



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Aliina Vuorela

---

## Maitoraaka-ainehävikin tarkastelu

Opinnäytetyö

Syksy 2023

Insinööri (AMK) Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK) Bio- ja elintarviketekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Elintarviketeknologia

Tekijä: Aliina Vuorela

Työn nimi: Maitoraaka-ainehävikin tarkastelu

Ohjaaja: Margit Närvä

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 43

Liitteiden lukumäärä: -

---

Tämä opinnäytetyö toteutettiin meijerialan elintarvikeyritykselle. Työ oli osa tehtaalla käynnissä olevaa projektia. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää maitoraaka-ainehävikin syntykohtia ja kehittää parannuskeinoja, joilla hävikkiä saadaan minimoitua. Tässä työssä maitoraaka-ainehävikistä puhuttaessa tarkoitetaan proteiinin ja rasvan pitoisuuksia ja määriä prosessin eri vaiheissa.

Opinnäytetyössä tutkittiin ja tehtiin analyyskejä vastaanoton ja yhteiskäsittelyn osalta eri vaiheista, jotta saatiin varmuus eri osien vaikutuksesta maitoraaka-ainehävikkiin. Työssä keskityttiin raakamaitoon ja kermaan. Maitoraaka-aineiden pitoisuuksia verrattiin prosessin eri vaiheissa, ottamalla näytteitä kuljettavista autoista ja vertaamalla niitä näytteenottolaitteesta saatuihin näytteisiin. Raakamaitosiilojen pitoisuuksia tarkkailtiin sekä tehtiin mittauksia vastaanottolinjoille. Lisäksi kuvattiin kerma-autoja sekä analysoitiin ja seurattiin vesityksiä ja vastaanottolinjoja. Työssä laskettiin kustannuksia, joita hävikissä muodostuu. Lisäksi yleistä toimintaa niin tehdasalueella kuin vastaanoton sisätiloissa havainnoitiin.

Tuloksia saatiin loppuvesityksiä seuraamalla, paljonko vesityksien yhteydessä menee maitoraaka-ainetta viemäriin. Lisäksi siiloihin asennettujen liikennevalojen seurauksena saatiin optimaalinen aika, jolloin siilokohtaisen näytteen voi hakea. Maitoraaka-ainehävikin syntymistä vähentää myös pikarien oikeanlainen täyttö, joka huomattiin työssä pitoisuuksien seuraamisen yhteydessä. Saatuja tuloksia analysoitiin ja arvioitiin. Tulosten perusteella pystyttiin toteamaan eri osien vaikutus muodostuvaan maitoraaka-ainehävikkiin ja tekemään parantavia muutoksia. Muutoksilla ja erilaisilla säädöillä pystytään kehittämään prosessia. Maitoraaka-ainehävikki ja siihen liittyvät projektit tehtaalla ovat tärkeitä, jotta hävikin muodostumista saataisiin minimoitua lisää eri maitoketjun vaiheissa. Työstä on jätetty osa menetelmistä ja tuloksista julkaisematta, sillä ne sisältävät liike- ja ammattisalaisuuksia.

<sup>1</sup> Asiasanat: Maito, prosessit, hävikki, meijeriteollisuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Degree programme: Bachelor of Engineering, Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Food Technology

Author/s: Aliina Vuorela

Title of thesis: Inspection of milk raw material loss

Supervisor(s): Margit Närvä

Year: 2023

Number of pages: 43

Number of appendices: -

---

This thesis was implemented for a dairy company. The study was part of an ongoing project and the aim was to search for sources of milk raw material loss and to develop remedies to minimize it. In this study, milk raw materials refer to fat and protein and their loss during the process.

The thesis researched and made analyzes regarding different stages of milk reception and processing to gain certainty about the effect of the stages on the loss of milk raw materials. The study focused on raw milk and cream. The concentrations of milk raw materials were compared at different stages of the process, by taking samples from the transporting cars and comparing them with the samples obtained from the sampling device. The concentrations in the raw milk silos were monitored and measurements were made on the reception lines. In addition, the emptying of the cream trucks was filmed, and watering and reception lines were analyzed and monitored. In addition, the costs produced by the loss were calculated and the operations were observed in the factory area and at the reception.

The results were obtained by monitoring how much milk raw material washes down in the drain during the end waterings. In addition, as a result of the traffic lights installed in the silos, it was possible to indicate the most optimal time when a silo-specific sample could be retrieved. The occurrence of milk raw material loss was also reduced by the correct filling of the glasses, which was noticed when monitoring the concentrations.

The obtained results were analyzed and evaluated. Based on the results, it was possible to determine the effect of different stages on the resulting milk raw material loss and to make remedial changes. With the changes and various adjustments, it is possible to develop the process. Milk raw material loss and the related projects at the factory are important in order to further minimize the production of loss at different stages of the milk chain. Some methods and results of the study have been left unpublished, as they contain trade and professional secrets.

<sup>1</sup> Keywords: Milk, processes, loss, dairy industry

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO .....	8
1.1 Tausta .....	8
1.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet .....	8
1.3 Opinnäytetyön rakenne .....	9
2 PROSESSIHÄVIKKI .....	10
3 MAITORAAKA-AINEET .....	13
3.1 Raakamaidon vastaanotto ja käsittely .....	13
3.1.1 Pastörinti .....	14
3.1.2 Separointi.....	15
3.1.3 Vakiointi .....	16
3.1.4 Homogenointi.....	16
3.2 Maidon kemiallinen koostumus .....	17
3.2.1 Rasva.....	17
3.2.2 Proteiinit.....	19
3.2.3 Entsyymit .....	19
3.2.4 Hiilihydraatit .....	20
3.2.5 Vitamiinit ja kivennäisaineet.....	20
3.3 Kerman koostumus .....	21
3.4 Lehmien ruokinnan vaikutus saatavaan maitoon.....	21
4 MENETELMÄT .....	24
4.1 Prosessin vuokaavio .....	24

4.2	Näytteenotto ja raakamaitokuormat.....	25
4.3	Kermakuormat ja autovaaka .....	25
4.4	Vastaanottolinjat ja vesitykset .....	26
4.5	Siilonäyte.....	27
5	TULOKSET .....	28
5.1	Näytteenotto ja raakamaitokuormat.....	28
5.2	Kermakuormat ja autovaaka .....	28
5.3	Maidon vastaanottolinjat ja vesitykset .....	33
5.4	Siilonäyte.....	34
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	36
	LÄHTEET .....	38

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kerma-auton säiliö.....	29
Kuva 2. Kerma-auton säiliö.....	29
Kuva 3. Kerma-auton säiliö.....	30
Kuva 4. Kerma-auton säiliö.....	30
Kuva 5. Kerma-auton säiliö.....	31
Kuva 6. Kerma-auton säiliö.....	31
Kuva 7. Kerma-auton säiliö.....	32
Kuva 8. Kerma-auton säiliö.....	32
Kuvio 1. Vuokaavio vastaanotto- ja yhteiskäsittelyprosessista. ....	24
Taulukko 1. Vastaanottolinjojen pituudet. ....	33

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>BOD</b>	Hapen määrä, joka tarvitaan mikro-organismien biohajoamiseen.
<b>COD</b>	Hapen määrä, joka tarvitaan hajottamaan epäpuhtauksia kemiallisesti.
<b>VFA</b>	Haihtuvia rasvahappoja, jotka ovat lyhytketjuisia karboksyylihappoja.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii meijerialan yritys. Opinnäytetyössä perehdytään maitoraaka-aineen vastaanottoon ja käsittelyyn sekä maitoraaka-ainehävikkiin ja sen syntymiseen. Toimeksiantajan tehtaassa vastaanotettavia raaka-aineita, joihin tässä työssä perehdytään ovat kerma ja raakamaito. Elintarviketurvallisuus on tärkeä osa jokaista prosessin vaihetta, joten sen huomioiminen työssä on oleellista.

Meijeriteollisuuden toimintaan kuuluu raakamaidon jalostaminen pastöroiduksi ja piimämaidoksi, jogurteiksi, raejuustoksi, erilaisiksi rahkoiksi ja kermoiksi, jäätelöksi sekä maitojauheiksi. Meijeriprosesseissa syntyy sivutuotteena heraa, jätevetä sekä maitojätettä. Kaikkea heraa ei pystytä hyödyntämään tuotannossa, joten osa herasta menee rehuksi.

## 1.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on minimoida maitoraaka-ainehävikin syntymistä vastaanotto- ja yhteiskäsittelyprosessissa. Nykytilanteessa maitoraaka-ainetta katoaa prosessin aikana. Tehtaalla vastaanotetaan maitoraaka-aineen mukana enemmän rasvaa ja proteiinia kuin mitä lopputuotteissa saadaan tehtaalta ulos. Tavoitteena on löytää kriittisiä kohtia, joissa maitoraaka-ainehävikkiä muodostuu sekä miettiä keinoja, joiden avulla maitoraaka-ainehävikkiä saadaan pienennettyä. Työn tarkoituksena on selvittää ja määrittää kriittiset kohdat hävikin syntymiselle sekä kartoittaa kuljettajien ja vastaanottajien tapoja toimia eri maitoraaka-aineita vastaanotettaessa ja käsiteltäessä. Tässä tapauksessa puhuttaessa maitoraaka-ainehävikistä tarkoitetaan maitoraaka-aineissa olevan proteiinin ja rasvan pitoisuuksia ja niiden määrää prosessin eri vaiheissa.



