vältida niiskumist, tombustumist ja lahustuvuse vähenemist, tuleb vadakupulber fassida hermeetilisse taarasse.

M. Kovalenko ja I. Kovalenko andmetel sisaldab vadakupulber 4,2—7% vett, 4,3—5,6% rasva, 63—71,8% laktoosi, 13—15% valku ja 6,6—8% mineraalsoolasid. Vadakupulbri erisoojus on 0,42 kcal/kgdeg, soojusjuhtivus 0,112 kcal/mhdeg, mahukaal 0,54 t/m³, kalorsus 3500 kcal.

Välismaal (USA-s) kasutatakse haput vadakupulbrit imikute kõhulahtisuse profülaktikas.

SEADMETE PESEMISE JA DESINFITSEERIMISE ALUSED

Ekspluateerimisprotsessis saastuvad seadmete töötavad pinnad piimajäätmetega. Piimakivi, rasva, valkude ja teiste piima koostisosade jäätmed on heaks keskkonnaks mikroorganismide arenguks.

Piima töötlemisega saastunud aparatuuris kaasneb piima täiendav saastumine mikroorganismidega. Piimatoodete säilivus väheneb, kvaliteet ja maitse halvenevad.

Saastumise kõrvaldamiseks pestakse hoolikalt seadmete töötavaid pindu spetsiaalsete pesemisvahenditega.

Pestud pindade puhtuse näitajaks on nende hea märgumine külma veega loputamisel. Pealispindade hea märgumise juures saavutatakse mikrofloora hävitamiseks rakendatavate desinfitseerivate ainete efektiivsem mõju.

Pesemisvahenditena kasutatakse tavaliselt leelisainete, näiteks naatriumhüdroksüüdi (kaustiline sooda), kaltsineeritud ja söögisooda ning fosfor-, pürofosfor- ja ränihapete naatriumisoolade vesilahuseid.

Leelisained parandavad valkainete paisumise tingimusi, põhjustades nende osalise peptisatsiooni. Valkude ladestused muutuvad kobedamaks ja urbsemaks ning pesemisel kergelt eemaldatavateks.

Leelislahuste mõjul rasvad seebistuvad. Moodustuvad pindaktiivsete omadustega seebid, emulgeerivad rasva seebistamata osa ja hoiavad selle hõljuvas olekus.

Pesemisvahendite emulgeerimisvõime suurendamiseks lisatakse täiendavalt pindaktiivseid aineid, mis parandavad pesemislahuste adhesiooniomadusi. Selliste pindaktiivsete ainetena kasutatakse aktiivsete ja mitteaktiivsete iooniliste gruppidega orgaanilisi aineid, nagu näiteks naatriumalküülsulfonaadid (R—OSO_3—Na), ammoniaagi neljaaluselised ühendid, mis omavad ka desinfitseerivaid omadusi, polüetüleenide rasvarea piirituste ja alküülfenoolide kondenseerimise saadused.

Pesemislahuste kõrge leelisuse korral (pH=11—13,5) võivad metallid korrodeeruda. Leelislahuste mõjule on eriti tundlikud alumiinium ja tema sulamid, tinutatud raud ja vask. Korrodeerunud pindadelt on mustust raskem eemaldada. Piimasse sattunud korrosioonisaadused muudavad selle kasutamiskõlbmatuks.

Leelislahuste korrodeerivad ja pesevad toimed suurenevad temperatuuri tõusuga. Seda tuleb arvestada mittekorrosioonikindlatest materjalidest seadmete ja inventari pesemisel.

Ebapüsivate materjalide korrosiooni vältimiseks tuleb kasutada pesemisvahendite väiksema leelisuse ja nõrgema kontsentratsiooniga lahuseid. Head kaitsvat mõju osutavad vesiklaas ($Na_2Si_4O_9$) ja teised lahustuvad silikaadid (Na_2SiO_3 ja $Na_2Si_2O_5$).

Korrosioonile tunduvalt vastupidavamad on klaas, email, keraamika ning titaani ja molübdeeni sisaldav roostevaba teras. Nendest materjalidest seadmete pesemisel võib kasutada tugevamate leeliseliste omadustega pesemisvahendeid ja tõsta pesemisvee temperatuuri.

Pesemislahuste valmistamiseks tuleb kasutada pehmet vett (karedusega mitte üle 4—5 mg-ekv ühe liitri kohta). Kare vesi tuleb kas pehmendada leeliseliste elektrolüütidega või allutada ioonvahetuslikule töötlemisele.

