



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Nelly Liminka

---

## Vaahdonestoaineen annostelun optimointi

Opinnäytetyö

Kevät 2024

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

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

Suuntautumisvaihtoehto: Elintarviketeknologia

Tekijä: Nelly Liminka

Työn nimi alaotsikoineen: Vaahdonestoaineen annostelun optimointi

Ohjaaja: Jarmo Alarinta

Vuosi: 2024

Sivumäärä: 28

Liitteiden lukumäärä: -

---

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, kuinka paljon vaahdonestoaineen annostelu raejuustoheran joukkoon työn hetkellä on. Lisäksi selvitettiin, paljonko vaahdonestoaainetta tulee annostella, jotta raejuustohera ei enää vaahtoaisi sen esikäsitelyssä. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Valio Oy Seinäjoen tehdas.

Raejuuston valmistuksesta tuleva hera esikäsitellään juustopölyn poistamiseksi suodatusta varten. Esikäsitely tapahtuu seulan ja lingon avulla. Seulalla heraan pääsee sekoittumaan ilmaa, jolloin se vaahtoa. Heran joukkoon lisätään vaahdonestoaainetta, jonka tulisi hillitä vaahtoa. Kuitenkin hera vaahtoa, kun sitä käsitellään seulalla aiheuttaen ylivuotoa. Ylivuoto aiheuttaa muun muassa hävikkiä ja voi olla myös turvallisuusriski.

Työ on jaettu kahteen osaan: nykyisen vaahdonestoaineen kulutuksen selvittämiseen ja heran koevaahdotuksiin. Nykyinen vaahdonestoaineen kulutus selvitettiin punnitsemalla vaahdonestoaaine ennen ja jälkeen raejuustokattilan purun. Punnituksia tehtiin kahdelta eri siirtolinjalta. Koevaahdotuksissa pyrittiin selvittämään vaahdonestoaineen optimaalinen annostelu vaahdottamalla heraa Ultra Turrax -homogenisaattorilla ja lisäämällä automaattipipetillä joukkoon vaahdonestoaainetta.

Työssä saatiin selvitettyä, paljonko vaahdonestoaainetta kuluu nykyisellä annostelulla. Vaahdotuskokeista saatiin selville, että mitä enemmän vaahdonestoaainetta annostelee, sitä vähemmän hera vaahtoa. Optimia vaahdonestoaineannostelua ei saatu tässä työssä selvitettyä.

<sup>1</sup> Asiasanat: raejuusto, hera, vaahto

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Food Processing and Biotechnology

Specialisation: Food Technology

Author: Nelly Liminka

Title of thesis: Optimization of the dosage of antifoaming agent

Supervisor: Jarmo Alarinta

Year: 2024

Number of pages: 28

Number of appendices: -

---

The purpose of this thesis was to find out how much antifoaming agent is used for cottage cheese whey during the production. The thesis also aimed to optimize the dosing of antifoamer to prevent whey from foaming during the clarification. The client of the thesis was Valio Oy Seinäjoki.

Whey from cottage cheese production is clarified to remove cheese dust before filtration. Clarification is done using a vibrating screen separator and a centrifuge. When using a screen separator, air gets mixed to the whey, causing it to foam. Antifoaming agent is added to the whey to control the foaming. However, the whey continues to foam when processed through the screen separator, leading to overflow. The overflow causes waste and is a safety risk.

The study was divided into two parts: determining the current antifoamer consumption and whey foaming tests. The current antifoamer consumption was determined by weighing it before and after the cottage cheese pot was dismantled. Weighings were performed on two different transfer lines. In the foaming tests, the goal was to find the optimal dosing for antifoaming agent by foaming whey with Ultra Turrax homogenizer and by adding antifoamer with an automatic pipette.

The study determined how much antifoamer was consumed with the current dosing. The foaming tests showed that the more antifoamer was used, the less foam was produced. The optimal dosing could not be determined in this study.