### 1.3 Opinnäytetyön rakenne

Opinnäytetyön johdanto osiossa kerrotaan lyhyesti työn taustasta sekä työn tarkoituksesta ja tavoitteista. Luvussa 2 perehdytään prosessihävikkiin ja hävikkiin yleisesti sekä sen syntymiseen ja siihen, miten meijerissä syntyviä sivutuotteita voidaan hyödyntää. Kolmannessa luvussa käsitellään maitoraaka-aineita, tarkemmin perehdytään maitoon ja kermaan sekä niiden koostumuksiin ja käsittelyihin. Luvussa 4 kerrotaan menetelmistä, havainnoista, vastaanotosta sekä yleisesti kohdeprosessista. Luvussa 5 käsitellään työssä ilmi tulleita havain- toja ja tuloksia. Johtopäätöksissä käydään lyhyesti ja kootusti läpi koko työ ja pohditaan kokonaisuutta ja sen tuloksia.

Luvusta 4 ja 5 on jätetty asioita julkaisematta, sillä asiat sisältävät liike- ja ammattisalaisuuksia.

## 2 PROSESSIHÄVIKKI

Globaali elintarviketeollisuus tuottaa vuosittain suuren määrän jätteitä ja sivutuotteita erilaisista luonnollisista lähteistä (Onyeaka & Nwabor, 2022, s. 1). Suuri osa näistä sivutuotteista hävitetään ja vain pieni osa hyödynnetään muiden elintarvikkeiden ainesosina ja komponentteina. Elintarvikeprosesseissa syntyvien sivutuotteiden innovatiivisen uudelleen käytön avulla voisi saada ratkaisun elintarviketeollisuuden liittyviin haasteisiin. Monet prosesseissa syntyvät sivutuotteet sisältävät arvokkaita ravintoaineita, kuten proteiinia, lipidejä, vitamiineja, tärkkelystä, mikroravinteita, bioaktiivisia yhdisteitä ja ravintokuitua.

Hävikiksi kutsutaan tarkoituksellisesti tai tahattomasti syömäkelpoisen ruoan poisheittämistä tai muuta kuin elintarvikekäyttöön hyödynnettäviä elintarvikkeiden raaka-aineiden osia (Onyeaka & Nwabor, 2022, s. 1). Eri elintarvikeasiantuntijat vaativat kestävämpää lähestymistapaa elintarvikkeiden jalostukseen ja tuotantoon hävikin pienentämiseksi. Tällaisiksi asioiksi on listattu elintarvikkeiden asianmukainen käsittely, ruokahävikin ja yleisesti hävikin vähentäminen, sivutuotteiden hyödyntäminen sekä kierrätettävien materiaalien uudelleen käyttö ja kierrätys.

Euroopassa meijerit ovat taloudellisesti merkittäviä laitoksia, mutta ne tuottavat paljon jätettä puhdistuksien ja prosessien seurauksena (Onyeaka & Nwabor, 2022, s. 242). Meijeriteollisuuden kuuluu raakamaidon pastöroiminen ja muuntaminen erilaisiksi maitotuotteiksi, kuten jogurtiksi, raejuustoksi, kermaksi, voiksi, jäätelöksi, maito- ja herajauheiksi sekä laktoositiivisteeksi. Meijerijäte sisältää raakamaitoa, maitotuotteita ja muita maitoprosesseissa syntyviä maidonjalostusjätteitä, jotka eivät täytä sovellettavia laatustandardeja ja niitä pidetään käyttökelvottomina ihmisravinnoksi. Tällaisia sivutuotteita ovat esimerkiksi hera, meijeriliete ja huuhteluedet. Vuosittain syntyy maailmanlaajuisesti valtava määrä heraa, joten on välttämätöntä harkita sopivia ja kestäviä lähestymistapoja, joilla parantaa muun muassa proteiinin, laktoosin ja rasvan hävikin pienentämistä prosessista.

Heralle on pyritty keksimään erilaisia käyttökohteita, sen ollessa meijeriteollisuuden suuri hävikin muodostaja. Meijeriteollisuudessa juuston valmistuksissa heraa syntyy vuosittain noin 200 miljoonaa tonnia ja määrä kasvaa 2 % joka vuosi (Yada & Ackaah-Gyasi, 2015, s.

130). Yada & Ackaah-Gyasi, (2015, s. 130) kirjoittavat, että juustohera on saanut paljon huomiota arvokkaana materiaalina, jota voidaan hyödyntää muiden tuotteiden valmistuksessa. Toisaalta erityisesti happaman heran käsittelystä ja hävittämisestä ollaan huolissaan. Hera muodostaa vakavia ympäristöriskejä, mikäli asianmukaisia ja kestäviä käsittelyvaihtoehtoja ei ole käytetty. Viime aikoina on noussut esille useita huolenaiheita koskien herajätteen ympäristövaikutuksia. Muodostuvan juustoheran hallintaan on ehdotettu useita käsittelyvaihtoehtoja: käsittely fysikaalisilla tai kemiallisilla prosesseilla, biologinen käsittely valorisaatiovaiheilla sekä jätteiden levittäminen suoraan maahan.

Herajätteen kaksi yleisintä biomolekyyliä ovat proteiini ja laktoosi (Yada & Ackaah-Gyasi, 2015, s. 130). Viimeaikaiset tutkimustyöt ovat hyödyntäneet eräitä fysikaalisia erotusprosesseja heran käsittelyssä ja hyödyntämisessä. Erityisesti yhdistelmä suodatustekniikoita, kuten mikro-suodatusta, ultrasuodatusta ja diasuodatusta on käytetty heran laktoosin ja proteiinien fraktiointiin ja konsentroiduuteen. Kertaalleen fraktioituna tai kokonaan puhdistettuna voidaan heran eri komponentteja käyttää edelleen raaka-aineina muiden tuotteiden valmistuksessa, etenkin käyttämällä entsyymeihin perustuvia lähestymistapoja. Entsyymien käyttöä laktoosin muuntamiseksi yksinkertaisiksi sokereiksi ja oligosakkarideiksi on tutkittu laajasti. Näitä lopputuotteita käytetään elintarviketeollisuudessa siirappeina ja prebioottisina ainesosina.

Meijeriteollisuus tuottaa noin 0,4–60 m<sup>3</sup> jätevettä jokaista jalostettua raakamaitotonna kohden (Onyeaka & Nwabor, 2022, s. 242). Meijerijätteet sisältävät paljon eri ravinnepitoisuuksia, biologista hapenkulutusta (BOD) sekä kemiallista hapenkulutusta (COD) ja lisäksi orgaanisia ja epäorgaanisia pitoisuuksia. Lisäksi ne voivat sisältää erilaisia sterilointiaineita sekä happamia ja emäksisiä pesuaineita. Maidonkäsittelyssä hera on suurin saaste korkean orgaanisen ja tilavuuskuormituksensa vuoksi. Hera koostuu hiilihydraateista (4–5 %), pääasiassa laktoosista. Korkean biologisen hapenkulutuksen (BOD) ja kemiallisen hapenkulutuksen (COD) vuoksi laktoosia pidetään saastuttavimpana sivutuotteena, jos teollisuuden jätevesi heitetään pois käsittelemättä. Ilman käsittelyä, se voi muuttaa maaperän fysikaalista ja kemiallista koostumusta, mikä johtaa sadon ja hapen saatavuuden vähenemiseen.

Maitoteollisuus on yksi maailman perusteollisuuksista, joten meijerijätevesien käsittelymahdollisuudet ovat herättäneet yhä enemmän huomiota (Onyeaka & Nwabor, 2022, s. 242). Vuonna 2018 Euroopan unionin maat tuottivat 172,2 miljoonaa tonnia raakamaitoa. Maidon kysynnän oletetaan kasvavan lähivuosina erityisesti viennin suhteen. Onyeakan ja Nwaborin (2022, s. 242) mukaan meijeriteollisuuden sivutuotteiden arvostaminen luo kestävästä lähestymistavan suojeluun ja ympäristön hallintaan. Jätevedet ja maitojäämät, jotka tyypillisesti hävitetään, ovat nyt muuttumassa uusiksi tuotteiksi esimerkiksi fosfaattilannoitteeksi ja biomuoviksi. Meijeriteollisuuden sivutuotteita voidaan hyödyntää biomassan lähteinä, biomuovin tuotannossa, biolannoitteina, biopolttoaineina, yksisolujen proteiinien tuotannossa, orgaanisten happojen tuotannossa, bioaktiivisissa peptideissa, polysakkarideissa ja biosurfaktanteissa.

Hävikin ennaltaehkäisy on iso, konkreettinen keino, jolla pystytään vähentämään ruokaketjun ympäristövaikutuksia (Elintarviketeollisuusliitto, 2021). Ennaltaehkäisemällä ja hävikkiä vähentämällä vältetään tilanteet, joissa elintarvikkeen tuottamiseen käytetyt raaka-aineet ja energia sekä muut käytetyt tuotantopanokset on käytetty turhaan. Hävikki on taloudellisesti ja ravitsemuksellisesti hukkaa myös ympäristövaikutusten ohella. Elintarviketeollisuudessa syntyvä hävikki on noin viidesosa koko elintarviketieteen ruokahävikistä ja sitä syntyy alle kaksi prosenttia suhteutettuna koko tuotantovolyymiin. Koko elintarviketehtaan tuotantoprosessia on tärkeää tarkastella tiheästi, jotta löydetään yllättävätkin kohdat hävikin syntymiselle (Elintarviketeollisuusliitto, 2019.) Hävikin määrään vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi prosessoitavien elintarvikkeiden tai prosessin tyyppi, prosessointilaitteistot sekä tuotantomäärät (Koivupuro ym., 2010, s. 50). Elintarviketeollisuus kattaa monia erilaisia tuotantoprosesseja, jolloin myös hävikkien määrät vaihtelevat eri alojen ja mahdollisesti myös samalla alalla toimivien eri tuotantolaitosten välillä.

