

---

# **ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN OPTIMOINTI**

Hämeenlinnan Osuusmeijerissä



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma

Hämeenlinna, syksy 2016

Iida Konttori



HÄMEENLINNA

Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma

Elintarviketeknologian suuntautumisvaihtoehto

---

<b>Tekijä</b>	Iida Konttori	<b>Vuosi</b> 2016
<b>Työn nimi</b>	Aloitus- ja lopetusvesityöntöjen optimointi	

---

## TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli optimoida maidon- ja kermanvalmistuslinjojen sekä raakamaitolinjojen aloitus- ja lopetusvesityönnot niin, että mahdollisimman vähän käyttökelpoista raaka-ainetta joutuisi työntöjen mukana viemäriin. Toisaalta työntöjä tulisi välttää säätämästä niin tiukoiksi, että tuotesäiliöihin pääsee vettä. Veden pääsy säiliöön laskisi tuotteen rasvapiitoisuutta ja aistittavaa laatua.

Työn toimeksiantajana toimi Hämeenlinnan Osuusmeijeri, joka on neste-meijeri, jonka valikoimiin kuuluu maidot, kermat ja piimät. Hämeenlinnan Osuusmeijerissä ei ollut aikaisemmin tarkasteltu maidon- ja kermanvalmistuslinjojen ja raakamaitolinjojen aloitus- ja lopetustyöntöjä. Myöskään mitään muutoksia linjojen työntöihin ei ollut tehty asennuksen jälkeen.

Opinnäytetyön kirjallisessa osiossa on käsitelty maidon ja kerman kemiallista sekä fysikaalista rakennetta, sillä näillä ominaisuuksilla on vaikutusta nesteen käyttäytymiseen putkistossa ja pumpuissa. Meijerissä tuotteita prosessoidaan ja kuljetetaan paikasta toiseen paljon, joten työssä on käsitelty tuotteiden prosessoinnin vaikutusta niiden kemiallisiin sekä fysikaalisiin ominaisuuksiin. Myös teoriaa nesteiden virtauksesta sekä pumppujen toiminnasta on sovellettu tässä työssä.

Eri linjojen aloitus- ja lopetustyöntöjen määrää seurattiin ensin muutaman viikon ajan. Varsinkin maitolinjoihin B5 ja B8 sekä kermalinjoihin B7 ja B9 tuli useita aloitus- ja lopetusvesityöntöjä päivittäin. Aloitus- ja lopetus-työnnoista otettiin näytteitä sekä ennen että jälkeen linjoihin tehtyjen muutosten. Saaduista näytteistä analysoitiin rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet. Tulosten tilastollisessa tarkastelussa huomattiin, että linjojen B5 ja B9 aloitukseen sekä linjan R2 aloitukseen ja lopetukseen tehdyillä muutoksilla oli tilastollisesti merkitystä. Myös meijerin jätevesien tarkkailujaksojen tulokset viittaavat siihen, että aloitus- ja lopetusvesityöntöihin tehdyillä muutoksilla on ollut positiiviset vaikutukset viemäriin ohjautuviin virtoihin. Vesityönnoissa on kuitenkin vielä säätämisen varaa.

**Avainsanat** maito, kerma, aloitusvesityöntö, lopetusvesityöntö, virtaus

**Sivut** 29 s. + liitteet 30 s.

**Author**

Iida Konttori

**Year** 2016

**Subject of Bachelor's thesis**

Product/water optimization of milk, cream and raw milk production lines

---

## ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis was to optimize the water/product phase in milk, cream and raw milk production lines so that as little usable raw material as possible goes to the sewerage system. On the other hand, it is also important that water is not allowed to go into product tanks. The water in the product tanks would decrease the fat content and the sensory quality of the product.

The thesis was commissioned by Hämeenlinnan Osuusmeijeri (Hämeenlinna Cooperative Dairy) whose product range includes milks, creams and cultured milks. The company has no previous studies on the product/water phase in the production lines between cleaning and production. No changes have been made in the production lines after installation.

The chemical and physical composition of milk and cream were discussed in the thesis as they have an effect on the flow behavior in the pumps and pipeline. The effect of milk processing on the chemical and physical properties of the product were also dealt with. In addition, the theory on flow dynamics and operation of the dairy pumps were applied in the thesis.

First, the amount of product/water phases in the studied lines were monitored for some weeks. The biggest amount of water/product phases was made in milk lines (B5 & B8) and cream lines (B7 & B9). Samples of these water/product phases were taken before and after the changes. The fat and total solid contents were analyzed in the samples. The statistical analysis of the results showed that only changes in the start phases in lines B5 and B9 and start and end phases of line R2 had a statistical significance. Also, the results of dairy waste water monitoring indicate that the changes made in the start and end phases of the production lines had a positive effect. However, it is still possible to adjust the water/product phases even more.

**Keywords** milk, cream, raw milk, water/product phase, fluid flow

**Pages** 29 p. + appendices 30 p.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	MAIDON KEMIAALLISET OMINAISUUDET.....	1
2.1	Maidon rasva.....	2
2.2	Maidon hiilihydraatit.....	3
2.3	Maidon proteiinit.....	3
2.3.1	Kaseiinit.....	4
2.3.2	Heraproteiinit.....	6
2.3.3	Entsyymit.....	6
2.4	Maidon vitamiinit, suolat ja kivennäisaineet.....	7
3	MAIDON FYSIKAALISET OMINAISUUDET.....	8
3.1	Ulkonäkö.....	8
3.2	Tiheys.....	8
3.3	Osmoottinen paine.....	9
3.4	Jäätymispiste.....	9
3.5	Happamuus.....	9
3.6	Viskositeetti.....	10
4	PROSESSOINNIN VAIKUTUS MAITTOON.....	10
4.1	Varastoinnin aikana tapahtuvat muutokset.....	10
4.2	Lämpökäsittelyjen aiheuttamat muutokset.....	11
5	NESTEIDEN VIRTAUS.....	12
5.1	Virtausdynamiikka.....	13
5.2	Pumput.....	14
5.2.1	Keskipakopumput.....	15
5.2.2	Nesterengaspumput.....	17
5.2.3	Positiivipumput.....	18
5.3	Putkisto ja venttiilit.....	20
6	ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN OPTIMOINTI.....	21
6.1	Kokeellisen osuuden tavoitteet.....	22
6.2	Aloitus- ja lopetusvesityöntöjen määrät.....	22
6.3	Näytteiden ottaminen.....	23
6.4	Aloitus- ja lopetusvesityöntöjen lähtötila.....	23
6.5	Aloitus- ja lopetusvesityöntöihin tehdyt muutokset.....	25
7	TULOKSET.....	26
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	28
	LÄHTEET.....	29

---

Liite 1	Tuotteiden tiheyksien laskeminen
Liite 2	Aloitus- ja lopetusvesityöntöjen määrän seuraaminen
Liite 3	Linjan B5 aloitus- ja lopetusvesityöntöjen tulokset
Liite 4	Linjan B7 aloitus- ja lopetusvesityöntöjen tulokset
Liite 5	Linjan B8 aloitus- ja lopetusvesityöntöjen tulokset
Liite 6	Linjan B9 aloitus- ja lopetusvesityöntöjen tulokset
Liite 7	Linjan R1 aloitus- ja lopetusvesityöntöjen tulokset
Liite 8	Linjan R2 aloitus- ja lopetusvesityöntöjen tulokset
Liite 9	Linjan R1 aloitusten tilastollinen tarkastelu
Liite 10	Linjan R1 lopetusten tilastollinen tarkastelu
Liite 11	Linjan R2 aloitusten tilastollinen tarkastelu
Liite 12	Linjan R2 lopetusten tilastollinen tarkastelu
Liite 13	Linjan B5 aloitusten tilastollinen tarkastelu
Liite 14	Linjan B7 lopetusten tilastollinen tarkastelu
Liite 15	Linjan B8 aloitusten tilastollinen tarkastelu
Liite 16	Linjan B8 lopetusten tilastollinen tarkastelu
Liite 17	Linjan B9 aloitusten tilastollinen tarkastelu
Liite 18	Linjan B9 lopetusten tilastollinen tarkastelu

---

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe on maidon- ja kermanvalmistuslinjojen sekä raakamaitolinjojen aloitus- ja lopetusvesityöntöjen optimointi. Työn tilaaja on Hämeenlinnan Osuusmeijeri. Opinnäytetyön kokeellinen osuus on tärkeä meijerille, sillä eri valmistuslinjojen vesityöntöjä ei ole tarkasteltu vuosiin.

Hämeenlinnan Osuusmeijeri on perustettu vuonna 1926, ja se on maidontuottajien omistama osuuskuntamuotoinen yritys. Meijerin tuotevalikoimaan kuuluvat erilaiset piimät, maidot ja kermat, joiden myynnistä, markkinoinnista ja jakelusta vastaa Arla Oy. Tässä työssä keskitytään kuitenkin vain maidon- ja kermanvalmistuslinjojen sekä raakamaidon vastaanotto- ja lopetustyöntöihin. Työstä on rajattu pois piimälinjojen optimointi. (Hämeenlinnan Osuusmeijeri n.d.)

Työn teoreettisessa osuudessa tarkastellaan maidon kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia sekä tuotteen prosessoinnin vaikutuksia. Käsittelyistä eniten muokkausta aiheuttavat erilaiset lämpökäsittelyt. Siirrot ja pumpaukset vaikuttavat myös oleellisesti tuotteen koostumuksen muutoksiin, joten työssä on tarkasteltu myös meijeriteollisuudessa käytettävien pumpujen toimintaa.

Työn kokeellisessa osuudessa perehdytään kahden maidonvalmistuslinjan ja kahden kermanvalmistuslinjan sekä kahden raakamaidon vastaanottolinjan aloitus- ja lopetusvesityöntöihin. Työntöjen yhteydessä viemäriin ohjautuvista virroista otettiin näytteitä, joiden rasva- ja kuiva-ainepitoisuuksien perusteella työntöjä säädettiin optimaalisemmiksi. Työn tarkoituksena on ollut vähentää viemäriin joutuvan käyttökelpoisen raaka-aineen määrää sekä valmiin tuotteen sekaan joutuvan veden määrää. Aloitus- ja lopetustyöntöjen optimointi tuo myös parannusta meijerin toimintaan ympäristönäkökulmasta, kun kiintoaineen joutuminen jätevesiverkoston vähenee.

## 2 MAIDON KEMIALLISET OMINAISUUDET

Maito on koostumukseltaan rasva vedessä -tyyppinen emulsio, joka sisältää monimutkaisen sekoituksen rasvoja, proteiineja, hiilihydraatteja, kivennäisaineita sekä vitamiineja. Maidosta noin 87 % on vettä ja noin 4,3 % rasvaa. Maidon hiilihydraatit kattavat 4,7 % sen koostumuksesta ja proteiinit 3,5 %. Maito sisältää noin 0,7 % kivennäisaineita sekä vesi- ja rasvaliukoisia vitamiineja. Maidon rasvaton kuiva-aine sisältää kaikki muut komponentit paitsi veden ja rasvan. Maidon rasvaton kuiva-aine on noin 8,7 %. (Damodaran, Parkin & Fennema 2008, 889; Kalaja & Manninen 2007, 31.)

Raakamaidon pH vaihtelee noin 6,6 ja 6,8 välillä. Maidon kemialliseen koostumukseen vaikuttaa varsinkin lehmän rotu ja karjan saama ravinto. Myös lypsykauden vaihe, lehmän ikä, ympäristöolot ja lypsyn vaihe vai-

kuttavat maidon koostumukseen. (Damodaran ym. 2008, 889; Kalaja & Manninen 2007, 31.)

### 2.1 Maidon rasva

Maidon rasva on maidon vesiosassa hajallaan pieninä palloina, joiden koko voi vaihdella 0,1 $\mu$ m ja 20  $\mu$ m välillä. Rasvapalloset ovat kooltaan keskimääräisesti noin 3–4  $\mu$ m. Millilitra raakamaitoa sisältää noin 15 miljardia rasvapallosta. Rasvapalloset ja maidon vesiosa eli seerumi muodostavat rasva vedessä -emulsion. (Bylund 2003, 22; Kalaja & Manninen 2007, 31.)

Rasvapallosia ympäröivä membraani pitää emulsion vakaana. Membraani on hyvin ohut, noin 5–10 nm, rakenteeltaan hyvin monimutkainen kerros rasvapallosen pinnalla. Membraani sisältää fosfolipidejä, lipoproteiineja, kerebrosideja, proteiineja, aminohappoja, entsyymeitä sekä hivenaineita ja sidosvettä. Nämä komponentit vaihtuvat jatkuvasti membraanin ja maidon vesiosan välillä. Membraania koossa pitävänä emulgaattorina toimii fosfolipidit. Niille ominaista on fosfaattiryhmä ja rasvahappo-osa. Fosfolipideillä on rasvahakuinen eli lipofiilinen pää ja vesihakuinen eli hydrofiilinen pää. Rasvahakuinen pää hakeutuu rasvapallosen pinnalle ja vesihakuinen seerumiin. Näin fosfolipidit pitävät maidon emulsion koossa ja lisäävät sen pysyvyyttä. Maidon tärkein fosfolipidi on lesitiini, joka on muiden fosfolipidien tavoin herkkä hapettumiselle ja näin pilaantumiselle. (Bylund 2003, 22; Kalaja & Manninen 2007, 31–34.)

Maitorasva sisältää lipidejä: triglyseridejä, di- ja monoglyseridejä, rasvahappoja, steroleja, karotenoideja sekä rasvaliukoisia vitamiineja (A, D, E, K). Maidon lipideistä suurin osa, 96–98 %, on triglyseridejä. Ne sijaitsevat rasvapallosien sisällä halkaisijaltaan 2–6  $\mu$ m:n kokoisina palloina. Triglyseridit ovat sekoitus erilaisia rasvahapon estereitä, jotka koostuvat glyserolista ja siihen kiinnittyneestä kolmesta rasvahaposta. Glyseroliin kiinnittyneet rasvahapot ovat hiilivetyketjuja, joihin on liittynyt karboksyyli-ryhmä. Rasvahapot voivat olla tyydyttyneitä tai tyydyttymättömiä. Tyydyttyneiden rasvahappojen hiilivetyketjuissa on vain yksinkertaisia sidoksia kun taas tyydyttymättömien rasvahappojen ketjuissa voi olla yksi tai useampia kaksoissidoksia. Maidossa olevista rasvahapoista noin 67 % on tyydyttyneitä, 24 % kertatyydyttyneitä ja 3 % monitydyttymättömiä. Maidon triglyseridit sisältävät siis suurimmaksi osaksi tyydyttyneitä lyhytketjuisia rasvahappoja. Maidossa esiintyviä rasvahappoja ovat mm. voi-, kaproni-, kapryyli-, lauriini-, myristiini-, palmitiini-, steariini-, palmi- toleini-, linoli-, alfa-linoleeni- sekä öljyhappo. Näistä esimerkiksi voi- happo on hyvin tyypillinen maidon tyydyttynyt rasvahappo. Sen sijaan tyydyttymättömistä ja pitkäketjuisista rasvahapoista maidosta löytyy eniten öljyhappoa. (Kalaja & Manninen 2007, 32–33; Walstra, Geurts, Noomen, Jellema & van Boekel 1999, 53–55.)

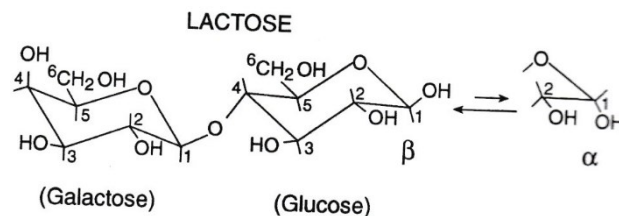
Tuoreen maidon rasva sisältää valmiiksi pieniä määriä diglyseridejä ja vielä vähemmän monoglyseridejä. Niiden määrät voivat kuitenkin kasvaa bakteerien tuottaman lipaasientsyymin takia. Lipaasi aiheuttaa lipolyysiä, mikä tarkoittaa rasvahappojen irtoamista glyserolista. Diglyseridit sisältä-

vät kaksi rasvahappoa ja monoglyseridit enää vain yhden rasvahapon. Diglyseridit ovat poolittomia eivätkä ole pinta-aktiivisia ja siten ne eivät juurikaan eroa ominaisuuksiltaan triglyserideistä. Monoglyseridit ovat melko poolisia, joten ne ovat pinta-aktiivisia ja kerääntyvät rasvapallosten öljy-vesirajapintaan. Maidossa esiintyy tuoreeltaan myös vapaita rasvahappoja, joiden määrä lisääntyy lipaasin vaikutuksesta. Maidon vesiosassa vapaat rasvahapot voivat hajota ioneiksi ja aiheuttaa makuvirheitä maidossa. Maitorasva sisältää myös steroleita, joista tärkeimpiä ovat kolesteroli ja ergosteroli. (Kalaja & Manninen 2007, 33; Walstra ym. 1999, 56.)

### 2.2 Maidon hiilihydraatit

Maito sisältää hiilihydraatteja noin 4,7 %, joista suurin osa tulee laktoosista eli maitosokerista. Sen lisäksi maito sisältää vähäisiä määriä muitakin hiilihydraatteja kuten glukoosia, galaktoosia ja oligosakkarideja. Maidosta löytyy myös pieniä määriä sokerijohdannaisia kuten pentoosifosfaattia ja heksosamiineja. Nämä pienet hiilihydraattimäärät ovat usein liittyneenä muihin yhdisteisiin kuten proteiineihin ja kerebrosideihin. (Walstra ym. 1999, 99.)

