



EESTI MAAÜLIKOOL

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Mirjam Tenjes

**MAAILMA ERINEVATE PIIRKONDADE
HAPUPIIMATOODETE ISELOOMUSTUS JA
TEHNOLOOGIATE VÕRDLUS**

**CHARACTERIZATION AND COMPARISON OF SOUR
MILK PRODUCTS AND TECHNOLOGIES FROM
DIFFERENT REGIONS OF THE WORLD**

Bakalaureusetöö

Toiduainete tehnoloogia õppekava

Juhendajad: lektor Katrin Laikoja, *MSc*
lektor Vilma Tatar, *MSc*

Tartu 2023

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Mirjam Tenjes		Õppekava: Toiduainete tehnoloogia	
Pealkiri: Maailma erinevate piirkondade hapupiimatoodete iseloomustus ja tehnoloogiate võrdlus			
Lehekülgi: 54	Jooniseid: 17	Tabeleid: 3	Lisaid: 1
<p>Õppetool: Toiduteaduste ja toiduainete tehnoloogia õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 1.7. Toiduteadused, Toiduainete ja jookide tehnoloogia T430</p> <p>Juhendajad: Katrin Laikoja, <i>MSc</i>; Vilma Tatar, <i>MSc</i></p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2023</p>			
<p>Maailmas tarbitakse ning toodetakse sadu erinevaid hapupiimatooteid. Hapendatud piimatoodetel on hulgaliselt tervisele kasulikke omadusi, mistõttu on need väga populaarsed igal pool maailmas ning järjest arendatakse välja ka uusi tooteid.</p> <p>Erinevate maailma piirkondade hapupiimatooteid on palju uuritud, aga nende toodete tehnoloogiate võrdlust on väga vähe, kui üldse, tehtud. Seega on töö eesmärk anda erinevatest hapupiimatoodetest ülevaade ning nende tehnoloogiate omavaheline võrdlemine.</p> <p>Töö koosneb kahest osast. Esimeses osas iseloomustatakse 17 erinevat hapupiimatoodet, tuuakse välja nende tootmisprotsessi kirjeldus ning tootmise tehnoloogiline skeem. Teises osas analüüsitakse ja võrreldakse tooteid – kasutatud juuretised ja tooraine, toote, säilivusaeg, keemiline koostis ja kuumtöötlemine.</p> <p>Uurimise käigus saadi teada, et enamik hapupiimatoodete juuretisi koosneb <i>Lactobacillus</i>, <i>Lactococcus</i> ja <i>Streptococcus</i> liikidest ning toodete pastöriseerimistemperatuurid ja -ajad on sarnased. Erinevused tulid välja toodete säilivusaegu ning hapendamistemperatuuride ja -aegu uurides.</p> <p>Tulevikus võiks uurida veelgi rohkem hapupiimajooke, toodete hapendamistemperatuure ja -aegu ning erinevate juuretiste ja kuumtöötlemiste mõju toote säilivusajale.</p>			

Märksõnad: piim, hapupiimatooted, hapendamine, starterkultuurid, pastöriseerimine

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Mirjam Tenjes		Curriculum: Food Technology	
Title: Characterization and comparison of sour milk products and technologies from different regions of the world			
Pages: 54	Figures: 17	Tables: 3	Appendixes: 1
Chair: Chair of Food Science and Technology Field of research and (CERC S) code: 1.7. Food Sciences, Food and drink technology T430 Supervisors: Katrin Laikoja, <i>MSc</i> ; Vilma Tatar, <i>MSc</i> Place and date: Tartu, 2023			
<p>Hundreds of different fermented milk products are consumed and produced around the world. Fermented milk products have several useful properties, which is why they are so popular worldwide and more products are being developed.</p> <p>There has been a lot of research on fermented milks, but there is not much research on comparing the products technologies, if any. Thus, the goal of the study is to give an overview of different fermented milk products and compare the technologies with each other.</p> <p>The study consists of two parts. In the first part, seventeen different fermented milk products are described, and their production processes and flow charts for preparation are shown. In the second part, the products are analysed and compared to each other – used started cultures and raw material, shelf life, chemical composition, and heat treatment.</p> <p>During research, it was found that starter cultures used in fermented milk products consist of <i>Lactobacillus</i>, <i>Lactococcus</i>, and <i>Streptococcus</i> species, and the pasteurization temperatures and durations of the products are similar. The differences were in the shelf lives of the products and fermentation temperatures and durations.</p> <p>In the future, even more fermented milk products, fermentation temperatures and durations of the products, and different starter cultures and heat treatment effects on shelf life could be researched.</p>			
Keywords: milk, fermented milk products, fermentation, starter cultures, pasteurization			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ANALÜÜS	8
1.1. Hapupiimatoodete ajalugu.....	8
1.2. Hapupiimatoodete tehnoloogia	9
1.2.1 Amasi.....	9
1.2.2. Ayran	10
1.2.3. Dahi	12
1.2.4. Chakka.....	14
1.2.5. Lassi.....	15
1.2.6. Filmjõlk	18
1.2.7. Hapupiim	19
1.2.8. Jogurt	21
1.2.9. Keefir	23
1.2.10. Kreeka jogurt	25
1.2.11. Labneh	26
1.2.12. Kumõss	27
1.2.13. Hapendatud pett.....	30
1.2.14. Rjaženka ja varenets	32
1.2.15. Skyr.....	33
1.2.16. Viili.....	35
1.2.17. Yakult	37
2. TEHNOLOOGIATE VÕRDLUS.....	39
2.1. Tooraine	39
2.2. Kuumtöötlemine.....	39

2.3. Starterkultuurid.....	42
2.4. Toote keemiline koostis	44
2.5. Säilivusaeg	46
KOKKUVÕTE	47
KASUTATUD KIRJANDUS	48
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	54

SISSEJUHATUS

Hapendatud piim on piima hapendamisel saadud piimatoode (World Health Organization 2011). Hapupiimatoodete hapendamiseks kasutatakse starterkultuure, s.o elusorganisme, mis aitavad piima hapendada. Starterkultuur muudab piima keemilist koostist, sensoorseid omadusi ning pikendab toote säilivusaega (Priadi jt 2020). Hapupiimatoodete hapendamiseks kasutatakse starterkultuurina piimhappebaktereid.

Maailmas tarbitakse umbes 400 erinevat hapupiimatoodet. Hapendamine säilitab piimas olulisi toitaineid ning parandab koostisainete toiteväärtust. Hapendatud toodete tarbimisega omandavad tarbijad märkimisväärsel hulgal tervisele kasulikke bakterikultuure võrreldes tavatoidu tarbimisega. Hapendatud piimatooteid võib nimetada ka „funktsionaalseteks toitudeks“ (Chandan 2006).

Kõige tüüpilisemad hapupiimatooted, mida Eestis tarbitakse, on hapupiim, hapendatud pelt, jogurt ja keefir. Erinevates maailma piirkondades toodetakse ka veel muid hapupiimatoteid, näiteks amasit, ayrani, chakkat, dahit, filmjölki, kreeka jogurtit, kumõssi, labnehi, lassit, rjaženkat, varenetsi, skyri, viilit ja yakultit.

Antud töö eesmärk on anda eelnimetatud toodetest ülevaade ning nende tehnoloogiate omavaheline võrdlemine, et teada saada, kas ja kuidas tooted omavahel erinevad.

Bakalaureusetöö koosneb kahest osast. Esimeses osas antakse ülevaade hapupiimatoode tekkimise ajaloost ning hapupiimatoodetest, mida maailma erinevates piirkondades tarbitakse. Teises osas võrreldakse esimeses osas kirjeldatud tooteid omavahel, täpsemalt toodetes kasutatud starterkultuure, toodete koostist, säilivusaega ning töötlemistemperatuuri ja -aega.

1. KIRJANDUSE ANALÜÜS

1.1. Hapupiimatoodete ajalugu

Esimesed hapendatud piimatooted valmisid kogemata umbes 10 000 – 15 000 aastat tagasi. On teada, et vanaaja rahvad nagu sumerid, babüloomlased ja indialased oskasid hästi valmistada hapendatud piimatooteid nagu näiteks jogurtit. Piima hapendamist tõestavad ka Vana-Egiptuse ajast pärit graveeringud. (Bintsis jt 2022) 5. sajandil eKr mainiti esimest korda kumõssi jumalate lemmikjoogina (Wszolek jt 2006).

Kõrgete temperatuuridega piirkondades aitas hapupiimatootte valmistamisele kaasa just kõrge temperatuur, mille tõttu piim pärast lüpsmist kiiresti hapnes ning sellest oli võimalik teha jogurtilaadseid tooteid. Alguses hapendasid inimesed piima ainult selleks, et selle säilivusaega pikendada. Saadi aru, et piima hapendamine parandas ka toote maitset ja seeditavust ning järkjärgult muutusid hapupiimatooted üha populaarsemaks. (Bintsis jt 2022)

Hapendatud toodetes säilivad hästi väärtuslikud toitained, mis muidu kõrgete temperatuuridega piirkondades kiiresti riknevad, seega oli inimestel selliseid toitaineid võimalik omandada pikemat aega, võrreldes tavalise piima tarbimisega. Hapupiimatoodetest sai piirkondadele, kus need hapupiimatooted pärit on, oluline kultuuriline tähtsus. (Chandan 2006)

Puhaskultuurid avastati 1878. aastal, kui need esimest korda piimhappebakteritest isoleeriti. 1880ndatel aastatel hakati neid kasutama või valmistamisel ning 1910.–1920. aastatel ka hapendatud piimatoodete valmistamisel. (Surono jt 2011)

Erinevate kodustatud loomade piim on koostiselt (kuivaine, rasv, mineraalid, valk, kaseiin, laktoos) erinev ning saadud hapendatud piimal on sellele iseloomulik tekstuur ja maitse. Piima eeltöötlemine põhjustab vadakuvalkude (Pajumägi jt 2020) denaturatsiooni (Chandan 2006).

Enamikes riikides kasutatakse hapupiimatoodete tootmiseks lehmapiima. Indias kasutatakse laialdaselt ka pühvli- ja lehmapiima. (Chandan jt 2006) Mõnedes riikides kasutatakse

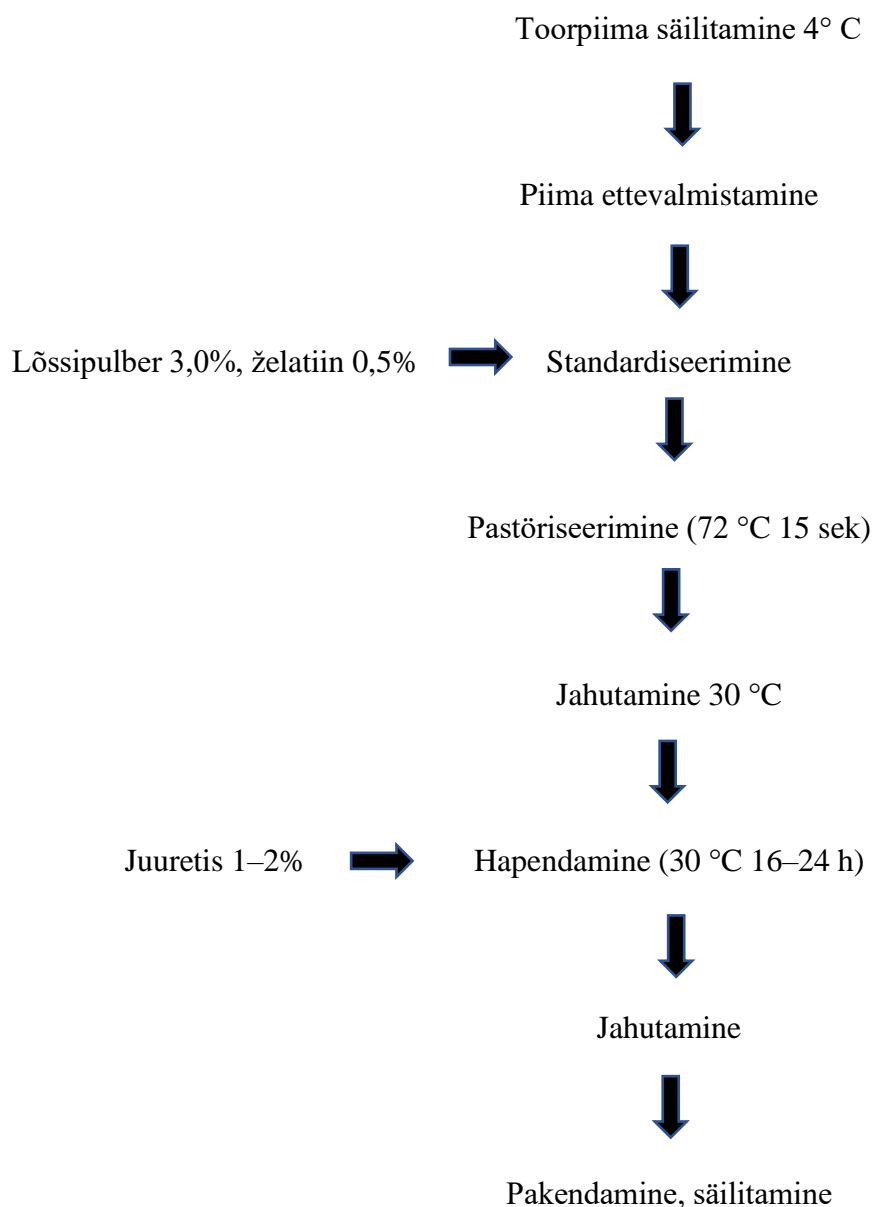
pühvlipiima jogurti valmistamise aluseks. Lamba-, kitse- ja kaamelipiima kasutatakse mitmetes Lähis-Ida riikides (Chandan 2006).

1.2. Hapupiimatoodete tehnoloogia

1.2.1 Amasi

Amasi on traditsiooniline hapendatud piimatoode, mis pärineb Lõuna-Aafrika riigist Zimbabwe (Maleke jt 2021, Litopoulou-Tzanetaki 2014). Amasi on jogurtist natuke paksema konsistentsiga. (Todorov 2008) Amasi keemiline koostis: 3,87% laktoosi, 6,07% süsivesikuid, 4,06% rasva, 5,99% tuhka, pH 3,6–4,2 (Maleke jt 2021, Maleke jt 2022).