### 3 MAITORAAKA-AINEET

#### 3.1 Raakamaidon vastaanotto ja käsittely

Maitoraaka-aineiksi kutsutaan erilaisia puolivalmisteita, joita tehdas käyttää erilaisiin tarpeisiin (Ahonen & Laitinen, 2007, s. 12). Ne voivat olla joko maito- tai herapohjaisia. Maitoraaka-aineita on lämpökäsitelty ja niiden koostumusta muutettu esimerkiksi separoimalla tai haihduttamalla. Puolivalmisteita ovat esimerkiksi kermat sekä erilaiset maito- ja heratiivisteet.

Maitoraaka-aineet voidaan valmistaa yhdessä tuotantolaitoksessa ja kuljettaa toiseen tehtaaseen tuotteiden valmistuksia varten (Ahonen & Laitinen, 2007, s. 12). Koska esimerkiksi voin valmistus on keskittynyt yhteen tuotantolaitokseen, kuljetetaan kermaa pitkiäkin matkoja tehtaalta toiselle.

Raakamaidon vastaanotto prosessi alkaa tiloilta, josta maitoauton kuljettaja noutaa maidon joka toinen päivä ja toteaa sen aistinvaraisesti hyväksi (Valio, 2019). Maidon lämpötilan tulee olla alle +6 °C. Tilatankissa maidon lämpötila on yleensä alle +4°C ja sellaisena se säilyy meijerille asti myös maitoauton nupissa ja kärryssä. Vastaanottohalliin saapuessa maitoauton kuljettaja tekee antibioottitestin pikamenetelmällä koko reittiä edustavasta kuormanäytteestä (Hildèn, 2007, s. 24.) Negatiiviseksi todettu raakamaito voidaan purkaa normaalisti raakamaitosiiloihin. Positiivisen antibioottituloksen saanut raakamaitoerä tulee käsitellä tehtaalla omien ohjeiden mukaan, sitä ei kuitenkaan voida käyttää tuotteiden valmistukseen.

Antibioottitestin jälkeen kuljettaja kiinnittää maitoautoon purkuletkut ja käynnistää maidon purun autosta raakamaitosiiloon noudattaen kyseisen vastaanoton toimintaohjeita (Milk-Works, i.a.-a). Vastaanotettavan maidon määrä todennetaan virtausmittarin avulla vastaanoton yhteydessä. Purun yhteydessä raakamaito pumpataan suodattimen, ilmanerottajan ja jäähdyttimen kautta raakamaitosiiloon odottamaan jatkokäsittelyä. Purkutapahtuman aikana maidosta otetaan kuormanäyte automaattisen näytteenottolaitteen avulla.

Kuormanäytteestä määritetään laboratoriossa maidon laatu sekä proteiini-, kuiva-aine- ja rasvapitoisuus.

Maitoauto pestään kerran vuorokaudessa tankkipesulassa (MilkWorks, i.a.-a). Pesun jälkeen keräilykalusto on valmis seuraavalle maitoreitille. Keräilykaluston puhtautta seurataan säännöllisesti otettavilla puhtausnäytteillä.

Yhteiskäsittelyssä kaikki jalostettavaksi menevä maito prosessoidaan, jotta jatkojalostus helpottuu ja on ylipäätään mahdollista (Valjus, 2007a, s. 63–64). Yhteiskäsittelyssä maito pastöroidaan, separoidaan, tarvittaessa vakioidaan ja homogenisoidaan. Myös mahdolliset vitamiinilisäykset tehdään yhteiskäsittelyssä. Raakamaidon pastörinti on keskeisin ja tärkein tekijä hygieniavaatimusten kannalta. Pastöroinnin avulla raakamaidosta tuhoetaan haitalliset mikrobit ja täten estetään niiden leviäminen jatkojalostusprosesseihin ja -tiloihin.

### 3.1.1 Pastörinti

Yhdessä oikeanlaisen jäähtytyksen kanssa, lämpökäsittely on maidon tärkein käsittelymenetelmä (Bylund, 2003, s. 216.) Raakamaito pastöroidaan tavallisesti 72–75°C 15–20 sekunnin ajan, jonka jälkeen se jäähdytetään (Bylund, 2003, s. 85). Pastörinti tuhoaa maidosta haitalliset ja tautia aiheuttavat mikrobit sekä entsyymit. Lisäksi pastöroinnin avulla maidon säilyvyyttä saadaan pidennettyä. Huolellinen lämpökäsittely on toivottavaa maidolle myös mikrobiologisesta näkökulmasta. Pastörinti on lievä lämpökäsittely, eikä vaikuta maidon kemialliseen koostumukseen tai ravintoarvoihin (MilkWorks, i.a.-b)

Tuotteen lämpökäsittely tapahtuu virtauttamalla sitä lämmönsiirtimen kautta. (Valjus, 2007a, s. 72–73). Tuotteen esilämmitys tapahtuu regenerointilämmön avulla samaan aikaan, kun lämpökäsitelty tuote jäähtyy. Levylämmönvaihtimen regenerointivaiheessa lämmönsiirtopinnan toisella puolella on lämmitettävä ja toisella puolella jäähdytettävä tuote. Regenerointivaihetta seuraa kuumennusvaihe, jossa pastöriin tarvittava lämpö saadaan käyttämällä kuumaa vettä tai kuumentamalla kuumavesikierto höyryllä erillisen lämmönvaihtimen avulla. Pitovaiheessa määrätty se, millaisia mikrobiologisia ja kemiallisia muutoksia maidossa

tapahtuu. Muutokset saa aikaan pitovaiheen lämpötila ja kesto. Pitovaihe voi olla kestoaltaan muutamista sekunneista kymmeneen minuutteihin, esimerkiksi UHT-käsittelyssä lämpötila on 140°C muutaman sekunnin ajan. Levylämmönvaihtimen viimeisessä vaiheessa, jäähdytysvaiheessa tuote jäähdytetään jääveden avulla. Jäävesi kulkee omana suljettuna kiertonaan. Osa maidon proteiineista denaturoituu pastöroinnin yhteydessä (Bylund, 2003, s. 84.) Pastöroinnissa käytettävässä levylämmönvaihtimessa on oltava automaattinen palautusventtiili, joka palauttaa maidon uudelleen pastöroitavaksi, mikäli lämpötila on liian alhainen (MilkWorks, i.a.-b). Laitteistossa tulee olla myös itsetoimiva lämmönsäädin, elohopeamittari sekä automaattinen lämpötilapiirturi, joka piirtää pastörintitapahtumasta lämpötilakäyrää, jonka avulla varmistetaan siitä, että kuumennusteho on ollut riittävä.

### 3.1.2 Separointi

Separointi tarkoittaa aineen komponenttien mekaanista erottamista keskipakoisvoiman avulla (MilkWorks, i.a.-b). Meijeriteollisuudessa kerma erotetaan täysmaidosta. Raakamaidon esilämmitys separointilämpötilaan tapahtuu lämpökäsittelyn yhteydessä (Valjus, 2007a, s. 63–64). Haluttuun separointilämpötilaan päästään levylämmönvaihtimella, josta esilämmitetty tuote ohjataan separaattoriin. Esilämmityksen avulla rasvan erottaminen helpottuu ja kuorintatulos paranee. Maidon esilämmityksessä käytetään regenerointilämpöä, jota saadaan pastörintilämpötilassa olevasta maidosta, joka samalla jäähtyy. Separoinnissa käytetty lämpötila on 45–55 °C. Separoinnissa käytetään hyväksi erottavien ainesosien toisistaan poikkeavaa tiheyttä, sillä ainesosa, jonka tiheys on suurempi, pyrkii separoinnissa ulkokehälle ja kevyempi ainesosa, kuten maidon rasvapallosset sisäkehälle. Separoinnin yhteydessä raakamaidosta poistetaan myös epäpuhtauksia, jotka painavampina kertyvät separaattorin sisällä olevan kuulon kammion ulkokehälle. Kuula tyhjenee osittaistyhjennyksessä kerran tunnissa. Separoinnin seurauksena raakamaidosta saadaan kermaa ja kurria, jotka saadaan eroteltua toisistaan hyödyntämällä jakeiden toisistaan poikkeavaa tiheyttä ja pyörivän kuulon aikaansaamaa keskipakoisvoimaa.

Separattorin keskeisin osa on sen kuula (Valjus, 2007a, s. 64–65). Kuulan pyörivän liikkeen saa aikaan sähkömoottori, jonka pyörivä liike-energia siirretään kuulaan kulmavaihteen

avulla. Separaattorin kuula koostuu useista rei'itetyistä kartionmallisista levyistä, jotka on kiristetty toisiaan vasten. Kartioiden väliin jäävät maidon virtausväylät. Kerman ollessa kevyempi jae, se virtaa kuulan keskusta ja kuorittu maito sen ulkoreunaan. Molemmat jakeet ohjautuvat omia linjojaan pitkin ulos separaattorista. Kuorittu maidon rasvapitoisuus on noin 0,05 % ja kerman 35–40 %.