Laktoosi on disakkaridi, joka koostuu D-glukoosista ja D-galaktoosista. Glukoosi ja galaktoosi ovat sitoutuneet toisiinsa 1,4-glykosididoksella, jossa galaktoosin aldehydiryhmä on sitoutunut glukoosin hiiliryhmään. Kuvassa 1 on nähtävissä laktoosin kemiallinen rakenne. (Walstra ym. 1999, 27–28.)



Kuva 1. Laktoosin kemiallinen rakenne. Laktoosi muodostuu galaktoosista ja glukoosista (mukaeltu Walstra ym. 1999, 28).

Laktoosin molekyyliarakenteen vuoksi se on pelkistävä sokeri, jolla esiintyy mutarotaatiota. Mutarotaatiolla tarkoitetaan sitä, että laktoosin  $\alpha$ - ja  $\beta$ -muodot muuttuvat jatkuvasti toisikseen. Nämä laktoosin eri muodot esiintyvät rengasrakenteisina, mutta liuoksissa kuten maidossa rengasrakenne voi aueta. Kun rengasmuoto on auennut, sokerin aldehydiryhmä pystyy reagoimaan ja näin muuttamaan sokerin  $\alpha$ -muodosta  $\beta$ -muotoon ja toisin päin. Lämpötilan vaihtelut saavat aikaiseksi laktoosin mutarotaation. (Walstra ym. 1999, 27–30.)

### 2.3 Maidon proteiinit

Maito sisältää proteiineja noin 3,5 %. Maidossa olevat proteiinit voidaan jaotella joko kemiallisten tai fyysisten ominaisuuksien tai biologisten toi-



mintojen mukaan. Vanhin ja yleisin tapa on jaotella maidon proteiinit kaseiineihin ja heraproteiineihin. Noin 80 % proteiineista on kaseiineja ja loput heraproteiineja. Myös maidon entsyymit luokitellaan proteiineihin. Niitä löytyy maidosta vähäinen määrä. (Bylund 2003, 27; Kalaja & Manninen 2007, 31; Walstra ym. 1999, 91.)

Proteiinit koostuvat erilaisista aminohapoista, jotka muodostavat pitkiä proteiiniketjuja. Maito sisältää 18 erilaista aminohappoa, jotka voivat muodostaa lukuisia erilaisia proteiineja. Yksi proteiinimolekyyli sisältää 100–200 aminohappoa, joiden järjestys molekyylissä saa aikaan proteiinien erilaiset ominaisuudet. (Kalaja & Manninen 2007, 35.)

Aminohapot sisältävät aminoryhmän (-NH<sub>2</sub>) ja karboksyyliiryhmän (-COOH). Kun pH on neutraali, toisen aminohapon aminoryhmä ja toisen karboksyyliiryhmä reagoivat keskenään ja muodostavat niiden välille peptididoksen. Samalla reaktiossa vapautuu vettä. Muodostuneita lyhyitä aminohappoketjuja kutsutaan peptideiksi, pidempiä polypeptideiksi tai proteiineiksi. Peptidit ovat useimmiten muodoltaan litteitä ja jämähköitä ja ne ovat trans-isomeroituneita. Peptidien ulkomuoto on kuitenkin riippuvainen niiden aminohappokoostumuksesta. (Walstra ym. 1999, 71–72.)

### 2.3.1 Kaseiinit

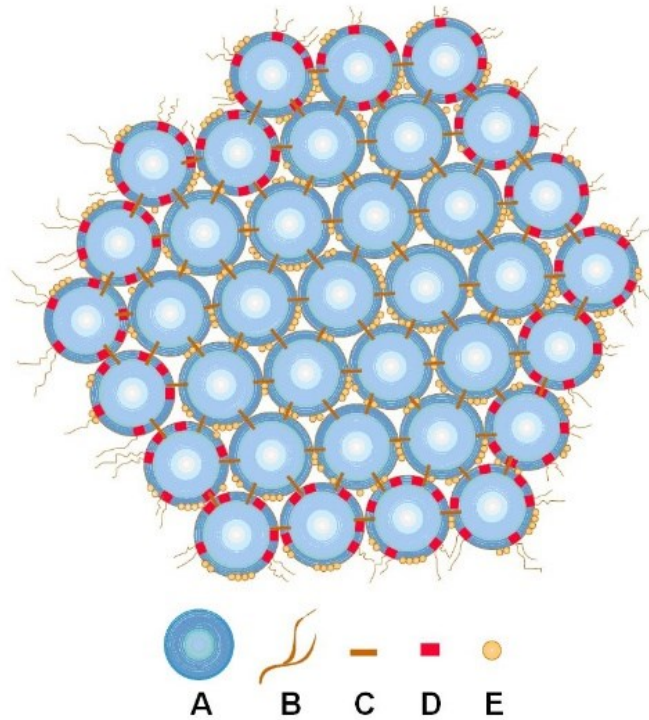
Kaseiinit ovat yli 75 %:n osuudellaan maidon suurin proteiiniryhmä. Tähän ryhmään kuuluvat  $\alpha_s$ -,  $\beta$ - ja  $\kappa$ -kaseiinit. Kaseiinit ovat suurimolekyyllisiä proteiineja, joiden rakenne pitää sisällään kalsiumia, fosforia ja sinkkiä. (Kalaja & Manninen 2007, 36.)

$\alpha_s$ -,  $\beta$ - ja  $\kappa$ -kaseiinit muodostavat kalsiumfosfaattisidosten avulla pallomaisia suuria molekyylirakenteita, joita kutsutaan kaseiinimiselleiksi. Nämä proteiinikompleksit rakentuvat 400–500 pienemmästä submisellisestä. Kaseiinimisellit ovat kooltaan noin 0,4  $\mu\text{m}$ . Sen sijaan pienemmät submisellit ovat halkaisijaltaan keskimäärin 10–15 nm. Misellit sulkevat sisäänsä maidon rasvaa ja muodostavat kolloidisen, verkkomaisen rakenteen, joka saa maidon näyttämään valkoiselta. (Bylund 2003, 28; Kalaja & Manninen 2007, 36.)

Eri kaseiinien sijainti vaihtelee hieman kaseiinimisellien sisällä.  $\alpha_s$ -,  $\beta$ - ja  $\kappa$ -kaseiinit sijaitsevat melko heterogeenisesti submiselleissä. On kuitenkin huomattu, että  $\alpha_s$ - ja  $\beta$ -kaseiineja löytyy suurempia pitoisuuksia kaseiinimisellien keskellä olevista submiselleistä. Sen sijaan kappakaseiinit viihtyvät parhaiten reunimmaisissa submiselleissä. (Bylund 2003, 28; Kalaja & Manninen 2007, 36.)

Kaseiinimisellien yhtenäisyys johtuu submisellien välillä olevista kalsiumfosfaattisidoksista sekä hydrofobisesta vuorovaikutuksesta. Kalsiumfosfaatti submisellin pinnalla laskee sen varausta ja tekee siten submisellisistä tiiviimmän yksikön. Submisellit ns. vetävät toisiaan puoleensa ja muodostavat submisellien kerääntymän. Submisellien yhteenkasautuminen ei onnistu, jos kahden submisellin välillä on yksikin ulkoneva peptidiketju. Kerääntyminen jatkuu niin kauan, että pallomainen proteiinikompleksi on

syntynyt. Misellin pinnalla on  $\kappa$ -kaseiinin ulkonevista peptidiketjuista muodostunut kerros. Kuvassa 2 on nähtävissä kaseiinimisellin rakenne. (Bylund 2003, 28.)



Kuva 2. Kaseiinimisellin rakenne, jossa A kuvaa submiselliä, B  $\kappa$ -kaseiinin ulkonevaa peptidiketjua, C kalsiumfosfaattia, D  $\kappa$ -kaseiinia ja E fosfaattiryhmiä (mukaeltu Food-Info 2014).

$\alpha_s$ -kaseiinit voidaan jakaa  $\alpha_{s1}$ - ja  $\alpha_{s2}$ -kaseiineihin.  $\alpha_{s1}$ -,  $\alpha_{s2}$ -,  $\beta$ - ja  $\kappa$ -kaseiinin moolisuhteet maidossa ovat suurin piirtein 4:1:4:1,6 luokkaa. Kaseiineista  $\alpha_{s1}$ -kaseiinilla on korkein varaus sekä korkein fosfaattipitoisuus.  $\beta$ -kaseiinit ovat eniten veteen liukenemattomia kaseiineista. Ne myös sisältävät eniten proliinia. Maito saattaa myös sisältää  $\gamma$ -kaseiinia, joka on  $\beta$ -kaseiinin hajoamistuote. Sitä syntyy maidossa, kun plasmiinientsyymi pilkkoo  $\beta$ -kaseiinia.  $\gamma$ -kaseiini on ominaisuuksiltaan hyvin samankaltainen kuin  $\beta$ -kaseiini ja sen pitoisuuksiin vaikuttaa maidon ikä ja säilytyslämpötila. (Walstra ym. 1999, 87–90.)

$\kappa$ -kaseiinilla on hydrofiilinen pää, jonka pää pistää ulos misellistä. Nämä päät muodostavat misellin pintaan niin sanotun karvakerroksen. Jos kerros poistetaan misellin pinnalta esimerkiksi etanolin tai juoksutteen avulla, miselleistä tulee veteen liukenemattomia ja ne saostuvat.  $\kappa$ -kaseiinit liukenevat hydrofiilisen pään takia mieluusti veteen. Koska  $\kappa$ -kaseiinit sijaitsevat pääasiassa misellien reunoilla, ne hallitsevat vesiliukoisuuden osalta koko miselliä. Vaikka siis  $\alpha_s$ - ja  $\beta$ -kaseiinit ovat veteen liukenemattomia, miselli on kolloidisena kokonaisuutena vesiliukoinen  $\kappa$ -kaseiinin hallitsevan ominaisuuden vuoksi. (Bylund 2003, 28–29.)

### 2.3.2 Heraproteiinit

Heraproteiineista käytetään myös nimitystä seerumiproteiinit. Ne muodostavat noin 20 % maidon proteiineista. Heraproteiineja ovat  $\alpha$ -laktalbumiini,  $\beta$ -laktoglobuliini sekä immunoglobuliinit.  $\alpha$ -laktalbumiini on tyypillinen heraproteiini, jolla on tärkeä osa laktoosin synnyssä nisäkään utareessa. Sen sijaan  $\beta$ -laktoglobuliinia löytyy vain kario- ja sorkkaeläinten maidosta. Se myös kattaa suurimman osan lehmänmaidon heraproteiineista. Immunoglobuliinit ovat tiettyjen antigeenien vaikutuksesta syntyneitä vasta-aineita. Niitä ei löydy suuria määriä lehmänmaidosta lukuun ottamatta ternimaitoa, jossa vasta-aineita on runsaasti. Immunoglobuliinien kaltaisia proteiineja ovat mm. laktoferriini ja laktoperoksidaasi. Esimerkiksi laktoferriinillä on *B. stearothermophiluksen* ja *B. subtiliksen* kasvua inhiboiva vaikutus. (Bylund 2003, 31.)

Suurin osa heraproteiineista esiintyy pallomaisessa muodossa. Niillä on yleensä tiiviisti laskostuneet peptidiketjut ja ne ovat todella vesipakoisia. Ne kuitenkin ovat maidossa liuenneessa muodossa. Maitoa kuumennettaessa heraproteiineista tulee liukenemattomia. Tämä ei aiheuta proteiinien flokkuloitumista vaan proteiinit saostuvat kaseiinimisellien pinnalle ja pysyvät siinä hajallaan. Kuitenkin esimerkiksi ternimaito, joka sisältää paljon heraproteiineja, muodostaa geelin sitä kuumennettaessa. (Walstra ym. 1999, 82.)

### 2.3.3 Entsyymit

Entsyymit ovat proteiineja, jotka laukaisevat kemiallisia reaktioita. Ne vaikuttavat myös reaktioiden kulkuun ja nopeuteen. Entsyymit toimivat niin sanottuina biokatalyytteinä reaktioissa, sillä ne eivät itse kulu reaktioissa. Entsyymit vaativat tietynlaiset olosuhteet, jotta ne pystyvät toimimaan katalyytteinä reaktioille. Ihanteellinen lämpötila entsyymien toiminnalle on 25–50 °C. Kun lämpötilaa nostetaan reilusti 50–120 °C:een, alkavat entsyymit denaturoitua lähes kokonaan ja näin ollen ne inaktivoituvat eli eivät pysty enää toimimaan. Entsyymien inaktivoitumiseen vaadittava lämpötila on riippuvainen entsyymistä. Myös optimi-pH:lla on vaikutusta entsyymien toimintaan. (Bylund 2003, 33.)

Entsyymit maitoon tulevat joko lehmän utareesta erittyneinä tai bakteereiden mukana. Entsyymit, jotka tulevat mikrobien mukana, voivat olla kiinnittyneinä bakteeriin, mikrobi voi erittää entsyymejä tai entsyymit voivat vapautua liukseen vasta mikrobin hajotessa. Maidossa luontaisesti esiintyvät entsyymit sijaitsevat yleensä kiinnittyneinä rasvapalloksen membraaniin. Muut entsyymit sen sijaan löytyvät dispergoituneena maidon vesiosasta, mutta osa niistä voi olla liittyneenä kaseiinimiselleihin kuten lipo-proteiini lipaasi. (Kalaja & Manninen 2007, 37; Walstra ym. 1999, 91.)

Maidosta on löydetty noin 50 erilaista entsyymiä. Suurella osalla maidon entsyymeistä ei kuitenkaan ole biologista merkitystä eivätkä ne muuta maitoa, vaikka niitä olisi suurina pitoisuuksina. Käytännön kannalta tärkeimpiä maidossa esiintyviä entsyymeitä ovat katalaasi, laktoperoksidaasi,

lipaasi, proteinaasi ja fosfataasi. (Kalaja & Manninen 2007, 37–38; Walstra ym. 1999, 91.)

Katalaasientsyymiä löytyy terveestä maidosta luonnostaan vähäisiä määriä, mutta sen sijaan utaretulehdusmaidosta sitä löytyy runsaasti. Katalaasin esiintyvyyttä voidaankin hyödyntää utareterveyden tarkkailussa. Maidossa katalaasi auttaa hajottamaan soluissa kemiallisten reaktioiden sivutuotteena syntyvää haitallista vetyperoksidia. Katalaasin vetyperoksidin hajotustyössä syntyy vettä ja happea. (Kalaja & Manninen 2007, 38.)

Maidossa laktoperoksidaasi kuljettaa happea vetyperoksidista helposti haptetuville yhdisteille eli se toimii katalyyttinä monien yhdisteiden hapetumiselle. Laktoperoksidaasin esiintymistä maidossa voidaan hyödyntää pastöroinnin onnistumisen toteamiseen, sillä laktoperoksidaasi tuhoutuu yli 80 °C:een lämpötilassa. Testiä kutsutaan peroksidaasikokeeksi. Jos pastörointi on onnistunut, maito ei sisällä yhtään laktoperoksidaasientsyymiä. (Kalaja & Manninen 2007, 38; Walstra ym. 1999, 94.)

Lipaasi aiheuttaa maidon rasvan hajoamista glyseroliksi ja rasvahapoiksi. Vapaat rasvahapot aiheuttavat maitoon härskiintynyttä makua. Maidossa luontaisesti esiintyvä lipaasi saadaan tuhottua matalapastöroinnin avulla lähes kokonaan. Laatuongelmia voi kuitenkin aiheutua, jos maitoon on päässyt bakteerien tuottamaa lipaasia, joka on lämmönkestävää eikä näin ollen tuhoudu pastöroinnissa. (Kalaja & Manninen 2007, 38.)

Alkaalinen fosfataasi katalysoi tiettyjen fosforihappestereiden hajoamista fosforihapoksi ja alkoholiksi. Alkaalinen fosfataasi tuhoutuu normaalissa pastöroinnissa (72 °C/15–20 sekuntia). Alkaalisen fosfataasin esiintyvyyttä testaavalla fosfataasikokeella voidaan varmistaa pastöroinnin onnistuminen. Koska fosfataasi esiintyy maidossa rasvapallosten membraanissa, voidaan fosfataasitestiä pitää luotettavampana mittarina pastöroinnin onnistumiselle rasvaisilla tuotteilla kuin esimerkiksi rasvattomalla maidolla (Walstra 1999, 96). (Bylund 2003, 33; Kalaja & Manninen 2007, 38.)

Proteinaasit kuuluvat entsyymiryhmään, jotka pilkkovat hydrolysoimalla proteiineja olosuhteiden ollessa sopivat. Proteinaasit ovat maidossa liittyneinä kaseiinimiselleihin. Yleensä maidossa olevien proteinaasien aktiivisuus kasvaa ajan kuluessa ja lämpötilan noustessa. Maito sisältää proteaasien toimintaa inhiboivia yhdisteitä. Kuitenkin lämpötilan noustessa, esimerkiksi pastöroitaessa, inhiboivat yhdisteet inaktivoituvat ja proteaasit pääsevät pilkkomaan proteiineja. (Damodaran ym. 2008, 896; Walstra ym. 1999, 96.)

### 2.4 Maidon vitamiinit, suolat ja kivennäisaineet

Maito sisältää kaikkia tunnettuja vitamiineja. Niistä vesiliukoiset B-ryhmän vitamiinit ja C-vitamiinit löytyvät maidon vesiosasta. Sen sijaan rasvaliukoiset A-, D-, E-, ja K-vitamiinit ovat maidon rasvaosaan kiinnittyneinä. Maito sisältää runsaasti A-vitamiinia ja beetakaroteenia, joka on A-vitamiinin esiaste. Myös B-ryhmän vitamiineja löytyy runsaasti maidosta. (Kalaja & Manninen 2007, 40.)

Maidosta noin 0,7 % on kivennäisaineita. Niitä pidetään elimistölle välttämättöminä ravintoaineina, joita on saatava ruoan mukana. Maito sisältää fosforia, kaliumia, kalsiumia, klooria, magnesiumia, natriumia ja rikkiä. Maidossa kivennäisaineista suurin pitoisuus (120 mg/100 g) on kalsiumilla. (Kalaja & Manninen 2007, 40.)