Amasi tootmise tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 1. Tootmine algab toorpiima ettevalmistamisest ning standardiseerimisest. Selleks lisatakse piimale 3,0% lõssipulbrit ja 0,5% želatiini, et viia see soovitud rasvasemini. Lõssipulbri lisamine parandab amasi toiteväärtust ja funktsionaalseid omadusi ning želatiin hoiab ära sünereesi. Standardiseeritud piima pastöriseeritakse temperatuuril 72 °C 15 sekundit ning hoitakse seejärel temperatuuril 30 °C, see takistab piima paksenemist. Piimale lisatakse juuretis, mis koosneb mesofiilsetest piimhappebakteritest *Lactococcus lactis* ja *Lactococcus lactis subsp. cremoris*. Segu hapendatakse temperatuuril 30 °C 16–24 tundi, hoitakse 7 °C juures 48 tundi (Dlamini jt 2009) ning pakendatakse. Amasi säilib kuni 21 päeva oma madala pH tõttu. (Maleke jt 2021)



Joonis 1. Dlamini *et al.* (2009) andmetel koostatud amasi tootmise skeem.

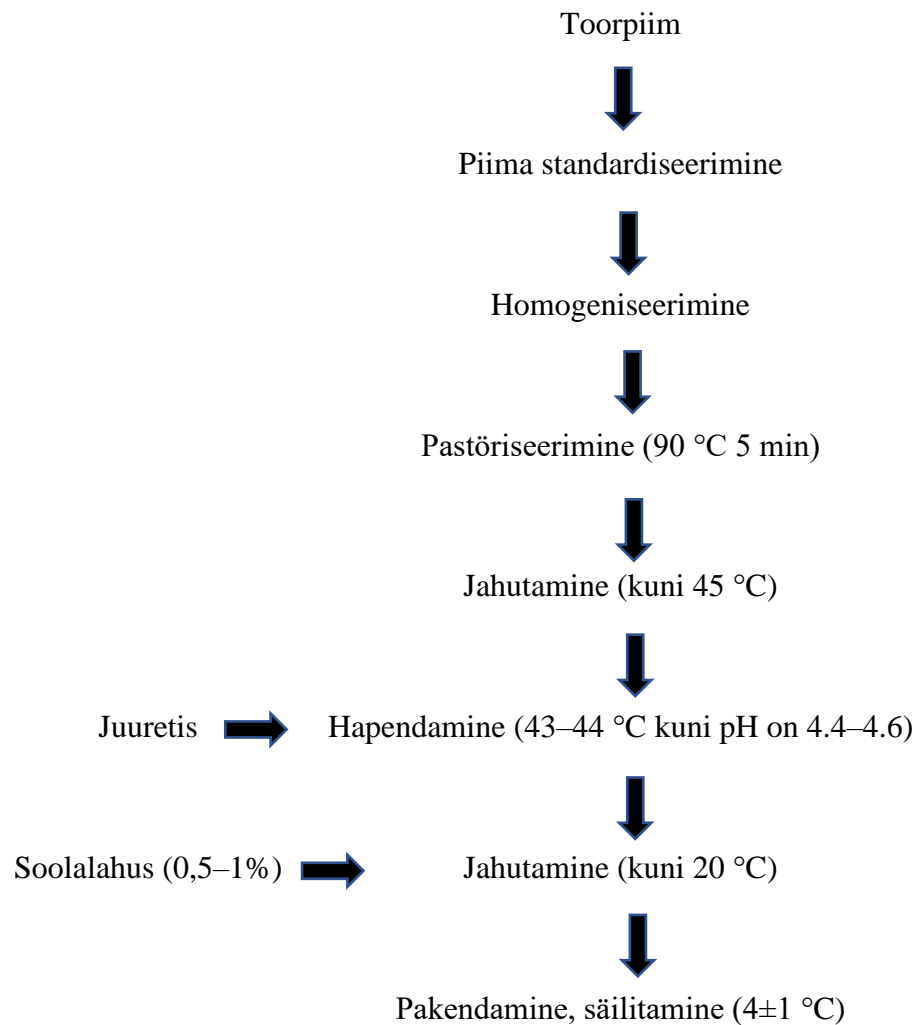
1.2.2. Ayran

Ayran on jogurtist, veest ning soolast koosnev jook, mida tarbitakse Balkanil ja Türgis (Strnadel jt 2012). Iraanis on see teise nimetusega „doogh“ ning Indias „lassi“ (Esfandiari jt 2016). Ayran koosneb 89% veest, 1,07–11% kuivainest, 1,44–3,48% valkudest, 0,17%–1,75

soolast ning 0,1–3% rasvast. Selle tiitritav happesus on 0,4%–1,73% ning pH on 3,44...4,44. (Altay 2017)

Ayrani tootmiseks on kaks meetodit – piim kas lahjendatakse koos veega enne, kui see jogurtiks tehakse või tehakse kõigepealt valmis jogurt ning seejärel lahjendatakse koos veega. (Kocak jt 2006)

Ayrani tootmiseks piim homogeniseeritakse ning pastöriseeritakse 90 °C juures 5 minutit. Piima jahutatakse kuni temperatuurini 45 °C. Lisatakse starterkultuur, selleks kasutatakse termofiilseid piimhappebaktereid *Streptococcus thermophilus* ja *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Toode pannakse hapnema temperatuuril 43–44 °C kuni toote pH on 4,4...4,6. Toode jahutatakse kuni temperatuurini 20 °C ning lisatakse 0,5–1% soolalahust. Valmistoodangut võib külmpakitemperatuuril säilitada 15 päeva. (Kabak jt 2011) Ayrani tootmise tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 2.



Joonis 2. Kabak *et al.* (2011) andmetel koostatud ayrani tootmise skeem.

1.2.3. Dahi

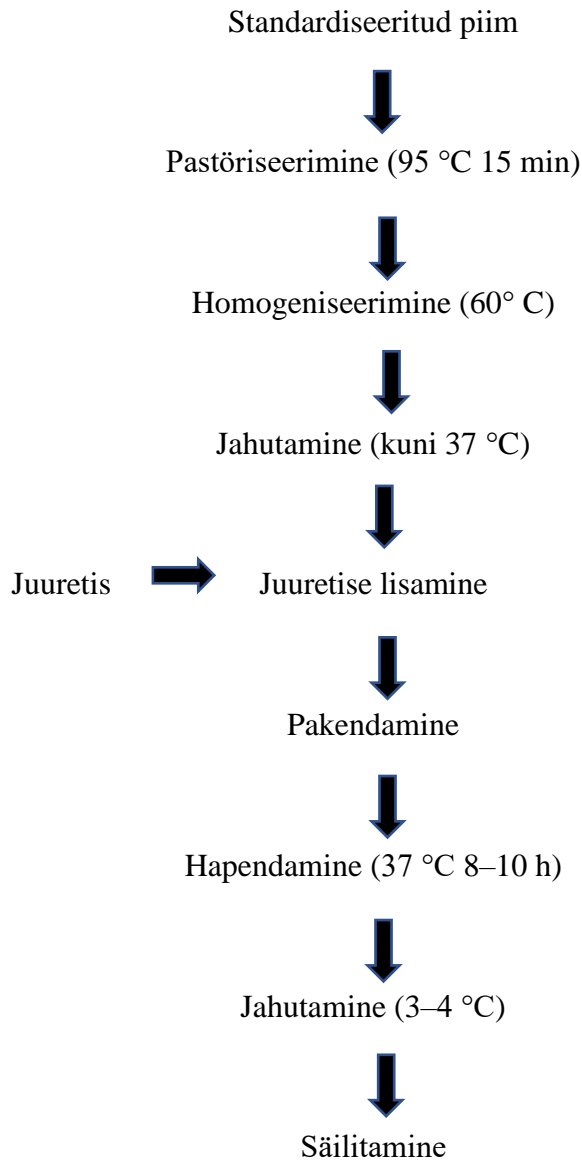
Dahiks nimetatakse Indias kohalikku kohupiima (Rasane jt 2017) ning seda tuntakse juba tuhandeid aastaid (Salampessy jt 2011). Dahit kasutatakse ka ühe koostisainena India peti (chhach) valmistamisel. (Rasane jt 2017) Dahi koostis: 17,58% kuivainet, 9,62% rasvata kuivainet, 4,18% laktoosi, 3,83% valku, 7,88% rasva, pH 4,39 (Shinde jt 2019).

Dahit saab liigendada viide kategooriasse, olenevalt *sellest*, mille jaoks dahi mõeldud on:

- tarbimiseks mõeldud dahi;

- desi või valmistamiseks mõeldud dahi;
- chakka, shrikhandi ja lassi valmistamiseks mõeldud dahi;
- täispiimast, lõssist, tavapiimast valmistatud dahi;
- lisatud suhkrute ja puuviljadega valmistatud dahi. (Patel 2018)

Dahiks kasutatavat piima eelsoojendatakse temperatuuril 35–40 °C ja filtreeritakse. Piim standardiseeritakse 2,5–3,0% rasvasisaldusele, eelsoojendatakse temperatuurile 60 °C ja homogeniseeritakse. (Patel 2018) Seejärel pastöriseeritakse piima temperatuuril 80–85 °C 15–30 minutit ning jahutatakse temperatuurile 37 °C (Patel 2018, Rasane jt 2017) ning lisatakse 1–1,5% starterkultuur (Patel 2018). Kasutusel on mesofiilseid piimhappebakterid *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis* *bv. diacetylactis* ning *Leuconostoc* liigid. (Rasane jt 2017) Seejärel pakendatakse segu topsidesse ning hapendatakse temperatuuril 37 °C 8–10 tundi. Kui toote pH jõuab 4.4...4.5-ni, jahutatakse toode temperatuurile 3–4 °C. Dahi säilivusaeg on 2–3 nädalat. (Rasane jt 2017, Patel 2018) Joonisel 3 on näidatud dahi tootmise tehnoloogiline skeem.

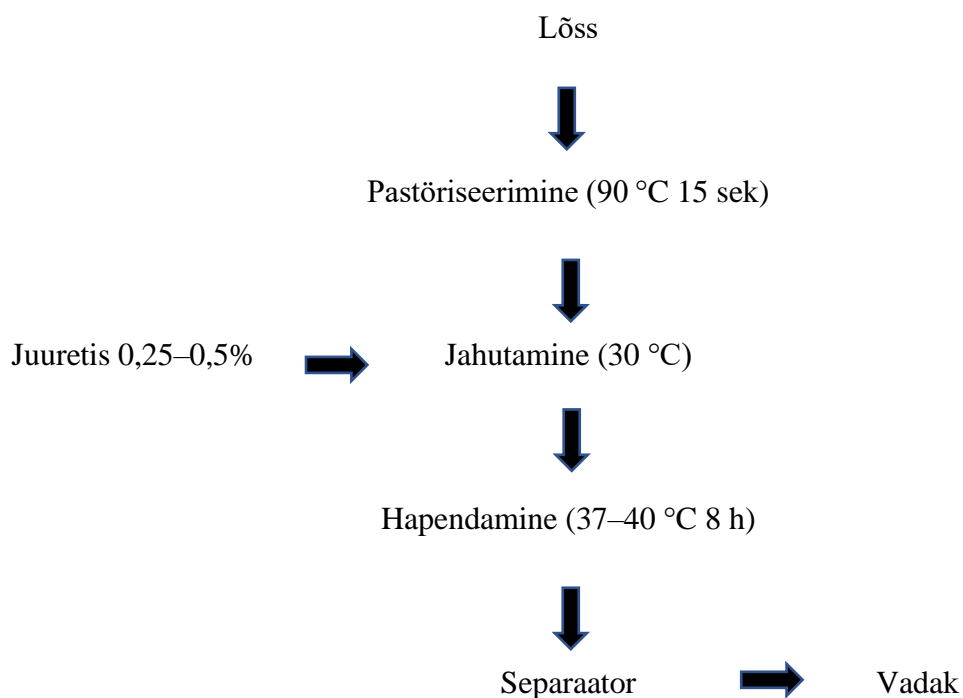


Joonis 3. Rasane *et al.* (2017) ja Patel (2018) andmetel koostatud dahi tootmise skeem.

1.2.4. Chakka

Chakka on Indiast pärit fermenteeritud piimatoode, mille valmistamisel kasutatakse dahit. Chakka tootmiseks pastöriseeritakse lõssi (9% kuivainet, 0,05% rasva) temperatuuril 90 °C 15 sekundit. Piim jahutatakse temperatuurile 30 °C ning lisatakse juuretis (0,25–0,5% dahit). Segu hapendatakse temperatuuril 37–40 °C umbes 8 tundi, kuni tiitritav happesus on 0,8–1,0%.

Seejärel separeeritakse tootest vadak ning chakka on valmis. (Kilara jt 2013) Chakka tootmise tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 4.



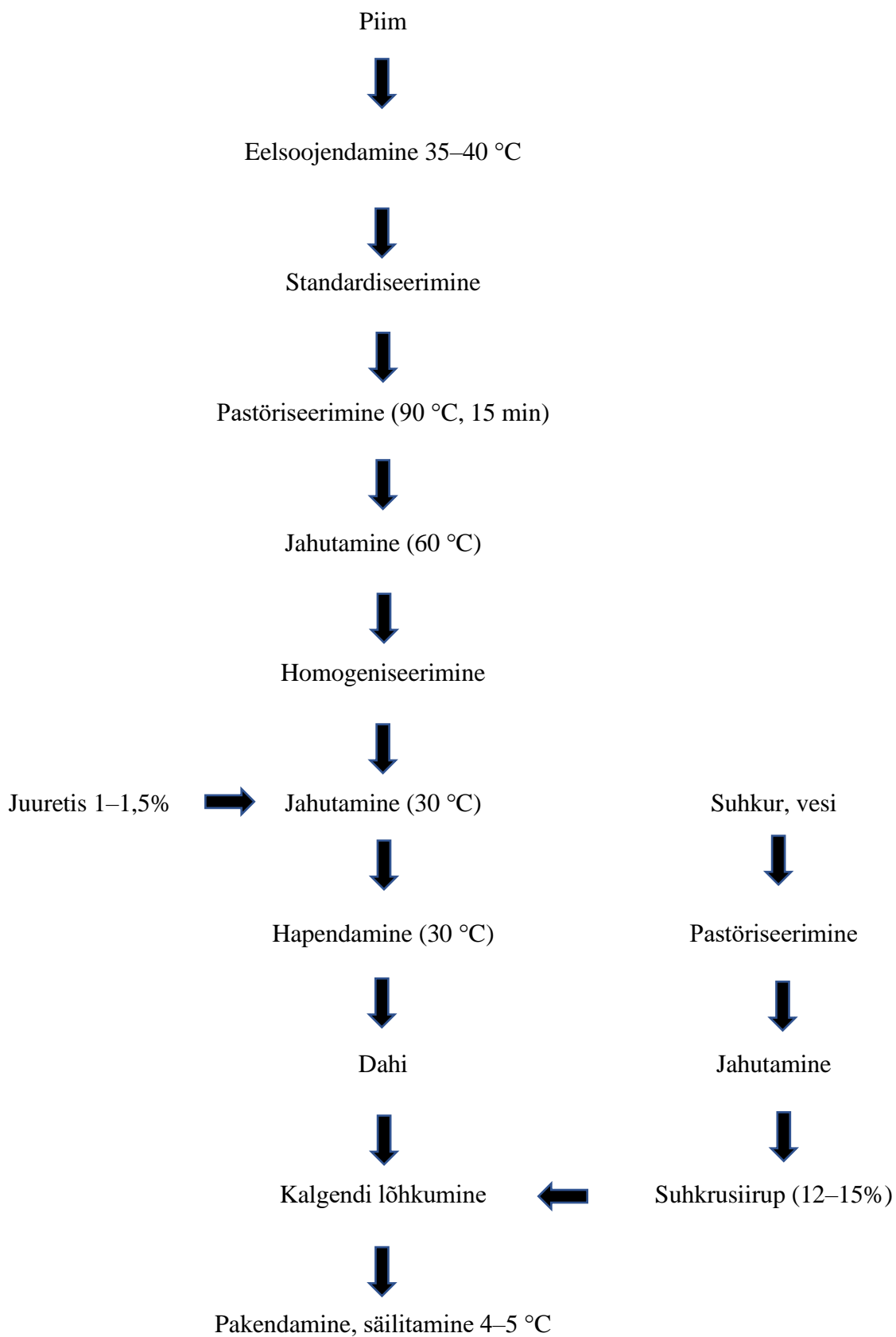
Joonis 4. Kilara *et al.* (2013) andmetel koostatud chakka tootmise skeem.