### 3.1.3 Vakiointi

Maidon vakiointi tarkoittaa rasvapitoisuuden säätöä halutunlaiseksi (Valjus, 2007a, s. 66). Siinä rasvattoman maidon virtaan yhdistetään tietyllä rasvapitoisuudella olevaa kermaa. Jakeiden määrän säätöön käytetään virtauksensäätöventtiilejä. Yli jäänyt kerma ohjataan kermapastöörille lämpökäsittelyä varten. Vakiointi voi tapahtua panosvakiointina, suoravakiointina tai komponenttivalmistuksena (MilkWorks, i.a.-b). Panosvakioinnissa täysmaitoa lisätään ennalta määritetyssä suhteessa rasvattomaan maitoon. Maidon annetaan sekoittua, jonka jälkeen sen rasvapitoisuus tarkistetaan ja vakioitu maito lämpökäsitellään. Suoravakioinnissa yhdistetään separaattorilta poistuvaa kermaa rasvattomaan maitoon, jotka sekoitetaan yhteen jatkuvatoimisen separoinnin yhteydessä. Separoinnin jälkeen vakiointilaite palauttaa osan kermasta takaisin rasvattoman maidon linjaan, jonka seurauksena saadaan halutun rasvapitoisuuden omaavaa maitoa sekä ylimääräistä kermaa. Vakiointilaitteessa on kurrille virtausmittari ja kermalle tiheysmittari. Kerman tiheysmittari tarkkailee kerman rasvapitoisuutta, joka poistuu separaattorilta ja säätelee sen mukaan kerman syöttövirtausta rasvattomaan maitoon. Komponenttivalmistuksessa tavallisesti rasvattomasta maidosta ja 12 % kermasta vakioidaan putkistossa tietyn rasvapitoisuuden omaavaa maitoa. Komponenttien suhdetta säädetään virtausmittareiden avulla.

### 3.1.4 Homogenointi

Homogenisoinnin tarkoituksena on estää rasvan nouseminen maidon pinnalle (MilkWorks, i.a.-b). Homogenoinnissa maito lämmitetään 55–80 °C, minkä jälkeen se puristetaan nopeasti 100–400 m/s virtausnopeudella ja kovalla 70–200 barin paineella homogenisaattorissa olevien pienten reikien läpi (Valjus, 2007a, s. 67–70). Rasvapalloset puseruvat reikien läpi,



samalla venyen rihmoiksi, jonka seurauksena paine niissä kasvaa. Raosta päässeiden rasvapallosten paine laskee äkillisesti, jolloin rasvarihmat pirstoutuvat useiksi uusiksi rasvapalloiksi. Homogenoinnissa pyritään estämään maidon rasvapallosten halkaisijaa pienentämällä muun muassa kermakerroksen erottuminen. Homogenisoidun maidon rasva jakautuu tasaisemmin, joka saa aikaan maidon täyteläisemmän maun. Homogenisointi parantaa maidon jatkojalostusominaisuuksia, maito juoksettuu nopeammin juuston valmistuksessa ja maidosta valmistettujen hapanmaitotuotteiden viskositeetti ja pehmeiden juustojen rakenne paranee. Homogenointi tapahtuu korkeassa paineessa, joka saadaan aikaan sylintereissä mäntien avulla ja vastapaine saadaan aikaan kiristämällä homogenointipäätä mekaanisesti tai hydraulisesti istukkaa vasten. Tuote ohjataan homogenisointipäiden väliin, jolloin rasvapallosset pilkkoutuvat. Homogenointi suoritetaan tavallisesti ennen pastörointia, sillä pastöroinnilla voidaan eliminoida homogenoinnin aktivoimien maidon rasvaa hajottavien lipaasientsyymien toimintaa (MilkWorks, i.a.-b).

## **3.2 Maidon kemiallinen koostumus**

Maito on monimutkainen tuote (Bylund, 2003, s. 17–19). Se on rasva vedessä -tyyppinen emulsio, jonka tärkeimpiä ainesosia ovat vesi, rasva, proteiini, laktoosi sekä mineraalit. Maito sisältää myös pieniä määriä muita aineita, kuten entsyymejä, vitamiineja, fosfolipidejä ja kaasuja. Maidosta 87 % on vettä ja loput ainesosat (13 %) ovat maidossa joko liuenneena tai suspendoituneena (MilkWorks, i.a.-b). Maito sisältää rasvaa noin 4,3 %, hiilihydraatteja 4,7 %, proteiineja 3,5 % ja kivennäisaineita 0,7 %. Lisäksi maidossa on monia vesi- ja rasvaliukoisia vitamiineja. Mikro-organismien patogeenien lisäksi, maidossa on myös muita aineita ja mikro-organismeja, jotka voivat pilata maidon maun ja lyhentää sen säilyvyyttä (Bylund, 2003, s. 83.) Maidon pH on 6,6–6,8.

### **3.2.1 Rasva**

Maitorasva on jakautuneena pieninä palloina vesiosassa (Bylund, 2003, s. 22). Rasvapallosset ovat hyvin pieniä, halkaisijaltaan vain 0,1–20 mikrometrin mittaisia. Keskimäärin yksi rasvapallon on halkaisijaltaan noin 3–4 mikrometriä ja yhdessä millilitrassa maitoa on 15

biljoonaa rasvapallosta. Maitorasva sisältää monia erilaisia, kemialliselta rakenteeltaan monimuotoisia osia, kuten triglyseridejä, diglyseridejä, fosfolipidejä, steroleita, karotenoideja ja hyvin pieniä määriä vapaita rasvahappoja (Kalaja & Manninen, 2007, s. 31–32). Maidon rasvasta suurin osa on triglyseridimuodossa, jossa glyseroliin on sitoutunut kolme rasvahappoa.

Rasvapallosten uloin kalvomainen kerros on nimeltään membraani (Kalaja & Manninen, 2007, s. 32). Se koostuu eri elementeistä, kuten fosfolipideistä, lipoproteiinista, kerebrosideista, proteiinista, aminohapoista, entsyymeistä ja hivenaineista. Rasvapalloset ovat maidon suurimpia ja kevyimpiä partikkeleita. Ne nousevat maidon pinnalle, jolloin maito kermoittuu, silloin kun maito jätetään seisomaan joksikin aikaa. Koska rasvapalloset ovat pieniä, kermoittuminen on hidas prosessi. Kemialliselta rakenteeltaan rasvahapot ovat hiilivetyketjuja, joihin on kiinnittynyt karboksyyli-ryhmä (-COOH) (mts. 32–33). Tyydyttyneissä rasvahapoissa hiilet ovat kiinni toisissaan yksinkertaisella sidoksella. Tyydyttymättömien rasvahappojen hiilivetyketjussa on yksi (kertatyydyttymättömät) tai useampi (monityydyttymättömät) kaksoissidos. Tyypillistä maidon triglyseridille on, että niissä on paljon tyydyttyneitä ja lyhytketjuisia rasvahappoja. Noin 67 % maidon rasvahapoista on tyydyttyneitä, 24 % kertatyydyttymättömiä ja noin 3 % monityydyttymättömiä rasvahappoja.

Maitorasva sisältää yli 400 erilaista rasvahappoa (MilkWorks, i.a.-b). Eri maidoissa rasvahappojen määrät saattavat vaihdella. Ominaisuuksiltaan tärkeimpiä rasvahappoja on 12. Rasvahapot, joilla on sama määrä hiili- ja vetyatomeja, mutta eri määrä yksittäisiä ja kaksoissidoksia ovat erilaisia ominaisuuksiltaan (Bylund, 2003, s. 23–24). Rasvan jodiarvon mittaaminen on tärkein ja yleisimmin käytetty menetelmä, jolla voidaan mitata niiden erityisominaisuuksia. Jodiarvo kertoo jodin prosenttiosuuden, jonka rasva voi sitoa. Jodia ottavat vastaan tyydyttymättömien rasvahappojen kaksoissidokset. Jodiarvon vaihteluun vaikuttaa lehmien ruokinta.

### 3.2.2 Proteiinit

Maidon vesiosa sisältää proteiineja 3–3,5 g/100 g ja ne jaetaan kahteen pääryhmään, heraproteiineihin (20 %) ja kaseiineihin (80 %) (Kalaja & Manninen, 2007, s. 34.) Proteiinit muodostuvat aminohappojen muodostamista ketjuista,  $\alpha$ -aminohapoista, joissa on sekä amino-, että karboksyyli-ryhmä sitoutuneena samaan hiiliatomiin (Dairy processing handbook, i.a.). Ne kuuluvat kemiallisiin yhdisteisiin, jotka voivat lähettää vetyioneja alkalisissa liuoksissa ja absorboida vetyioneja happoliuoksissa. Yhdessä proteiinimolekyylissä on 100–200 aminohappoa, joiden tyyppi ja järjestys määräävät proteiinin ominaisuudet. Joidenkin maitoproteiinien välillä on suuria eroja molekyylien sisällä yhteensopivuuden suhteen ja osa proteiinien tärkeistä ominaisuuksista riippuu tällaisista eroista. Kaseiini on väriltään puhtaan valkoista ja sitä esiintyy maidossa noin 2,6 % (Kalaja & Manninen, 2007, s. 35–36). Kaseiinin osuus koko maidon proteiineista on yli 75 %. Se on suurimolekyylinen proteiini, joka sisältää kalsiumia, fosforia ja rikkiä. Kaseiinin päätyyppejä maidossa ovat alfa-, beeta- ja kappa-kaseiini, joista muodostuu kalsiumfosfaattisidosten avulla suuria pallomaisia molekyylikomplekseja, kaseiinimisellejä. Yksi miselli koostuu 400–500 submisellistä. Misellit ovat kooltaan noin 0,4 mikronia ja ne muodostavat maidossa ryhmän, joka sulkee verkkomaisesti sisäänsä rasvan ja antaa maidolle valkoisen värin. Kaseiini sitoo hyvin vettä, sillä se on sienimäinen aine. Heraproteiineja on maidossa noin 20 %, jotka saadaan eroteltua, kun maidosta saostetaan kaseiini pois. Heraproteiinit ovat vesiliukoisia ja pallomaisia, eivätkä juoksetu, vaan jäävät juustonvalmistuksessa heraan, josta ne voidaan saostaa karboksyyli-metyylisellulosaan avulla tai kuumentamalla maito 70–80 °C.