### 3 MAIDON FYSIKAALISET OMINAISUUDET

Maidon fysikaalisia ominaisuuksia ovat ulkonäkö, tiheys, osmoottinen paine, jäätymispiste, happamuus ja viskositeetti. Fysikaaliset ominaisuudet yhdessä kemiallisen rakenteen kanssa säätelevät maidon käyttäytymistä eri olosuhteissa (Milk Works n.d.). Prosessin suunnittelun kannalta tuotteen fysikaalisilla ominaisuuksilla on suuri merkitys.

#### 3.1 Ulkonäkö

Maito on läpinäkymätöntä ja näyttää valkoiselta. Läpinäkymättömyys johtuu maidossa olevista komponenteista: rasvasta, proteiineista ja kivennäisaineista. Maidon väri vaihtelee valkoisesta kellertävään. Maidon rasvapalloset ja kaseiinimisellit heijastavat maitoon tulevat valonsäteet takaisin, mikä saa maidon näyttämään valkoiselta. Kuitenkin maidon tai kerman rasvapitoisuuden noustessa myös nesteen kellertävyys lisääntyy, mikä johtuu rasvaan sitoutuneesta A-vitamiinin esiasteesta beetakaroteenista. Sen sijaan rasvaton maito on paljon läpinäkyvämpää ja omaa hieman sinertävän värin. (Bylund 2003, 40; Kalaja & Manninen 2007, 43.)

#### 3.2 Tiheys

Maidon tiheys vaihtelee yleensä 1,028 ja 1,038 g/cm<sup>3</sup> välillä. Se on kuitenkin riippuvainen maidon kemiallisesta koostumuksesta. Tiheyteen vaikuttavat myös maidon lämpötila ja ilmapitoisuus. Maidon tiheys voidaan laskea kaavan 1 avulla. Kun halutaan tarkkailla esimerkiksi nestemäisten maitotuotteiden painoa tai muuttaa maitoraaka-aineen taloudellisen käytön seurannassa litroja kiloiksi, tarvitaan tietoa maidon tiheydestä. (Bylund 2003, 40; Kalaja & Manninen 2007, 42.)

$$d = \frac{100}{\frac{F}{0,93} + \frac{SNF}{1,608} + VESI} \text{ g/cm}^3 \quad (1),$$

jossa d = tiheys, kun lämpötila on 15,5 °C

F = rasvaprosentti

SNF = rasvaton kuiva-aine prosentteina

VESI = 100 – F – SNF

Liitteessä 1 on laskettu eri tuotteille tiheyksiä. Kevytmaidolle laskettu tiheys on 1,033 g/cm<sup>3</sup>, täysmaidolle 1,032 g/cm<sup>3</sup> ja kuohukermalle 1,026

$\text{g/cm}^3$ . Tuloksien perusteella voidaan todeta, että rasvapitoisuuden kasvaessa tuotteen tiheys pienenee.

### 3.3 Osmoottinen paine

Osmoottinen paine riippuu maidon molekyylien tai partikkelien määrästä eikä niinkään liuoksen painosta. Mitä pienempiä molekyylit ovat, sitä suurempi osmoottinen paine liuoksessa on. Maidon osmoottinen paine pysyy huomattavan vakaana, vaikka maidon koostumus vaihtelisikin. (Bylund 2003, 41.)

### 3.4 Jäätymispiste

Maidon jäätymispiste vaihtelee  $-0,52\text{ °C}$ :een ja  $-0,55\text{ °C}$ :een välillä. Maidon jäätymispiste riippuu maidon vesiosan sisältämistä kivennäisaineista, laktoosista ja proteiineista. Nämä saavat maidon jäätymispisteen alhaisemmaksi kuin puhtaan veden. Veden lisääminen maidon joukkoon laskee jäätymispistettä. Tämän takia jäätymispisteen alenemaa seuraamalla voidaan todeta maitoon tehdyt vesilisäykset. Myös maidon laktoosin hydrolyysiä voidaan seurata kryoskoopilla tehtävällä jäätymispisteen mittauksella, sillä myös laktoosin pilkkoutuminen laskee maidon jäätymispistettä. Sen sijaan maidon altistaminen korkealle lämpötilalle kuten UHT-tuotteiden valmistuksessa tai steriloinnissa saattaa nostaa maidon jäätymispistettä. Tämä johtuu korkean lämpötilan aiheuttamasta fosfaattien saostumisesta. (Bylund 2003, 41; Kalaja & Manninen 2007, 43.)

### 3.5 Happamuus

Maidon happamuus riippuu liuoksen vapaiden vetyionien  $[H^+]$  konsentraatiosta. Tätä ominaisuutta kuvataan pH:lla ja se saadaan selville kaavan 2 avulla, kun liuoksen vetyionikonsentraatio on tiedossa. Neutraalin liuoksen pH on noin 7. Tällöin liuoksessa on yhtä paljon vetyioneja ja hydroksyyli-ioneja  $[OH^-]$ . Maidon pH vaihtelee yleensä 6,5 ja 6,7 välillä, kun lämpötila on  $25\text{ °C}$ . Liuoksen pH on hyvin riippuvainen lämpötilasta. Mitä korkeammaksi lämpötila nousee, sitä matalammaksi pH laskee. (Bylund 2003, 41; Kalaja & Manninen 2007, 42.)

$$pH = -\log[H^+] \quad (2)$$

Maidon happamuutta voidaan mitata myös titraamalla maitoa natriumhydroksidilla. Tässä menetelmässä mittaus perustuu liuoksen värimuutokseen, joka tapahtuu, kun on saavutettu pH-arvo 8,4. Menetelmässä 100 millilitraan maitoa lisätään muutama tippa fenoliftaleiinia indikaattoriksi ja liuokseen lisätään natriumhydroksidia, kunnes liuoksen väri muuttuu valkoisesta pinkiksi. Titrauksessa kuluneen natriumhydroksidin määrän avulla voidaan laskea maidon happamuus Soxhlet&Henkel-asteina ( $^{\circ}\text{SH}$ ). Tuoreen maidon happamuus on noin  $7\text{ }^{\circ}\text{SH}$ . (Bylund 2003, 42; Kalaja & Manninen 2007, 42; Walstra ym. 1999, 11.)

Yleensä titrattavaa happamuutta mitataan hapatetuista maitovalmisteista kuten piimistä. Tällöin titraamalla piimää mitataan periaatteessa tuotteessa syntynyttä maitohappoa, jota muodostuu maitohappobakteerien toimesta. Titrattava happamuus on riippuvainen liuoksen lämpötilasta. Kerman titrattava happamuus on matalampi kuin maidolla, sillä rasvapalloset eivät juurikaan vaikuta happamuuteen. Kuitenkin lipaasin aiheuttama lipolyysi eli vapaiden rasvahappojen muodostuminen lisää varsinkin korkearasvaisten kermojen titrattavaa happamuutta. (Walstra ym. 1999, 10–12.)

### 3.6 Viskositeetti

Nesteiden juoksevuutta määrittävä ominaisuus on viskositeetti. Sillä tarkoitetaan nesteen sisäistä kitkaa. Maidon viskositeettiin vaikuttavat sen rasvapitoisuus sekä lämpötila. Myös maidon hapattaminen vaikuttaa sen viskositeettiin. Hapatettu maito on viskoosimpaa kuin hapattamaton. Mitä korkeampi lämpötila tuotteessa on, sitä pienempi viskositeetti sillä on. Sen sijaan rasvan määrä lisää tuotteen viskositeettia. Viskositeetilla on suuri vaikutus prosessin laitteistojen suunnitteluun, sillä putkistovastukset ovat riippuvaisia tuotteen viskositeetista. (Hautala & Peltonen 2011, 121; Kalaja & Manninen 2007, 43; Walstra 2006, 174.)

## 4 PROSESSOINNIN VAIKUTUS MAITTOON

Maidon rakenne muokkaantuu sitä prosessoitaessa. Maidossa voi tapahtua muutoksia varastoinnin aikana. Myös kuljetukset putkistossa ja sekoitukset muokkaavat tuotetta. Suurimpia muutoksia maidon rakenteeseen aiheuttavat erilaiset lämpökäsittelyt. Prosessointi voi vaikuttaa tuotteen kemiallisiin, fysikaalisiin sekä mikrobiologisiin ominaisuuksiin. Tässä luvussa käsitellään vain muutoksia maidon ja kerman kemiallisissa ja fysikaalisissa ominaisuuksissa. (Bylund 2003, 36 – 37; Walstra, Wouters & Geurts 2006, 226–227.)

### 4.1 Varastoinnin aikana tapahtuvat muutokset

Varastoinnin aikana suurimpia maitoon kohdistuvia muutoksia ovat hapettuminen ja lipolyysi. Rasvan hapettuminen aiheuttaa maitoon metallista sivumakua. Hapettumisen alkamista kiihdyttävät maitoon liuennut happi ja maidon altistaminen valolle. Myös rauta- ja kuparisuolat maidossa aiheuttavat samaa. Hapettuminen tapahtuu yleensä tyydyttymättömien rasvahappojen kaksoissidoksissa. Happea liukenee maidon joukkoon eniten matalissa lämpötiloissa, joten rasvan hapettumista voidaan estää maidon korkeapastöroinnilla. Tällöin syntyy hapettumista vähentäviä sulfhydryyli-ryhmiä (-SH). Eniten rasvan hapettumisesta aiheutuvaa sivumakua esiintyy talvisin. Se johtuu osittain ympäristön matalammasta lämpötilasta ja lehmien erilaisesta ravinnosta verrattaessa kesään. Kesällä lehmien ravinto

sisältää enemmän A- ja C-vitamiineja, jotka lisäävät pelkistävien yhdisteiden määrä maidossa, mikä puolestaan vähentää hapettumista. (Bylund 2003, 36.)

Varastoinnin aikana voi tapahtua proteiinien hapettumista, kun tuote joutuu alttiiksi valolle. Se aiheuttaa tuotteeseen valonmakua. Makuvirhe aiheutuu, kun metioniini muuttuu riboflaviinin (B<sub>2</sub>-vitamiinin) ja askorbiinihapon (C-vitamiinin) monimutkaisesta vaikutuksesta metionaaliksi. Proteiinien rakenne vaikuttaa olennaisesti sivumakujen mahdolliseen esiintymiseen, sillä metioniinia ei löydy maidosta sellaisenaan vaan ainoastaan proteiinien komponenttina. On todettu, että maidon homogenointi lisää sivumaun esiintymisen riskiä, kun tuote altistuu valolle. Myös valon voimakkuudella sekä sille altistumisen kestolla on vaikutusta tuotteeseen mahdollisesti aiheutuvaan sivumakuun. Valon aiheuttamaa hapettumista voidaan hyvin estää pakkaamalla tuote oikeanlaiseen, läpinäkymättömään pakkaukseen. (Bylund 2003, 37; Walstra ym. 1999, 104.)

Maidossa luontaisesti esiintyvä tai mikrobiperäinen lipaasientsyymi aiheuttaa maidossa lipolyysia varastoinnin aikana. Lipolyysillä tarkoitetaan reaktiota, jossa rasva hajoaa glyseroliksi ja vapaiksi rasvahapoiksi. Varsinkin vapaat voi- ja kapronihapot aiheuttavat maitoon eltaantunutta hajua ja makua. Lipaasientsyymien toimintaa lisää maidon korkea säilytyslämpötila. Lipaasientsyymi ei kuitenkaan pääse hajottamaan rasvaa, jos rasvapallostien membraani on täysin ehjä. Esimerkiksi maidon pumppaus ja sekoitus saattavat saada aikaan rasvan membraanin hajoamista, mikä edesauttaa lipolyysin alkamista. Tästä syystä raakamaidon turhaa liikuttelua tulisi välttää. Maidon luontainen lipaasientsyymi saadaan tuhottua kokonaan korkeapastöroinnissa, mutta mikrobiperäinen lipaasi vaatii UHT-käsittelyä. (Bylund 2003, 37; Kalaja & Manninen 2007, 38.)

Maidon kuljetus putkistossa voi muokata sitä. Varsinkin, jos kuljetuksen aikana esiintyy liiallista leikkausnopeutta ja turbulenttista virtausta, voi esiintyä ns. klimppiintymistä. Erityisesti kermassa muodostuu helposti tällaisia rasvakokkeita. Tämän takia kerman kuljetusta ohuissa ja paljon virtausvastuksia sisältävässä putkistossa tulisi välttää. (Walstra ym. 1999, 186.)

### 4.2 Lämpökäsittelyjen aiheuttamat muutokset

Kun maitoa lämpökäsitellään, sillä voi olla vaikutuksia moniin maidon kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Mitä korkeampi lämpötila ja pidempi kesto lämpökäsittelyssä ovat, sitä isompia tuotteessa tapahtuvat muutokset ovat (Bylund 2003, 37). Maidon lämpökäsittelyn aiheuttamat muutokset voivat olla palautuvia tai palautumattomia. Luvussa 2.2 esille tullut laktoosin mutarotaatio on esimerkki palautuvasta reaktiosta, joka on riippuvainen tuotteen lämpötilasta. (Walstra ym. 1999, 190–191.)

Lämpökäsittelyn yhteydessä maidosta voi osittain poistua kaasuja, mikäli ne pääsevät prosessilaitteistoista pois. Kun happea (O<sub>2</sub>) poistuu kuumentamisen ansiosta, vähenee myös sen hapettava vaikutus maidossa. Kaasujen



määrän väheneminen maidosta on palautuva reaktio, mutta melko hidas sellainen. (Walstra ym. 2006, 226.)

Maidon värissä tapahtuu muutoksia kuumennuksen aikana. Ensin väri alkaa näyttää valkoisemmalta, mikä johtuu luultavasti kolloidisen fosfaatin määrän lisääntymisestä ja kalsiumionikonsentraation vähenemisestä. Lämpökäsittelyn intensiivisyydestä riippuen maito saattaa alkaa lopulta saada ruskeaa väriä, mikä johtuu Maillardin reaktiosta. Siinä on kyse proteiinien ja laktoosin välisistä reaktioista, jotka muuttavat myös maidon makua. Maun muuttumiseen vaikuttavat myös heraproteiinien denaturoituminen.  $\beta$ -laktoglobuliini on hyvin lämpöherkkä ja se alkaa denaturoitua jo 65 °C:ssa. Sen denaturoituessa, kuten muidenkin rikkiptoisten proteiinien, muodostuu rikkiptoisia yhdisteitä, jotka saavat aikaan ns. keitetyn makua maitoon. (Bylund 2003, 38; Walstra ym. 2006, 226–228.)

Maillardin reaktion lisäksi laktoosi isomeroituu lämpötilan vaikutuksesta laktuloosiksi. Mitä intensiivisempi lämpökäsittely on, sitä enemmän maitoon muodostuu laktuloosia. Näin ollen pastöroitu maito, UHT-maito ja steriloitu maito sisältävät eri pitoisuudet laktuloosia. (Bylund 2003, 39; Kalaja & Manninen 2007, 39.)

Maidon lämpökäsittely lisää entisestään kiinteiden ns. kermakökköjen muodostumista maitoon. Maidon homogoinnilla voidaan estää näiden syntymistä. Kuitenkin rasvakerääntymiä voi muodostua maitoon homogoinnista huolimatta, kun maitoa kuumennetaan 105 °C:n ja 135 °C:n välillä. Tässä lämpötilassa rasvapallon membraanin läpäisevyys (permeabiliteetti) kasvaa, jolloin rasvaa pääsee ulos membraanin lävitse. Vapautunut rasva ns. liimaa rasvapallosia yhteen, milloin niistä muodostuu pysyviä rykelmiä. Kun lämpötilat nousevat yli 135 °C:n, rasvapallon membraanissa olevat proteiinit muodostavat verkon, joka pienentää membraanin permeabiliteettia. Tällöin rykelmiä ei pääse muodostuman niin paljon. (Bylund 2003, 37–38.)

Koska rasva on muutoin melko lämpöstabiili, pysyvät rasvaliukoisten vitamiinien konsentraatit lähes muuttumattomina lämpökäsittelyiden jälkeen. Lämpökäsittelyt vähentävät vesiliukoisten B- ja C-vitamiinien konsentraatioita maidossa. Tällä on kuitenkin vain vähäistä vaikutusta maidon ravitsemukselliseen arvoon. (Bylund 2003, 39.)

Maidon lämpökäsittelyllä voidaan inaktivoida entsyymejä. Inaktivoitumiseen vaadittavat lämpötilat ovat riippuvaisia entsyymistä. Luvussa 2.3.3 Entsyymit on käsitelty enemmän, millaisia lämpötiloja vaaditaan eri entsyymien inaktivoimiseen. (Bylund 2003, 38.)

## 5 NESTEIDEN VIRTAUS

Nesteiden virtaukseen putkistoissa vaikuttaa monia asioita. Virtaukseen olennaisesti vaikuttavat virtaavan aineen ominaisuudet, kuten esimerkiksi viskositeetti. Putkistossa sijaitsevat venttiilit ja muut virtausvastukset antavat virtausnopeuden kanssa virtaukselle laminaarisia ja turbulenttisia

ominaisuuksia tilanteesta riippuen. Myös pumpuilla on vaikutusta virtaukseen lisäämällä painetta ja virtauksen nopeutta. (Berk 2009, 27–52.)

### 5.1 Virtausdynamiikka

Fluidien virtausdynamiikassa perehdytään nesteiden virtaukseen ja sen lajeihin. Nesteet saavuttavat erilaisia virtaustiloja putkistossa. Fluidin sen hetkiseen virtaustilaan vaikuttavat massavirta, fluidin tiheys ja viskositeetti sekä putkiston rakenne. Nämä tekijät on otettu huomioon Reynoldsin luvussa, joka lasketaan kaavan 3 avulla. (Berk 2009, 28–29; Pulli 2009, 19.)