1.2.5. Lassi

Lassi on dahist valmistatud ghee ehk selitatud või kõrvaltoodang (Padghan jt 2017). Lassi värvus varieerub valgest kreemikas-valgeni ning sellel on magus lõhn ning hapukas maitse. Sellele lisatakse maitseks vett, sool või ingverit, koriandrit või piparmünti (Patel 2018). Lassi keemiline koostis: 21,06–23,11% kuivainet, 3,2–4,18% valku, 1,82–2,7% rasva, 0,73–0,85% tuhka (Pardhi jt 2014).

Lassi valmistamise tehnoloogia: piim eelsoojendatakse temperatuuril 35–40 °C ja standardiseeritakse 1,5–4,5% rasvasisaldusele ning pastöriseeritakse 90 °C juures 15 minutit. Seejärel jahutatakse piim maha temperatuurile 60 °C, homogeniseeritakse ning jahutatakse uuesti maha, seekord temperatuurile 30–32 °C. Piimale lisatakse 1–1,5% juuretist (termofiilsed

piimhappebakterid *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) ning hapendatakse temperatuuril 30 °C, kuni segu pH on 4,5. Segule lisatakse 12–15% ulatuses pastöriseeritud ja jahutatud suhkrusiirup ning pakendatakse ja säilitatakse. (Patel 2018) Lassi säilib -5 °C juures 15 päeva (Shirahatti 2021). Joonisel 5 on kujutatud lassi tootmise tehnoloogilist skeemi.

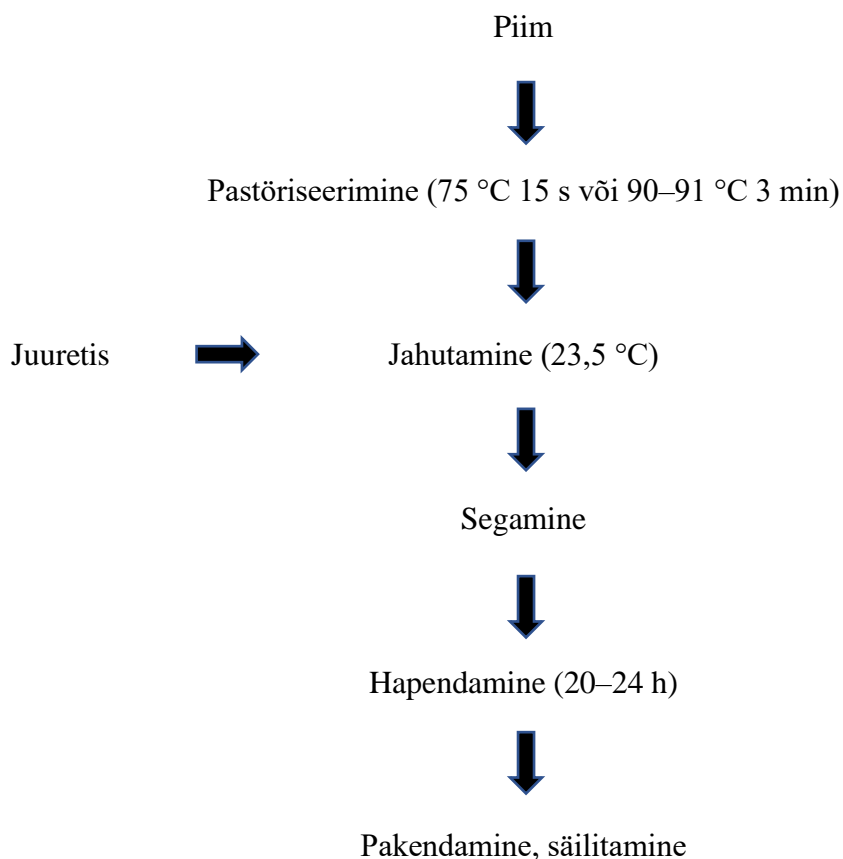


Joonis 5. Patel (2018) andmetel koostatud lassi tootmise skeem.

1.2.6. Filmjõlk

Filmjõlk on Rootsi hapupiimatoode, milles kasutatakse juuretisena mesofiilseid piimhappebaktereid (Navrátil jt 2004).

Filmjõlki pastöriseerimitemperatuurid ja -ajad on erinevates allikates erinevad. Navrátil jt (2004) järgi pastöriseeritakse piima temperatuuril 75 °C 15 sekundit ning jahutatakse maha temperatuurile 23,5 °C, Litopoulou-Tzanetaki jt (2014) kirjutavad aga, et piima pastöriseeritakse temperatuuril 90–91 °C 3 minutit ning jahutatakse seejärel maha temperatuurile 20–21 °C. Piimale lisatakse juuretis, mis koosneb tavaliselt järgmistest mesofiilsetest piimhappebakteritest: *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis* *bv. diacetylactis* ja *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*. Pärast juuretise lisamist segatakse segu põhjalikult lühikest aega ning seejärel lastakse 20–22 h (Navrátil jt 2004) või isegi kuni 24 h (Litopoulou-Tzanetaki jt 2014) fermenteerida. Joonisel 6 on toodud filmjõlgi tehnoloogiline skeem. Filmjõlk säilib külmkapis 10–14 päeva (Nourishme Organics s.a)



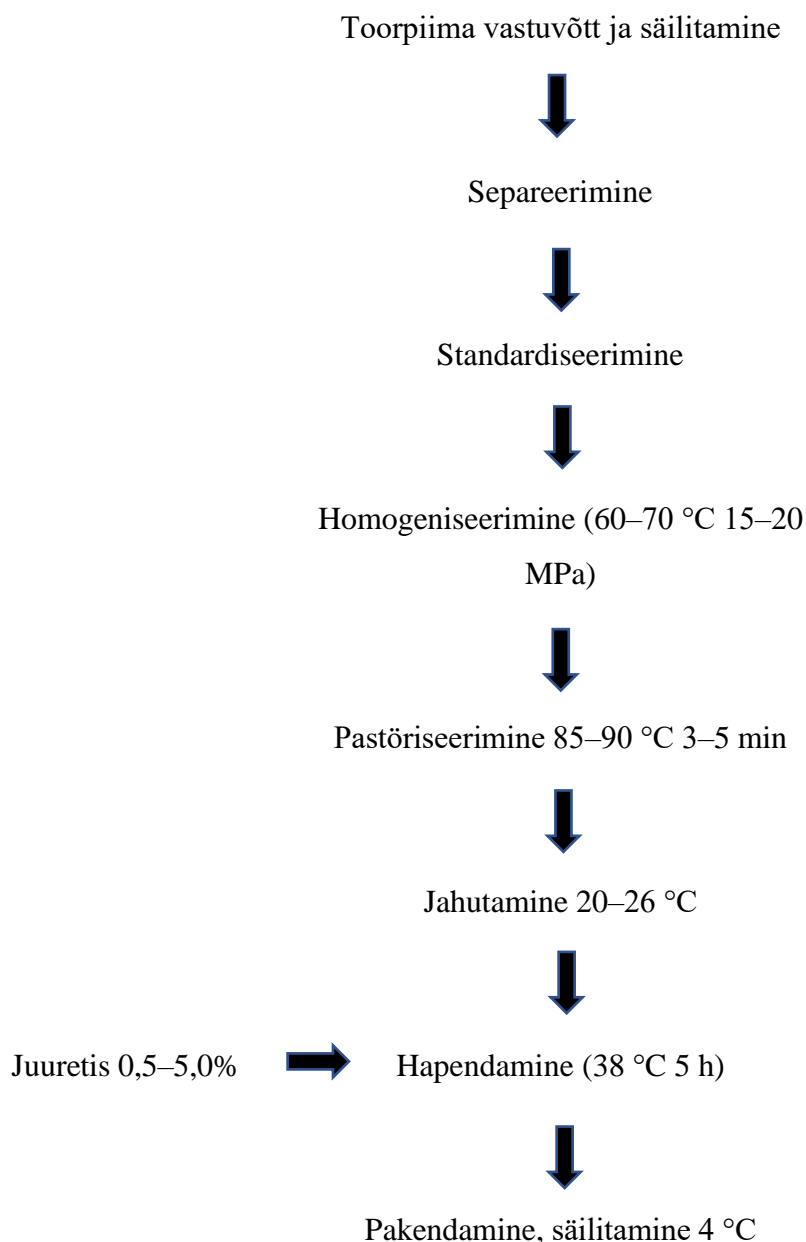
Joonis 6. Navrátil *et al.* (2004) ja Litopoulou-Tzanetaki *et al.* (2014) andmetel koostatud filmjõlgi tootmise skeem.

1.2.7. Hapupiim

Hapupiim on hapendatud piimatoode, mida tarbitakse eelkõige Euroopas (Wikipedia s.a). Hapupiimas on vähemalt 2,7% valku ja vähem kui 10% rasva (World Health Organization 2018).

Hapupiima tootmist alustatakse toorpiima vastuvõtu ja esialgse säilitamisega. Piim separeeritakse, standardiseeritakse ning homogeniseeritakse temperatuuril 60–70 °C, rõhul 15–20 MPa ning seejärel pastöriseeritakse temperatuuril 85–90 °C 3–5 minuti jooksul. Pärast pastöriseerimist jahutatakse piim temperatuurile 20–26 °C ning lisatakse juuretis. Juuretises kasutatakse mesofiilseid piimhappebaktereid *Lactococcus lactis* ja/või *Lactococcus diacetylactis*, vahel ka *Leuconostoc* liike. Segu hapendatakse temperatuuril 38 °C 5 tundi

(Kakimov, A jt 2017), kuni selle pH jääb 4,2–4,6 piiresse. Valmistoodet pakendatakse ja säilitatakse temperatuuril 4 °C. (Pajumägi jt 2020) Hapupiima säilimisaeg on 5 päeva või vastavalt läbiviidud kestvuskatsetele (Laikoja jt 2020). Hapupiima tootmise tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 7.



Joonis 7. Pajumägi *et al.* (2020) andmetel koostatud hapupiima tootmise skeem.

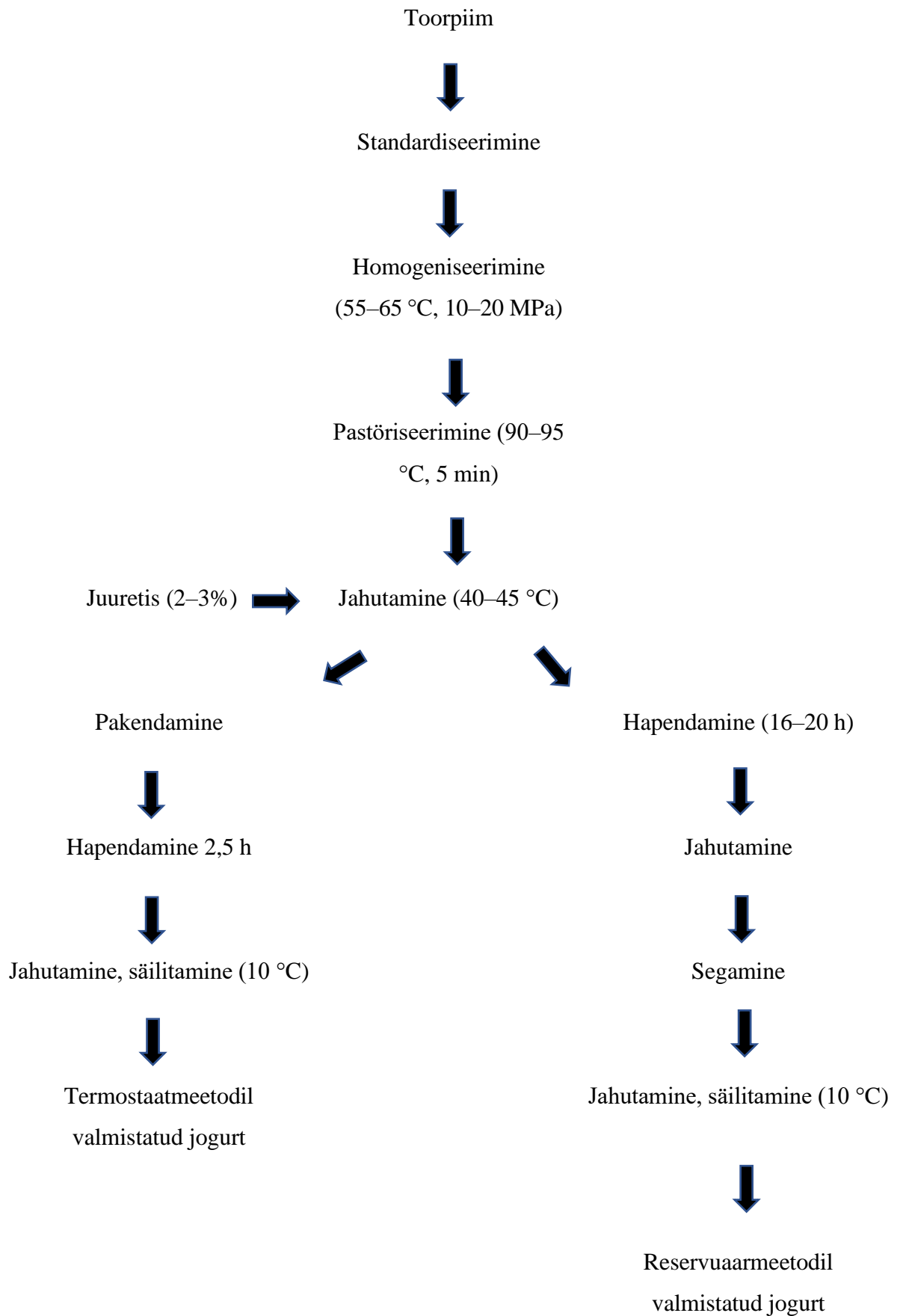
1.2.8. Jogurt

Jogurt on üks maailma populaarsemaid hapupiimatooteid. See pärineb Euroopast ja Lähis-Idast. (Bintsis jt 2022). Jogurtit võib valmistada erinevate loomaliikide piimast, levinuimad on lehma-, kitse- ja lambapiimajogurtid, kuid kasutatakse ka kaameli-, pühvli ja hobusepiima (Salampessy jt 2011). Jogurtile on iseloomulik suur rasvata kuivaine sisaldus (Pajumägi jt 2020) ning selles on 81% vett, 9% valku, 5% rasva ja 4% süsivesikuid (Zhang 2022).