### 3.2.3 Entsyymit

Maidossa olevat entsyymit ovat proteiineja, joilla on kyky laukaista kemiallisia reaktioita ja vaikuttaa reaktioiden kulkuun ja nopeuteen (Dairy processing handbook, i.a.) Ne toimivat biokemiallisissa reaktioissa katalyytteinä (Kalaja & Manninen, 2007, s. 37–38). Jokaisella entsyymillä on oma vaikutusmekanisminsa, joten ne vaikuttavat vain tiettyyn reaktioon. Maidosta on löydetty 50 erilaista entsyymiä, jotka ovat joko maidon luontaisia entsyymejä tai bakteeriperäisiä. Entsyymit vaikuttavat maidon hajuun, makuun ja säilyvyyteen.

Pastöroinnilla pystytään vaikuttamaan pilaavien entsyymien poistamiseen. Maidon tärkeimpiä luontaisia entsyymejä ovat peroksidaasi, katalaasi, fosfataasi ja lipaasi (Dairy processing handbook, i.a.). Peroksidaasi siirtää happea vetyperoksidista muihin helposti hapettuviin aineisiin. Se inaktivoituu, kun maitoa kuumennetaan 80 °C. Katalaasi jakaa vetyperoksidin vedeksi ja vapaaksi hapeksi, jonka entsyymi voi vapauttaa maidosta. Fosfataasi pystyy pilkkomaan tiettyjä fosforihappestereitä fosforihapoksi ja vastaaviksi alkoholeiksi. Se tuhoutuu pastöroinnissa, 72 °C, 15–20 sekunnin kuluessa. Lipaasi jakaa rasvan glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi. Vapaat rasvahapot saavat aikaan maidon eltaantuneen maun. Lipaasi inaktivoituu matalapastöroinnilla, mutta täydelliseen inaktivoitumiseen vaaditaan korkeampia lämpötiloja. Lipaasientsyymien erittymiseen vaikuttaa esimerkiksi maidontuotantovaihe, vuodenaika, ruokinta ja maitotuotos (MilkWorks, i.a.-b).

#### **3.2.4 Hiilihydraatit**

Hiilihydraatit ovat energiapitoisia, hiilestä, vedystä ja hapesta muodostuvia yhdisteitä (Kalaja & Manninen, 2007, s. 38–39). Maidon pääasiallinen hiilihydraatti on laktoosi eli maitosokeri, jota maidossa on 4,7 g / 100 g. Laktoosi on disakkaridi, joka koostuu kahdesta monosakkaridista, galaktoosista ja glukoosista. Laktoosia esiintyy ainoastaan maidossa (MilkWorks, i.a.-b). Se voidaan poistaa maidosta suodattamalla tai hajottamalla se entsyymien avulla.

#### **3.2.5 Vitamiinit ja kivennäisaineet**

Vitamiinit ovat orgaanisia aineita, joita esiintyy vähän sekä kasveissa että eläimissä (Dairy processing handbook, i.a.). Maito sisältää runsaasti A-vitamiinia ja sen esiastetta beetakaroteenia (MilkWorks, i.a.-b). Lisäksi siinä on useita B-vitamiineja, mutta C-, D-, E- ja K-vitamiineja vain vähän. A-, D-, E-, ja K-vitamiinit liukenevat rasvaan ja loput ovat vesiliukoisia.

Kivennäisaineita maidossa on 0,7 g/ 100 g (MilkWorks, i.a.-b). Sen sisältämiä kivennäisaineita ovat kalsium, magnesium, fosfori, natrium, kalium, kloori ja rikki. Maidon kivennäisaineet ovat siinä ioneina, liuoksissa olevina ioniyhdisteinä ja proteiineihin sitoutuneina ioniyhdisteinä. Kivennäisaineista kalsiumia maidossa on eniten, 120 mg/ 100 g.

### 3.3 Kerman koostumus

Kerma on valmistettu antibioottijäämätestillä negatiiviseksi todetusta raakamaidosta separoimalla ja pastöroimalla. Se on runsaasti rasvaa sisältävä nestemäinen maitotuote, joka saadaan maidosta fysikaalisella separoinnilla ja jonka emulsiomuoto on rasva kuoritussa maidossa (Codexin Standardi A-9-1976, REV. 1-2003, Valjus, 2007b, s. 101 mukaan.) Kerma koostuu kokonaisuudessaan maidon ainesosista, jolle on Valjuksen (2007b, s. 102) kirjoituksen mukaan (Codexin Standardissa) määritetty vähimmäisrasvapitoisuudeksi 10 %. Kerman tärkeimmät ainesosat ovat sokeri (laktoosi) ja rasva (Manley, 2000). Rasvan luonne ja määrä ovat tärkeitä määritettäessä kerman ominaisuuksia. Kerman rasvaprosentti riippuu rasvan suhteellisista kustannuksista.

Mikäli separoinnissa syntyvää kermaa ei pystytä heti pastöroimaan, käytetään kuumaseparointia. Siinä separointilämpötila on 62 °C ja mikrobiologinen toiminta vähäistä. Tämä mahdollistaa kerman välivarastoinnin ennen pastörointia (Valjus, 2007a, s. 64). Normaalisissa separointiprosessissa kerman rasvapitoisuudeksi saadaan 35–40 % (Dairy Processing handbook, i.a.).

### 3.4 Lehmien ruokinnan vaikutus saatavaan maitoon

Pötsin haihtuvista rasvahapoista (VFA) etikkahappo ja etenkin voihapo lisäävät maidon rasvapitoisuutta (Jokela ym., 1998, s. 25). Propionihappo ja glukoosi vastaavasti vähentävät rasvapitoisuutta. Tyypillisellä suomalaisella rehuannoksella, joka perustuu rajoittuneesti käyneeseen säilörehuun ja väkiviljärehuun, erityisesti ohraan, näitä yleistyksiä ei voida soveltaa. Yksittäisten ravintoaineiden vaikutusta maidontuotantoon ja maidon koostumukseen on tutkittu infusoimalla ravintoaineita suoraan ruuansulatuskanavaan tai verisuonistoon (Jokela ym., 1998, s. 25–26). Kokeissa on infusoitu esimerkiksi haihtuvia rasvahappoja pötsiin, glukoosia juokutusmahaan tai verisuonistoon, keski- ja pitkäketjuisia rasvahappoja ja triglyseridejä verisuonistoon, valkuaisaineita juokutusmahaan sekä verenkiertoon. Etikkahapolla, voihapolla ja pitkäketjuisilla rasvahapoilla on positiivinen vaikutus maidon rasvatuotokseen sekä aminohappojen maidon valkuaisuudesta lisäävä vaikutus.

Pötsimikrobit muodostavat monipuolisen ekosysteemin. Ne kilpailevat keskenään ravintoaineista ja siksi ruokinnan koostumus vaikuttaa mikrobiston koostumukseen, pötsikäymisen lopputuotteisiin, pitoisuuksien rakennusaineisiin ja sitä kautta maidon laatuun. (Karlström, 2017) Maidon valkuaispitoisuutta voidaan käyttää kuvaamaan koko karjan energiansaantia (Karlström, 2017). Lehmän saadessa tarpeeksi energiaa, se suuntaa rehusta saamaansa valkuaista tehokkaasti maitovalkuaisen tuotantoon. Lehmän lypsäessä 40 kiloa päivässä, se tarvitsee 272 MJ energiaa vuorokaudessa (Karlström, 2020). Energiansaantiin vaikuttaa rehuannoksen energiapitoisuus sekä lehmän syömän kuiva-aineen määrä. Riittävä energiansaanti on maidon tärkein valkuaispitoisuuteen vaikuttava ruokinnallinen tekijä (Karlström, 2020.) Mikäli energiansaannissa on puutteita, alkaa lehmän elimistö muuntaa rehun valkuaista energiakseen (Karlström, 2017). Tällainen tilanne kuluttaa energiaa, jolloin maidon valkuaispitoisuus laskee. Valkuaispitoisuuden laskiessa alle 3,2 % on kyseessä vakavasti huomioitava energiavaje. Maidon rasvapitoisuuden rakennusaineina toimivat etikka- ja voi-happo, joita lehmä saa kuitua hajottavien mikrobien työskentelyn tuloksena. Kuidun saannin jäädessä liian vähäiseksi, puuttuvat lehmältä maitorasvan raaka-aineet, jolloin rasvapitoisuus laskee alle 3,8 %. Rasvapitoisuudesta pystytään päättelemään syödyn rehuannoksen väkirehu-karkearehusuhdetta. Useimmiten maidon rasvapitoisuus laskee, kun energiansaantia lisätään. Mikäli maidon rasvapitoisuus on alhaisempi, kuin proteiinipitoisuus, täytyy tarkastella ruokinnan väkirehutasoa (Karlström, 2017). Maitotuotoksen nopean kasvun myötä lehmän energiantarve on poikimisen jälkeen suurempi kuin rehujen syöntikyky.