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu} \quad (3),$$

jossa  $D$  = putken halkaisija (m)

$v$  = keskimääräinen virtausnopeus (m/s)

$\rho$  = fluidin tiheys ( $\text{kg/m}^3$ )

$\mu$  = fluidin viskositeetti (Pas)

Kun Reynoldsin luku on pienempi kuin 2100, on virtauksen todettu olevan silloin laminaarista. Kun  $Re > 3000$ , on virtaus turbulenttista. Jos Reynoldsin luvuksi saadaan jotakin edellä mainittujen lukemien väliltä, on virtauksella kummankin virtauslajin ominaisuuksia. (Hautala & Peltonen 2011, 126.)

Virtaustiloja voidaan myös jaotella muillakin perusteilla, kuin Reynoldsin luvun mukaisesti laminaariseen ja turbulenttiin virtaukseen. Virtaustilat voivat olla vakaita tai epävakaita, stationäärisiä tai epästationäärisiä tai jopa kriittisiä. Yksi virtaustila ei kuitenkaan sulje toista virtaustilaa pois vaan niistä monta voi olla läsnä yhtäaikaaisesti. Epävakaassa virtaustilassa virtausnopeudet vaihtelevat tarkasteltavassa putkiosassa, ja virtaamatila on ajasta riippuvainen. Erilaiset muutokset virtauksessa aiheuttavat epävakaa virtaustilan. Virtaukseen vaikuttavat esimerkiksi venttiilien asennon muuttaminen tai pumppujen pysäytys ja käynnistys. Vakaassa virtaamatilassa muutosten aiheuttamat virtaamanvaihtelu tai paineaaltoilu ovat loppuneet kokonaan tai ne ovat niin vähäisiä, että niillä ei ole juurikaan vaikutusta. Kuitenkin todellisuudessa putkistossa on aina jotakin muutosta aiheuttavaa, joten täysin vakaata tilaa ei käytännössä voi saavuttaa. (Pulli 2009, 20.)

Laminaarisessa virtauksessa fluidin liike kohdistuu vain yhteen suuntaan, ja sen takia sitä kutsutaan myös pyörteettömäksi virtaukseksi. Elintarviketeollisuudessa tuotteiden virtaukset ovat usein laminaarisia, jos virtausnopeudet ovat kohtalaisen alhaisia ja tuotteiden viskositeetit suhteellisen korkeat. (Berk 2009, 29; Hautala & Peltonen 2011, 113.) Turbulenttisessa virtauksessa virtauksen paikallinen hetkellinen nopeus vaihtelee satunnaisesti sekä suuruudeltaan että suunnaltaan. Turbulenttisessa virtauksessa syntyy pyörteitä, jotka aiheuttavat sekoittumista. Turbulenttinen virtaus on toivottavaa esimerkiksi putkiston CIP-pesuissa, sillä hyvään pesutulokseen

tähdittäessä laminaarinen virtaus on jokseenkin tehoton. (Berk 2009, 30; Hautala & Peltonen 2011, 127.)

### 5.2 Pumput

Ennen oli mahdollista valuttaa tuotteita putkilinjoissa painovoiman avulla. Nykyään tuotteiden laatuvaatimukset ja prosessit vaativat kehittyneempiä ratkaisuja tuotteiden siirtoon kuin ennen. Tällä hetkellä tuotteita kuljetaan pitkiä putkilinjoja pitkin pumppujen avulla. (Bylund 2003, 153.)

Pumput ovat laitteita, joilla kasvatetaan fluidin painetta energian avulla (Berk 2009, 46). Pumppuja löytyy monenlaisiin eri käyttötarkoituksiin. Pumpun tyyppiin ja koon valintaan vaikuttavat monet tekijät prosessissa. Tärkeimpiä valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat pumpattava tuote ja sen ominaisuudet kuten lämpötila, tiheys ja viskositeetti. Prosessiin haluttavalla virtausnopeudella on vaikutusta oikean pumpun valintaan kuten myös prosessissa vaikuttavilla paineilla. Näiden lisäksi pumpussa käytettyjen materiaalien sopivuus prosessiin on tärkeä valintaperuste. (Bylund 2003, 153.)

Meijereissä yleisimpiä pumppuja ovat keskipakopumput, nesterengaspumput ja positiivipumput. Yleensä keskipakopumppuja käytetään tuotteilla, jotka ovat matalaviskoosisia eivätkä sisällä paljoa ilmaa. Nesterengaspumppua sen sijaan käytetään tuotteilla, jotka sisältävät paljon ilmaa. Esimerkiksi pesuaineet vaahtoavat voimakkaasti putkistossa, jolloin niitä on järkevintä pumpata nesterengaspumpulla. Positiivipumpuilla pumpataan yleensä korkeaviskoosisia tuotteita, jotka vaativat hellävaraista käsittelyä. (Bylund 2003, 153.)

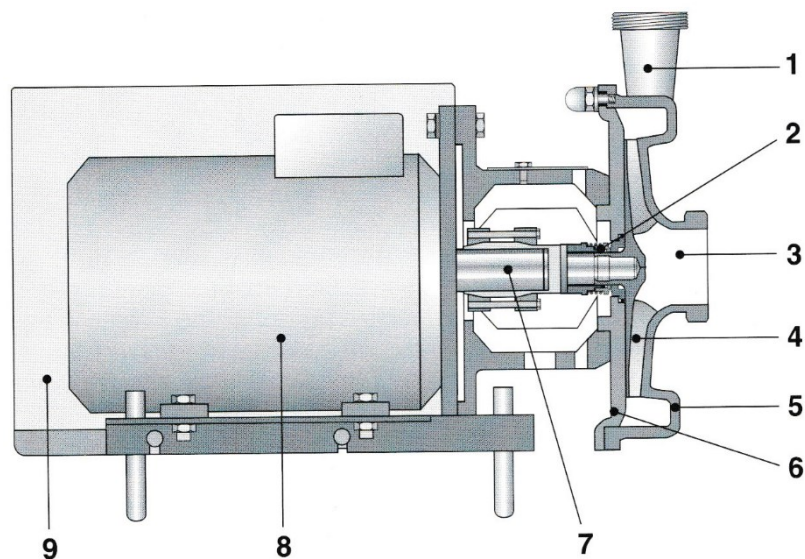
Pumput on järkevintä sijoittaa mahdollisimman lähelle tankkia tai laitetta, josta tuotetta on tarkoitus pumpata eteenpäin. Reittiä tankista pumppuun kutsutaan imulinjaksi, jonka tulisi olla mahdollisimman suora niin, ettei matkan varrella ole juuri mutkia tai venttiileitä. Pumpun kavitaatoriskiä voidaan pienentää myös leventämällä imulinjan putkihalkaisijaa muuhun putkistoon nähden. Pumpun ulostuloreittiä sanotaan pumpun painepuoleksi. Painepuolelle jakelulinjaan on järkevää asentaa kuristusventtiili, jolla voidaan säätää pumpulta tulevaa virtausta. Painepuolelle asennetulla takaiskuventtiilillä voidaan estää nesteen takaisin valuminen pumppuun. Venttiilit on aseteltu yleensä niin, että takaiskuventtiili on sijoitettu pumpun ja kuristusventtiilin väliin. (Bylund 2003, 154.)

Kavitaatio saattaa hankaloittaa pumppujen toimintaa. Sillä tarkoitetaan tilannetta, jossa imupuolen paine on pienempi kuin pumpattavan fluidin höyrynpaine. Tällöin nesteeseen muodostuu höyrykuplia, jotka kondensoituvat nopeasti nesteen jatkaessa matkaa pumpun juoksupyörää kohti. Höyrykuplien romahdus aiheuttaa pamahtavan äänen pumpussa, mistä kavitaatio voi tunnistaa. Kavitaatio aiheuttaa pumpun paineen ja tehokkuuden laskua. Myös pumpun sisämateriaalit saattavat kolhiintua varsinkin, jos materiaali on erityisen herkkää. Jos kavitaatio lisääntyy, lakkaa lopulta pumppukin toimimasta. Varsinkin viskoosien tai haihtuvien tuotteiden pumppaus lisää kavitaatoriskiä. Sitä voidaan pienentää pitämällä huoli, et-

tä pumpun imupuolella tapahtuu vain pieni paineenpudotus. Se voidaan saavuttaa, kun putken halkaisija on suuri, imuputki on lyhyt ja siinä on mahdollisimman vähän mutkia ja venttiileitä. Myös korkealla imupaineella ja matalalla fluidin lämpötilalla voidaan vähentää kavitaation riskiä. (Bylund 2003, 154.)

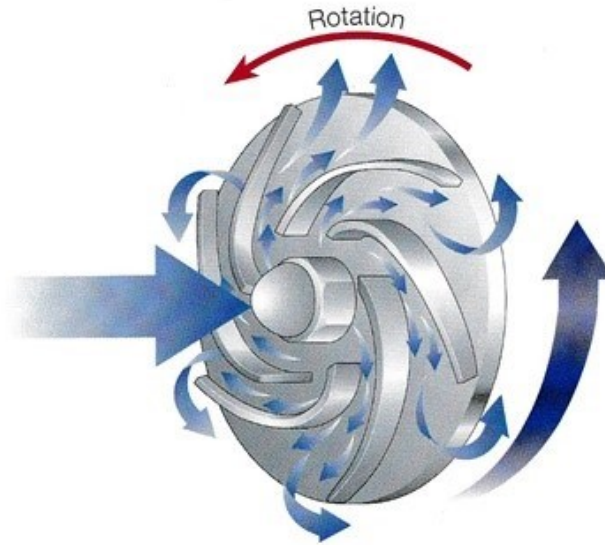
### 5.2.1 Keskipakopumput

Keskipakopumppu (kuvassa 3) on tunnetuin ja eniten käytössä oleva kiineellinen pumppu. Keskipakopumpuissa neste ohjataan pumpun pesään imuputken kautta juoksupyörän keskelle. Sieltä neste ohjautuu juoksupyörän pyöriessä keskipakovoiman vaikutuksesta juoksupyörän reunalle. Sieltä neste ohjautuu pumpun painepuolen kautta ulos jakelulinjaan. (Berk 2009, 46; Bylund 2003, 157.)



Kuva 3. Keskipakopumpun rakenne. Numeroidut kohdat tarkoittavat seuraavia: 1 pumpun jakelulinja, 2 akselintiviste, 3 imulinja, 4 juoksupyörä, 5 pumpun kotelo, 6 takalevy, 7 moottoriakseli, 8 moottori ja 9 ruostumattomasta teräksestä valmistettu suoja ja äänieriste. (mukaeltu Bylund 2003, 153.)

Keskipakopumppu ei ole itseimevä, joten imulinja ja pumpun pesä on täytettävä ensin nesteellä, jotta tarvittava imupaine saadaan aikaiseksi. Keskipakopumpun juoksupyörä sisältää siipiä, joiden väleihin syötetty neste sinkoutuu sen kulkeutuessa pumpun pesään. Siivet ovat yleensä taaksepäin kaarevia, mutta ne voivat olla myös suorina, varsinkin pienen kapasiteetin pumpeissa. Kuvassa 4 (s. 16) on kuvattu, kuinka neste virtaa juoksupyörässä. Keskipakovoiman ja juoksupyörän pyöriksen ansiosta nesteeseen saadaan luotua korkeampi lähtöpaine verrattuna sen tulopaineeseen. (Berk 2009, 46; Bylund 2003, 157.)



Kuva 4. Keskipakopumpussa neste tulee juoksupyörään sen keskikohdasta ja leviää keskipakovoiman vaikutuksesta juoksupyörän sivuille (Bylund 2003, 157).

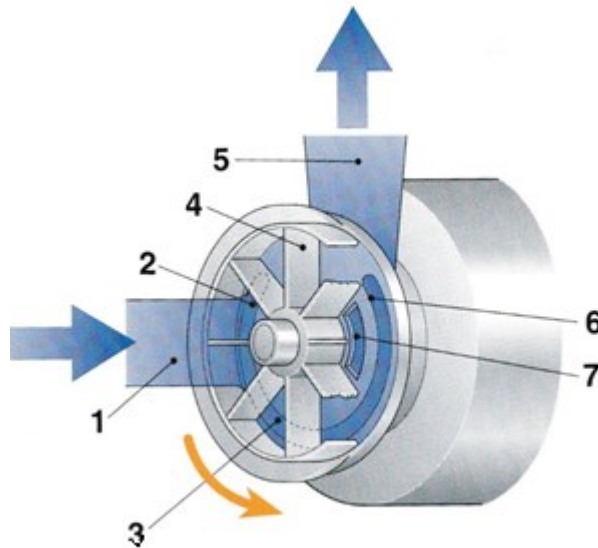
Keskipakopumppuja on olemassa erilaisia versioita. Perinteinen keskipakopumppu on yleisin ja halvin malli. Sitä käytetään yleensä matalaviskosisten tuotteiden kuten maidon pumppaukseen. Keskipakopumppu, jossa on korkea imupaine, soveltuu esimerkiksi suodatusprosesseihin, joissa vaaditaan korkeaa tulo puolen imupaineita. Monivaiheinen keskipakopumppu sisältää useampia vaiheita ja se toimii periaatteessa samalla tavalla kuin sarjaan kytketyt yksittäiset pumput. Tällaisilla pumpuilla saadaan aikaiseksi korkeampi ulostulopaine, mutta se on lähinnä pienen kapasiteetin pumppu. Itseimevät pumput on suunniteltu nesteille, jotka sisältävät paljon ilmaa. Esimerkiksi kiertopesujen (CIP) palautusvedet on hyvä esimerkki vaahtoavasta nesteestä, joka vaatii erityistä pumppausta. Itseimevään keskipakopumppuun on lisätty säiliö, t-muotoinen putkimutka ja muutama takaiskuventtiili verrattuna perinteiseen keskipakopumppuun. Näiden lisäysten avulla saadaan aikaiseksi vakuumi, joka saa eroteltua ilmakuplat nesteen joukosta. Itseimevä keskipakopumppu pystyy toimimaan myös perinteisen keskipakopumpun tavoin, kun pumpattava neste ei sisällä ilmaa. (Bylund 2003, 158.)

Pumpun aikaansaamaa virtausta voidaan kontrolloida esimerkiksi käyttämällä kuristusventtiileitä, pienentämällä juoksupyörän halkaisijaa tai säättämällä moottorin pyörimisnopeutta. Kaikista yksinkertaisinta on asettaa kuristusventtiili pumpun ulostulolinjaan. Kuristusventtiilien avulla saadaan muutettua painetta ja virtausnopeutta juuri halutun laisiksi, mutta se on melko epätaloudellinen keino. Virtausnopeutta voidaan myös vähentää valitsemalla pumppuun halkaisijaltaan pienempi juoksupyörä. Tämä on virtauksen säätöön kuristusta taloudellisempi keino, mutta vähemmän joustava. Moottorin nopeuden säätäminen on sen sijaan sekä joustava että

taloudellinen säätötapa. Virtauksen painetta ja kapasiteettia saadaan kasvatettua, kun moottorin nopeutta nostetaan. Sama pätee toisin päin nopeutta laskettaessa. Kun pumpun juoksupyörää pyörittävän moottorin nopeutta lasketaan, hidastuu myös juoksupyörän nopeus ja näin ollen ei saavuteta niin suurta keskipakovoimaa. Tämä saa aikaan sen, että pumpun kapasiteetti pienenee kuten myös nesteen paine ulostulossa. (Bylund 2003, 159.)

### 5.2.2 Nesterengaspumput

Nesterengaspumpussa sisään muodostuvasta nesteestä muodostuu pyörivä nesterengas siipipyörän ja pumpun pesän välille, mistä pumpu on saanut nimensä. Nesterengaspumput sisältävät juoksupyörän, jossa on säteittäin suoria siivekkeitä. Neste ohjataan pumppuun suoraan juoksupyörälle, jonka takana seinämässä on erilaisia kanavia. Kun juoksupyörä pyörii, ensimmäisten siivekkeiden välissä olevat matalat kanavat täyttyvät nesteellä. Pyörän pyöriessä eteenpäin myös kanavat syvenevät, jolloin myös enemmän nestettä siirtyy kanaviin ja näin ollen nesteen määrä juoksupyörän siivekkeiden välissä kasvaa. Nesteen kasvanut määrä siivekkeiden välissä saa aikaan vakuumin pyörän keskiosaan, mikä saa pumpun imemään enemmän nestettä sisään pumpun pesään. Ennen kuin juoksupyörä on pyörähtänyt kierroksen ympäri, kanavat madaltuvat uudestaan. Tällöin nesteen määrä siivekkeiden välissä puolestaan vähenee. Tämä pakottaa nesteen vähitellen kohti juoksupyörän keskustaa ja nesteen painetta nostaen työntää sen ulos pumpun pesään muodostaen siellä nesterenkaan. Nesteen kulku nesterengaspumpussa on näkyvissä kuvassa 5. (Bylund 2003, 161.)



Kuva 5. Nesterengaspumpussa fluidi syötetään suoraan juoksupyörälle, joka pyörii. Kuvassa numeroinnit tarkoittavat seuraavaa: 1 imulinja, 2 matala kanava, 3 syvä kanava, 4 siipi, 5 pumpun ulostulo, 6 matala kanava ja 7 ulosmenokanava. (mukaeltu Bylund 2003, 161.)