Suure karedusega vee kasutamisel tekivad raskestieemaldatavad kaltsium- ja magneesiumsilikaatide setted.

Desinfitseerivate ainetena võib pesemisvahenditele lisada naatrium- või kaltsiumhüpokloritit, klooramiine, kloorfenoole ja kloorfenolaate ning samuti joodiühendeid.

Pesemis- ja desinfitseerimisvahendid ei tohi osutada nahale sööbivat ja ärritavat mõju ning omada toksilisust ja lõhna.

Peale keemiliste meetodite võib desinfitseerida ka füüsikaliste menetlustega (85—90° C-se auru, õhu või veega).

Seadmete pesemisel eemaldatakse piimajäägid külma veega, mis lastakse neist läbi vahetult pärast viimaseid piimakoguseid. Tunduvalt raskem on eemaldada vanu, külgekuivanud piimajääke, neid on vaja pikemat aega leotada 40—70°-lises pesemislahuses.

Sommeri järgi on piimakivil järgnev koostis %-des: vett 2,66—2,79, rasva 3,63—17,66, valke 4,14—43,83 ja tuhka 42,03—67,33.

Värske piimakivi koosneb põhiliselt valkudest ja sisaldab kuni 50% vett. Vananenud kivi koosneb peamiselt mineraalainetest ja sisaldab umbes 3% vett. Värske kivi lahustub leelistes, mineraalne aga hapetes. Leelisainetest võib kasutada kaltsineeritud soodat ja naatriumhüdroksüüdi, tuhaleotist, naatriumfosfaati ning hapetest väävel-, sool- ja lämmastikhapet.

Dieetiliste hapupiimatoodete tootmisel ja samuti bakterjuuretiste valmistamisel esineb sagedasti bakteriofaagi, mis raskendab heakvaliteedilise toodangu valmistamist. Võitluseks bakteriofaagiga on vaja hoolikalt steriliseerida piimaga kokkupuutuvaid seadmeid, torujuhtmeid ja nende detaile ning samuti väikeinventari. Selleks kasutatakse sterilisaatoreid. Sterilisaator kujutab endast tihedalt suletavate otskaantega horisontaalset silindrit, mille sisemusse juhitakse mitte alla 2 atü rõhuga auru. Steriliseerimine vältab vähemalt 0,5 tundi. Termilise steriliseerimise kõrval võib kasu-

tada ka keemilist steriliseerimist või desinfitseerimist kloorisisaldavate ühenditega.

Aktiivse kloori kontsentratsioon peab olema 100—200 mg liitri desinfitseeriva lahuse kohta. Töötlemise kestus oleneb desinfitseerivate ainete omadustest.

Nii kestab aktiivset kloori kiiresti eraldavate hüpokloritite kasutamisel töötlemine 5—30 minutit temperatuuril umbes 20° C, aktiivset kloori aeglasemalt eraldavate klooramiinide kasutamisel tuleb aga töötlemise kestust pikendada.

Enamiku desinfitseerivate vahendite mõju optimum on pH=8—11 juures.

Seadmeid võib keemiliselt steriliseerida ka desinfitseeriva lahuse tsirkulatsiooniga (näiteks torujuhtmetes või lahuse pulveriseerimisega aparatuuri, tankide, vannide, jahutajate jt. pindadele).

Head bakteritsiidset efekti saavutatakse seadmete ja taara desinfitseerimisel ultravioletsete kiirtega.

PASTÖRISAATORITE PESEMINE

Pastörisaatoreid ja torujuhtmeid pestakse iga päev neid lahti võtmata leeliseliste pesemisvahenditega. 1—2%-lise kontsentratsiooniga pesemislahuse 20—30-minutise tsirkulatsiooni tulemusel saavutatakse töödeldava pinna korralik puhtus.

Pastöriseerimisaparaatide igapäevaseks pesemiseks võib kasutada naatriumhüdroksüüdi 1—2%-list lahust, mis ei sisalda kloori. Seejuures on nõutav pesemislahuse kõrge temperatuur, mis peab 4—5 kraadi võrra ületama pastöriseerimistemperatuuri. Tsirkulatsiooni kiirus peab ületama piima liikumise kiiruse. Pesemislahuse turbulentse liikumisrežiimi juures tugevnevad lahuse mustustkandvad omadused ja suureneb pesemise efekt.