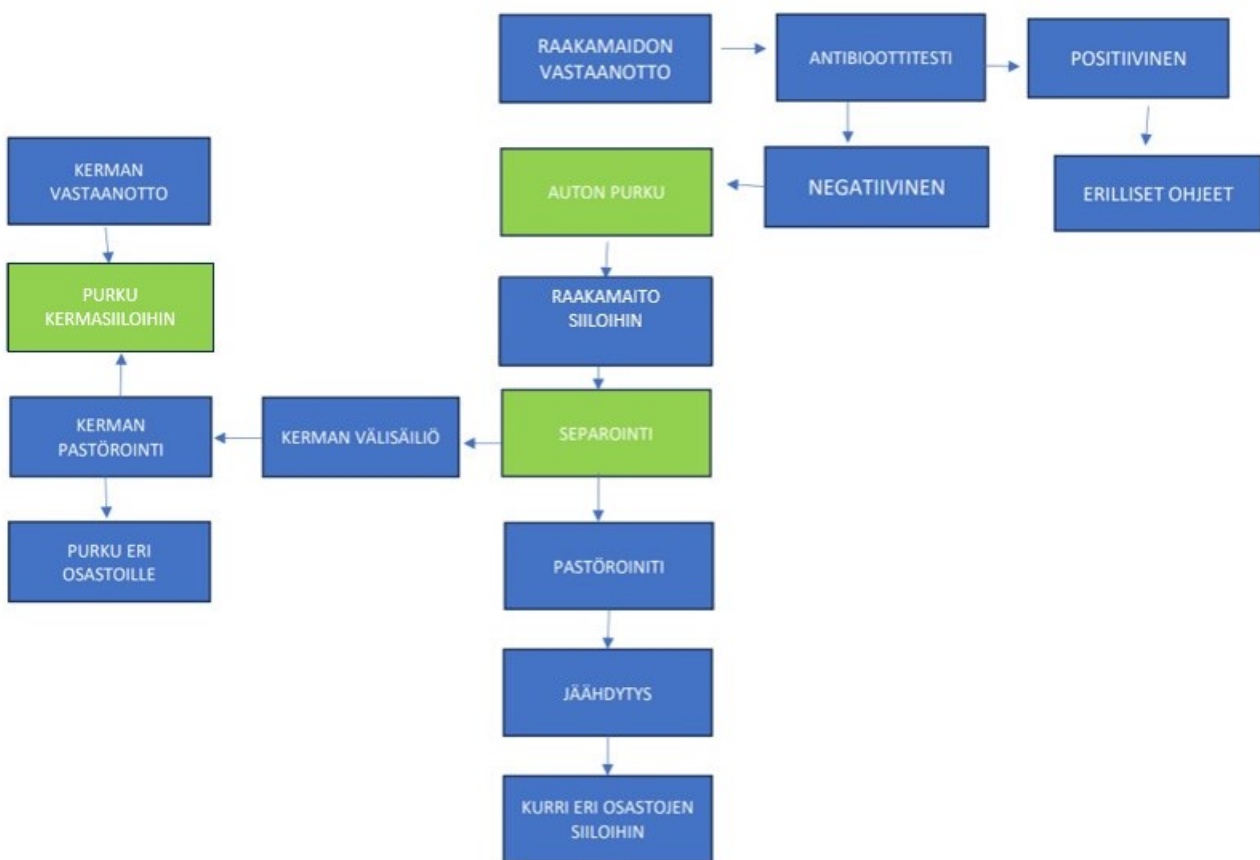
Maidon pitoisuuksien periytyvyys on korkea, lypsylehmillä ja jopa 40 % lehmien välisistä vaihteluista johtuu perintötekijöistä (Karlström, 2017). Loput 60 % johtuu ympäristötekijöistä. Mitä korkeammat rasva- ja valkuaispitoisuudet ovat, sitä paremman hinnan maidosta saa, eikä ylärajaa pitoisuuksille ole määritetty (Karlström, 2020). Tärkeää on, että karja tuottaa maitoensa pitoisuuksia koko geneettisellä kapasiteetillaan, sillä rasva- ja valkuaispitoisuudet kertovat tärkeistä asioista ja ovat hyviä mittareita maitotilan johtamista ajatellen. Lehmän ruokinta ja pitoisuuksien tasalaatuisuus säilyy silloin, kun se toteutetaan joka päivä samalla tavalla, analysoidut rehut ovat tasalaatuisia, ruokinta on koostettu oikein ja terve karja syö hyvin. Maidon laatu vaihtelee vuodenaikojen mukaan, tätä kutsutaan kausivaihteluksi (Hildén, 2007, s. 28). Maidon tuotantomäärät alkavat kasvaa joulukuun alussa ja nousu

jatkuu touko-kesäkuulle asti. Tuotanto alenee kesän kuluessa ja on loka-marraskuussa alhaisimmillaan. Maidon tuotanto on huippukaudella noin 110–112 % alhaisimman kauden maitomääristä.

## 4 MENETELMÄT

### 4.1 Prosessin vuokaavio

Kuvion 1 vuokaavio kuvaa vastaanotto- ja yhteiskäsittelyprosessia. Vihreällä alustalla olevissa prosessinvaiheissa otetaan näytteitä raakamaidosta tai kermasta.



Kuvio 1. Vuokaavio vastaanotto- ja yhteiskäsittelyprosessista.

Opinnäytetyössä maitoraaka-ainehävikin muodostumista kartoitettiin eri prosessinvaiheista. Tutkimuksessa käytiin läpi koko maidon vastaanotto- ja osittain yhteiskäsittelyprosessia, jolloin pystyttiin havainnoimaan ja selvittämään kohdat, joilla on vaikutusta maitoraaka-ainehävikin muodostumisessa. Ratkaisuja etsittiin kuormien pitoisuuksia vertailemalla, seuraamalla lopputyhjennyksessä kerma-autoihin jäävää kerman määrää, alku- ja



loppuvesityksiä tarkkailemalla, seuraamalla näytteiden ottamisen oikea-aikaista kohdistumista siilosta sekä vastaanottolinjojen putkien mittoja.

## **4.2 Näytteenotto ja raakamaitokuormat**

Näytteitä otettiin vastaanottoon saapuvista maito- ja kermakuormista. 20 satunnaisesta maitoautosta otettiin näytteet ennen maidon purkamista ja ilmasekoitusta. Näitä näytteitä verrattiin näytteenottolaitteesta saatavaan koko kuormaa edustavaan näytteeseen. Näytteet lähetettiin laboratorion analysoitavaksi.

Näytteiden ottaminen ja niiden analysoiminen ovat tärkeitä vaiheita maidonvastaanotossa. Jokaiselta tilalta otetaan tilanäyte, joka tutkitaan laadullisesti maitolaboratoriossa. Jokaisesta vastaanotettavasta maitokuormasta otetaan koko kuormaa edustava kuormanäyte automaattisella näytteenottolaitteella näytepikariin. Kuljettaja jakaa näytteen pienempään näytepikariin, johon maidon purkamisen loputtua kirjataan tunnistetiedot. Kuormanäytteet toimitetaan laboratorioon analysoitavaksi. Oikeaoppinen näytteenotto on laadullisesti merkittävä tekijä.

## **4.3 Kermakuormat ja autovaaka**

Kymmenestä kerma-autosta otettiin ennen purkamisen aloitusta näytteet, joita verrattiin näytteenottolaitteistosta saataviin näytteisiin. Kerman osalta tarkoituksena oli selvittää rasvapitoisuuksien vaihtelu ennen purkua ja purun jälkeen. Kartoitettiin myös mahdollinen veden pääsy prosessiin, joka prosessiin päästessään laimentaisi pitoisuuksia. Näytteet otettiin auton purkuletkusta avaamalla purkuletkun hanaa varovasti ja valuttamalla tuotetta näytepikariin.

Satunnaisista kerma-autoista otettiin kuvat autovaa´alla noin kahden viikon ajan. Autovaa´kaa seuraamalla haluttiin varmistus siitä, että autot ovat varmasti oikein pysähtyneenä

vaa`alla, auto on siinä suorassa, eikä mikään auton osa ole vaa`an ulkopuolella. Mikäli auto olisi väärin pysäköitynä puntarille, punnitustulos vääristyisi, mikä aiheuttaisi tulosten vääristymistä myös tietojärjestelmiin. Autovaa`an seuraamisen yhteydessä kartoitettiin kuljettajien yhtäläinen ja oikea tapa liikkua tehdasalueella.

Purun alettua kuormasta tippuu säännöllisin väliajoin kermaa automaattisesta näytteenotto-laitteesta kermanäytepulloon, joka näin edustaa koko kermakuormaa. Kermanäytteet lähe-tetään laboratorioon analysoitaviksi. Vastaanotettu kerma siirretään purun yhteydessä ker-masäiliöön jatkojalostusta varten.

Kerma-autojen tankeista otettiin valokuvat auton ylhäällä olevista luukuista, jolloin nähtiin, miten paljon autoon jää vedellä huuhdeltavaa kermaa ja miten paljon autossa on kermasta muodostuneita kokkareita tai vaahtoa.

#### **4.4 Vastaanottolinjat ja vesitykset**

Maidon vastaanottolinjat mitattiin lasermitan avulla. Mittausten perusteella pystyttiin laske-maan kunkin linjan tilavuus ja määrittämään se, miten paljon maitoa linjaan menee. Lasket-tujen tilavuuksien perusteella pystyttiin vertailemaan, pitävätkö tehtaan järjestelmässä nä-kyvät mitat paikkaansa. Linjojen alku- ja loppuvesityksiä seurattiin sekä venttiilien oikea-aikaista kääntymistä tarkkailtiin. Tarkkailut tehtiin seuraamalla alku- ja loppuvesityksiä vesi-tyskaukalon vieressä, jolloin nähtiin mitä viemäriin menee. Lisäksi seurattiin näytöltä venttii-lien kääntymistä, maistajien prosentteja sekä virtausmittareita.

Maidon- ja kermanvastaanottolinjojen alkutyhjennyksiä tarkkailtiin pesujen jälkeen puhtailla linjoilla aloituksissa siten, että jokaiselta linjalta saatiin neljä tarkkailua. Alkutyhjennyksissä seurattiin sitä, tuleeko alkutyhjennyksen yhteydessä näytteenottolaitteesta näytepurkkiin pu-rettavaa tuotetta vai vettä.