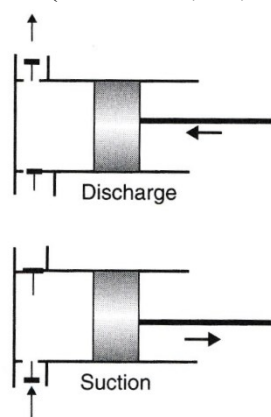
Nesterengaspumput toimivat itseimevinä pumppuina, kun puolet niiden tilavuudesta on täytetty nesteellä. Näitä pumppuja käytetään yleensä keski-

pakopumppujen tilalla, kun pumpattava tuote sisältää paljon ilmaa. Neste-  
rengaspumput soveltuvat siis hyvin pesuissa kiertopesuaineiden palautus-  
pumpuksi. Kuitenkaan nesterengaspumppu ei ole oikea pumppu hanka-  
ville aineille, sillä siinä ei ole juurikaan tilaa juoksupyörän ja pumpun pe-  
sän välillä. (Bylund 2003, 161.)

### 5.2.3 Positiivipumput

Positiivipumpuissa neste padotaan pumpun pesään, josta se työnnetään  
mekaanisesti eteenpäin. Tämä voidaan toteuttaa eri tavoilla. Markkinoilla  
onkin edestakaiseen liikkeeseen, pyörimiseen tai peristalttiseen liikkeeseen  
pohjautuvia positiivipumppuja. Edestakaista liikettä hyödyntää mm.  
mäntä- ja kalvopumput. Pyörimiseen perustuvia pumppuja ovat lohkoroot-  
tori-, ruuvi- ja hammaspyöräpumput. Peristalttisesta pumpusta hyvä esi-  
merkki on letkupumppu. (Berk 2009, 49; Bylund 2003, 162–163.)

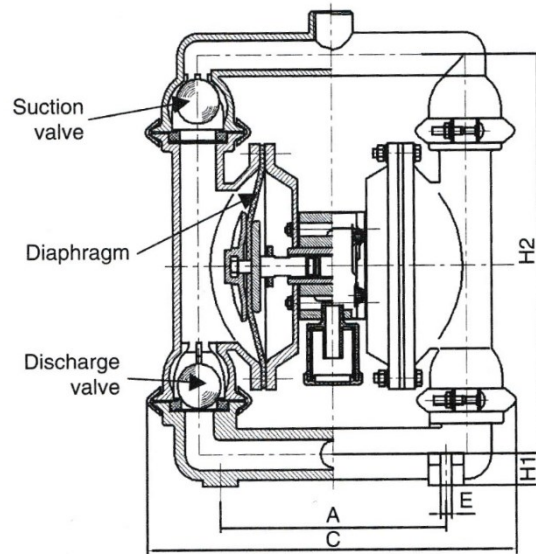
Positiivipumput syrjäyttävät toisin sanoen siirtävät eteenpäin tietyn tila-  
vuuden pumpattavaa tuotetta jokaisella kierroksella tai edestakaisessa lii-  
kkeessä riippuen pumpusta. Mäntäpumpuissa pyörivä kampiakseli saa ai-  
kaiseksi männän edestakaisen liikkeen. Kun tuotetta imetään pumppuun,  
mäntä vetäytyy taaksepäin. Kun nestettä on kerääntynyt tietty tilavuus  
pumpun pesään, mäntä työntyy eteenpäin ja puristaa nesteen ulos pumpus-  
ta. Mäntäpumpun toimintaa on esitetty kuvassa 6. Mäntäpumput soveltu-  
vat prosesseihin, joissa vaaditaan korkeaa painetta ja matalaa energianku-  
lutusta. (Berk 2009, 49; Bylund 2003, 162–163.)



Kuva 6. Alemmassa kuvassa mäntä vetäytyy taaksepäin imien samalla fluidia sisään-  
sä. Yllä olevassa kuvassa mäntä työntyy eteenpäin ja työntää fluidin ulos  
pumputta. (Berk 2009, 49.)

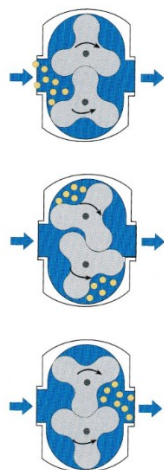
Myös kalvopumppu perustuu edestakaiseen liikkeeseen. Kalvopumpussa  
ns. mäntänä toimii kumista tai muusta elastomeerista valmistettu kalvo.  
Kalvo on toisesta sivustaan kiinni pumpun pesässä ja sitä liikutellaan eteen  
ja taakse mekaanisesti. Kuvassa 7 (s. 19) on nähtävillä kalvopumpun ra-  
kenne. Kalvon työntyessä taaksepäin kammio täyttyy nesteellä, minkä seu-  
rauksena kalvo työntyy eteen ja neste poistuu ulostuloventtiilin kautta  
pois. Imu- ja poistoventtiilit estävät nesteen takaisinvirtaamisen. Kalvo-  
pumput voidaan pumpata hankaavia partikkeleita sisältäviä tuotteita, sil-

lä kalvo estää hyvin kitkasta aiheutuvia vahinkoja. Kalvot ovat myös vaihdettavia ja suhteellisen edullisia. (Berk 2009, 50.)



Kuva 7. Kaksoiskalvopumpun rakenne. Pumpun yläosassa on imuventtiili ja alaosassa ulostuloventtiili. Elastomeerista valmistettu kalvo on osittain kiinni pumpun pesän seinämässä. (Berk 2009, 51.)

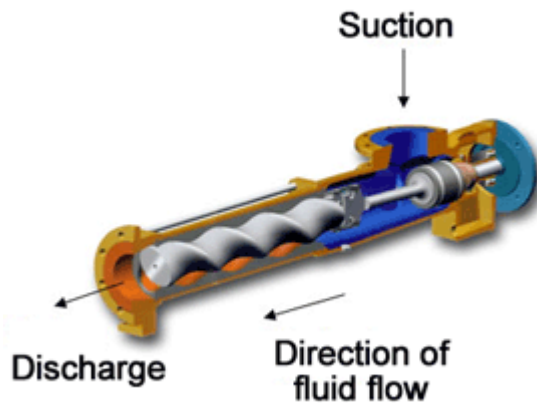
Pyörimiseen perustuva lohkoroottoripumppu sisältää kaksi pyörivää roottoria, joissa on 2–4 lohkoa. Pyörivät roottorit saavat aikaan vakuumin, joka vetää nestettä pumpun sisään. Neste kulkeutuu pyörivien roottorien avulla pumpun pesän reunoja pitkin ulos poistolinjaan. Kuten kuvasta 8 näkyy, roottorit ovat hyvin lähellä toisiaan ja pumpun pesän reunoja, mutta ne eivät kuitenkaan kosketa toisiaan. Lohkoroottoripumppuja käytetään usein korkearasvaisten kermojen tai piimien pumppaukseen, sillä pumppu on erityisen hygieeninen ja pumppaa tuotetta hellävaraisesti. (Bylund 2003, 162.)



Kuva 8. Lohkoroottoripumpun toimintaperiaate. Pyörivät roottorit kuljettavat fluidia eteenpäin pitkin pumpun pesän seinämiä. (Bylund 2003, 162.)

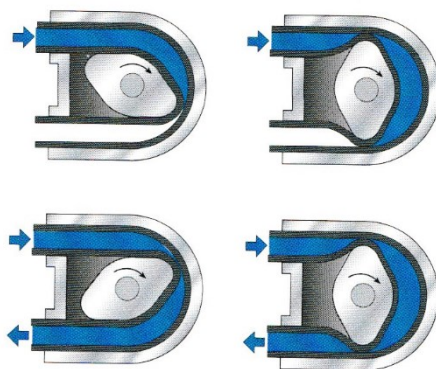


Epäkeskoruuvipumppu on toimintaperiaatteeltaan hyvin samankaltainen lohkoroottoripumpun kanssa. Kuvasta 9 huomaa, että ruuvipumppu on rakenteeltaan pidemmän mallinen ja sisältää ns. ruuvin, joka pyöriessään siirtää nestettä eteenpäin. Ruuvipumppu ei ole yhtä hygieeninen kuin lohkoroottoripumppu, mutta on kuitenkin yhtä hellävarainen tuotteelle. (Bylund 2003, 162.)



Kuva 9. Epäkeskoruuvipumppu sisältää ruuvin, joka pyöriessään kuljettaa tuotetta eteenpäin (Colfax 2016).

Peristalttiseen liikkeeseen perustuvan letkupumpun pesässä on roottori, joka puristaa pesän reunoilla kulkevaa letkua pyörivien rullien avulla. Pumpattava neste tulee pumpun sisään sen yläosasta, josta se siirtyy roottorin pyöriessä alas, mistä tuote poistuu pumpusta. Kuvasta 10 näkyy hyvin, kuinka neste puristuu eteenpäin pumpussa rullien avulla. Koska letkupumppu imee tuotetta itseensä (itseimevä pumppu), se toimii hyvin esimerkiksi pienien säiliöiden ja tynnyreiden tyhjennykseen. (Bylund 2003, 163.)



Kuva 10. Peristalttiseen liikkeeseen perustuvan letkupumpun pyörivät rullat painavat letkussa olevaa fluidia eteenpäin (Bylund 2003, 163).

### 5.3 Putkisto ja venttiilit

Meijereissä on kahdenlaisia putkilinjoja. Käyttöhyödykkeitä kuten höyryä, kuumaa ja kylmää vettä sekä polttoaineita kuljetetaan pitkin putkilinjoja,

jotka on useimmiten valmistettu teräksestä. Kuumia höyryjä ja vettä kuljettavat putket on usein eristetty, jotta välttyttäisiin putken ulkopinnalta valuilta kondenssivesiltä. Tuotteita ja raaka-aineita kuljetetaan putkilinjoja pitkin säiliöistä toisiin ja valmistuslaitteisiin. Tuotelinjojen putket ja venttiilit on hygieniasyistä valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Putkien valittuun kokoon (halkaisija) ja pituuteen vaikuttavat prosesseissa vallitsevat virtausnopeudet, painehäviöt sekä tuotteiden ominaisuudet. (Berk 2009, 56.)

Putkilinjat voivat sisältää erilaisia komponentteja. Suorien putkien lisäksi voi olla putkimutkia, t-paloja, putken leventäjiä ja kaventajia sekä yhdistäviä paloja. Putkissa voi olla myös näkölaseja prosessin seuraamista varten sekä näytteenottohanoja tai -kalvoja. Myös venttiileitä on erilaisia. Toiset ovat virtausten avaamiseen ja sulkemiseen, toiset säättävät painetta ja kontrolloivat virtausta. (Bylund 2003, 165–166.)

## 6 ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN OPTIMOINTI

Aloitus- ja lopetusvesityöntöjen optimointi rajattiin koskemaan kahta maidonvalmistusyksikköä ja kahta niihin liittyvää kermapastööriä. Työssä tarkastellaan myös kahden raakamaitolinjan aloitus- ja lopetusvesityöntöjä. Piimämaidolinja (B3) jätettiin kokonaan tarkastelun ulkopuolelle.

Hämeenlinnan Osuusmeijerissä on kaksi maidonvalmistuskokonaisuutta, jotka sijaitsevat meijerin alimmassa kerroksessa. Uudempi niistä on Tetra Pakin toimittama kokonaisuus. Laitteisto sisältää separaattorin, vakiointiyksikön, homogenisaattorin (Tetra Alex<sup>®</sup>) sekä levylämmönsiirtimen (Tetra Therm<sup>®</sup>Lacta). Meijerin vanhempi maidonvalmistuskokonaisuus on APV/SPX:n toimittama. Se pitää sisällään Alfa Lavalin separaattorin, Compomaster-suoravakiointiyksikön, homogenisaattori APV Rannien sekä Alfa Lavalin levylämmönsiirtimet maidon ja ylijäämäkerman pastoroimiseksi (Salo 2003, 40). Meijerin alakerrassa maidon- ja kermanvalmistuskokonaisuuksien kanssa samassa tilassa on kolme vakioidun kerman keräyssäiliötä.

Uudemmasta Tetra Pakin maidonvalmistuskokonaisuudesta lähtee kaksi linjaa yläkertaan tuotesäiliöille. Toinen linjoista pumpkaa valmiin maidon maitosäiliöille keskipakopumpun voimalla. Tätä linjaa kutsutaan B8:si. Toisella linjoista (B9) pumpataan valmis kerma tuotesäiliöihin. Myös vanhemmasta laitteistosta lähtee kaksi linjaa: B5-linjalla kuljetetaan maitoa ja B7-linjalla siirretään kermaa. Raakamaitolinjat R1 ja R2 kuljettavat meijeriin vastaanotetun maidon vaakasäiliöstä siiloille.

Kun tuotanto aloitetaan, linjoihin pesujen jälkeen jäänyt vesi työnnetään maidolla (tai kermalla) pois ja valutetaan viemäriin. Valutus kestää niin kauan, että tietty litramäärä on saavutettu. Tämän jälkeen tuotevirta siirtyy pumpattavaksi tuotesäiliöön. Vastaavasti kun tuotanto lopetetaan, tuoteajojen jälkeen linjaan jäänyt maito työnnetään vedellä pois linjasta kohti tuotetankkia, kunnes tietty litramäärä työnnössä on saavutettu. Tämän jälkeen vesi-tuoteliuos ohjataan viemäriin. Aloitus- ja lopetusvesityönnoissä

on myös varalta aikakatkaistu, mutta yleisesti ottaen litramäärä tulee täyteen ennen aikakatkaistua.

### 6.1 Kokeellisen osuuden tavoitteet

Työn kokeellisen osuuden tarkoitus oli optimoida vesi/tuote-rajapinta sekä aloituksissa että lopetuksissa niin, että tuotehävikkiä saataisiin pienennettyä. Hyvän tuotteen joutuessa viemäriin voidaan menettää paljonkin rahaa menetettyjen rasvakilojen suhteen. Vesityöntöjen rajoja ei kannattaisi kuitenkaan asettaa liian tiukalle, sillä veden joutuminen valmiin tuotteen joukkoon laskisi sen laatua.

Työssä oli siis tarkoitus optimoida nämä vesi-/tuotetyönnot niin, että mahdollisimman vähän käyttökelpoista raaka-ainetta valutetaan viemäriin ja toisaalta niin, että mahdollisimman vähän vettä joutuu tuotesäiliöihin tuotteen joukkoon. Tuotevirroista tulevan kiintoaineen määrää viemäriin menevissä virroissa tulisi myös vähentää ympäristön näkökulmasta. Useissa kunnissa meijerit ovat suurimpia jätevesilaitoksien kuormittajia. Esimerkiksi litra rasvatonta maitoa joutuessaan viemäriin vastaa kahden keskimääräisen kuntalaisen aiheuttamaa vuorokautista jätevesikuormaa. Sen sijaan litra kermaa jätevedessä vastaa jo 20 henkilöstä aiheutuvaa normaalia kuormitusta. (Klemetti 2007, 195.)

Työssä aloitus- ja lopetusvesityöntöjä tarkasteltiin tutkimalla niiden viemäriin laskettavista nestevirroista rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet. Näille oli kuitenkin melko mahdotonta asettaa tarkkoja tavoite-arvoja, sillä meijerissä ajattavien tuotteiden kirjo on melko laaja. Tavoitteeksi asetettiin lähinnä se, että mitatuissa tuloksissa päästään suhteellisesti ja mahdollisesti tilastollisesti parempiin tuloksiin ja että nestevirrat viemäreihin ovat silmämääräisesti vähemmän tuotetta sisältäviä. Tavoitteena oli myös, että aloitusvesityöntöjen jälkeen ajettu tuote ensimmäiseen säiliöön olisi aistinvaraisesti hyvä sekä sen rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet olisivat tuotteen spesifikaatioiden mukaiset. Sama tavoite koski myös ennen lopetusvesityöntöä ajettua tuotesäiliöllistä. Ensimmäisten ja viimeisten ajettujen säiliöllisten riskinä oli, että vettä voisi joutua tuotteen joukkoon, jos aloitus- ja lopetusvesityönnot olisivat säädetty liian tiukoiksi.

### 6.2 Aloitus- ja lopetusvesityöntöjen määrät

Työn kokeellinen osuus aloitettiin selvittämällä eri linjoille tulevien aloitus- ja lopetusvesityöntöjen päivittäiset määrät. Myös työntöjen kellon-aikoja merkittiin ylös. Kesällä 2015 tuotevalmistajat täyttivät kolmen viikon ajan taulukkoa työnnoista ja merkitsivät ylös mahdollisia huomioita liittyen niihin. Aloitus- ja lopetusvesityöntöjen määrät ovat taulukoituna liitteessä 2.

Merkintöjen perusteella voidaan todeta, että päivittäin aloitus- ja lopetusvesityöntöjä tulee runsaasti. Eniten työntöjä on maitolinjoilla B8 ja B5 sekä kermalinjoilla B9 ja B7. Raakamaitolinjoihin varsinaisia vesityöntöjä

tulee harvemmin. On kuitenkin huomattava, että merkinnöistä varmastikin puuttuu osa todellisista aloitus- ja lopetusvesityönnoistä, sillä myös viikonloppuisin (varsinkin lauantaisin) työntöjä viemäreihin tulee lähes yhtä paljon kuin viikolla.

### 6.3 Näytteiden ottaminen

Valmistuslaitteiden aloitus- ja lopetustyöntöjen tilanne selvitettiin viemäriin laskettavista nestevirroista otettavien näytteiden avulla. Työntöjen yhteydessä viemäriin valuttavalta venttiililtä otettiin näyte näytekippon. Saaduista näytteistä analysoitiin rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet FOSS:n MilkoScan™ FT1:lla.