Jogurteid klassifitseeritakse tavaliselt rasvasisalduse (kõrge rasvasisaldusega, vähendatud rasvasisaldusega, madala rasvasisaldusega) ning tootmismeetodi (termostaatmeetod, reservuaarmetod) järgi (Lange jt 2019).

Jogurti tootmise tehnoloogia algab standardiseeritud piima homogeniseerimisest temperatuuril 55–65 °C, rõhul 10–20 MPa. Järgneb piima 5-minutiline pastöriseerimine temperatuuril 85 °C (Salampessy jt 2011) või 90–95 °C ja jahutamine temperatuurile 40–45 °C. Lisatakse juuretist, (Lange jt 2019) milleks on termofiilseid piimhappebaktereid *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ja *Streptococcus thermophilus* (Pajumägi jt 2020). Need bakterid toodavad metaboliite, mis tekitavad jogurtile maitse (Widyastuti jt 2014). Lisatava juuretise kogus võib jääda 0,5...6% vahele, see oleneb valmistatavast jogurtitüübist ning hapendamismeetodist. See, kui palju juuretist lisatakse, mõjutab ka hapendamisaega – hapendamine võib võtta ainult kaks tundi, kui lisatakse 5% juuretist; kuus tundi 43–45 °C, kui lisatakse 0,5–1,5% juuretist; 16–18 tundi temperatuuril 30 °C, kui lisatakse 3% juuretist. (Salampessy jt 2011)

Termostaatmeetodil valmistatud jogurti puhul segu pakendatakse ning siis pannakse hapnema 2,5 h. Reservuaarmetodil valmistatud jogurti puhul pannakse segu hapnema kohe pärast juuretise lisamist. Sellel meetodil toimub hapendamine temperatuuril 40–45 °C vähemalt 16–20 tundi (Salampessy jt 2011), sellel ajal langeb piima pH 6,7-lt 4,6-le ja alla selle. (Lange jt 2019) Jogurti säilimisaeg on 5 päeva või vastavalt läbiviidud kestvuskatsetele (Laikoja jt 2020). Joonisel 8 on toodud jogurti tootmise tehnoloogia.



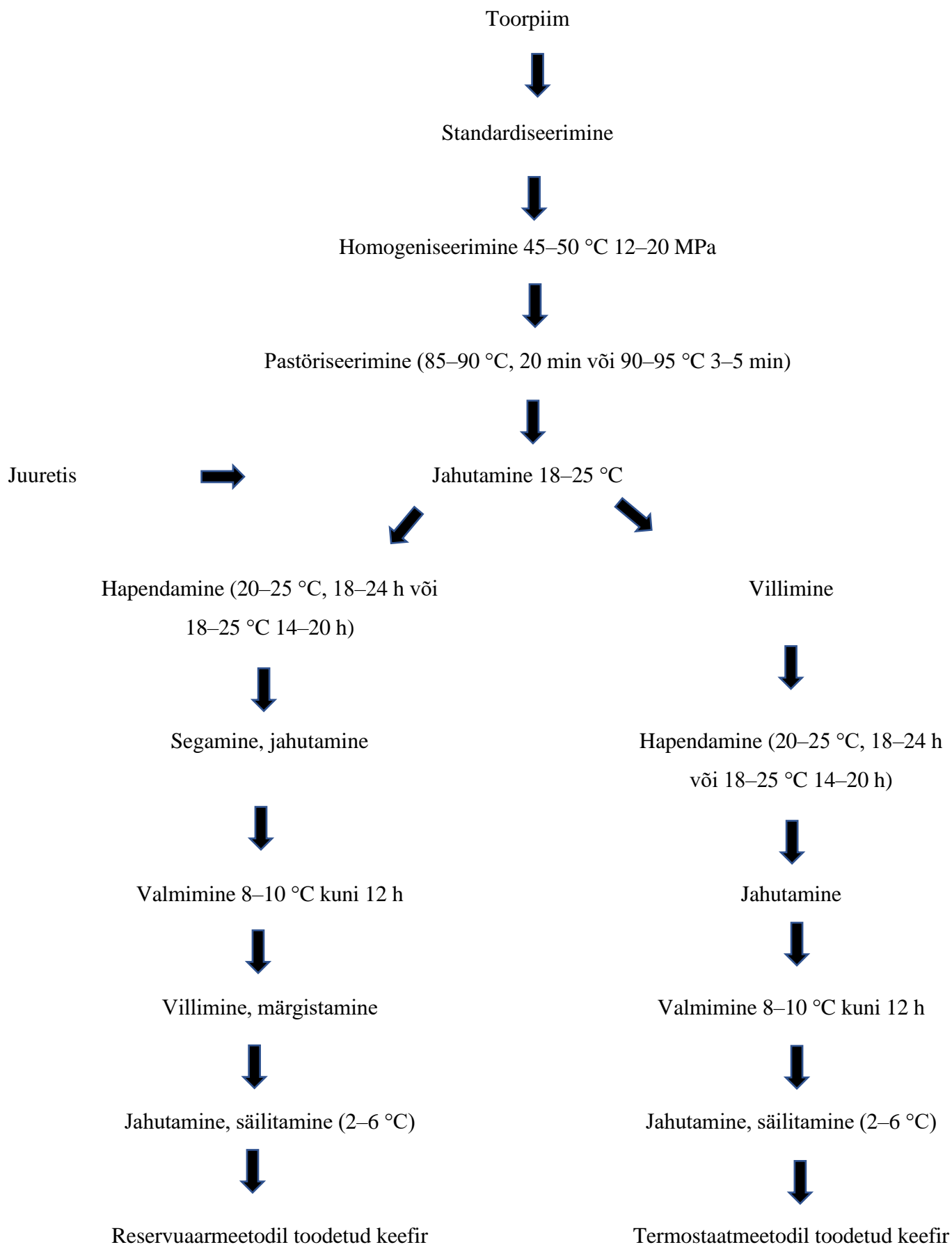
Joonis 8. Salampessy *et al.* (2011) ja Lange *et al.* (2019) andmetel koostatud jogurti tootmise tehnoloogia termostaatmeetodil ja reservuaarmedodil.

1.2.9. Keefir

Keefir on hapupiimajook, mis pärineb Kaukaasiast ning mida valmistatakse nii lehma-, kitse- kui ka lambapiimast. Keefir on Ida-Euroopa riikides üks enim valmistatavatest hapupiimajookidest. (Pajumägi jt 2020) Keefiri keemiline koostis: 10,6–14,9% kuivainet, 2,9–6,4% valku, vähem kui 10% rasva, 3,8–4,7% süsivesikuid, 0,7–1,1% tuhka (Arslan 2014, World Health Organization 2018).

Keefiri valmistamiseks on üks võimalus keefiriseente kasutamine. Keefiriseened on 2–15 mm läbimõõduga graanulid. (Pajumägi jt 2020) Kuju ja värvi poolest meenutavad nad lillkapsa õisikuid. Nad on valged või helekollased, elastsed ning neil on iseloomulik lõhn (Wszolek jt 2006). Keefiriseente koosluses on väga erinevad mikroorganismid: *Lactococcus lactis* ja *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus kefirianofaciens*, *Lactobacillus casei*, *Candida kefir*, *Kluyveromyces marxianus var. marxianus* ja *Saccharomyces* liigid, sh *Saccharomyces cerevisiae*. Tööstuslikul tootmisel kasutatakse keefiriseente asemel ka kuivjuuretist. (Pajumägi jt 2020)

Keefiri tootmist alustatakse standardiseeritud piima homogeniseerimisega temperatuuril 45–50 °C (Pajumägi jt 2020). Altuntas jt (2019) kirjutavad, et piima pastöriseeritakse 20 minutit temperatuuril 85–90 °C, Pajumägi jt (2020) aga, et pastöriseerimine toimub 3–5 minutit temperatuuril 90–95 °C. Pärast pastöriseerimist jahutatakse piim maha temperatuurile 20–25 °C ning lisatakse juuretist. Keefiriseente kasutamise puhul lisatakse neid 2–10% ulatuses (Altuntas jt 2019). Reservuaarmedodil hapendatakse segu kohe temperatuuril 18–25 °C 14–20 tundi (Pajumägi jt 2020) või 18–20 h temperatuuril 20–25 °C (Altuntas jt 2019). Seejärel segu segatakse, jahutatakse maha ning lastakse valmida temperatuuril 8–10 °C umbes 12 tundi, kuni keefiri pH on 4,3. Seejärel toode villitakse ning säilitatakse 2–6 °C juures. Termostaatmeetodi puhul villitakse segu enne hapendamist, jahutatakse ning lastakse valmida nagu reservuaarmedodil. (Pajumägi jt 2020) Keefiri säilimisaeg on 5 päeva või vastavalt läbiviidud kestvuskatsetele (Laikoja jt 2020). Keefiri tootmise tehnoloogiline skeem on joonisel 9.



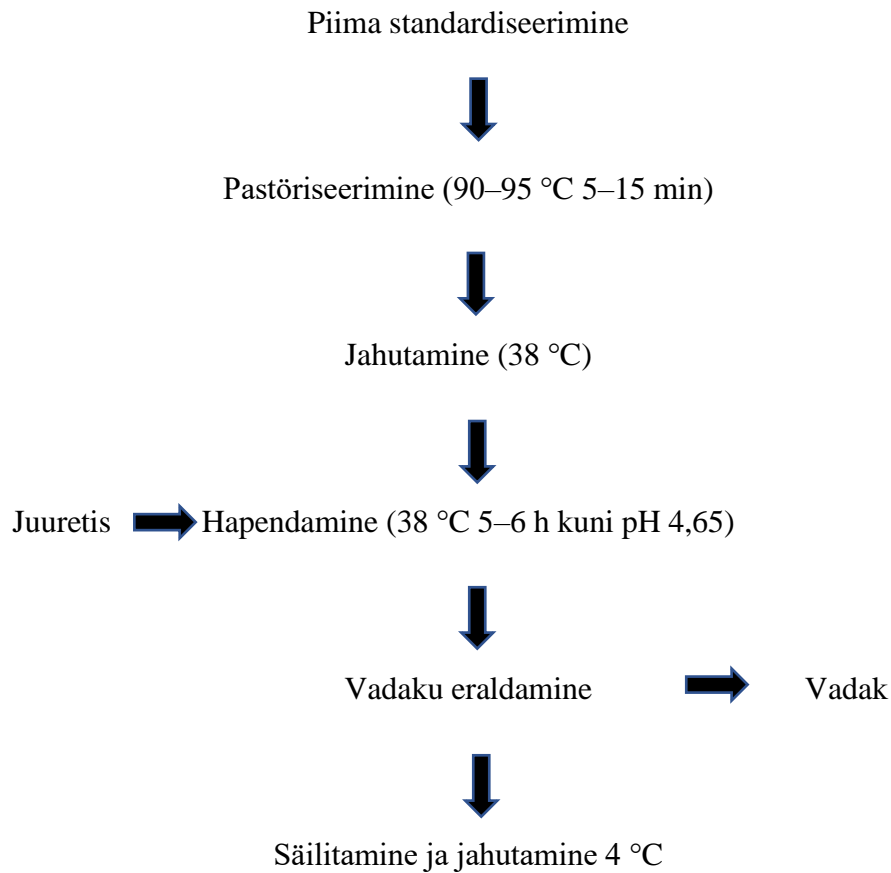
Joonis 9. Altuntas *et al.* (2019) ja Pajumägi *et al.* (2020) andmetel koostatud keefiri tootmise skeem.

1.2.10. Kreeka jogurt

Kreeka jogurt on Lähis-Idast pärit populaarne hapupiimatoode (Atamian jt 2014). Sellel on mitu nime – Türgis on tuntud see kui 'troba' või 'suzme', 'labneh' Lähis-Idas ning Euroopas kui 'Kreeka jogurt' (Güler 2006). Kreeka jogurti keemiline koostis: 22,66% kuivainet, 8,88% rasva, 5,79% valku, pH 4,65 (El-Sayed jt 2019).

Kreeka jogurtil on suurem kuivainesisaldus kui tavalisel jogurtil ja see on vähem happeline ning selles on kaks korda rohkem valku. Kreeka jogurtit saab teha lõssist, madala rasvasisaldusega piimast või täispiimast. (Kilara jt 2013) Kreekas valmistatakse Kreeka jogurtit peamiselt lamba- või kitsepiimast ning seda kasutatakse ka kohaliku kastme tzatziki valmistamise alusena (Salampessy jt 2011). Kreeka jogurti tootmine on sarnane tavalise jogurti tootmisega, ainult et Kreeka jogurti puhul eemaldatakse segust vadak. See saavutatakse kas tsentrifuugimise ja membraanfiltrereerimise teel. (Vinderola jt 2019)

Kreeka jogurti tehnoloogia: standardiseeritud piim pastöriseeritakse temperatuuril 90–95 °C 5–15 minutit ning jahutatakse 38 °C-ni. Lisatakse juuretis, mis koosneb termofiilsetest piimhappebakteritest *Streptococcus thermophilus*est ja *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*est (Bong jt 2014) ning segu hapendatakse temperatuuril 38 °C 5–6 h kuni segu pH on 4,65. Segust eraldatakse vadak ning säilitatakse temperatuuril 4 °C. (Vinderola jt 2019) Kreeka jogurti säilivusaeg on 7–10 päeva (Salampessy jt 2011). Joonisel 10 on toodud Kreeka jogurti tootmise tehnoloogiline skeem.