Perioodiliselt, kuid mitte harvem kui kord nädalas, rakendatakse tsirkulatsioonilist pesemist hapude pesemisvahenditega, mille järel aparatuur lahti võetakse ja käsitsi pestakse.

Käsitsi pesemisel ei tohi piimakivi eemaldada kaabitsatega, metallharjade ega toruharjadega, kuna nende kasutamisel moodustuvad metalli pinnale kriimustused, mis võivad edaspidi kujuneda korrosiooni ja piimakivi eemaldamatute ladestuste kolleteks.

Pesemisvahendite lahuste kontsentratsioon peab käsitsi pesemisel olema 0,25—0,5%, leelisus (pH) mitte üle 11 ja temperatuur mitte üle 50°.

Tsirkulatsioonilist pesemist võib rakendada ainult seadmete puhul, mis on valmistatud antikorrosiooniliste omadustega roostevabast terasest. Mittekorrosioonikindlast materjalist valmistatud kannude, seadmete ja inventari pesemiseks ja desinfitseerimiseks võib kasutada 0,75—1%-list pesemissegude lahust või järgmise

koostisega lahust: 39% naatriumsilikaati, 11% trinaatriumfosfaati, 5% alküülsulfonaati, 4% klooramiini, 22% naatriumsulfaati ja 19% vett.

TAARA PESEMINE

Kannude pesemine. Kannusid pestakse karussell- ja tunnelkannupesemismasinates. Pesemisprotsess koosneb järgnevatest operatsioonidest: piimajääkide eemaldamine, loputamine külma veega, töötlemine kuuma (65° C) leeliselahusega, kuid mõnede kannupesemismasinate konstruktsioonide juures ka auruga, kuivatamine kuuma õhuga (80—105° C) ja ka külma õhuga.

Mõnedes kannupesemismasinates ei rakendata kuivatamist kuuma ja külma õhuga. Iga operatsioon toimub kannupesemismasina erinevas sektsioonis. Töötlemine kestab 1,5—2 min.

Pesemisvahenditena kasutatakse 0,5%-list kaustilise sooda lahust ja 0,5%-list kaltsineeritud sooda lahust. Suuremad kontsentratsioonid avaldavad kannu metallile tugevasti korrodeerivat mõju. Leeliste korrodeeriva mõju vähendamiseks, isegi eeltoodud piirkontsentratsioonide juures, on otstarbekohane pesemisvahendile lisada 5% vesiklaasi või teisi lahustuvaid silikaate. Seoses lahuse kadudega, leelise kuumutamiseks kasutatud auru kondenseerumisega ja leelise lahjendamisega eelmise sektsiooni veega alaneb pikkamööda leeliselahuse kontsentratsioon. Seepärast lisatakse sellele leelise kontsentreeritud lahust.

Klaastaara pesemine. Klaastaara (pudelite) pesemiseks kasutatakse automaatseid pudelipesemismasinaid. Kuivanud piima- ja piimatoodete jääkidega saastunud pudeleid esialgu leotatakse. Leotamise ajal paisunud piimajäätmed eemalduvad hästi seintelt pesemislahuse joaga.

Pudelite nõutav pealispinna puhtus saavutatakse aktiivse leelisusega (pH kuni 13,5) ja emulgeeriva omadusega pesemisvahendite rakendamise tulemusel. Pesemine paraneb, kui pritsimisseadmete abil juhtida pesemislahused pudeli sisemusse rõhu all.

Pritsimistemperatuur peab olema 60—70° C.

Kõrgema temperatuuri puhul eralduvad pritsimisseadme düüsidel soolad, mis takistab nende tööd. Klaastaara pesemiseks võib kasutada 0,75—1%-list järgneva koostisega pesemisvahendi lahust: 49% kaltsineeritud soodat, 24% söövenaatriumi, 5% naatriumpürofosfaati, 20% naatriumsulfaati ja 2% vett.

Automaatliinidel on pudelite pesemise tsükli kestus 4—5 minutit.

Pesemise kvaliteeti kontrollitakse vaatlusega; pestud pudelite sisemine pind peab ühtlaselt veega märguma.

Perioodiliselt on tarvis kontrollida pesemislahuste kontsentratsiooni ja pH-d; pesemislahuseid tuleb filtreerida ja aeg-ajalt uutega asendada.