Aloitustyönnoistä näyte otettiin viemäriin ohjautuvasta virrasta juuri ennen kuin se loppuu (eli juuri ennen kuin tuotevirta siirtyy tuotesäiliöön). Lopetustyönnoistä näyte otetaan heti, kun venttiililtä alkaa virrata nestettä viemäriin. Näin saatiin selville, millaista tuotetta viemäriin joutuu ja onko säädöille tarvetta. Saadut tulokset rasva- ja kuiva-ainepitoisuuksista kerättiin taulukoihin, jotka ovat liitteissä 3–8. Työnnoistä saatavia näytteitä arvioitiin myös tapauskohtaisesti aistinvaraisesti lähinnä ulkonäön (sameuden) suhteen. Näytteidenottoa eri linjoista saataville näytteille on listattu alapuolella:

- B5: säiliön GS1 alapuolella venttiilit B1V13/B1V12
- B8: maitosäiliöiden edessä venttiilit B8V14/B8V15
- B7: säiliön ES1 edessä venttiili ES1V9
- B9: säiliöiden ES5 ja RS10 takana venttiili B9V28
- R1 & R2: raakamaitosiilojen edessä

Tarkkailujakson aikana jokaisesta laitteesta/linjasta oli tarkoitus ottaa 12 näytettä eli kuusi näytettä sekä aloituksista että lopetuksista. Näytteitä oli tarkoitus ottaa niin, että yhden päivän aikana otetaan sekä aloitus- että lopetusnäyte per linja. Näytteet otettiin kannellisiin, valmiiksi merkittyihin näytekippeihin. Kun näyte oli otettu, vietiin purkki kylmiöön niille tarkoitettuun paikkaan odottamaan näytteen analysointia MilkoScan™ FT1 -analysointilaitteella.

Kuitenkaan kaikista linjoista ei saatu niin paljon näytteitä kuin oli alun perin tarkoitus. Varsinkin linjan B5 näytteenotto osoittautui vaikeaksi, sillä varsinkaan lopetusvesityönnoissä valutusventtiililtä ei useimmiten virranut mitään ulos. Jotakin näytteitä kuitenkin saatiin, kun ennen valutusventtiiliä olevasta hanasta erikseen valutettiin näyte.

### 6.4 Aloitus- ja lopetusvesityöntöjen lähtötila

Oletuksena oli, että eniten säätövaraa olisi maitolinja B8:ssa ja kermalinja B9:ssä. Sen sijaan linjojen B5 ja B7 aloitus- ja lopetusvesityöntöjen uskottiin olevan melko kohdillaan, mutta näytteidenotto linjoista kuitenkin osoitti, että muutoksille olisi tarvetta. Aloitus- ja lopetusnäytteiden tulokset ovat taulukoituna liitteissä 3–8. Taulukoiden yläosassa on esitetty ennen muutoksia saatujen näytteiden rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet.

Liitteessä 3 ovat koottuna maidonvalmistuslinjan B5 tulokset. Taulukosta voidaan huomata, että aloituksissa työnnöt ovat melko kohdillaan, sillä näytteiden keskimääräiset rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet ovat pieniä. Lopetustyönnöistä on saatu vain yksi näyte, josta ei voi tehdä kovin suuria päätelmiä lopetusvesityöntöjen kokonaisuuden kannalta. Kuitenkin linjan B5 aloitus- ja lopetusvesityöntöihin oli varaa tehdä muutoksia.

Liitteessä 4 ovat kermanvalmistuslinjan B7 tulokset. Taulukosta huomataan, että näytteistä saaduissa tuloksissa on varsinkin aloitusvesityönnöissä suurta vaihtelua. Pääpiirteissään aloituksissa näytteiden rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet vaikuttavat olevan yli puolet pienempiä verrattuna ajetun tuotteen pitoisuuksiin. Aloitustyöntöä viemäriin ei koettu tarpeelliseksi muuttaa lainkaan, sillä työnnöt vaikuttivat melko optimaalisilta jo valmiiksi. Sen sijaan lopetusvesityöntöjen pitoisuudet vaikuttivat melko pieniltä jo valmiiksi, mutta työntöjen pituutta päätettiin siitä huolimatta pidentää ja näin ollen vähentää edelleen viemäriin joutuvan kiintoaineen määrää.

Liitteessä 5 ovat maidonvalmistuslinjan B8 tulokset. Aloitusvesityönnöissä näytteiden rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet olivat melko korkeat verrattuna ajettuun tuotteeseen. Tässä tilanteessa työnnön pituutta oli mahdollista lyhentää, jotta vähemmän kiintoainetta joutuisi jatkossa viemäriin. Myös lopetusvesityönnöissä oli säätövaraa, sillä näytteiden rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet olivat todella lähellä ajetun tuotteen pitoisuuksia.

Kermanvalmistuslinjan B9 tulokset ovat liitteessä 6. Aloitusvesityöntöjen tulokset vaikuttivat pitoisuuksiltaan kohtalaisen korkeilta, minkä takia työntöä säiliöön päätettiin pidentää (eli työntöä viemäriin lyhentää). Myös lopetusvesityönnöistä saatujen näytteiden rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet olivat vain murto-osan pienempiä kuin ajettujen tuotteiden pitoisuudet. Sen takia työntöjen pituutta säiliöihin päätettiin pidentää.

Tulokset raakamaitolinjoissa R1 ja R2 vaihtelevat luultavasti hieman sen mukaan, mihin siiloon tuotetta on ajettu. Pientä vaihtelua oli siis havaittavissa sekä aloitus- että lopetusvesityöntöjen näytteiden pitoisuuksissa. Raakamaitolinjan R1 tulokset ovat liitteessä 7. Suurta muokattavaa linjan aloitusvesityönnöissä ei ollut, mutta sen sijaan lopetusvesityönnöt vaativat hieman isomman muutoksen, jotta viemäriin joutuvan kiintoaineen määrää voitiin vähentää.

Tulokset raakamaitolinjan R2 aloitus- ja lopetusvesityönnöistä ovat liitteessä 8. Aloitus- ja lopetustyönnöistä saatujen näytteiden rasva- ja kuiva-ainepitoisuudet olivat lähes optimaaliset, mutta pitoisuudet olisivat voineet olla pienemmätkin. Työntöjä päätettiin muuttaa niin, että aloituksia lyhennettäisiin ja lopetuksia pidennettäisiin. Näin saataisiin vähennettyä viemäriin joutuvan kiintoaineen määrää ilman, että tuotelaatu heikentyisi.

### 6.5 Aloitus- ja lopetusvesityöntöihin tehdyt muutokset

Maidonvalmistus-, kermanvalmistus- ja raakamaitolinjojen aloitus- ja lopetusvesityöntöjä muutettiin litramääräisesti. Työntöjä oli tarkoitus muuttaa niin, että aloitusvesityöntöjä lyhennettiin, jotta tuotevirta siirtyisi aikaisemmin kohdesäiliöön. Lopetusvesityöntöjä sen sijaan oli tarkoitus pidentää, jotta tuotetta työnnettäisiin vedellä pidempään kohdesäiliöön. Samalla tavoitteena oli vähentää rasvahävikkiä ja parantaa jäteveden laatua. Linjojen työntömääriä muutettiin pieniä määriä kerrallaan, jotta tuotteiden laatu ei esimerkiksi yhtäkkiä huononisi tehtyjen muutosten seurauksena.

Linjojen B5 ja B7 aloitus- ja lopetusvesimäärien muuttaminen tehtiin laitteiden ohjelmiin FAP Automaation kautta Jarmo Ahon toimesta. Työntöjä oli mahdollista muuttaa vain kymmenen litran tarkkuudella, joten sen tarkempia muutoksia ei voitu tehdä. Linjan B5 aloitusta muutettiin 1150 litrasta 1140 litraan. Sen sijaan linjan B5 lopetusvesityöntöä pidennettiin 1000 litrasta 1010 litraan. Linjan B7 aloitusvesityöntöihin ei tehty lainkaan pysyviä muutoksia, mutta lopetusvesityöntöjä pidennettiin 230 litrasta 240 litraan.

Muutoksien tekeminen raakamaitolinjoihin tehtiin meijerin järjestelmäsiantuntija Turkka Salon toimesta. Muutokset tehtiin raakamaitolinjojen ohjelmiin automaation kautta samantapaisesti kuin linjojen B5 ja B7 muutoksetkin. Raakamaitolinjoja oli kuitenkin mahdollista säätää jopa yhden litran tarkkuudella. Linjan R1 aloitusvesityöntöä muutettiin 159 litrasta 155 litraan. Saman linjan lopetusvesityöntöjä muutettiin 150 litrasta 160 litraan. Linjan R2 aloitusta lyhennettiin 170 litrasta 160 litraan. Lopetusvesityöntöjä pidennettiin 160 litrasta 170 litraan.

Linjojen B8 ja B9 muutokset tehtiin resepteihin opinnäytetyön tekijän toimesta. Muutokset tehtiin erikseen jokaisen tuotteen reseptiin. Aloitusvesityöntön määrä muutettiin resepteistä kohdasta 43: ”Määrä – täyttö poistovenntiilistä (V104) kohdesäiliöön (litraa)”. Lopetusvesityöntöjen määrä muutettiin reseptistä kohdasta 46: ”Määrä – tyhjennys poistovenntiilistä (V104) kohdesäiliöön (litraa)”. Sekä linjan B8 että linjan B9 aloitus- ja lopetusvesityöntöihin tehtiin useita muutoksia.

Linjan B8 aloitusvesityöntöä lyhennettiin 440 litrasta 430 litraan. Tämän jälkeen todettiin, että säätämismarua on vielä, joten työntöä lyhennettiin edelleen 425 litraan. Linjan lopetusvesityöntö muutettiin ensin 400 litrasta 410 litraan. Tämä kuitenkin tuntui liian vähäiseltä muutokselta näyttöiden tulosten perusteella, joten työntöä pidennettiin edelleen 425 litraan. Lopulta työntömäärä säädettiin 435 litraan.

Kermanvalmistuslinjan B9 aloitusvesityöntöä muutettiin ensin 75 litrasta 65 litraan, minkä jälkeen koettiin tarpeelliseksi ottaa hiukan takaisinpäin ja työntömäärä muutettiin 70 litraan. Linjan lopetusvesityöntö muutettiin ensin 50 litrasta 60 litraan. Työntön pituutta säiliölle nostettiin vielä 65 litraan ja lopulta 70 litraan.

## 7 TULOKSET

Maidonvalmistus-, kermanvalmistus- ja raakamaitolinjoihin tehtyjä muutoksia päädyttiin tutkimaan tilastollisesti vertaamalla kahden riippumattoman otoksen keskiarvoja t-testin avulla. Tähän päädyttiin näytteiden vähäisen määrän takia. Linjakohtaiset tilastolliset tarkastelut ovat liitteissä 9–18.

Taulukko 1. Tilastollisen tarkastelun tulokset koottuna yhteen.

LINJA	TILASTOLLINEN TARKASTELU
R1 ALOITUS	Ei parannusta tehdyillä muutoksilla
R1 LOPETUS	Ei parannusta tehdyillä muutoksilla
R2 ALOITUS	Tehdyillä muutoksilla saatiin aikaan parannuksia
R2 LOPETUS	Tehdyillä muutoksilla saatiin aikaan parannuksia
B5 ALOITUS	Tehdyillä muutoksilla saatiin aikaan parannuksia
B5 LOPETUS	Linjasta otettuja näytteitä oli liian vähän tilastollisen tarkastelun tekemiseksi
B7 ALOITUS	Linjan aloitukseen ei tehty muutoksia
B7 LOPETUS	Ei parannusta tehdyillä muutoksilla
B8 ALOITUS	Ei parannusta tehdyillä muutoksilla
B8 LOPETUS	Ei parannusta tehdyillä muutoksilla
B9 ALOITUS	Tehdyillä muutoksilla saatiin aikaan parannuksia
B9 LOPETUS	Ei parannusta tehdyillä muutoksilla

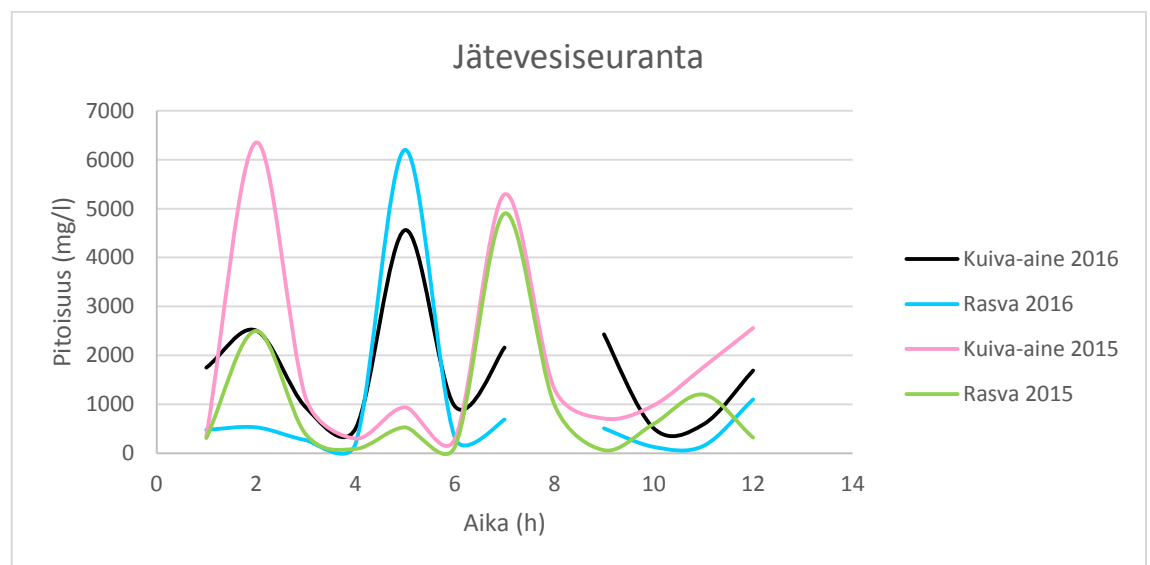
Taulukkoon 1 on koottu tilastollisesta tarkastelusta saadut lopputulokset. Tilastollisesti merkittäviä muutoksia ei saatu aikaan kuin muutamaan linjaan. Maidonvalmistuslinjan B5 aloitusvesityöntöön tehtyjen muutosten voitiin sanoa tuoneen tavoiteltua parannusta linjan aloitukseen ( $P < 0,05$ ). Samoin myös kermanvalmistuslinjan B9 aloitusvesityöntöihin saatiin tavoitteen mukainen muutos parempaan ( $P < 0,05$ ). Raakamaitolinjan R2 sekä aloitus- että lopetusvesityöntöihin saatiin muutoksilla aikaan parempi tilanne ( $P < 0,05$ ). Liitteestä 15 voidaan huomata, että linjan B8 aloitusvesityöntöön tehdyillä muutoksella 430 litrasta 425 litraan saatiin aikaan tavoitteiden mukaisia parannuksia ( $P < 0,05$ ). Kuitenkin linjan B8 kokonaismuutos tilastollisesti tarkasteltuna ei tuonut linjan aloitusvesityöntöön tavoitteiden mukaisia muutoksia.

Muihin linjoihin tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä ( $P < 0,05$ ). Sen sijaan aloitus- ja lopetusvesityöntöjen aistinvaraisen tarkastelun perusteella voidaan sanoa, että linjoihin tehdyt muutokset ovat olleet ainakin näytteiden ulkonäön perusteella oikeansuuntaisia. Oikeain suuntaiset muutokset linjoihin näkyvät mm. siinä, ettei viemärien, joihin työnnöt tehdään, lähetyville lattioille jää enää yhtä maitoisia/kermaisia tuotelammikoita

vaan ne ovat selvästi vetisempiä. Siitä huolimatta, vaikka tehdyt muutokset linjoihin ovat olleet oikeansuuntaisia, säätövaraa olisi niiden puolesta edelleen. Muutoksien jälkeen ei myöskään havaittu, että ajojen alussa tai lopussa tuotesäiliöihin pumpattujen tuotteiden laatu olisi huonontunut. Ensimmäisten ja viimeisten tuotesäiliöllisten rasva- tai kuiva-ainepitoisuudet eivät siis olleet laskeneet vaan tuotelaatu pysyi edelleen hyvällä tasolla.

Hämeenlinnan Osuusmeijerillä on suoritettu myös muutamaan otteeseen jäteveden tehotarkkailujaksoja. Näiden aikana on huomattu, että eri linjojen aloitus- ja lopetustyönnot nostavat selvästi kiintoaineen ja rasvan määrää jätevedessä. Kuitenkaan jätevesiseurannan tuloksista ei voi päätellä, että piikit rasva- ja kuiva-ainepitoisuuksissa johtuisi yksinomaan tehdyistä aloitus- ja lopetusvesityönnoista.