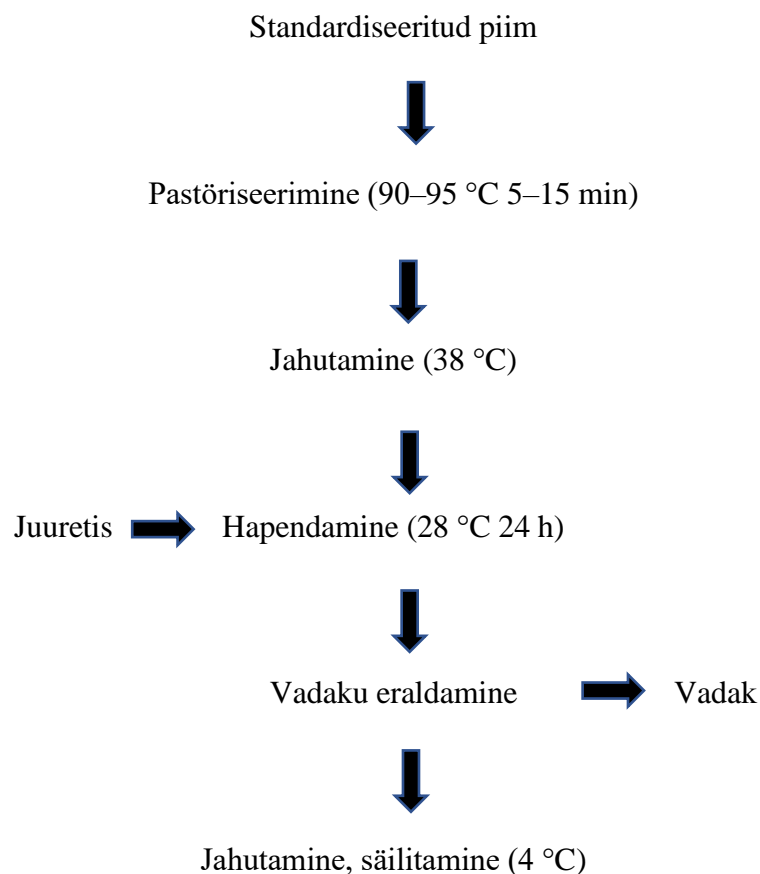
Joonis 10. Bong *et al.* (2014) ja Vinderola *et al.* (2019) andmetel koostatud Kreeka jogurti tootmise skeem.

1.2.11. Labneh

Labneh/labaneh on hapendatud piimatoode, mis pärineb Lähis-Idast. Labneh on kreemikat või valget värvi, pehme ja sileda tekstuuriga ning natuke happelise maitsega. Seda peetakse hapupiimatoodete ja suure veekogusega juustude vahepealseks tooteks (Vinderola jt 2019). Labnehi keemiline koostis: 22,70% kuivainet, 1,350% tuhka, 9,0% rasva, valku 9,14%, 3,21% laktoosi, pH 4,44 (Abu-Jdayil jt 2002).

Labnehi tehnoloogia: standardiseeritud piima pastöriseeritakse temperatuuril 90–95 °C 5–15 minutit ning jahutatakse temperatuurile 38 °C. Piimale lisatakse juuretisena 5% keefirit ning

hapendatakse temperatuuril 28 °C üks ööpäev. Pärast hapendamist eraldatakse segust vadak, kuni saavutatakse soovitud konsistents. Lõpuks jahutatakse segu maha ning säilitatakse temperatuuril 4 °C. (Vinderola jt 2019) 7 °C juures säilib labneh kaks nädalat (Nsabimana jt 2005). Labnehi tootmise tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 11.

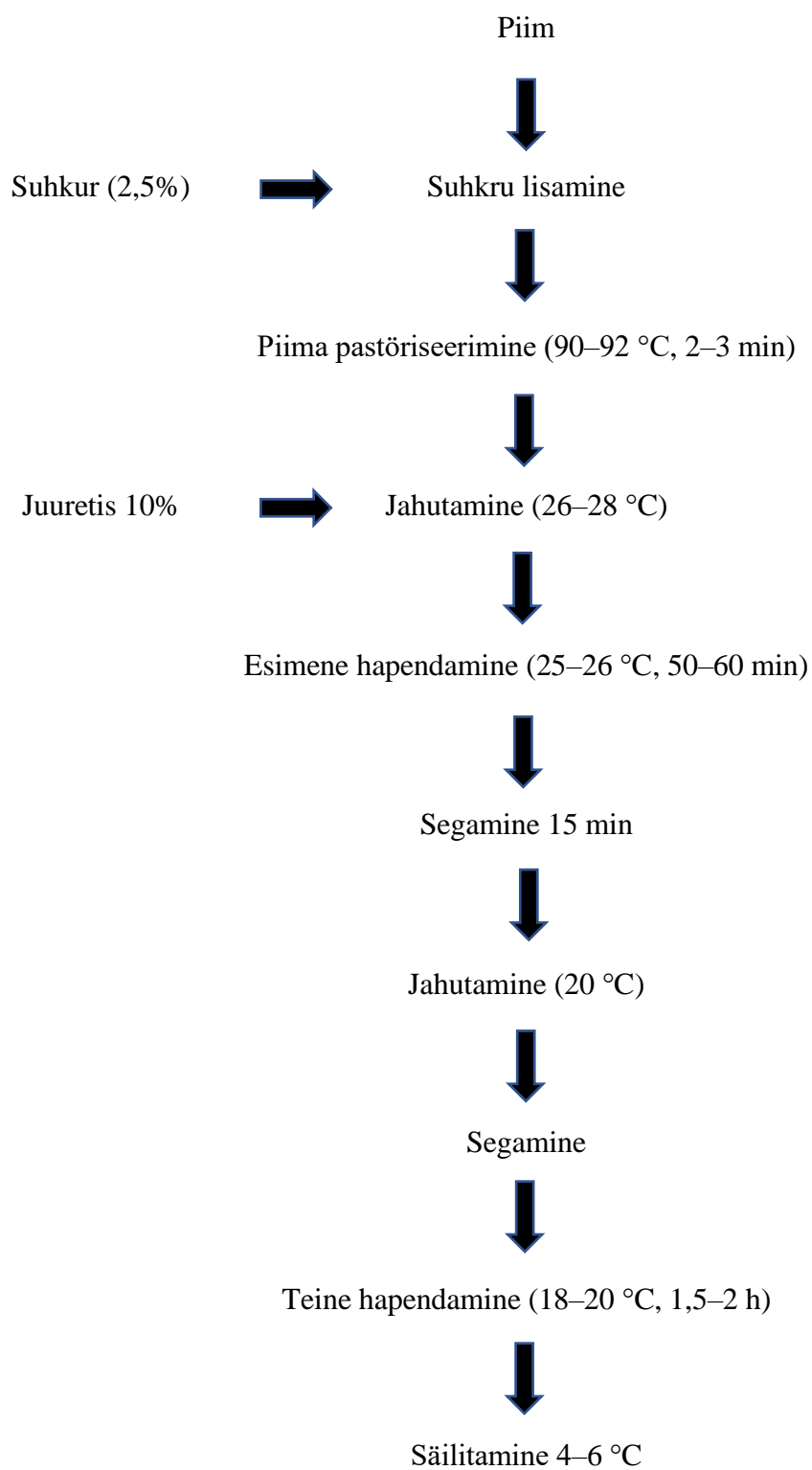


Joonis 11. Vinderola *et al.* (2019) andmetel koostatud labnehi tootmise skeem.

1.2.12. Kumõss

Kumõss on toode, mida tarbitakse Mongoolias, Tiibetis ja Venemaal. Seda valmistatakse mārapiimast, Mongoolias ka kaamelipiimast. Kumõssi koostis: 10,6–11,3% kuivainet, 2,1% valku (1,2% kaseiini, 0,9% vadakuvalku), 5,5–6,4% laktoosi, 1,2–1,8% rasva, 0,3% tuhka. (Litopoulou-Tzanetaki jt 2014)

Kumõssi tööstuslikul tootmisel eelistatakse märapiima asemel lehmapiima, kuna märapiima pole suures koguses saadaval. Piimale lisatakse suhkur (2,5%) ning pastöriseeritakse temperatuuril 90–92 °C 2–3 minutit ning jahutatakse maha temperatuurile 26–28 °C. Piimale lisatakse juuretis 10% ulatuses, see koosneb *Lactobacillus* liikidest, *Lactococcus lactisest*, enterokokkidest, leukonostokidest, *Streptococcus parauberisest*, *Streptococcus thermophilusest*. Segu hapendatakse alguses temperatuuril 25–26 °C 50–60 minutit, segatakse 15 minutit ning jahutatakse maha temperatuurile 20 °C. Segu segatakse uuesti 15–20 minutit ning hapendatakse uuesti 1,5–2 tundi temperatuuril 18–20 °C, kusjuures segu segatakse 2–3 minutit iga 20 minuti tagant. Pärast hapendamist toode pakendatakse ning säilitatakse 4–6 °C juures. (Litopoulou-Tzanetaki jt 2014) Kumõssi tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 12.

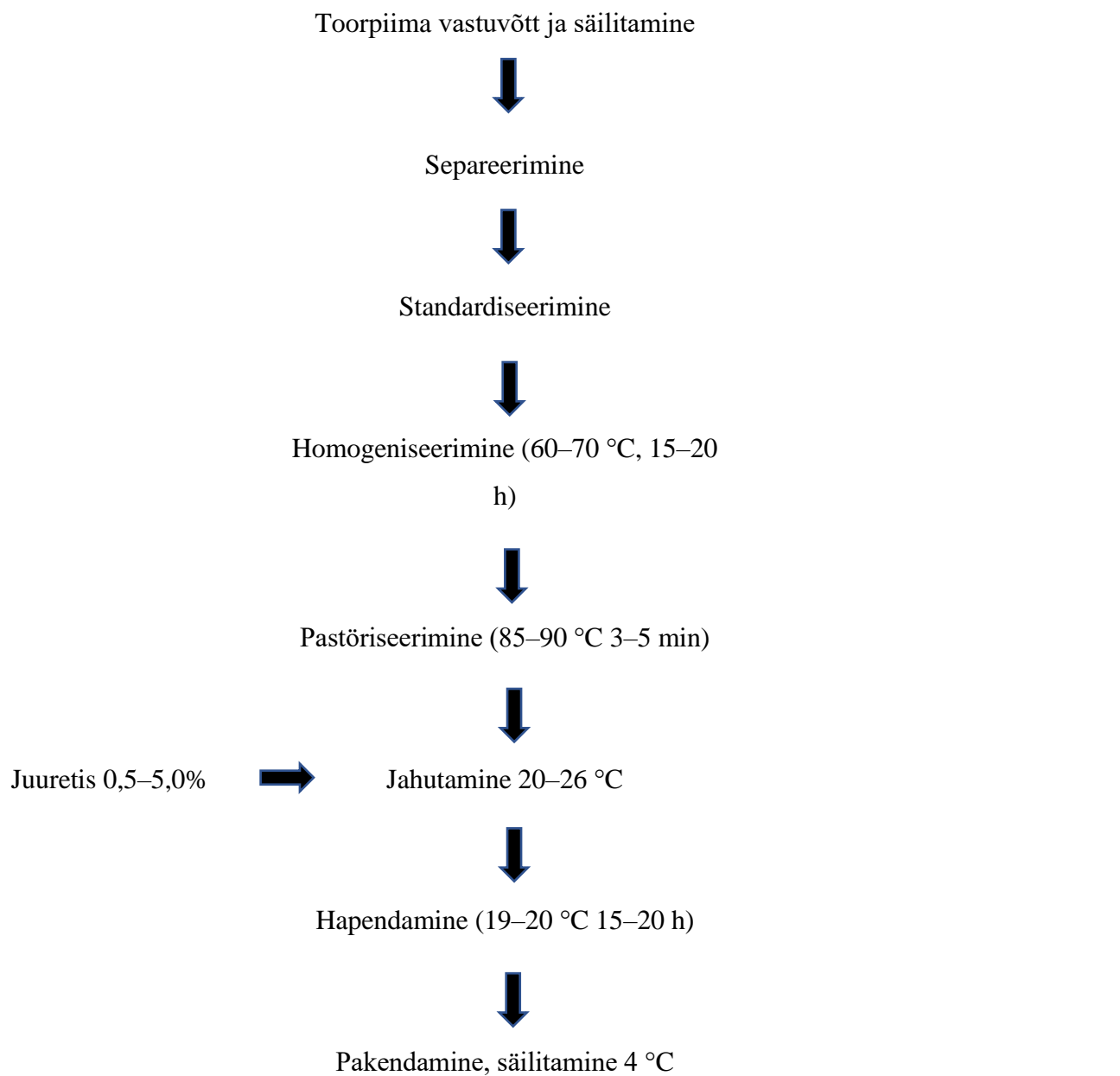


Joonis 12. Litopoulou-Tzanetaki *et al.* (2014) andmetel koostatud kumõssi tootmise skeem.

1.2.13. Hapendatud pett

Hapendatud pett on võitootmise kõrvalsaadus (Pajumägi 2020). Selle tootmise tehnoloogia on sarnane hapupiimaga, ainuke erinevus on kasutatavas tooraines. Hapendatud peti keemiline koostis: 9,88% kuivainet, 0,59% rasva, 3,73% valku, 4,81% laktoosi, 0,75% tuhka, pH 6,86. (Choudhury 2021)

Peti tootmine: toorpiim separeeritakse, standardiseeritakse ning homogeniseeritakse temperatuuril 60–70 °C, rõhul 15–20 MPa ning seejärel pastöriseeritakse temperatuuril 85–90 °C 3–5 minuti jooksul. Pärast pastöriseerimist jahutatakse toorpiim temperatuurile 20–26 °C (Pajumägi jt 2020) ning lisatakse juuretis 1–3% ulatuses (Salampessy jt 2011). Peti juuretise koostisesse võivad kuuluvad järgmised mesofiilsed piimhappebakterid: *Lactococcus lactis* ja/või *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus diacetylactis* ja *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*. Segu hapendatakse 19–20 °C 15–20 tundi (Salampessy jt 2011) ning valmistoodet on valmis pakendamiseks ja säilitamiseks temperatuuril 4 °C. Peti pH peaks jääma 4,5–4,7 vahele (Pajumägi jt 2020) ning selle säilivusaeg on 2–3 nädalat (Salampessy jt 2011). Joonisel 13 on näidatud peti tootmise tehnoloogiline skeem.