Korvide ja kastide pesemine. Piimapudelite korve ja kaste pestakse kastipesemismasinates, kus taara esmalt pestakse kuuma nõrga leeliselahusega (pH=8—9) ja seejärel loputatakse puhta külma veega. Pesemine kestab 40—80 sekundit.

VAAKUUMAPARAATIDE PESEMINE

Aurustamisaparaatide sanitaarses olukorras hoidmiseks ja nende aurustamisvõime languse vältimiseks pestakse ja puhastatakse neid pärast mõnekordset tarvitamist kas keemiliste ainete kasutamisega või ilma nendeta.

Teise meetodi järgi loputatakse vaakuumaparaat pärast toote väljavõtmist vähese veega. Saadud loputusvee võib utiliseerida. Seejärel täidetakse moodustunud kivistuse pehmendamiseks vaakuumaparaadi kalorisaator veega, mille järel aparaat puhastatakse toruharjade ja kaabitsatega. Pärast puhastamist loputatakse aparaati veel mitu korda veega. Sellise puhastamise ja pesemise juures juhtub tihti, et piimakivi, mis moodustub fosfori- ja kaltsiumisoolade ja valkude sadestumise tagajärjel, ei eemaldu, seepärast tavaliselt kasutatakse keemilisi aineid, mis on võimelised lahustama valgu koagulaate ja väljalangenud soolasid. Regulaarse pesemise ja puhastamise ning kõrbenud kihi kõrvaldamise puhul tekib kalorisaatori torudes värske piimakivi, mida on kerge eemaldada.

Vaakuumaparaadi pesemiseks võib kasutada 0,2—1%-list Na_2CO_3 lahust ja vesiklaasi. Lahuse kangus valitakse vastavalt keedukordade arvule ja kõrbemise astmele. Vaakuumaparaadi pesemisel pärast 2—3 keetmist võib kasutada 0,2—0,3%-st sooda ja vesiklaasi lahust, pärast 4—5 keetmist 0,5—0,6%-st lahust ja pärast 6 või enam keetmist 0,7—1%-st lahust. Kaltsineeritud soodat ja vesiklaasi võetakse tavaliselt võrdsetes kogustes.

Sooda ja vesiklaasi lahus valatakse vaakuumaparaati ja tõstetakse lahuse temperatuur kuni 85—90° C. Selle temperatuuri saavutamisel lastakse pesemislahusel 15—25 minuti jooksul tsirkuleerida kalorisaatorist separaatorisse ja tagasi. Kõrbenud kihi kõrvaldamise järel eemaldatakse lahus ja vaakuumaparaat täidetakse veega vähemalt kuumutamissüsteemi 50% ulatuses. Vee sissevalamise tagajärjel jahtuvad aparaadi seinad ja seega välditakse järelejäänud osakeste kõrbemine või kuivamine kuumadele pindadele. Pärast seda hõõrutakse aparaadi siseosad juur- või jõhvharjadega üle, aparaat loputatakse vähemalt kaks korda veega ja steriliseeritakse, juhtides auru aparaadi sisemusse või soojendussüsteemi.

VÕIMASINATE PESEMINE

Või kleepuvus metallvõimasinatele oleneb pinna olukorrast (kas kare või poleeritud). Poleeritud pinnad võiduvad kiiremini ja tugevamini kui karedad, mispärast nende pesemisel tuleb kasutada suurema silikaatide-sisaldusega pesemisvahendeid.

Moodustuv silikaatkelme parandab pinna veega märgumist ja vähendab rasva kleepuvust.

Metallvõimasinate pesemise ja desinfitseerimise protsess koosneb järgnevatest operatsioonidest:

loputamine külma veega võitera ja petijääkide eemaldamiseks,

töötlemine kuuma veega (50—70° C) rasva kõrvaldamiseks võimasina pindadelt,

pesemine leelise- ja desinfitseerivate lahustega silikaatide lisamisega temperatuuril 70—75° C,

sooja veega loputamine ja kuivatamine.

Puidust võimasinate pesemisel on samuti otstarbekohane lisada silikaate. Kanged leeliselised pesemislahused ei ole kõlblikud, kuna need pehmendavad puitu, mille tagajärjel tekivad praod, kuhu võib koguneda valgu- ja rasvajäätmeid, kus need hakkavad lagunema.