Yksi tehotarkkailujakso pidettiin huhtikuussa 2015, kun linjojen aloitus- ja lopetusvesityöntöihin oli jo alettu tehdä muutoksia. Toinen tehotarkkailujakso pidettiin huhtikuussa 2016, jolloin lähes kaikki muutokset linjojen aloitus- ja lopetusvesityöntöihin oli tehty. Kuvaajassa 1 on esitetty kummankin vuoden mittaustulokset kuiva-aine- ja rasvapitoisuuksien osalta. Vuoden 2015 tehotarkkailujaksolla tehtyjen mittausten mukaan keskimääräinen jäteveden kiintoainepitoisuus oli 1831 mg/l ja rasvapitoisuus vastaavasti 1000 mg/l. Vuoden 2016 tehotarkkailujaksolla keskimääräiseksi kiintoainepitoisuudeksi saatiin 1691 mg/l ja rasvapitoisuudeksi 961 mg/l. Näiden mittausten perusteella voidaan sanoa, että jäteveden laatua on saatu parannettua. Kuitenkaan ei voida sanoa, että yksinomaan linjoihin tehtyjen aloitus- ja lopetusvesityöntöjen muutoksilla olisi suurin vaikutus tähän. (Salo, sähköpostiviesti 29.11.2016)



Kuvio 1. Kuvaajassa on esitetty keväällä 2015 ja 2016 tehtyjen jäteveden tehotarkkailujaksojen tulokset kuiva-aine- ja rasvapitoisuuksien suhteen. Kuvaajasta voidaan nähdä, että varsinkin vuonna 2016 mitatut kuiva-ainepitoisuudet ovat pienempiä kuin vuonna 2015 mitatut. (Salo, sähköpostiviesti 29.11.2016)



## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Muutoksilla aikaan saatuihin tuloksiin voidaan olla kokonaisuutena tyytyväisiä, sillä eri linjojen aloitus- ja lopetusvesityöntöjen tila tuli selvitettyä ja niihin tehdyt muutokset olivat oikean suuntaisia tulosten perusteella. Positiivista on, että muutamissa linjoissa muutosten vaikutus näkyy myös tilastollisesti. Jatkoa ajatellen näytteiden ottoa tulisia tehostaa, jos linjojen säätöjä halutaan vielä tarkentaa. Tilastollista tarkastelua helpottaisi, jos otettuja näytteitä olisi enemmän ja ne olisi otettu vain esimerkiksi niin, että linjan B8 aloituksista otettaisiin näytteitä vain, kun aloitus tehdään rasvattomalla maidolla. Näin kaikki siitä linjasta otetut näytteet olisivat toistensa kanssa vertailukelpoisia. Nyt näytteitä otettiin kaikista ajetuista tuotteista keskittymättä johonkin tiettyyn tuotteeseen, mikä vaikeutti tilastollista tarkastelua ja vähensi tarkasteluun käytettävien näytteiden määrää. Esimerkiksi linjan B5 lopetuksille ei tehty tilastollista analyysiä, sillä saman tuotteen ajoista otettuja näytteitä ei ollut tarpeeksi, jotta tulosten luotettavuutta olisi voitu pitää riittävänä.

Koska tuote pumpataan alakerrasta yläkertaan sekoittuvat tuote ja putkessa oleva vesi väkisin eikä näin ollen synny selkeää vesi/tuoterajapintaa. Tätä edesauttaa myös putkistossa olevat putkimutkat sekä venttiilit, jotka lisäävät sekoittumista. Tämän työn puitteissa ei ollut kuitenkaan syytä tehdä muutoksia putkistoihin ja linjojen rakenteisiin, jotka ovat olleet muuten toimivia vuosikymmenten ajan.

Linjojen aloitus- ja lopetusvesityöntöihin tehtyjen muutosten vaikutusta rahalliseen hävikkiin ei onnistuttu tässä työssä selvittämään. Selvitystyö olisi vaatinut tietoa jokaisesta linjasta viemäriin ohjautuvasta tarkasta nestemäärästä ja esimerkiksi sen keskimääräisestä rasvapitoisuudesta. Siinä tapauksessa ennen muutoksia olisi selvitetty, kuinka paljon rasvaa joutuu viemäriin linjoittain. Vastaava rasvamäärä olisi selvitetty muutosten jälkeen. Näin olisi saatu tietoon, kuinka paljon vähemmän rasvaa joutuu viemäriin muutosten ansioista. Rasvakilojen ja rasvakilon hinnan avulla olisi saatu selvitettyä saavutetut säästöt. Viemäriin ohjaavaan putkeen tulisi asettaa virtausmittari ja näytteitä viemäriin ohjautuvasta virrasta tulisi ottaa säännöllisin välein, jotta meijerillä voitaisiin haluttaessa selvittää rasvakiloista aiheutuvaa hävikkiä tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

- Berk, Z. 2009. Food Process Engineering and Technology. New York: Elsevier.
- Bylund, G. 2003. Dairy Processing Handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB.
- Colfax. 2016. Processing cavity pumps. Viitattu 28.11.2016. Saatavissa <http://www.colfaxfluidhandling.com/progressing-cavity-pump>
- Damodaran, S., Parkin, K. L. & Fennema, O.R. 2008. Fennema's Food Chemistry. New York: CRC Press.
- Food-Info. n.d. Milk proteins. Viitattu 13.11.2016. Saatavissa <http://www.food-info.net/uk/protein/milk.htm>.
- Hautala, M. & Peltonen, H. 2011. Insinöörin (AMK) fysiikka, osa I. Lahti: Lahden Teho-Opetus Oy.
- Hämeenlinnan Osuusmeijeri. n.d. Viitattu 4.12.2016. Saatavissa <http://hmlosuusmeijeri.fi/>
- Kalaja, K. & Manninen, R. 2007. Maidon ominaisuudet. Teoksessa Aho, J. & Hildén, T. (toim.) Maidon matkassa. Helsinki: Edita Prisma Oy, 31–43.
- Klemetti, I. 2007. Meijerin ympäristövaikutukset. Teoksessa Aho, J. & Hildén, T. (toim.) Maidon matkassa. Helsinki: Edita Prisma Oy, 194–197.
- Milk Works. n.d. Oppimateriaali. Mitä maito on? Viitattu 27.11.2016. Saatavissa <http://www.milkworks.fi/oppimateriaali/mita-maito-on/Sivut/default.aspx>
- Pulli, M. 2009. Virtaustekniikka. Vedensiirtojärjestelmien toiminnallinen suunnittelu nykyaikaisin menetelmin. Tampere: Tammertekniikka.
- Salo, T. 29.11.2016. Jätevesitiedostot. Vastaanottaja Iida Konttori. [sähköpostiviesti] Viitattu 5.12.2016.
- Salo, T. 2003. Maidon suoravakiointi nestemeijerissä. Hämeen ammattikorkeakoulu. Bioprosessitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A. & van Boekel, M.A.J.S. Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Walstra, P. & Wouters, J. T. M. & Geurts, T. J. 2006. Dairy Science and Technology. Viitattu 27.11.2016. Saatavissa Ebrary-tietokannassa: <http://site.ebrary.com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk/detail.action?docID=10150700>

## TUOTTEIDEN TIHEYKSIEN LASKEMINEN

Tuotteiden tiheyden laskemiseen käytetään kaavaa 1.

$$d = \frac{100}{\frac{F}{0,93} + \frac{SNF}{1,608} + VESI} \text{ g/cm}^3 \quad (1),$$

jossa  $d$  = tiheys, kun lämpötila on 15,5 °C

$F$  = rasvaprosentti

$SNF$  = rasvaton kuiva-aine prosentteina

$VESI$  = 100 –  $F$  –  $SNF$

Kaavan 1 avulla voidaan laskea tiheyksiä seuraavasti kevytmaidolle (rasva 1,5 %), täysmaidolle (rasva 3,5 %) ja kuohukermalle (rasva 35 %):

$$d_{\text{kevytmaito}} = \frac{100}{\frac{1,5}{0,98} + \frac{8,5}{1,608} + (100 - 1,5 - 8,5)} = 1,033 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{\text{täysmaito}} = \frac{100}{\frac{3,5}{0,98} + \frac{8,5}{1,608} + (100 - 3,5 - 8,5)} = 1,032 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{\text{kuohukerma}} = \frac{100}{\frac{35}{0,98} + \frac{8,5}{1,608} + (100 - 35 - 8,5)} = 1,026 \text{ g/cm}^3$$

## ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN MÄÄRÄN SEURANTA

VIKKO 24	Maitolinjat		Kermalinjat		Raakamaidon vastaanotto		Huomioita
Päivä	B5	B8	B7	B9	R1	R2	
MA 8.6.	aloitus 22:20		aloitus 00:15			aloitus 08:50	
	lopetus 02:55		lopetus 03:00				
	aloitus 10:35	aloitus 04:15		aloitus 05:00			
	lopetus ?	vesi 07:40		lopetus ?			
		aloitus 08:40					
		lopetus ?					
TI 9.6.		aloitus 00:45		aloitus 01:45			
		lopetus ?		lopetus ?			
	aloitus 10:35						
	lopetus ?						
KE 10.6.		aloitus 01:05		aloitus 01:30			
		lopetus ?		lopetus ?			
	aloitus 11:45	aloitus 13:45	aloitus 12:15	aloitus 14:05			
	lopetus 15:30	lopetus 16:50	lopetus 15:30	lopetus 17:10			
TO 11.6.		aloitus 00:48		aloitus ?			
		lopetus 08:00		lopetus 08:15			
	aloitus 09:30	aloitus 12:30	aloitus 10:00	aloitus 13:00			
	lopetus 13:15	lopetus 17:15	lopetus 12:30	lopetus 17:30			

PE 12.6.		aloitus 01:20		aloitus 01:40			
		lopetus noin 7-8		lopetus ?			
		aloitus 8:20		aloitus 8:35			
		lopetus 14:30		lopetus ?			
		aloitus 15:00					
		lopetus 16:10					
LA 13.6.		aloitus 01:04		aloitus 01:33			
		lopetus 10:15		lopetus 10:15			
		aloitus 07:00		aloitus 07:30			
		lopetus 11:20		lopetus 11:30			
SU 14.6.		aloitus 05:11		aloitus 05:38			
		lopetus ?		lopetus ?			
		aloitus 09:09					
		lopetus 12:00					

VIKKO 25	Maitolinjat		Kermalinjat		Raakamaidon vastaanotto		Huomi- oita
Päivä	B5	B8	B7	B9	R1	R2	
MA 15.6.		aloitus 01:00		aloitus 01:20			
		lopetus 08:30		lopetus 09:00			
		aloitus 11:30	aloitus 13:25	aloitus 11:45			
		lopetus 13:00	lopetus 14:13	lopetus 13:10			
			aloitus 14:30	aloitus 15:36			
			lopetus 15:30	lopetus ?			

TI 16.6.		aloitus 03:00		aloitus 03:30			
		lopetus 08:20		lopetus 10:25			
	aloitus 09:14	aloitus 09:20	aloitus 09:55	aloitus 14:45			
	lopetus ?	lopetus 09:45	lopetus 14:40	lopetus 19:20			
		aloitus 14:30		aloitus 21:40			
		lopetus 19:00 aloitus 21:10 lopetus 22:30		lopetus 22:40			
KE 17.6.	aloitus 00:25		aloitus 01:45	aloitus ?			
	lopetus 04:30		lopetus 04:45	lopetus 17:52			
	aloitus 13:05	aloitus 21:25	aloitus 18:10	aloitus 21:45			
	lopetus 22:30		lopetus 22:00				
TO 18.6.		lopetus 02:00		lopetus 02:30			
	aloitus 08:50		aloitus ?				
	lopetus 15:15		lopetus 15:40				
PE 19.6.		aloitus 01:10		aloitus 01:30			
		lopetus ?		lopetus ?			
	aloitus 05:15		aloitus 05:30				
	lopetus ?		lopetus ?				
LA 20.6.							
SU 21.6.							

VIKKO 26	Maitolinjat		Kermalinjat		Raakamaidon vastaanotto		Huomioita
Päivä	B5	B8	B7	B9	R1	R2	
MA 22.6.		aloitus 01:25		aloitus 02:20			
		lopetus 02:00		lopetus 08:30			
		aloitus 8:15	aloitus 02:10	aloitus 08:30			
		lopetus ?	lopetus 8:15	lopetus ?			
TI 23.6.							
KE 24.6.		aloitus 04:00		aloitus 04:30			Vedet laitettu väliin, koska tankeissa ei ollut tilaa!
		vedet 07:45		vedet 08:00			
		lopetus 11:15		lopetus 11:25			
		aloitus 22:30					
TO 25.6.		vedet 03:45		aloitus 00:40			Vedet laitettu väliin, koska ei ollut tilaa ajaa!
		aloitus 10:40		vedet 04:15			
		aloitus 07:00	lopetus ?	aloitus 08:00	lopetus ?		
		lopetus ?		lopetus ?			

PE 26.6.		aloitus 02:00		aloitus 03:45			
		lopetus ?		lopetus ?			
LA 27.6.		aloitus 03:00		aloitus 03:40			
		lopetus ?		lopetus ?			
SU 28.6.							



## LINJAN B5 ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN TULOKSET

B5 ALOITUKSET				B5 LOPETUKSET			
Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean	Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean
B5-1ALO	ei tietoa	0,15	2,3	B5-1LOP	km	ei tietoa	ei tietoa
B5-2ALO	rm/km juoma	0,16	4,21	B5-2LOP	rm	ei tietoa	ei tietoa
B5-3ALO	km	ei tietoa	ei tietoa	B5-3LOP	km	0,46	2,35
B5-4ALO	km/rm	0,08	9,49				
B5-5ALO	rm	ei tietoa	ei tietoa				
B5-6ALO	rm	0,15	2,64				
B5-7ALO	rm	0,15	3,8				
B5-8ALO	rm	0,14	3,05				
B5-9ALO	ei tietoa	1,36	10,65				
MUUTOS 1150 > 1140				MUUTOS 1000 > 1010			
B5-1ALO	rm	0,05	9,35	B5-1LOP	km	0,26	2,18
B5-2ALO	luomu rm	0,11	2,89	B5-2LOP	rm	0,15	1,25
B5-3ALO	rm	0,11	4,71	B5-3LOP	luomu km	0,17	1,63
B5-3ALO	rm	0,14	0,92				
B5-5ALO	tm	0,13	1,09				
B5-6ALO	rm	0,1	3,03				

## LINJAN B7 ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN TULOKSET

B7 ALOITUKSET				B7 LOPETUKSET			
Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean	Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean
B7-1ALO	35 %	31,66	41,24	B7-1LOP	42 % tai 43 %	6,04	7,4
B7-2ALO	42 %	14,25	16,97	B7-2LOP	43 %	8,96	10,82
B7-3ALO	luomu 35 %	0,42	0,98	B7-3LOP	35 %	6,5	8,19
B7-4ALO	38 % tai 43 %	2,62	3,5	B7-4LOP	43 %	7,97	9,75
B7-5ALO	43 %	3,7	6,52	B7-5LOP	42 %	12,48	15,13
B7-6ALO	44 %	18	22,03	B7-6LOP	43 %	6,58	8,13
B7-1ALO	40 %	14,13	17,16	B7-1LOP	40 %	3,29	4,44
B7-2ALO	42 %	1,27	2,09	B7-2LOP	42 %	5,2	6,63
B7-3ALO	42 %	11,12	13,61	B7-4LOP	42 %	1,27	1,96
B7-4ALO	42 %	20,19	24,58	B7-3LOP	44 %	8,13	9,71
				B7-4LOP	43 %	8,98	10,7
				B7-5LOP	43 %	1,04	1,65
				B7-6LOP	42 %	1,73	2,46
				<b>MUUTOS 230 &gt; 240</b>			
B7-1ALO	35 %	13,4	15,81	B7-1LOP	35 %	6	7,52
B7-2ALO	42 %	4,53	5,8	B7-2LOP	42 %	7,68	9,15
B7-7ALO	43 %	25,64	31,93	B7-3LOP	35 %	1,4	2,08
B7-8ALO	42 %	11,86	14,19	B7-7LOP	35 %	0,71	1,36
B7-5ALO	42 %	1,95	2,57	B7-1LOP	42 %	1,43	2,11
B7-6ALO	luomu 35 %	4,9	6	B7-2LOP	42 %	0,85	1,48
				B7-3LOP	44 %	3,93	5,27

## LINJAN B8 ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN TULOKSET

B8 ALOITUKSET				B8 LOPETUKSET			
Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean	Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean
B8-1ALO	rm	2,01	7,95	B8-1LOP	tm	3,1	12,16
B8-2ALO	rm	0,77	5,26	B8-2LOP	tm	1	10,32
B8-3ALO	rm	0,66	4,6	B8-3LOP	tm luomu 3,9 %	1,47	10,43
B8-4ALO	rm	0,17	0,76	B8-4LOP	rm	0,08	9,51
B8-5ALO	km	2,61	8,75	B8-5LOP	rm	0,07	9,47
B8-6ALO	rm	0,4	4,62	B8-6LOP	km	1,58	10,78
MUUTOS 440 > 430				MUUTOS 400 > 410			
B8-1ALO	km 1,5 %	2,42	7,72	B8-1LOP	luomu km	0,71	6,91
B8-2ALO	rm	0,28	3,5	B8-2LOP	km 1,5 %	1,35	10,5
B8-3ALO	rm	0,3	1,71	B8-3LOP	luomu tm	1,74	8,41
B8-4ALO	km 1,5 %	2,29	7,9	B8-4LOP	rm	0,05	9,39
B8-5ALO	luomu km	1,07	6,17	B8-5LOP	luomu rm	2,46	11,31
				B8-7LOP	tm	0,77	9,88
MUUTOS 430 > 425				MUUTOS 410 > 425			
B8-11ALO	km	0,66	4	B8-1LOP	km	2,01	11
B8-11ALO	rm	0,14	0,69	B8-2LOP	rm	1,49	10,6
B8-10ALO	rm	0,12	1,65	B8-3LOP	rm	0,94	10
B8-9ALO	rm	0,13	1,8	B8-4LOP	luomu tm	1,26	7,82
B8-8ALO	rm	0,13	1,47	B8-5LOP	luomu km	0,07	6,38
B8-7ALO	luomu rm	1,49	6,83	B8-6LOP	rm	0,06	9,37
B8-6ALO	km	0,16	1,45				
MUUTOS 425 > 435				MUUTOS 425 > 435			
B8-1ALO	km	0,14	0,62	B8-1LOP	rm	1,5	10,64
B8-2ALO	km	0,14	0,63	B8-2LOP	rm	0,68	9,94
B8-3ALO	km	0,13	0,62	B8-3LOP	luomu tm	0,76	7,53
				B8-4LOP	tm	4,18	13