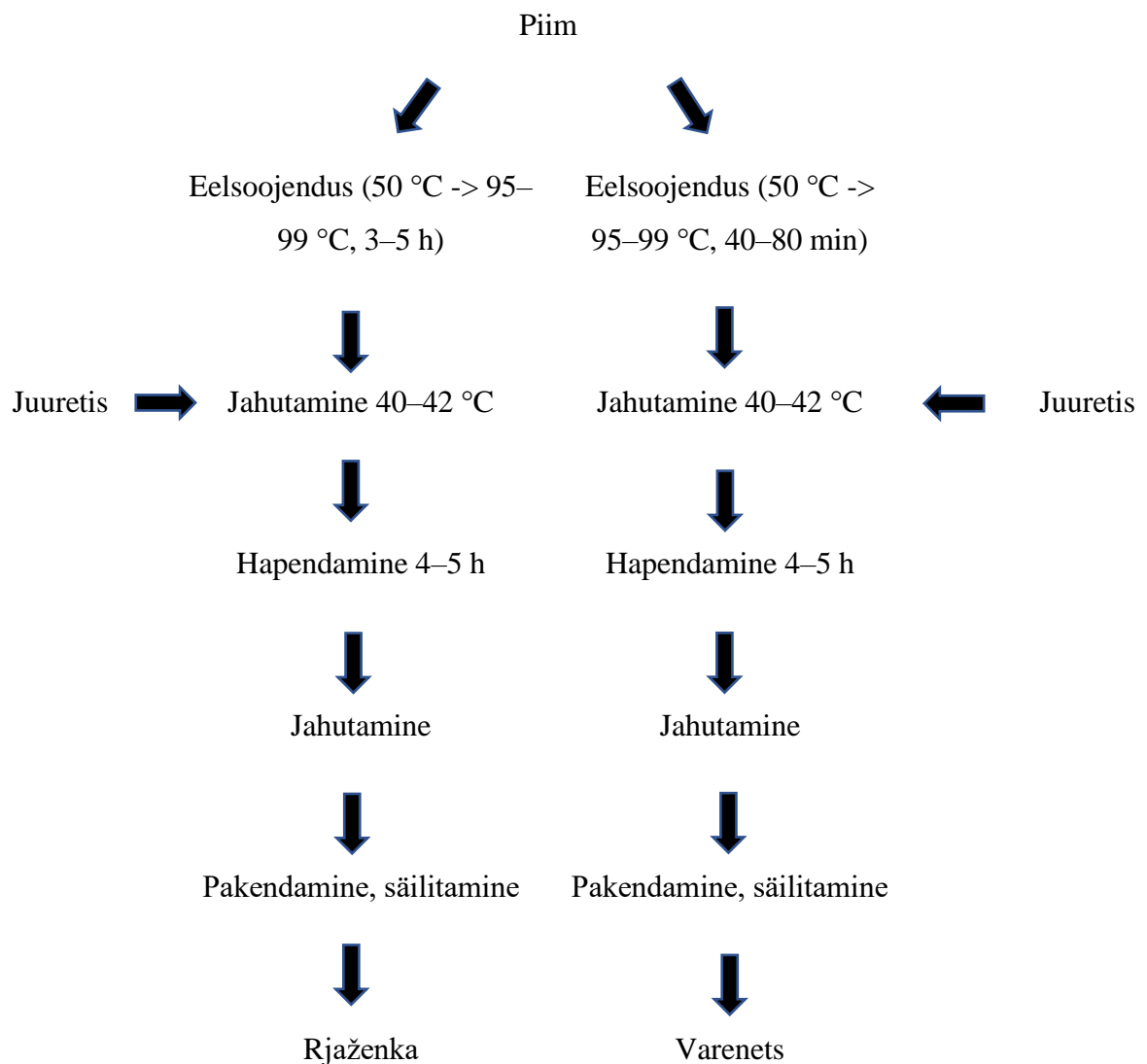
Joonis 13. Pajumägi *et al.* (2020) ja Salampešy *et al.* (2011) andmetel koostatud peti tootmise skeem.

1.2.14. Rjaženka ja varenets

Rjaženka on hapupiimatoode, mis pärineb Ukrainast. See on paksu konsistentsiga ning kreemikat värvi (Rozhkova jt 2021) ja maitsestatamata joogijogurti maitsega (Farmi s.a)

Rjaženka tootmine: piim kuumutatakse alguses temperatuurile 50 °C ning seejärel kuuma auruga temperatuurile vahemikus 95–99 °C. Sellel temperatuuril hoitakse piima 3–5 tundi, kuni piima värv muutub kreemikaks. Seejärel jahutatakse piim maha temperatuurile 40–42 °C ning lisatakse juuretis, mis koosneb termofiilsetest piimhappebakteritest *Streptococcus thermophilus* ja *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*. Segu hapendatakse 40 °C juures 4–5 tundi, kuni selle tiitritav happesus on 60–65 °T. Toode jahutatakse maha, seda segatakse ning lõpuks pakendatakse. (Rozhkova jt 2021)

Varenets on Venemaal turul müügil olev rjaženka sarnane toode. Nende tehnoloogiad on üsna sarnased, erinevus seisneb selles, et varenetsi tootmisel pastöriseeritakse piima 40–80 minutit (mitte 3–5 tundi) ning kasutatav juuretis koosneb ainult *Streptococcus thermophilusest*. (Rozhkova jt 2021) Joonisel 14 on näidatud rjaženka ja varenetsi tootmise tehnoloogiline skeem.

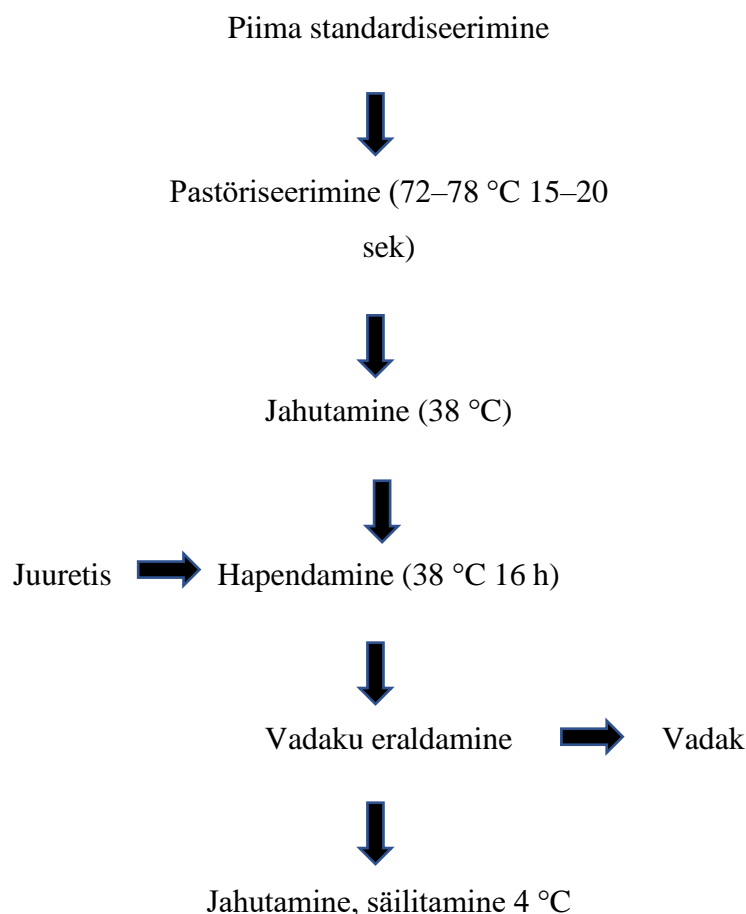


Joonis 14. Rozhkova *et al.* (2021) andmetel koostatud rjaženka ja varenetsi tootmise skeem.

1.2.15. Skyr

Skyr on pärit Islandilt pärit hapupiimatoode (Fondén jt 2006), mille tõid sinna Norra viikingid 9. sajandil. Teoreetiliselt on see nagu pehme juust (Vinderola jt 2019).

Skyri valmistatakse pastöriseeritud lõssist, mida pastöriseeritakse temperatuuril 72–78 °C 15–20 sekundit. Juuretisena kasutatakse varasemat skyri partiid ning vahel lisatakse juurde ka laap. Skyris leidub tavaliselt mesofiilseid piimhappebaktereid *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus jugurti* ja *Lactobacillus helveticus* (Litopoulou-Tzanetaki jt 2014). Lisaks võib kasutada ka *Lactococcus lactis subsp. cremoris* ja *Lactococcus lactis* kultuure. Segu hapendatakse temperatuuril 38 °C 16 h, seejärel eraldatakse segust vadak ning toode on valmis säilitamiseks. (Vinderola jt 2019) Joonisel 15 on toodud skyri tootmise tehnoloogiline skeem.

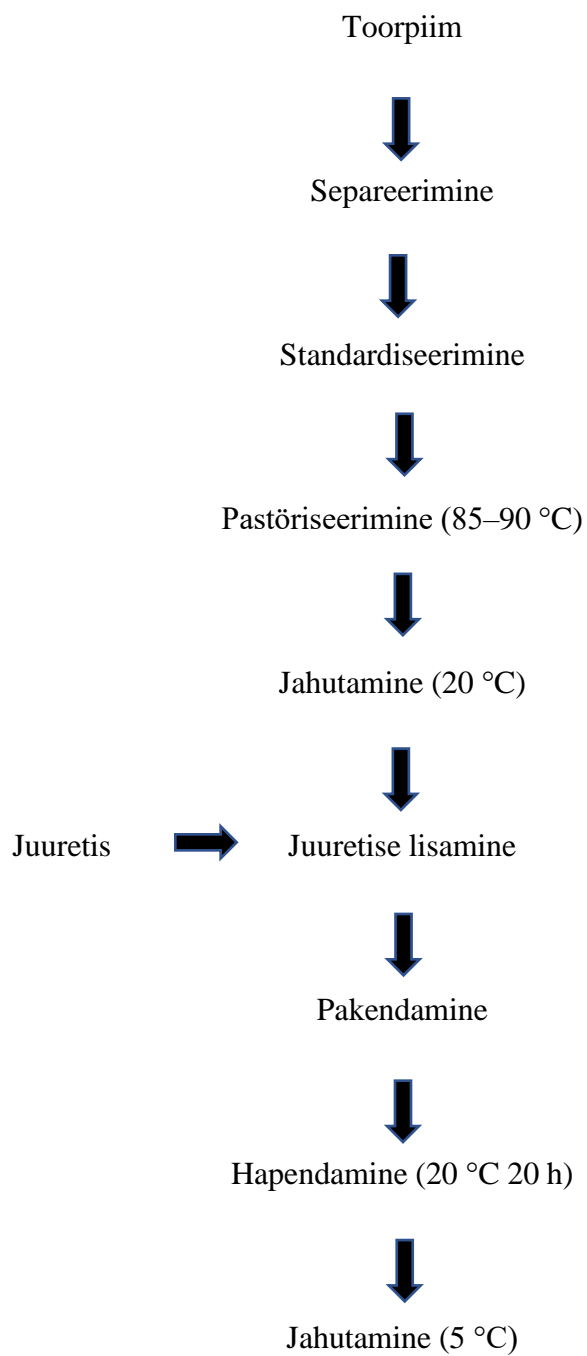


Joonis 15. Vinderola *et al.* (2019) ja Litopoulou-Tzanetaki *et al.* (2014) andmetel koostatud skyri tootmise skeem.

1.2.16. Viili

Viili on Soome traditsiooniline hapupiimatoode. Tööstuslikult hakati viilit tootma 1950. aastatel ning tänapäeval tarbitakse seda Soomes 4,5 kg ühe inimese kohta aastas. (Bakry 2015) Traditsioonilise viili tootmisel piima ei homogeniseerita (Bakry 2015), mistõttu on viili peal koorekiht, mille peal omakorda kasvab valge hallitus (*Geotrichum candidum*). Võib toota ka viilit, millele on lisatud probiootiline bakter *Lactobacillus rhamnosus* GG. Sellel on väiksem rasvasisaldus, see on tehtud homogeniseeritud piimast ja sellele pole lisatud hallitust (Fondén jt 2006).

Viili tootmiseks separeeritakse ja standardiseeritakse piim 1,0–3,5% rasvasisalduseni. Piim pastöriseeritakse temperatuuril 85–90 °C (Litopoulou-Tzanetaki jt 2014) ning jahutatakse temperatuurile 20 °C. Lisatakse juuretis, mis koosneb mesofiilsetest piimhappebakteritest *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ning *Geotrichum candidum*. Seejärel pakendatakse segu topsidesse ning jäetakse hapnema temperatuuril 20 °C 20 h. Peale hapendamist jahutatakse viili temperatuurile 6 °C. Viili säilivusaeg on umbes kolm nädalat. (Bakry 2015) Viili tootmise tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 16.

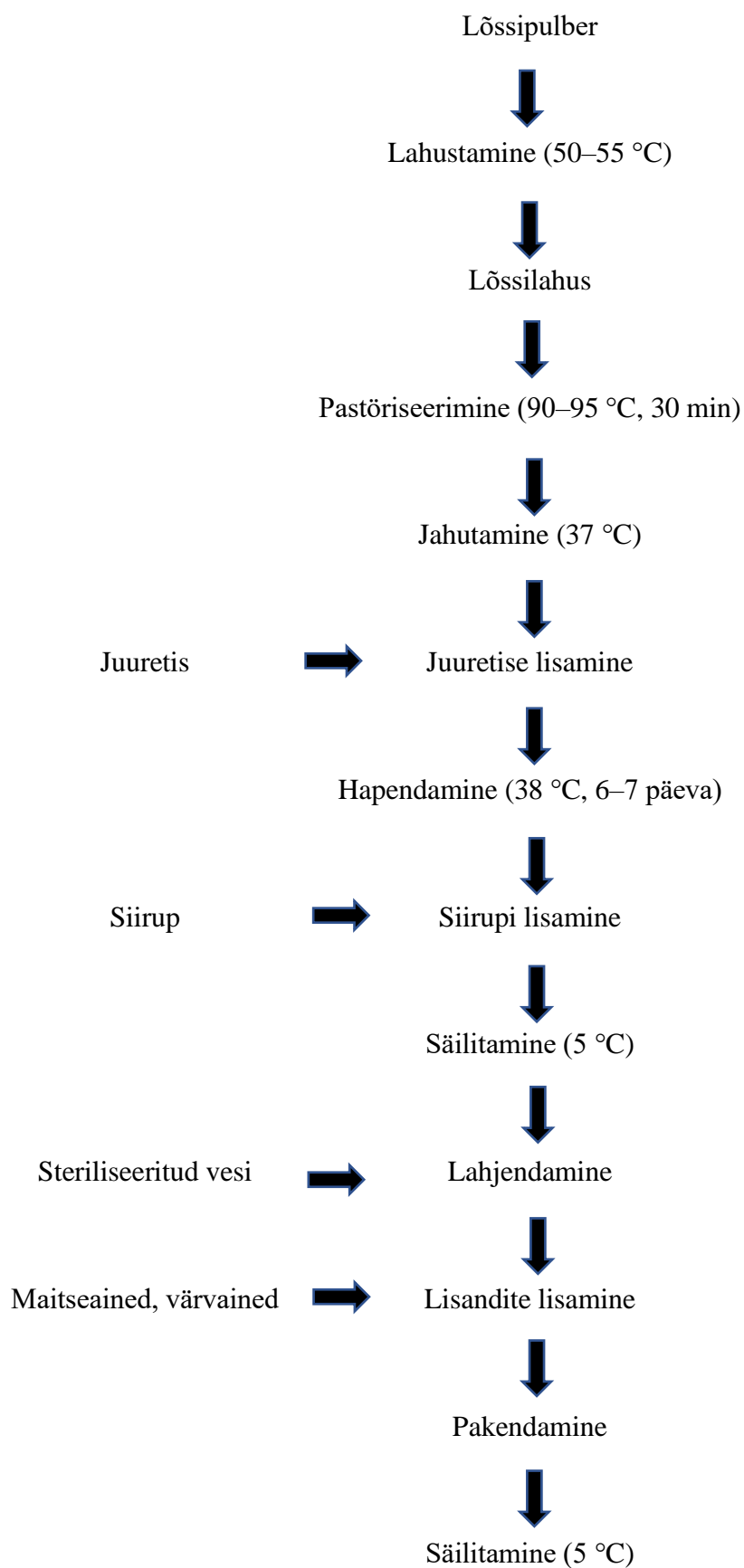


Joonis 16. Litopoulou-Tzanetaki *et al.* (2014) ja Bakry (2015) andmetel koostatud viili tootmise skeem.