On otstarbekohane kasutada madala pH-ga pesemisvahendeid (lubjasuspensiooni).

Või tootmise vooluliini seadmeid võib pärast eelnevat sooja veega loputamist rasvajääkide eemaldamiseks pesta tsirkulatsiooni teel, kasutades selleks leeliselisi pesemisvahendeid.

JUUSTUINVENTARI DESINFITSEERIMINE

Puidust riiuleid ja aluseid, millel juust asub laagerdumise ajal tööstustes mitme kuu jooksul, ja samuti muud puitinventari on raske pesta rasva- ja valkainetest seetõttu, et puidus leidub poore, ebatasasusi ja lõhesid. Puitesemete hoidmiseks ettenähtud sanitaarnõuete kohaselt pestakse neid esialgu sooja veega (mitte üle 40° C) ja seejärel 1%-lise 50—60° C-se soodalahusega ja lõpuks puhta veega. Pärast pesemist klooritatakse juusturiiuleid ja puit inventari kloorlubjalahusega.

Juustu (nõukogude, moskva, jaroslavi ja rokfoori) aluslaudu, šveitsi juustu kettaid ja samuti puidust pressimisvorme immutatakse temperatuuril 150° C parafiiniseguga. On parem, kui parafiinisegule lisatakse 2% vähima molekulkaaluga kõrgrõhu polüetüleeni. Selliselt võib juustude laagerdamise ja säilitamise aluslaudu ja puitesemeid töödelda perioodiliselt üks kord kvartalis. Töödeldud puit ei tursu vadaku ja piimajäätmete mõjul ning hallitub vähem.

Toiduainete tootmise ja säilitamise tsehhides võib õhku ja seadmete pindu kiiritada ultraviolettkiirte lampidega. Puitpindu

tuleb kiiritada tugevamini kui metallpindu. 90% mikroobidest hukkub kiiritamise esimese 30 sec jooksul, ülejäänud kogus hävib aga aeglaselt. Õhku võib kiiritada ultraviolettkiirtega inimeste juuresolekul, kui kiiritusallika ekraanid asetada põrandapinnast vähemalt 2 m kõrgusele.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Г. С. Инихов, Биохимия молока, Пищепромиздат, 1956.
2. Г. А. Кук, Процессы и аппараты молочной промышленности, т. 1, Пищепромиздат, 1955.
3. Г. А. Кук, Постеризация молока, Пищепромиздат, 1951.
4. Farrol, Arth. W. Dairy Engineering, London, Chapman & Hull, Ltd. 1958.
5. М. М. Казанский, Т. В. Твердохлеб, Технология молока и молочных продуктов, Пищепромиздат, 1955.
6. С. В. Паращук, М. М. Казанский, А. И. Королев, М. С. Коваленко, Технология молока и молочных продуктов, Пищепромиздат, 1949.
7. XIV Международный конгресс по молочному делу, ИЛ, 1958.
8. XV International Dairy Congress, London, 1959.
9. А. Д. Войткевич, Микробиология молока и молочных продуктов, Пищепромиздат, 1948.
10. В. Моор. Мойка и дезинфекция в молочном деле, Пищепромиздат, 1957.
11. Шульц, Стойкое молоко, Пищепромиздат, 1956.

SISUKORD

Sissejuhatus eestikeelsele väljaandele 3
Sissejuhatus 4

I OSA

PIIM JA SELLE ETTEVALMISTAMINE TÖÖTLEMISEKS. JUURETISE VALMISTAMINE

1. peatükk. **Piima toiteväärtus, koostis ja omadused** 9
Piimale esitatavad nõuded 18
2. peatükk. **Piima saamine** 19
Hea kvaliteediga piima saamise tingimused 19
Piima vead ja nende tekkimise põhjused 22
Maitse ja lõhna vead 23
Värvuse vead 25
Konsistentsivead 26
3. peatükk. **Piima mehaaniline töötlemine** 26
Piima puhastamine mehaanilistest lisanditest 26
Piima kurnamine 26
Piima puhastamine tsentrifugaalpiimapuhastites 27
Piima homogeniseerimine 28
Piima separeerimine 31
4. peatükk. **Piima pastöriseerimine ja jahutamine** 34
Piima koostisosade muutumine termilisel töötlemisel 34
Piima pastöriseerimine 37
Piima vaakuum-pastöriseerimine 44
Piima elektriline pastöriseerimine 44
Piima pastöriseerimine ultraheliga 45
Piima ultraviolett kiiritamine 45
Ioniseeriva kiirguse toime piimasse 45
Piima jahutamine 46
5. peatükk. **Piimatoodete valmistamiseks kasutatavate juuretiste tootmine** 47
Mitmesuguste piimatoodete valmistamiseks vajalike puhaskultuuride valimine 48
Hapukoorevõi juuretis 48
Hapukoorejuuretis 49
Hapupiimajuuretis 49
Keefirijuuretis 50