## 4.5 Siilonäyte

Jokaisesta purettavasta raakamaitosiilosta otetaan näytteet. Näyte otetaan ennen separointia näytteenottoletkusta. Siilonäytteissä on aiemmin havaittu poikkeavuuksia pitoisuuksissa, joten erilaisten keinojen avulla pyrittiin selvittämään, mistä poikkeavuudet johtuvat. Siilonäytteiden ottamisen ajankohdan vaikutusta proteiini- ja rasvapitoisuuteen tutkittiin vertailemalla siilonäytteitä ja kuormanäytteitä. Laboratorio tutkii siilonäytteet.

## 5 TULOKSET

Osa tuloksista on poistettu, koska ne sisältävät liike- ja ammattisalaisuuksia.

### 5.1 Näytteenotto ja raakamaitokuormat

Näytteet, jotka otettiin maitoautoista ennen purkua, todettiin vertauskelvottomiksi näytteenottolaitteesta saataviin koko kuormaa edustaviin näytteisiin nähden. Maitoautojen putkistoon, josta näytteet otettiin jää viimeisen tilan maito, jolloin verrattaessa näytteenottolaitteesta saatavia koko kuorman näytteitä maitoautosta otettuihin näytteisiin, tulos ei ole oikea. Tässä opinnäytetyössä on käytetty vertailutuloksina autosta saatua reittinäytettä sekä näytteenottolaitteen näytettä.

### 5.2 Kermakuormat ja autovaaka

Opinnäytetyössä tutkittiin myös toiselta tehtaalta saadun kerman rasvapitoisuuksia ennen lastausta sekä vastaanottavalla tehtaalla purun yhteydessä. Rasvapitoisuuksissa havaittiin eroja, jolloin vastaanottavalla tehtaalla saatu kerma oli rasvapitoisuudeltaan alhaisempaa kuin lähettävässä päässä.

Eräältä toiselta tehtaalta saatiin kermanäytteitä viidestä eri kohdasta. Jokaisesta kohdasta saatiin kaksi näytettä. Tavoitteena oli selvittää, muuttuuko kerman pitoisuus jossain vaiheessa ja saadaanko vastaanottavalle tehtaalle varmasti pitoisuudeltaan sellaista kermaa, jota halutaan.

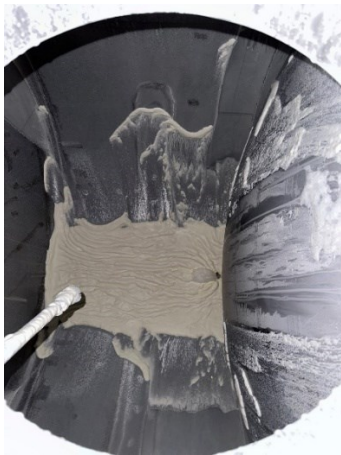
Lähettävällä tehtaalla on käynnistetty erillinen kehitysprojekti koskien kerman pitoisuuksia.

Todettiin, että niin maito- kuin kerma-autonkuljettajillakin tehdasalueella liikkuminen on vakio ja he toimivat ohjeidenmukaisia sääntöjä noudattaen.

Kuvat 1–8 ovat eri kerma-autojen lopputyhjennyksellä olevista tankeista. Kuvien perusteella nähdään silmämääräisesti, paljonko vedellä huuhdeltavaa kermaa jää tankkeihin eri kermauormista.



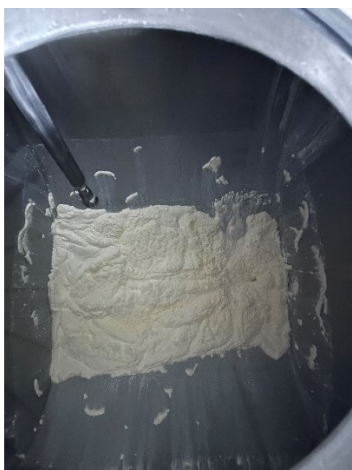
Kuva 1. Kerma-auton säiliö.



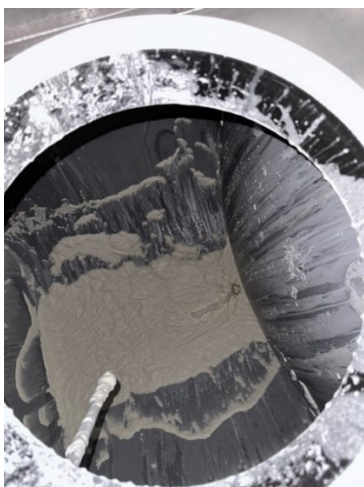
Kuva 2. Kerma-auton säiliö.



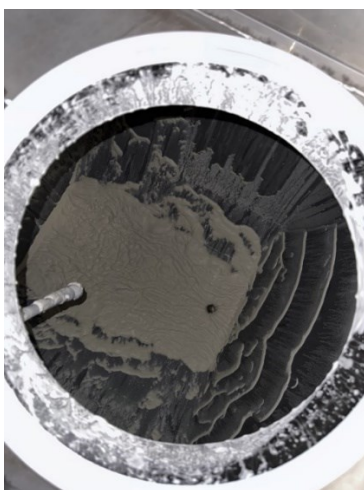
Kuva 3. Kerma-auton säiliö.



Kuva 4. Kerma-auton säiliö.



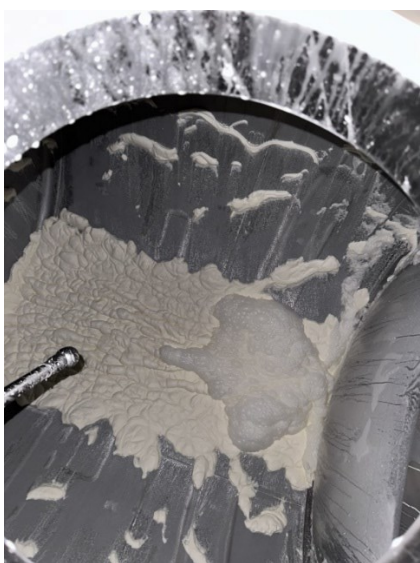
Kuva 5. Kerma-auton säiliö.



Kuva 6. Kerma-auton säiliö.



Kuva 7. Kerma-auton säiliö.



Kuva 8. Kerma-auton säiliö.

Säiliöiden kuvissa 2, 4, 5, 6 ja 8 on enemmän vaahtoa. Ne säiliöt ovat olleet joko vajaita tai sinne on lähettävän pään meijerissä vesitetty loppukerma kermatankista. Voidaan todeta, että mikäli säiliöön on vesitetty ja se on ollut vajaa ajon aikana, kerma on alkanut vaahtoutua, jonka seurauksena säiliöön jää enemmän huuhdeltavaa kermaa. Lähes tyhjäksi menneet säiliöt (kuvat 1, 3 ja 7) ovat olleet täysinäisiä, eikä niihin ole vesitetty loppua



kermää lähettävässä tehtaassa. Täynnä olleiden säiliöiden kermalla ei ole tilaa vaahtoutua, jonka takia kerma on tasalaatuista ja näin ollen tyhjenee säiliöstä hyvin.

### 5.3 Maidon vastaanottolinjat ja vesitykset

Vastaanottolinjojen (VO) putkien ulkomitta on 101 mm ja sisämitta 99 mm. Putkeen menee maitoa 7,7 l/m. Lasermittaa apuna käyttäen vastaanottolinjojen pituudeksi saatiin taulukon 2 mukaiset tulokset:

Taulukko 1. Vastaanottolinjojen pituudet.

MVL	VO1	VO2	VO3	VO4
Pituus (m)	110,9	131,5	129,7	133,2

Linjojen tilavuudet  $V$  lasketaan kaavalla  $V = \pi r^2 h$

Missä

$r$  on putken säde

$h$  on putken korkeus/pituus

**Vastaanottolinja 1:**  $V = \pi * (0,495dm)^2 * 1109 dm = 853,67 dm^3$

**Vastaanottolinja 2:**  $V = \pi * (0,495dm)^2 * 1315 dm = 1012,24 dm^3$

**Vastaanottolinja 3:**  $V = \pi * (0,495dm)^2 * 1297dm = 998,39 dm^3$

**Vastaanottolinja 4:**  $V = \pi * (0,495dm)^2 * 1332 dm = 1025,33 dm^3$

Alkutyhjennyksissä tarkkailtiin, tuleeko näytepurkkeihin purettavaa tuotetta vai vettä ennen kuin varsinainen näytepurkki vaihdetaan näytteenottolaitteeseen. Tällä varmistuttiin siitä, ettei varsinaisiin kuormanäytteisiin pääse vettä putkistosta, joka laimentaisi kuormanäytteiden pitoisuuksia. Lisäksi seurattiin vastaanottolinjojen alkua- ja loppuveysityksiä. Loppuveysityksistä otettiin mahdollisuuksien mukaan näytteet, mikäli maitoa tuli vesityskaukaloön vesityksen yhteydessä.

Loppuveysityksiä tarkkailemalla huomattiin, että eräällä vastaanottolinjalla loppuveysityksessä linjasta tulee maitoa vesityskaukaloön noin 4–5 sekunnin ajan. Loppuveysityksen maito-vesiseoksesta otettiin 4 kpl loppuveysitysnäytteitä, jotka lähetettiin laboratorion analysoitavaksi. Tulosten perusteella saatiin selville vesityskaukaloön menevän maitoseoksen pitoisuus ja pystyttiin laskemaan määrä, joka menee vuositasolla viemäriin. Lasku suoritettiin näytteellä, joka saatiin otettua vesityskaukalosta parhaiten.