1.2.17. Yakult

Yakult on hapupiimatoode, mis arendati välja 1935. aastal Jaapanis (Akuzawa jt 2011).

Yakulti tootmiseks kasutatakse lõssipulbrit. Lõssipulber lahjendatakse soojas vees temperatuuril 50–55 °C, tekib lõssilahus. Lahust pastöriseeritakse 90–95 °C juures 30 minutit (Wikipedia s.a) ning jahutatakse maha temperatuurile 37 °C. Lisatakse juuretis, milleks on termofiilne piimhappebakteri *Lactocaseibacillus paracasei* tüvi Shirota ning segu hapendatakse 38 °C juures 6–7 päeva (Wikipedia s.a). Peale hapnemist lisatakse piimale suhkrusiirup ning segu jahutatakse temperatuurile 5 °C. Segu teisaldatakse segupaaki, kus seda lahjendatakse steriliseeritud veega. Siin etapis lisatakse ka looduslikud maitseained ning värvained. Seejärel pakendatakse toode pudelitesse ning säilitatakse 5 °C juures. (Yakult s.a) Yakulti säilivusaeg on 40 päeva, kui seda säilitada alla 10 °C tingimustes (Yakult s.a). Yakulti tootmise tehnoloogiline skeem on toodud joonisel 17.



Joonis 17. Yakult (s.a) andmetel koostatud yakulti tootmise tehnoloogiline skeem.

2. TEHNOLOOGIATE VÕRDLUS

2.1. Tooraine

Enamike hapupiimatooteid valmistatakse piimast, aga on ka mõned, näiteks chakka, skyr ja yakult, mida saadakse lõssist. Ka Kreeka jogurtit võib toota lõssist või täispiimast.

Kõige enam valmistatakse hapupiimatooteid lehmapiimast, aga näiteks jogurtit, keefiri ja Kreeka jogurtit valmistatakse ka kitse-, lamba-, kaameli-, pühvli- või mārapiimast. Erand on ka kumõss, mida traditsiooniliselt valmistatakse just mārapiimast, aga tööstuslikul tootmisel kasutatakse selle valmistamisel siiski enamasti lehmapiima.

2.2. Kuumtöötlemine

Enamike toodete pastöriseerimistemperatuurid jäävad 90–95 °C vahele, on ka mõned, mida pastöriseeritakse 72–78 °C või 85–90 °C. Enamasti pastöriseeritakse piima 15 sekundit või 5 minutit, aga näiteks Kreeka jogurti ja labnehi tootmisel võib piima pastöriseerida ka kuni 15 minutit, dahit ja yakultit tootmisel 30 minutit, varanetsi tootmisel 40–80 minutit ja viili tootmisel isegi 20 tundi. Pikaajaline pastöriseerimine on vajalik kreemika värvi tekkimiseks – tekib Maillardi reaktsioon (Rozhkova jt 2021), mis seisneb suhkrute ja aminohapete omavahelises reaktsioonis (Tamanna jt 2015). Ka yakultit pastöriseeritakse kaua, lisaks lisatakse enne yakulti pastöriseerimist piimale glükoos, mis aitab reaktsiooni läbi viia (Akuzawa jt 2011).

Hapendamise temperatuurid on aga väga erinevad. Viili, keefiri, kumõssi, labnehi ja amasi hapendamistemperatuurid jäävad vahemikku 28...30 °C, dahi, skyri, yakulti, Kreeka jogurti temperatuurid 37...38 °C. Tavalist jogurtit ja ayrani võib hapendada ka 40–45 °C juures. Kõige väiksema hapendamisajaga on kumõss (50–60 minutit), ka rjaženka (4–5 h), varenetsi (4–5 h),

Kreeka jogurti (5–6 h) ja chakka (8 h) hapendamisajad on üsna väikesed, võrreldes teiste toodetega. Kõige kauem vajab hapendamist yakult – 7 päeva.

Võrreldes toodete pastöriseerimistemperatuure ja -aegu ning kasutatud starterkultuuri, on näha, et tooteid, kus kasutatakse mesofiilseid starterkultuure, töödeldakse lühemat aega ning väiksematel temperatuuridel, võrreldes toodetega, kus kasutatakse termofiilseid starterkultuure, sest mesofiilsed kultuurid vajavad kasvamiseks väiksemat temperatuuri kui termofiilsed kultuurid.

Kõigi toodete pastöriseerimise ja hapendamise temperatuurid ja ajad on kokkuvõtlikult toodud tabelis 1.

Tabel 1. Hapupiimatoodete pastöriseerimise ja hapendamise temperatuurid ja ajad

Toode	Pastöriseerimistemperatuur ja aeg	Hapendamise temperatuur ja aeg
Amasi	72 °C, 15 s	30 °C, 16–24 h
Ayran	90 °C, 5 min	43–44 °C
Chakka	90 °C, 15 s	37–40 °C, 8 h
Dahi	80–85 °C, 15–30 min	37 °C, 8–10 h
Filmjõlk	75 °C, 15 s	20–22 h
Hapupiim	85–90 °C, 3–5 min	38 °C, 5 h
Jogurt	90–95 °C, 5 min	40–45 °C, 16–20 h
Keefir	90–95 °C, 3–5 min	20–25 °C, 18–20 h
Kreeka jogurt	90–95 °C, 5–15 min	38 °C, 5–6 h
Kumõss	90–92 °C, 2–3 min	25–26 °C, 50–60 min, hiljem veel 18–20 °C, 1,5–2 h
Labneh	90–95 °C, 5–15 min	28 °C, 24 h
Lassi	90 °C, 15 min	30 °C
Hapendatud pett	85–90 °C, 3–5 min	19–20 °C, 15–20 h
Rjaženka	95–99 °C, 3–5 min	40 °C, 4–5 h
Varenets	95–99 °C, 40–80 min	40 °C, 4–5 h
Skyr	72–78 °C, 15–20 s	38 °C, 16 h
Viili	85–90 °C	20 °C, 20 h
Yakult	90–95 °C, 30 min	38 °C, 6–7 päeva

2.3. Starterkultuurid

Hapupiimatoodete hapendamiseks kasutatakse piimhappebaktereid, kuna neil on piima hapendamise võime ning nad tekitavad sobiva maitse ja tekstuuri (Widyastuti jt 2014). Näiteks piimhappebakterid nagu *Lactococcus lactis subsp. cremoris* ja *Lactococcus lactis* toodavad piimhapet ning *Lactococcus lactis subsp. lactis* bv. *diacetylactis* ja *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris* toodavad diatsetüüli ja atsetaldehüüdi, mis loovad tootele iseloomuliku lõhna. (Salampessy jt 2011)

Piimhappebaktereid saab jagada kaheks: mesofiilsed, mis kasvavad kõige paremini temperatuuridel 25–30 °C ning termofiilsed, mis kasvavad temperatuuridel 37–45 °C (Surono jt 2011).

Piimhappebakterite kasutamine tagab toodete mahedalt hapuka maitse. Piimhappebakterid pärsvivad patogeensete bakterite nagu *Escherichia coli* ja *Salmonella* kasvu, kuna nad tekitavad hapet, mis alandab pH väärtust. Samuti toodavad piimhappebakterid eksopolüsahhariide, mis loovad tootele sobiva tekstuuri (Widyastuti jt 2014). Hea starterkultuur peab kuumtöötlemisele hästi vastu pidama, kiiresti hapet tootma, olema eluvõimeline toote säilimisaja lõpuni ning tootele sobilikku maitset ja tekstuuri andma (Priadi jt 2020).

Enamik hapupiimatoodete juuretisi koosneb *Lactobacilluse*, *Lactococcuse* ja *Streptococcuse* liikidest, näiteks *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* ja *Streptococcus thermophilus*. Eranditeks on näiteks chakka ja labneh, kus kasutatakse juuretisena valmis hapupiimatooteid nagu dahit (chakka) ja keefiri (labnehi valmistamisel) ning ka yakult, milles kasutatakse unikaalse starteri *Lacticaseibacillus paracasei* tüve Shirota. Lassigi tootmisel kasutatakse peale starterkultuuride ka dahit, mis valmib lassi valmistamise käigus.

Tabelis 2 on toodud töös uuritud toodetes kasutatavad starterkultuurid. Starterkultuuri tüübi määramiseks on kasutatud Surono jt (2011) andmeid.

Tabel 2. Hapupiimatoodetes kasutatavad starterkultuurid

Toode	Starterkultuur	Tüüp
Amasi	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i>	Mesofiilne
Ayran	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	Termofiilne
Chakka	Dahi	Mesofiilne
Dahi	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> bv. <i>diacetylactis</i> ning <i>Leuconostoc</i> liigid	Mesofiilne
Filmjõlk	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> bv. <i>diacetylactis</i> ja <i>Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris</i>	Mesofiilne
Hapupiim	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactococcus diacetylactis</i> , <i>Leuconostoc</i> liigid	Mesofiilne
Jogurt	<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> ja <i>Streptococcus thermophilus</i>	Termofiilne
Keefir	<i>Lactococcus lactis</i> ja <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus kefir</i> , <i>Lactobacillus kefiranofaciens</i> , <i>Lactobacillus casei</i> , <i>Candida kefir</i> , <i>Kluyveromyces marxianus var. marxianus</i> ja <i>Saccharomyces</i> liigid, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Mesofiilne
Kreeka jogurt	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	Termofiilne
Kumõss	<i>Lactobacillus</i> liigid, <i>Lactococcus lactis</i> , enterkokid, leukonostokid, <i>Streptococcus parauberis</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i>	Termofiilne
Labneh	Keefir	Mesofiilne
Lassi	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	Termofiilne
Hapendatud pett	<i>Lactococcus lactis</i> ja/või <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus diacetylactis</i> ja <i>Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris</i>	Mesofiilne

Rjaženka	<i>Streptococcus thermophilus</i> ja <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	Termofiilne
Varenets	<i>Streptococcus thermophilus</i>	Termofiilne
Skyr	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus jugurti</i> , <i>Lactobacillus helveticus</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis</i>	Mesofiilne
Viili	<i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis</i> ning <i>Geotrichum candidum</i>	Mesofiilne
Yakult	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i> tüvi Shirota	Termofiilne

2.4. Toote keemiline koostis

Amasi, ayrani, dahi, keefiri, Kreeka jogurti, kumõssi, labnehi, lassi ja hapendatud peti keemiline koostis on toodud tabelis 3. Chakka, filmjõlgi, rjaženka, varenetsi, skyri, viili ja yakulti keemilise koostise kohta infot ei leitud. Tabelis on ära toodud toodete kuivaine-, laktoosi-, valgu-, süsivesikute-, rasva- ja tuhasisaldus ning pH protsentides.

Kõige väiksema kuivainesisaldusega on kumõss (10,6–11,3%) ja ayran, mille kuivainesisaldus kõigub üllatavalt palju (1,07–11%) ning kõige suurema kuivainesisaldusega on lassi (21,06–23,11%), dahi (17,58%), Kreeka jogurt (22,66%) ja labneh (22,7%).

Laktoosisisaldus varieerub vähem – see jääb toodetel 3–5% vahele. Valgusisaldus on uuritud toodetel üsna erinev. Kõige väiksema valgusisaldusega on ayran (1,44%) ja kumõss (2,1%), hapupiim (vähemalt 2,7%) ja dahi (3,83%) ning kõige suurema valgusisaldusega labneh (9,14%) ja jogurt (9%).

Ka rasvasisaldused on toodetel üsna erinevad. Ayrani (0,1–3%), kumõssi (1,2–1,8%), lassi (1,82–2,7%) ja hapendatud peti (0,59%) rasvasisaldus on kõige väiksem ning Kreeka jogurti (8,88%), dahi (7,88%) ning labnehi oma (9,0%) on kõige suurem.

Süsivesikute koostist saab võrrelda amasi (6,07%) ja keefiri (3,8–4,7%) vahel, keefiril on see tunduvalt väiksem. Tuhasisaldus toodetel on üsna sarnane, jäädes 0,3–1,3 vahele, välja arvatud

amasil, mis on 5,99%. Toodete pH-d jäävad umbes 3,5–4,7 vahemikku, kõige väiksem pH võib olla ayranil (3,44–4,44) ning kõige suurem hapendatud petil (6,86).