Atsidofiliini, atsidofiilpiima ja atsidofiilpasta juuretis 50
Kohupiimajuuretis 51
Juustujuuretised 51
Juuretiste valmistamine tootmistingimustes 52

II OSA

TÄISPIIMA, HAPUPIIMATOODETE JA JÄÄTISE TEHNOLOOGIA

6. peatükk. **Pastöriseeritud, steriliseeritud ja taastatud piima tehnoloogia** 55
Pastöriseeritud piim 55
Steriliseeritud piim 58
Taastatud piim 63
7. peatükk. **Hapupiima dieettoodete tehnoloogia** 64
Hapupiimatoodete toite- ja dieetilised omadused 64
Piimale esitatavad nõuded ja piima ettevalmistamine 66
Hapupiim 67
Atsidofiilsed hapupiimatooted 69
Keefir 71
Kumõss 74
8. peatükk. **Kohupiima, kohupiimatoodete ja hapukoore tehnoloogia** 76
Kohupiim 76
Kohupiimatooted 81
Hapukoor 84
9. peatükk. **Jäätise tehnoloogia** 86
Jäätise tooraine 88
Segu koostamine ja selle ingredientide ettevalmistamine 89
Segu töötlemine 90

III OSA

PIIMAKONSERVIDE TEHNOLOOGIA

10. peatükk. **Piima ja piimatoodete konserveerimise alused** 95
11. peatükk. **Piimakonservide üldtehnoloogia** 99
Tooraine vastuvõtmine, puhastamine ja reserveerimine 99
Tooraine standardiseerimine 99
Piima esialgne termiline töötlemine 100
Kondenseerimisprotsess 101
12. peatükk. **Suhkruga kondenspiima tootmine** 105
Kondenseeritud täispiim suhkruga 105
Suhkru lisamine piimale 106
Suhkruga piima kondenseerimine 109
Kondenseeritud piima jahutamine 116
Kondenseeritud lõss ja pett suhkruga 123
13. peatükk. **Suhkruga ja lisanditega (kakao ja kohvi) kondenspiima tootmine** 125

Kondenspiima kakao ja suhkruga 125
Kondenspiim kohvi ja suhkruga 127
14. peatükk. **Steriliseeritud konservide tootmine** 128
Steriliseeritud kondenseeritud piim 128
Steriliseeritud võid 134
15. peatükk. **Piima ja piimatoodete kuivatamine** 135
Piima kuivatamise alused 136
16. peatükk. **Täispiimapulbri tehnoloogia** 142
Piima ettevalmistamine kuivatamiseks 142
Piima kuivatamine trummelkuivatitel 145
Piima kuivatamine pihustikuivatites 145
17. peatükk. **Kuivade piimatoodete tehnoloogia** 152
Piimapulber suhkruga 152
Lõssipulber ja petipulber 152
Koorepulber 152
Kuivvõi (ülirasvane kuivkoor) 153
Laste kuivad piimatooted 154
Kuivad hapupiimatooted 156
18. peatükk. **Piimakonservide vead, fassimine ja säilitamine** . . . 157
Piimakonservide vead 157
Kondenseeritud piimakonservide fassimine 157
Kuivade piimatoodete fassimine 161
Kondenseeritud piimakonservide säilitamine 162
Kuivade piimatoodete säilitamine 162