#### **5.4 Siilonäyte**

Siilonäytteiden pitoisuuksissa havaittiin poikkeavuuksia verrattuna kuormanäytteisiin, jolloin rasva- ja proteiinipitoisuudet olivat alhaisempia. Näytteiden ottamisajankohdasta ei aikaisemmin ollut määritetty muuta kuin, että siilon tulee olla purulla 20 minuuttia, ennen näytteen ottamista. Siilonäytteiden osalta lähdettiin kartoittamaan tilanteita, jotka mahdollisesti vaikuttivat siilonäytteiden vaihteluun. Tehtaalla tehtiin kierros, jossa arvioitiin näytteiden tuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Esille nousi näytepikarien täyttö. Mikäli näytepikari on liian täynnä, ei maito pääse sekoittumaan. Tällöin mahdollisesti pidempään seisoneessa näytepikarissa rasva on alkanut kerrostua kevyempänä pikarin yläosaan. Liian täynnä olevan pikarin maito ei sekoitu ja rasva jää kiinni pikarin kanteen. Tämän kaltaisissa tilanteissa analyysit voivat olla virheellisiä.

Vastaanoton ja yhteiskäsittelyn osalta dokumentoitiin ohjeet, joissa ohjeistettiin oikeaoppinen näytteenottotapa kuljettajille sekä muille näytteenkäsittelijöille vastaanotossa ja yhteiskäsittelyssä. Molemmissa dokumenteissa ohjeistettiin jättämään pikarista noin 1 cm

vajaaksi, jolloin näyte sekoittuu hyvin laboratorion analysaattorissa ja tulos olisi mahdollisimman realistinen.

Näytepikarien täytön lisäksi silojen näytteenoton ajankohtia tutkittiin. Tutkimusten perusteella tarkkailtiin, milloin ja mitkä asiat vaikuttavat pitoisuuksien vaihteluun. Huomattiin, että jos siilossa oleva sekoittaja on ollut näytteenottohetkellä pitkään paikoillaan, alkaa maidon rasva ja proteiini kerrostua siilon yläosaan, jolloin tuloksesta tulee liian alhainen näytepikariin näytettä ottaessa. Siiloihin asennettiin tehtaan seurantanäytöille liikennevalot. Liikennevalomuutoksen myötä silojen pitoisuuksien vertailua jatkettiin, jotta huomattiin, onko kyseisellä muutoksella vaikutuksia siilonäytteen pitoisuuksiin ja siilokohtaiseen hävikkiin.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miltä osa-alueilta maitoraaka-ainehävikkiä muodostuu. Työssä saatiin selvitettyä kriittisiä kohtia, joiden toimintatapoja muokkaamalla maitoraaka-ainehävikin muodostuminen saadaan pienentymään. Mittaustapatarkkuuteen liittyviä tuloksia saatiin siilokohtaisista näytteistä sekä näytepikarien täytöstä. Siilonäytteiden oikealla ottamishetkellä on vaikutusta siilonäytteiden pitoisuuksiin. Kuormanäytteiden, kermaukuormien sekä siilonäytteiden otossa todettiin, että näytepikarien täyttömäärällä on merkitystä analyysejä tehtäessä. Autoihin jäävät pienet jämät sekä yhdellä vastaanottolinjalla loppuvesityksessä viemäriin menevä maito ovat selkeää hävikkiä maitoraaka-ainehävikkiä tarkastellessa. Verrattaessa vuoden 2022 siilonäytteitä ennen liikennevaloja ja tämän vuoden siilonäytteitä, voidaan todeta liikennevaloilla olevan parantava vaikutus näytteisiin. Toimintaa pystytään kuitenkin vielä parantamaan paremmalla ohjeistuksen noudattamisella. Kausivaihtelu tuo oman epävarmuuden pitoisuuksiin.

Maidonvastaanottolinjalle tullaan tekemään muutos koskien loppuvesityksen työntöjä, jotta venttiili kääntyisi oikeaan aikaan, eikä näin ollen maitoa pääsisi viemäriin. Muutoksen myötä maitoraaka-ainehävikin määrä pienentyisi.

Raakamaitokuormien suoraan autoista otettujen sekä näytteenottolaitteesta saatujen näytteiden vertaileminen todettiin vertauskelvottomiksi, viimeisen tilan maidon jäädessä purkuputkistoon. Mikäli kyseisen alueen vaikutusta maitoraaka-ainehävikkiin aiotaan tutkia jatkossa, kehitysehdotuksena voitaisiin verrata maitoautosta saatavan koko kuorman reitti-näytteen pitoisuuksia näytteenottolaitteesta saatavaan näytteeseen. Toinen kehitysidea olisi ottaa maitoauton näyte jokaisesta säiliöstä erikseen. Ennen purkua otettujen näytteiden rasvapitoisuudet olivat jokaisessa mittauksessa alhaisempia verrattaessa koko kuorman näytteisiin, joka johtunee siitä, että koko kuorman näytteessä mukana on kaikkien tilojen maidot sekoittuneet keskenään ja ennen purkua otetussa näytteessä mukana oli vain yhden tilan maitoa. Proteiinipitoisuudet eivät heitelleet ennen purkua otettujen näytteiden ja kuormanäytteiden mittausten välillä suuresti. Kerma-autoista ennen purkua otetut näytteet olivat

rasva- ja proteiinipitoisuuksiltaan hiukan korkeampia, kuin näytteenottolaitteesta saadut näytteet.

Voidaan todeta, että kerma-autojen säiliöiden olisi hyvä olla mieluusti täynnä, jolloin ne vaahtoutuvat vähemmän, eikä huuhdeltavaa jää niin paljoa. Myös vesittäminen vaikuttaa säiliöiden tyhjentymiseen.

Työssä löydettiin oleellisia asioita, joita muuttamalla saadaan maitoraaka-ainehävikkiä pienennettyä. Huomiota olivat yhdellä maidonvastaanottolinjalla loppuvesityksessä viemäriin menevä maito, siilonäytteenoton parantaminen liikennevalojen avulla, pikarien täyttö ja dokumentointi. Muutoksia on tehty sitä mukaan, kuin niitä on tullut esille.

## LÄHTEET

- Ahonen, A-M., & Laitinen, H. (2007). Maidon jalostuskelpoisuus. Teoksessa J. Aho, & T. Hildén (toim.), *Maidon matkassa* (s. 11–19). Opetushallitus.
- Bylund, G. (2003). *Dairy processing handbook*. Tetra Pak.
- Dairy processing handbook. (i.a.). Tetra Pak. <https://dairyprocessinghandbook.tetra-pak.com/>
- Elintarviketeollisuusliitto. (2021). *Elintarviketeollisuudessa ei haaskata ruokaa hävikkiin*. <https://www.etl.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2021/elintarviketeollisuudessa-ei-haaskata-ruokaa-havikkiin.html>
- Elintarviketurvallisuusliitto. (2019). *Ruokahävikin vähentäminen on yhteinen ponnistus*. <https://www.etl.fi/ajankohtaista/artikkelit/2019/ruokahavikin-vahentaminen-on-yhteinen-ponnistus.html>
- Hildén, T. (2007). Maidonhankinta ja tuotannonohjaus. Teoksessa J. Aho, & T. Hildén (toim.), *Maidon matkassa* (s. 21–29). Opetushallitus.
- Jokela, M., Jaakkola, S., Huhtanen, P., Rokka, T., Korhonen, H., Salo-Väänänen, P., & Piironen, V., (1998). *Keskeisten alkutuotantotekijöiden ja prosessoinnin vaikutus maidon laatuun*. Maatalouden tutkimuskeskus. <https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/439372/asarja41.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kalaja, K., & Manninen, R. (2007). Maidon ominaisuudet. Teoksessa J. Aho, & T. Hildén (toim.), *Maidon matkassa* (s. 31–43). Opetushallitus.
- Karlström, T. (2017). *Mitä maidon pitoisuudet kertovat, ja miten ne saa paremmiksi?* ProAgria. [https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/mita\\_maidon\\_pitoisuudet\\_kertovat\\_ja\\_miten\\_ne\\_saa\\_paremmiksi.pdf](https://www.proagria.fi/uploads/archive/attachment/mita_maidon_pitoisuudet_kertovat_ja_miten_ne_saa_paremmiksi.pdf)
- Karlström, T. (2020). *Mitä maidon pitoisuudet kertovat lehmän ruokinnasta?* ProAgria. <https://www.proagria.fi/blogit/ruokintapoydalla/mita-maidon-pitoisuudet-kertovat-lehman-ruokinnasta>
- Koivupuro, H-K., Jalkanen, L., Katajajuuri, J-M., Reinikainen, A., & Silvennoinen, K. (2010). *Elintarviketekijässä syntyvä ruokahävikki*. [sähköinen tietoaineisto]. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT). <http://www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti12.pdf>

Manley, D. (2000). *Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (3th ed.)*. Woodhead Publishing.

MilkWorks. (i.a.-a). *Maidon kemiaa*. <https://milkworks.fi/maidon-kemiaa/>

MilkWorks. (i.a.-b). *Maito meijerissä*. <https://milkworks.fi/maito-meijerissa/#vastaanotto>

Onyeaka, H. N., & Nwabor, O. F. (2022). *Food preservation and safety of natural products*. Academic Press.

Valio. (2019). *Monipuolisesti maidosta Valion Seinäjoen tehtaalla*. <https://www.valio.fi/yritys/artikkelit/monipuolisesti-maidosta-valion-seinajoen-tehtaalla/>

Valio. (i.a.). *Tuotot aina maitotiloille*. <https://www.valio.fi/yritys/osuustoiminta/>

Valjus, O., (2007a). Yhteiskäsittelyt – meijerin perusprosessit. Teoksessa J. Aho, & T. Hildén (toim.), *Maidon matkassa* (s.63–73). Opetushallitus.

Valjus, O., (2007b). Kermat. Teoksessa J. Aho, & T. Hildén (toim.), *Maidon matkassa* (s. 101–105). Opetushallitus.

Yada, R. Y., & Ackaah-Gyasi, N. A. (2015). *Improving and tailoring enzymes for food quality and functionality*. Woodhead Publishing.