Tabel 3. Hapupiimatoodete keemiline koostis

Toode	Kuivaine (%)	Laktoos (%)	Valk (%)	Süsivesikud (%)	Rasv (%)	Tuhk (%)	pH
Amasi	-	3,87	-	6,07	4,06	5,99	3,6–4,2
Ayran	1,07–11	-	1,44– 3,48	-	0,1–3	-	3,44– 4,44
Dahi	17,58	4,18	3,83	-	7,88	-	4,39
Hapupiim	-	-	2,7	-	<10	-	-
Jogurt	-	-	9	4	5	-	-
Keefir	14,9	-	2,9– 6,4	3,8–4,7	<10	0,7–1,1	4,3
Kreeka jogurt	22,66	-	5,79	-	8,88	-	4,65
Kumõss	10,6–11,3	5,5–6,4	2,1	-	1,2– 1,8	0,3	-
Labneh	22,7	3,21	9,14	-	9,0	1,350	4,44
Lassi	21,06– 23,11	-	3,2– 4,18	-	1,82– 2,7	0,73– 0,85	-
Hapendatud pett	9,88	4,81	3,73	-	0,59	0,75	6,86

2.5. Säilivusaeg

Säilivusaeg on aeg, mille jooksul on toit inimesele tarbimiseks kõlblik ning ohutu. Starterkultuuri säilivusaja määrab mikroorganismide arv ning hapendamisel tekkinud hape. (Priadi jt 2020) Hapupiimatoodete säilivusaega saab parandada pastöriseerimise, jahutamise, vee eemaldamise ja säilitusainete lisamisega (Nsabimana jt 2005).

Hapupiimatoodete säilivusajad on üsna erinevad – see võib varieeruda paarist päevast kuni rohkem kui kuu ajani, näiteks dahi säilib 2–3 nädalat, yakult 40 päeva, filmjõlk ja ayran umbes 15 päeva, aga hapupiim, jogurt ja keefir viis päeva. Hapupiimatoodete säilivus oleneb kasutatavast starterkultuurist.

KOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks oli uurida hapupiimatooteid ja anda ülevaade erinevate maailma piirkondade hapupiimatoodetest, täpsemalt hapupiimajookidest ning nende tehnoloogiate omavaheline võrdlemine. Uuritavad tooted olid: amasi, ayran, chakka, dahi, filmjõlk, hapupiim, jogurt, keefir, kreeka jogurt, kumõss, labneh, lassi, hapendatud pett, rjaženka, varenets, skyr, viili ja yakult.

Uuritavate toodete pastöriseerimistemperatuurid ja -ajad on üsna sarnased, jäädes umbes 85–95 °C vahele, erinevused peituvad aga hapendamistemperatuurides ja -aegades. Keemiline koostis on hapupiimatoodetel üsna erinev, kõige rohkem leidub erinevusi kuivaine-, valgu- ja rasvasisalduses. Laktoosi-, tuhasisaldus ja pH on toodetel sarnased.

Enamik hapupiimatoodete juuretiste koostises on *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* ja *Streptococcus thermophilus*. Uurimise käigus saadi ka teada, et mõned tooted on omavahel üsnagi seotud – ühte toodet võib valmistada teise toote valmistamise käigus, näiteks selleks, et valmistada lassi ja chakkat, on vaja kõigepealt valmis teha dahi või et keefirit kasutatakse labnehi tootmisel.

Tulevikus võiks uurimise alla võtta veelgi rohkem hapupiimajooke, lisaks ka teisi hapupiimatooteid, mida antud töös ei käsitletud. Samuti võiks uurida kasutatava tooraine (lõss või täispiim; lehma-, mära- või kitsepiim) mõju toote keemilisele koostisele. Kindlasti oleks huvitav ja kasulik ka põhjalikumalt uurida erinevate juuretiste ja kuumtöötlemise mõju toote säilivusajale ja keemilisele koostisele, sest uurimise käigus tuli välja, et need võivad toodetel olla vägagi erinevad.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Abu-Jdayil, B., Yumah, R. Y., Shaker, R.R.** (2002). Rheological properties of a concentrated fermented product, labneh, produced from bovine milk: effect of production method. *International Journal of Food Properties*, 5(3), pp. 667–679.
2. **Akuzawa, R., Miura, T., & Surono, I. S.** (2011). Asian Fermented Milks. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, lk 507–511.
3. **Altay, F.** (2017). Rheology and Functionality of Ayran—A Yogurt Drink. *Yogurt in Health and Disease Prevention*, pp. 295–305.
4. **Altuntas, S., Hapoglu, H.** (2019). Kefir-type Drinks from Whey. *Non-Alcoholic Beverages*, pp. 185–225.
5. **Arslan, S.** (2014). A review: chemical, microbiological and nutritional characteristics of kefir. *CyTA - Journal of Food*, 13(3), pp 340–345.
6. **Atamian, S., Olabi, A., Kebbe Baghdadi, O., & Toufeili, I.** (2014). The characterization of the physicochemical and sensory properties of full-fat, reduced-fat and low-fat bovine, caprine, and ovine Greek yogurt (Labneh). *Food Science & Nutrition*, 2(2), pp. 164–173.
7. **Bakry, A. M.** (2015). Manufacture of Viili. *Fermented Milks and Dairy Products*.
8. **Bintsis, T., Papademas, P.** (2022). The Evolution of Fermented Milks, from Artisanal to Industrial Products: A Critical Review. *Fermentation* 2022, 8, pp. 679.
9. **Bong, D. D, Moraru, C. I.** (2014). Use of micellar casein concentrate for Greek-style yogurt manufacturing: Effects on processing and product properties. *Journal of Dairy Science*, 97(3), pp. 1259–1269.
10. **Chandan, R. C, White, C. H., Kilara, A., Hui, Y. H.** (2006). *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*. Ames: Blackwell Publishing. 365 lk.
11. **Choudhury, P. K.** (2021). Physico-chemical characteristics of buttermilk. [veebileht]. <https://courseware.cutm.ac.in/wp-content/uploads/2021/03/18.-Physico-chemical-characteristics-of-buttermilk.pdf> (05.04.2023)
12. **Dlamini, B., Buys, E. M.** (2009). Adaptation of *Escherichia coli* O157:H7 to acid in traditional and commercial goat milk amasi. *Food Microbiology*, 26(1), pp. 58–64.

13. **El-Sayed, M. I., Ibrahim, A. A., Awad, S.** (2019). Impact of Purslane (*Portulaca oleracea L.*) Extract as Antioxidant and Antimicrobial Agent on Overall Quality and Shelf Life of Greek-Style Yoghurt. *Egyptian Journal of Food Science*, 47(1), pp. 51–64.
14. **Esfandiari, Z., Saraji, M., Madai, R.A., Jahanmard, E.** (2016). Processing from yoghurt to its by-product drink (doogh). *Italian Journal of Food Science*, 28, pp. 536–541.
15. **Farmi.** (s.a). Kuidas valmib jogurt, kodujuust jt piimatooted. [veebileht] <https://www.farmi.ee/piima-blogi/kuidas-valmivad-piimatooted/rjazenka> (22.03.2023)
16. **Fondén, R., Leporanta, K., Svensson, U.** (2006). Nordic/Scandinavian Fermented Milk Products. *Fermented Milks*.
17. **Frantzen, C. A., Kleppen, H. P., Holo, H.** (2018). Lactococcus lactis Diversity in Undefined Mixed Dairy Starter Cultures as Revealed by Comparative Genome Analyses and Targeted Amplicon Sequencing of epsD. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(3).
18. **Güler Z.** (2006). Changes in salted yoghurt during storage. *International Journal of Food Science and Technology*. Nr 42, pp. 235–245.
19. **Kabak, B., Dobson. D. W, A.** (2011). An Introduction to the Traditional Fermented Foods and Beverages of Turkey. An Introduction to the Traditional Fermented Foods and Beverages of Turkey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Nr 51(3), pp. 248–160.
20. **Kakimov, A., Kakimova, Z., Mirasheva, G., Bepeyeva, A., Toleubekova S., Jumazhanova, M., Zhumadilova G., Yessimbekov, Z.** (2017). Amino Acid Composition of Sour-milk Drink with Encapsulated Probiotics. *Annual Research & Review in Biology*, (18)1.
21. **Kilara, A., & Chandan, R. C.** (2013). Greek-style yogurt and related products. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*, pp. 297–318.
22. **Kocak, C., Avsar, Y.K., Tamucay, B.** (2006). A comparative study on the production methods of ayran. *Gida*. Nr 31(4), pp. 225–231.
23. **Laikoja, K., Roasto, M.** (2020). Toidu säilimisaja määramine III osa. Toidu säilitamisnõuded toidugruppide kaupa.
24. **Lange, I., Mleko, S., Tomczyńska-Mleko, M., Polischuk, G., Janas, P., Ozimek, L.** (2019). Technology and factors influencing Greek-style yogurt – a Review. *Ukraine Food Journal*, nr 9(1).
25. **Litopoulou-Tzanetaki, E., Tzanetakis, N.** (2014). Fermented Milks. *Encyclopedia of Food Microbiology*. 922 lk.

26. **Maleke, M. S., Adebo. O. A.** (2022). Nutritional Composition and Health-Promoting Properties of Amasi: A South African Fermented Milk Product. *Fermentation*. 8(10), pp. 493.
27. **Maleke, M. S., Adefisoye, M. A., Doorsamy, W., Adebo, O. A.** (2021) Processing, nutritional composition and microbiology of amasi: A Southern African fermented milk product. *Scientific African* 12 (2021).
28. **Nsabimana, C., Jiang, B., Kossah, R.** (2005). Manufacturing, properties and shelf life of labneh: a review. *International Journal of Dairy Technology*, 58(3), pp. 129–137.
29. **Nourishme Organics.** (s.a). Filmjolk. [veebileht] <https://www.nourishmeorganics.com.au/collections/filmjolk> (10.04.2023)
30. **Pajumägi, S., Laikoja, K., Elias, A., Lepasalu, L., Tatar, V., Polikarpus, A., Mootse, H., Pisponen, A., Poikalainen V., Sillamaa, K., Ader, E., Vetemaa A., Tõlgo, R.** (2020). Abiks väikekäitlejale. Piim ja piima töötlemine. Põllumajandusministeerium.
31. **Padghan, P. V., Mann, B., & Hati, S.** (2017). Purification and Characterization of Antioxidative Peptides Derived From Fermented Milk (Lassi) by Lactic Cultures. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 24(2), pp. 235–249.
32. **Pardhi, P.S., Desale, R.J., Mule, P.R., Ghule, B.K., Tambe, D.R., Gavhane, M.S.** (2014). Studies on finger millet Lassi. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 33(4), pp. 255.
33. **Patel, A.** (2018). 14. Fermented Traditional Indian dairy products – Dahi, lassi, Shrikhand. *Technology of Milk and Milk Products*.
34. **Priadi, G., Setiyoningrum, F., Afiati, F.** (2020). The shelf life of yogurt starter and its derivatives based on the microbiological, physical and sensory aspects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 462.
35. **Rasane, P., Kailey, R., Singh, S. K.** (2017). Fermented Indigenous Indian Dairy Products: Standards, Nutrition, Technological Significance and Opportunities for its Processing. *Journal of Pure and Applied Microbiology* 11(2), pp. 1199–1213.
36. **Robinson, R.K., Tamime, A.Y.** (2006). Types of Fermented Milks. *Fermented Milks*.
37. **Rozhkova, I. V., Moiseenko, K. V., Glazunova. O. A., Begunova. A. V., Fedorova, T. V.** (2021). Russia and Commonwealth of Independent States (CIS) domestic fermented milk products. *Food Science and Technology*.
38. **Navrátil, M., Cimander, C., Mandenius, C.-F.** (2004). On-line Multisensor Monitoring of Yogurt and Filmjolk Fermentations on Production Scale. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(3), pp. 415–420.

39. **Salampessy, J., Kailasapathy, K.** (2011). Fermented Dairy Ingredients. Dairy Ingredients for Food Processing. 604 lk.
40. **Seiler, H.** (2003) A review: yeasts in kefir and koumiss. *Milchwissenschaft*, 58, pp. 392–396.
41. **Serhan, M., Mattar, J., & Debs, L.** (2016). Concentrated yogurt (Labneh) made of a mixture of goats' and cows' milk: Physicochemical, microbiological and sensory analysis. *Small Ruminant Research*, 138, pp. 46–52.
42. **Shirahatti, P.** (2021). Lassi Production Process. [veebileht] https://www.youtube.com/watch?v=04_oahMeNv4 (03.05.2023)
43. **Strnadel, L., Erdley, P.** (2012). Bulgaria. Other Places Publishing, 304 p.
44. **Surono, I. S., Hosono, A.** (2011). Fermented Milks. Starter Cultures. Encyclopedia of Dairy Sciences, Second Edition, vol. 2, pp. 477-482. San Diego: Academic Press.
45. **Zhang, Y.** (2022). Classification and Characterization of Yogurt. *Research and Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*.
46. **Tamanna, N., Mahmood, N.** (2015). Food Processing and Maillard Reaction Products: Effect on Human Health and Nutrition. *International Journal of Food Science*, 2015, 1–6.
47. **Tesfaye, W., Suarez-Lepe, J. A., Loira, I., Palomero, F., & Morata, A.** (2019). Dairy and Nondairy-Based Beverages as a Vehicle for Probiotics, Prebiotics, and Symbiotics: Alternatives to Health Versus Disease Binomial Approach Through Food. *Milk-Based Beverages*, pp. 473–520.
48. **Todorov, S. D.** (2008). Bacteriocin production by *Lactobacillus plantarum* AMA-K isolated from Amasi, a Zimbabwean fermented milk product and study of the adsorption of bacteriocin AMA-K to *Listeria* sp. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39(1), pp. 178–187.
49. **Vinderola, G., Ouwehand, A. C., Salminen, S., Wright, A.** (2019). Lactic Acid Bacteria. Microbiological and Functional Aspects. Fifth Edition. Boca Raton: CRC Press.
50. **Widyastuti, Y., Rohmatussolihat, Febrisiantosa A.** (2014). The Role of Lactic Acid Bacteria in Milk Fermentation. *Food and Nutrition Sciences* 2014(5), pp. 435–442.
51. **Wikipedia.** (s.a). Soured milk. [veebileht] https://en.wikipedia.org/wiki/Soured_milk (06.04.2023)
52. **Wikipedia.** (s.a). Yakult. [veebileht] <https://en.wikipedia.org/wiki/Yakult> (27.03.2023)
53. **World Health Organization.** (2011). Codex Alimentarius. Milk and Milk Products. Second edition. Rome.

54. **World Health Organization.** (2018). Codex Alimentarius. Standard for fermented milks.
55. **Yakult.** (s.a). Manufacturing process. [veebileht] <https://yakult.com.sg/manufacturing-process/> (27.03.2023)

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Mirjam Tenjes,

sünniaeg 20.07.1998,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö Maailma erinevate piirkondade hapupiimatoodete iseloomustus ja tehnoloogiate võrdlus,

mille juhendajad on Katrin Laikoja ja Vilma Tatar,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks pärast tähtjalise piirangu lõppemist

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____

/allkirjastatud digitaalselt/

Tartu, 15.05.2023

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)