IV OSA

VÕI VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

Või klassifikatsioon 163
Või tootmise tehnoloogilise protsessi skeem 164
19. peatükk. **Piim ja koor kui võitööstuse toorained** 165
Piima ja koore kvaliteedile esitatavad nõuded 165
Või valmistamisel koore rasvasusele esitatavad nõuded 168
Koore vigade parandamine 169
Piima ja koore transportimine, vastuvõtmine ja sorteerimine tööstuses 171
20. peatükk. **Koore ettevalmistamine kokkulöömiseks** 173
Koore pastöriseerimine 173
Koore ettevalmistamine madalas temperatuuris (füüsikaline valmimine) 176
Juuretise lisamine võile 188
Värvi lisamine 188
21. peatükk. **Koore kokkulöömise protsessi teoreetilised alused** . . . 189
Koore vahustamine 189
Rasvakerakeste floteerumine õhumullikestega 193
Vahu osa võitera tekkimisel 194
Rasvakerakeste lähendumine ja agregatsioon koores 197
22. peatükk. **Või valmistamine koore kokkulöömise teel** 202

Koore kokkulöömist mõjutavad tegurid 202
Või füüsikalis-mehhaaniline töötlemine 212
Või pesemine 212
Või soolamine 215
Või pressimine 218
Koore kokkulöömine valtsideta võimasinates 224
Koore kokkulöömine pidevalt töötavas võimasinas 226
23. peatükk. **Või valmistamine vooltootmisviisil** 230
Koore vooltootmisliinil töötlemise füüsikalis-keemilised alused . . . 231
Ülirasvase koore saamine ja normaliseerimine 235
Või moodustumine 237
Välismaal kasutatavad või vooltootmise viisid 240
24. peatükk. **Mitmesuguste võiliikide tootmine** 243
Lisanditega või 243
Soojutatud või 245
Sulatatud või 247
25. peatükk. **Või fassimine, transportimine, säilitamine, säilivus ja vead** 249
Või fassimine 249
Või transportimine 250
Või säilitamine 251
Või säilivus 252
Või vead 258

V OSA

JUUSTU JA KASEIINI VALMISTAMISE TEHNOLOOGIA

Üldine juustu valmistamise tehnoloogia 265
26. peatükk. **Piima kui juustu tooraine omadused ja ettevalmistamine** 265
27. peatükk. **Piima kalgendamine ja kalgendi töötlemine** 271
Piima kalgendamine 271
Kalgendi omadused 274
Kalgendi ja juustumassi töötlemine enne toorjuustu saamist . . . 275
Tegurid, mis mõjutavad juustumassi töötlemisel vadaku eraldumise kiirust ja kogust 275
Juustumassi töötlemine vannis 280
28. peatükk. **Piima koostisosade ärakasutamine juustutööstuses** . . 284
29. peatükk. **Juustu vormimine ja pressimine** 288
Juustu vormimine 288
Juustu pressimine 290
30. peatükk. **Juustu soolamine, valmimine ja suitsutamine** 293
Juustu soolamine 293
Juustu soolamise viisid 295
Juustu valmimine 298
Valmimise olemus 298
Valmimistingimused 299
Juustu omaduste kujunemine valmimisel 302
Juustu suitsutamine 308

31. peatükk. **Juustu valmistamise täiustatud meetodid** 308
Juustu valmistamine ümbervalamismeetodil perioodiliselt töötavates juustuvalmistites 308
Silindrikujuliste unifitseeritud juustude tootmine 310
Juustu kiirvalmistamise tehnoloogia 312
Üksikute juuustuliikide valmistamise tehnoloogia 313
Juustude liigitamise põhimõtted 313
32. peatükk. **Kõva laabijuustu valmistamise tehnoloogia** 316
Isepressivad kõvad juustud 316
Madalatemperatuurilise järelsoojendusega kõvad pressjuustud . . 319
Kõrgetemperatuurilise järelsoojendusega kõvad pressjuustud . . . 321
Pressimisele eelneva käärimisega (tšedariseerimisega) kõvad juustud . 326
Lahja juust 328
33. peatükk. **Pehmete laabijuustude, soolaste ja hapupiimajuustude valmistamise tehnoloogia** 329
Pehmed laabijuustud 329
Soolveejuustud 332
Hapupiimajuustud 334
34. peatükk. **Sulatatud, delikatess- ja kuiva juustu valmistamise tehnoloogia** 336
Sulatatud juustud 336
Delikatessjuust 344
Kuiv juust 345
35. peatükk. **Sorteerimine, pakkimine, transportimine, säilitamine ja juustu vead** 345
Juustu sorteerimine tööstuses 345
Juustu pakkimine 346
Juustu transportimine 348
Juustu säilitamine ja kvaliteedi hindamine 349
Juustu vead 354
36. peatükk. **Kaseiini valmistamise tehnoloogia** 354
Kaseiini füüsikalis-keemilised omadused 354
Tehnilise ja toidukaseiini tootmine 355
Kaseiini tootmine terameetodil 356
Kaseiini tootmine ejektormeetodil 357
Kaseiini tootmine tavalisel meetodil (järelsoojendusega) . . . 358
Kaseiini pesemine 358
Kaseiini pressimine, tsentrifuugimine ja peenestamine 359
Toorkaseiini kuivatamiseelne konserveerimine 361
Kaseiini kuivatamine 362
Kaseiini kvaliteedile esitatavad nõuded 363
Kaseiini pakkimine ja säilitamine 364
Kaseiini vead 364
Toidukaseiini tootmine kaltsiumkloriidi abil 365
Lahustuva toidukaseiini tootmine 366
37. peatükk. **Vadaku töötlemise tehnoloogia** 368
Piimasuhkru tootmine 368