## LINJAN B9 ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN TULOKSET

B9 ALOITUKSET				B9 LOPETUKSET			
Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean	Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean
B9-1ALO	38 %	33,94	38,65	B9-1LOP	42 %	32,99	43,44
B9-2ALO	38 %	16,37	20,36	B9-2LOP	ei tietoa	26,11	35,29
B9-3ALO	42 %	12,92	15,37	B9-3LOP	ei tietoa	31,85	42,09
B9-4ALO	42 %	18,54	22,7	B9-4LOP	luomu 35 %	23,98	30,77
B9-5ALO	49 %	12,62	15,01	B9-6LOP	42 %	2,13	2,85
B9-6ALO	35 %	8,74	10,64				
MUUTOS 75 > 65				MUUTOS 50 > 60			
B9-1ALO	0,35	0,39	1,1	B9-1LOP	0,42	29	38,74
B9-4ALO	0,42	0,37	1,07	B9-2LOP	0,42	33,62	43,95
				B9-4LOP	0,42	32,33	42,51
MUUTOS 65 > 70				MUUTOS 60 > 65			
B9-7ALO	35 %	3	3,84	B9-1LOP	luomu 35 %	25,03	31,95
B9-2ALO	35 %	0,61	1,07	B9-2LOP	luomu 35 %	2,85	3,77
B9-3ALO	43 %	0,5	0,93	B9-3LOP	43 %	28,82	38,1
B9-6ALO	19 % kahvi-kerma	2,67	3,99	B9-4LOP	luomu 35 %	27,82	35,84
B9-5ALO	43 %	3,84	4,68	B9-5LOP	35 %	29,01	38,05
B9-6ALO	43 %	5,17	6,3	B9-6LOP	42 %	30,63	39,42
B9-8ALO	35 %	2	2,77				
				MUUTOS 65 > 70			
				B9-1LOP	42 %	28,19	35,82
				B9-2LOP	42 %	8,44	10,17
				B9-3LOP	42 %	27,65	36,28

## LINJAN R1 ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN TULOKSET

R1 ALOITUKSET				R1 LOPETUKSET			
Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean	Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean
R1-1ALO	raaka-maito	2,33	7,46	R1-1LOP	raaka-maito	5,13	13,74
R1-2ALO	raaka-maito	1,84	5,72	R1-2LOP	raaka-maito	4,08	13,02
R1-3ALO	raaka-maito	1,6	5,13	R1-3LOP	raaka-maito	0,57	1,89
R1-4ALO	raaka-maito	1,07	3,64	R1-4LOP	raaka-maito	1,14	3,12
R1-5ALO	raaka-maito	1,65	5,65	R1-5LOP	raaka-maito	4,68	13,41
R1-6ALO	raaka-maito	1,14	4,77	R1-6LOP	raaka-maito	4,3	13,17
R1-7ALO	raaka-maito	0,98	3,71				
MUUTOS 159 > 155				MUUTOS 150 > 160			
R1-1ALO	raaka-maito	2,27	6,96	R1-1LOP	raaka-maito	3,53	9,55
R1-2ALO	raaka-maito	1,78	4,51	R1-2LOP	raaka-maito	0,89	3,03
R1-3ALO	raaka-maito	0,83	2,67	R1-3LOP	raaka-maito	0,79	2,69
R1-5ALO	raaka-maito	1,02	3,21	R1-4LOP	raaka-maito	3,79	12,51
R1-7ALO	raaka-maito	1,51	4,92	R1-5LOP	raaka-maito	5,6	14,01
R1-8ALO	raaka-maito	2,15	6,6				
R1-9ALO	raaka-maito	1,26	5,19				
R1-4ALO	raaka-maito	1,06	3,72				
R1-10ALO	raaka-maito	0,39	1,95				
R1-6ALO	raaka-maito	1,03	3,94				
R1-11ALO	raaka-maito	0,82	3				

## LINJAN R2 ALOITUS- JA LOPETUSVESITYÖNTÖJEN TULOKSET

R2 ALOITUKSET				R2 LOPETUKSET			
Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean	Näyte	Tuote	Rasva mean	TS mean
R2-1ALO	luomu raakamaito	1,57	6,37	R2-1LOP	raakamaito	0,36	1,17
R2-2ALO	luomu raakamaito	1,36	5,02	R2-2LOP	raakamaito	1,92	3,26
R2-3ALO	raakamaito	1,61	6,35	R2-3LOP	raakamaito	1,67	5,2
R2-4ALO	raakamaito	0,72	2,83	R2-4LOP	raakamaito	1,46	4,41
R2-6ALO	raakamaito	1,17	3,82	R2-5LOP	raakamaito	1,91	5,5
R2-7ALO	raakamaito	2,09	6,95	R2-6LOP	raakamaito	3,52	11,54
MUUTOS 170 > 160				MUUTOS 160 > 170			
R2-1ALO	raakamaito	0,17	0,65	R2-1LOP	raakamaito	0,47	1,38
R2-8ALO	raakamaito	0,38	1,56	R2-2LOP	raakamaito	0,52	6,42
R2-3ALO	raakamaito	0,89	3,55	R2-1LOP	raakamaito	0,33	1,28
R2-4ALO	luomu raakamaito	0,67	2,45	R2-3LOP	raakamaito	0,33	1,07
R2-5ALO	raakamaito	0,51	1,78	R2-4LOP	raakamaito	2,12	7,45
R2-6ALO	raakamaito	1,04	3,99				
R2-2ALO	raakamaito	0,59	2,18				

## LINJAN R1 ALOITUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteen tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnöt tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteen rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$  ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$H_1: \mu_1 > \mu_2$  ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

	Ennen muutoksia (159)	Muutosten jälkeen (155)	
	2,33	1,51	
	1,84	2,15	
	1,6	1,26	
	1,07	1,06	
	1,65	0,39	
	1,14	1,03	
	0,98	0,82	
		2,27	
		1,78	
		0,83	
		1,02	
Keskiarvo $\bar{x}$	1,515714286	1,283636364	
Otoksen keskihajonta $s$	0,486513348	0,585222568	
Otoskoko $n_1$	7	11	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	0,302814123		
Keskihajonta $s$	0,550285493		
Testisuure $t$	0,872277909		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	1,746		kun $f = 16$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty seuraavia kaavoja 3 ja 4 testisuureen laskemiseksi:

$$Testisuure\ t = \frac{x_1 - x_2}{s \times \sqrt{\left(\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2}\right)}} \quad (4)$$

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1) \times s_1^2 + (n_2 - 1) \times s_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \quad (5)$$

Kriittinen arvo  $t_{\alpha}$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1+n_2-2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_{\alpha} = 1,746 > 0,872 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.



## LINJAN R1 LOPETUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteiden tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteiden rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

	Ennen muutoksia (150)	Muutosten jälkeen (160)		
	5,13	3,53		
	4,08	0,89		
	0,57	0,79		
	1,14	3,79		
	4,68	5,6		
	4,3			
Keskiarvo $\bar{x}$	3,316666667	2,92		
Otoksen keskihajonta $s$	1,948257341	2,059684442		
Otoskoko $n_1$	6	5	Otoskoko $n_2$	
Varianssi $s^2$	3,994192593			
Keskihajonta $s$	1,998547621			
Testisuure $t$	0,327774747			
Kriittinen arvo $t_\alpha$	1,833		kun $f =$	9

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 1,833 > 0,328 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

## LINJAN R2 ALOITUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteen tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteen rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

	Ennen muutoksia (170)	Muutosten jälkeen (160)		
	1,57	0,17		
	1,36	0,38		
	1,61	0,89		
	0,72	0,67		
	1,17	0,51		
	2,09	1,04		
		0,59		
Keskiarvo $\bar{x}$	1,42	0,607142857		
Otoksen keskihajonta $s$	0,461215785	0,295449617		
Otoskoko $n_1$	6	7	Otoskoko $n_2$	
Varianssi $s^2$	0,144303896			
Keskihajonta $s$	0,379873526			
Testisuuret	3,846167263			
Kriittinen arvo $t_\alpha$	1,796			kun $f = 11$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi ei jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 1,796 < 3,846 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella voidaan päätellä, että tehdyt muutokset ovat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

## LINJAN R2 LOPETUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteiden tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteiden rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

	Ennen muutoksia (160)	Muutosten jälkeen (170)		
	0,36	0,47		
	1,92	0,52		
	1,67	0,33		
	1,46	0,33		
	1,91	2,12		
	3,52			
Keskiarvo $\bar{x}$	1,806666667	0,754		
Otoksen keskihajonta $s$	1,018894826	0,768264277		
Otoskoko $n_1$	6	5	Otoskoko $n_2$	
Varianssi $s^2$	0,839072593			
Keskihajonta $s$	0,916009057			
Testisuure $t$	1,897821612			
Kriittinen arvo $t_\alpha$	1,833		kun $f =$	9

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi ei jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 1,833 < 1,898 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella voidaan päätellä, että tehdyt muutokset ovat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

## LINJAN B5 ALOITUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteiden tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteiden rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

TUOTE: RASVATON MAITO			
Ennen muutoksia (1150)		Muutosten jälkeen (1140)	
0,15		0,11	
0,15		0,14	
0,14		0,1	
		0,05	
		0,11	
Keskiarvo $\bar{x}$	0,146666667	0,102	
Otoksen s	0,005773503	0,032710854	
Otoskoko $n_1$	3	5	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	0,000724444		
Keskihajonta s	0,026915506		
Testisuure t	2,272383549		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	1,943		kun $f = 6$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi ei jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 1,943 < 2,272 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella voidaan päätellä, että tehdyt muutokset ovat tuoneet haluttuja muutoksia.

## LINJAN B7 LOPETUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteiden tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteiden rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

TUOTE: KERMA 42 - 44 %			
	Ennen muutoksia (230)	Muutosten jälkeen (240)	
	8,96	7,68	
	8,13	1,43	
	7,97	0,85	
	8,98	3,93	
	6,58		
	1,04		
Keskiarvo $\bar{x}$	6,943333333	3,4725	
Otoksen keskihajonta $s$	3,021871385	3,107071236	
Otoskoko $n_1$	6	4	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	9,327526042		
Keskihajonta $s$	3,054099874		
Testisuure $t$	1,760581546		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	1,86		kun $f = 8$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 1,860 > 1,761 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

## LINJAN B8 ALOITUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteen tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteen rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

KOKONAISMUUTOS			
TUOTE: RASVATON MAITO			
	Ennen muutoksia (440)	Muutosten jälkeen (425)	
	2,01	0,14	
	0,77	0,12	
	0,66	0,13	
	0,17	0,13	
	0,4	1,49	
Keskiarvo $\bar{x}$	0,802	0,402	
Otoksen keskihajonta $s$	0,714401848	0,608251593	
Otoskoko $n_1$	5	5	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	0,44017		
Keskihajonta $s$	0,663453088		
Testisuure $t$	0,953278451		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	1,86		kun $f = 8$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 1,860 > 0,953 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

Hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

ENSIMMÄINEN MUUTOS			
TUOTE: RASVATON MAITO			
	Ennen muutoksia (440)	1. muutoksen jälkeen (430)	
	2,01	0,28	
	0,77	0,3	
	0,66		
	0,17		
	0,4		
Keskiarvo $\bar{x}$	0,802	0,29	
Otoksen keskihajonta $s$	0,714401848	0,014142136	
Otoskoko $n_1$	5	2	$n_2$
Varianssi $s^2$	0,408336		
Keskihajonta $s$	0,639011737		
Testisuure $t$	0,957661671		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,015		kun $f = 5$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,015 > 0,958 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

Hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

TOINEN MUUTOS			
TUOTE: KEVYTMAITO			
	1. muutoksen jälkeen (430)	2. muutoksen jälkeen (425)	
	2,42	0,14	
	2,29	0,14	
	1,07	0,13	
		0,66	
		0,16	
Keskiarvo $\bar{x}$	1,926666667	0,246	
Otoksen keskihajonta $s$	0,74473709	0,231689447	
Otoskoko $n_1$	3	5	$n_2$
Varianssi $s^2$	0,220664444		
Keskihajonta $s$	0,469749342		
Testisuure $t$	4,899097042		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	1,943		kun $f = 6$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi ei jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 1,943 < 4,899 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella voidaan päätellä, että tehdyt muutokset ovat tuoneet parannusta vesityöntöihin.



## LINJAN B8 LOPETUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteiden tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteiden rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

KOKONAISMUUTOS			
TUOTE: RASVATON MAITO			
	Ennen muutoksia (400)	Muutosten jälkeen (435)	
	0,08	1,5	
	0,07	0,68	
Keskiarvo $\bar{x}$	0,075	1,09	
Otoksen keskihajonta $s$	0,007071068	0,579827561	
Otoskoko $n_1$	2	2	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	0,168125		
Keskihajonta $s$	0,410030487		
Testisuure $t$	-2,475425689		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,92		kun $f = 2$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,920 > -2,475 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

Hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

ENSIMMÄINEN MUUTOS			
TUOTE: TÄYSMAITO			
	Ennen muutoksia (400)	1. muutoksen jälkeen (410)	
	3,1	1,74	
	1	0,77	
	1,47		
Keskiarvo $\bar{x}$	1,856666667	1,255	
Otoksen keskihajonta $s$	1,102104048	0,685893578	
Otoskoko $n_1$	3	2	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	0,966572222		
Keskihajonta $s$	0,98314405		
Testisuure $t$	0,670392921		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,353		kun $f = 3$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,353 > 0,670 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

Hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

TOINEN MUUTOS			
TUOTE: RASVATON MAITO			
	1. muutoksen jälkeen (410)	2. muutoksen jälkeen (425)	
	0,05	1,49	
	2,46	0,94	
		0,06	
Keskiarvo $\bar{x}$	1,255	0,83	
Otoksen keskihajonta $s$	1,704127343	0,721318238	
Otoskoko $n_1$	2	3	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	1,314883333		
Keskihajonta $s$	1,146683624		
Testisuure $t$	0,406009264		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,353		kun $f = 3$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,353 > 0,406 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

Hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

KOLMAS MUUTOS			
TUOTE: RASVATON MAITO			
	2. muutoksen jälkeen (425)	3. muutoksen jälkeen (435)	
	1,49	1,5	
	0,94	0,68	
	0,06		
Keskiarvo $\bar{x}$	0,83	1,09	
Otoksen keskihajonta $s$	0,721318238	0,579827561	
Otoskoko $n_1$	3	2	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	0,458933333		
Keskihajonta $s$	0,677446185		
Testisuure $t$	-0,420425617		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,353		kun $f = 3$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,353 > -0,420 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

## LINJAN B9 ALOITUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteiden tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteiden rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

TUOTE: KERMA 42 %			
	Ennen muutoksia	Muutosten jälkeen	
	12,92	3,84	
	18,54	5,17	
Keskiarvo $\bar{x}$	15,73	4,505	
Otoksen keskihajonta $s$	3,97394011	0,940452019	
Otoskoko $n_1$	2	2	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	8,338325		
Keskihajonta $s$	2,887615799		
Testisuure $t$	3,887289994		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,92		kun $f = 2$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi ei jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,920 < 3,887 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella voidaan päätellä, että tehdyt muutokset ovat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

## LINJAN B9 LOPETUKSIEN TILASTOLLINEN TARKASTELU

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailu t-testin avulla, kun otoskoko  $n < 30$ . Voidaan olettaa, että näytteiden tulokset ovat lähes normaalisti jakautuneita, sillä linjan työnnot tehdään automaattisesti eikä manuaalisesti. Tilastollinen tarkastelu on tehty vertaamalla kahden otoksen näytteiden rasvapitoisuuksia.

Saadaan hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

KOKONAISMUUTOS			
TUOTE: KERMA 42 %			
	Ennen muutoksia (50)	Muutosten jälkeen (70)	
	32,99	28,19	
	2,13	8,44	
		27,65	
Keskiarvo $\bar{x}$	17,56	21,42666667	
Otoksen keskihajonta $s$	21,82131527	11,2500237	
Otoskoko $n_1$	2	3	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	243,0986222		
Keskihajonta $s$	15,59162026		
Testisuure $t$	-0,271666513		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,353		kun $f = 3$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,353 > -0,272 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

Hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

ENSIMMÄINEN MUUTOS			
TUOTE: KERMA 42 %			
	Ennen muutoksia (50)	1. muutoksen jälkeen (60)	
	32,99	29	
	2,13	33,62	
		32,33	
Keskiarvo $\bar{x}$	17,56	31,65	
Otoksen keskihajonta $s$	21,82131527	2,383883386	
Otoskoko $n_1$	2	3	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	162,5118667		
Keskihajonta $s$	12,74801422		
Testisuure $t$	-1,210762821		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,353		kun $f = 3$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,353 > -1,210 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.

Hypoteesit:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla ei ollut merkitystä.

$$H_1: \mu_1 > \mu_2$$

ts. Linjaan tehdyillä muutoksilla oli merkitystä.

TOINEN MUUTOS			
TUOTE: KERMA 42 %			
	1. muutoksen jälkeen (60)	2. muutoksen jälkeen (70)	
	29	28,19	
	33,62	8,44	
	32,33	27,65	
Keskiarvo $\bar{x}$	31,65	21,42666667	
Otoksen keskihajonta $s$	2,383883386	11,2500237	
Otoskoko $n_1$	3	3	Otoskoko $n_2$
Varianssi $s^2$	66,12296667		
Keskihajonta $s$	8,131602958		
Testisuure $t$	1,53979174		
Kriittinen arvo $t_\alpha$	2,132		kun $f = 4$

Kahden riippumattoman otoksen keskiarvojen vertailussa t-testin avulla on käytetty kaavoja 3 ja 4 (katso liite 8/1) testisuureen laskemiseksi. Kriittinen arvo  $t_\alpha$  on taulukkoarvo, joka on tulkittu vapausasteen  $f = n_1 + n_2 - 2$  mukaisesti.

**Johtopäätökset:** Nollahypoteesi jää voimaan, sillä yksisuuntaisessa testissä t-jakauman kriittinen arvo  $t_\alpha = 2,132 > 1,540 = t$  testisuureen arvo 5 %:n merkitsevyydellä.

**Tulkinta:** Tämän testin perusteella ei voida päätellä, että tehdyt muutokset olisivat tuoneet parannusta vesityöntöihin.