Piimasuhkru omadused ja kasutamine 369
Piimasuhkru saamise meetodid 369
Piimasuhkru kristallisaat (siirup) 372
Toiduainete ja jookide tootmine vadakust 372
Albumiinkohupiim 373
Albumiinjuustukesed 373
Atsidofiil-albumiinpasta 374
Albumiinpiim 374
Albumiinkreem 375
Keefir albumiinpiimast 375
Kumõssi tüüpi jook 376
Vadakukali 376
Kihisev jook 378
Kondenseeritud vadak ja vadakupulber 378
Seadmete pesemise ja desinfitseerimise alused 379
Pastörisaatorite pesemine 381
Taara pesemine 382
Vaakuumaparaatide pesemine 383
Võimasinate pesemine 384
Juustuinventari desinfitseerimine 384
Kasutatud kirjandus 385

М. М. Казанский, М. С. Коваленко,
А. И. Воробьев, А. Д. Грищенко

ТЕХНОЛОГИЯ
МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

На эстонском языке

Центральное бюро технической информации
СНХ ЭССР

Таллин, ул. Ломоносова, 29

*

Toimetajad A. Jakk ja A. Kotter

Ladumisele antud 10. VIII 1964. Trükkimisele antud 10. IV 1965. Paber 60×90, 1/16. Trükipoognaid 24,5. Arvestuspoognaid 26,72. Trükiarv 2250. MB-03921. Tellimise nr. 6270. Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. I.

TIKB tellimise nr. 158

Hind rbl. 1.08

Trükivigu

Lk.	Rida	On trükitud	Peab olema
17	Tabel nr. 1 lahter 7	0,54	0,54 kuni 0,57
52	3. alt	alustatud	elustatud
56	valem II-3	$V_k = \frac{100(R_k - R_p)}{R_k - R_1}$	$V_1 = \frac{100(R_k - R_p)}{R_k - R_1}$
71	2. alt	petoone	peptoone
77	5. alt	valguvalgend	valgukalgend
82	valem II-10	$t = \frac{l_h}{V_m}$	$t = \frac{l_h}{v_m}$
92	28. ülevalt	−22° C-st	−2,2° C-st
„	valem II-12	$W = 100(1 - \frac{5{,}64\,Q_s + 6\,Sah_s}{Wt'})$	$W = 100(1 - \frac{5{,}64\,Q_s + 6\,Sah_s}{Wt'})$
104	3. alt	K_{sp}	ΣK_{sp}
105	1. valem alt	$A_{sp} = \frac{PU_p + K_o U_{ko} + SU_s}{P + K + S + E}$	$A_{sp} = \frac{PU_p + K_o U_{ko} + SU_s}{P + K_0 + S + E}$
106	5. ja 6. ülevalt	29—30	29—30 santipuaasi
180	15. alt	100	100 „
240	3. „	30° juures	3° juures
368	10. „	Greamery Package	Creamery Package
„	11. „	0,465 kcal/mh deg	0,465 kcal/mh grad
371	5. ülevalt	0,970 kcal/kg deg	0,970 kcal/kg grad
374	3. „	ekspatiidid	espotiidid
379	4. „	leisiin	lüsiin
„	„ „	0,42 kcal/kg deg	0,42 kcal/kg grad
		0,112 kcal/mh deg	0,112 kcal/mh grad

Tell. nr. 6270.

Rbl. 1.08

A
27101
65040



TARTU ÜLIKOOLI RAAMATUKOGU
1 0300 00123298 4