<sup>1</sup> Keywords: cottage cheese, whey, foam

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO JA TYÖN TAVOITE .....	8
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoite.....	8
1.3 Työn rakenne .....	8
2 RAEJUUSTON VALMISTUS .....	10
2.1 Hapattaminen.....	10
2.2 Raejuuston leikkaaminen ja peseminen .....	10
3 JUUSTOHERA .....	12
3.1 Heran käsittelyn kehitys .....	12
3.2 Heran koostumus .....	12
4 ESIKÄSITTELYPROSESSI .....	14
4.1 Seula .....	14
4.2 Linko.....	14
4.3 Pastööri .....	15
5 VAAHTOAMINEN.....	16
5.1 Vaahdon muodostuminen .....	16
5.2 Vaahdonesto .....	17
6 MATERIAALIT JA MENETELMÄT .....	19
6.1 Punnitukset nykyisellä kulutuksella .....	19
6.2 Vaahdotuskokeet.....	19
7 TULOKSET .....	21
7.1 Nykyinen kulutus .....	21
7.2 Koevaahdotukset.....	22

8 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	26
LÄHTEET .....	28

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Vaahdotus eri vaahdonestoannosteluilla, jossa heraa vaahdotettu 500 ml.....	23
Kuvio 2. Vaahdotus eri vaahdonestoannosteluilla, jossa heraa vaahdotettu 1000 ml.....	24
Taulukko 1. Pienet kattilat ja vanhemmat pesutornit.....	21
Taulukko 2. Isot kattilat ja vanhemmat pesutornit. ....	21
Taulukko 3. Isot kattilat ja uudemmat pesutornit. ....	22
Taulukko 4. Yhteenveto punnitusten tuloksista. ....	22
Taulukko 5. Nykyisen annostelun ja koevaahdotuksen vertailu. ....	25

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Absorboitua</b>	Aineen imeytyminen toiseen aineeseen.
<b>Amfiilinen molekyyli</b>	Molekyyli, jolla on vesiliukoinen ja rasvaliukoinen osa.
<b>Inaktivoitua</b>	Bakteeri tai entsyymi menettää toimintakyvyn.
<b>Isoelektrinen piste</b>	pH-arvo, jossa molekyylin nettovaraus on nolla, eikä silloin liiku sähkökentässä.
<b>Stabiloituminen</b>	Tila, jossa aine muuttuu vakaaksi.
<b>Viskoelastinen</b>	Materiaalin ominaisuus, jossa yhdistyy viskositeettiset ja elastiset ominaisuudet.

# 1 JOHDANTO JA TYÖN TAVOITE

## 1.1 Työn tausta

Toimeksiantajana toimii Valio Oy Seinäjoen tehdas. Valio on Suomen johtava ruokatalo ja Suomen suurin elintarvikkeiden viejä. Seinäjoen tehtaalla valmistetaan muun muassa raejuustoa, rahkoja, vanukkaita, maitojauheita ja kaikki Valion voi. Opinnäytetyössä tutkitaan raejuustoprosessissa syntyvän heran vaahtoamista ja sen vähentämistä. Heran liiallinen vaahtoaminen ilmenee sen esikäsittelyssä. Esikäsittelyn tarkoitus on poistaa juustopölyä seulan ja lingon avulla heran joukosta. Seulassa heraan kohdistuu mekaanista sekoitusta ja joukkoon pääsee sekoittumaan ilmaa. Tämän seurauksena herassa olevat proteiinit alkavat vaahdota. Vaahtoaminen aiheuttaa turvallisuusriskin, sillä vaahtoutunut hera tulvii seulasta lattialle ja on liukasta. Lisäksi yli vaahtoutunut hera aiheuttaa hävikkiä. Vaahtoaminen vaikeuttaa prosessia ja aiheuttaa täten mahdollisesti laatuvirheitä.

## 1.2 Työn tavoite

Työn ensimmäisenä tavoitteena oli kartoittaa, paljonko tällä hetkellä vaahdonestoainetta annostellaan heraan. Tämänhetkinen tieto kattaa vain sen, kuinka usein 190 kilon vaahdonestoainesäiliö täytyy vaihtaa täysinäiseen. Toinen tavoite oli selvittää vaahdonestoaineen optimaalinen annostus laboratorio-olosuhteissa, eli mikä määrä vaahdonestoainetta vaikuttaa vähentävästi vaahdon määrään. Koevaahdotukset on rajattu koskemaan ainoastaan kattiloilta tulevaa juustoheraa. Normaalisti esikäsiteltävä hera sisältää lisäksi pakkauskoneilta tulevia huuhevesiä. Heran ja huuhevesien suhteen vaihtelun takia koevaahdotuksissa vaahdotetaan vain kattilasta tulevaa heraa. Kolmas tavoite työssä on mahdollisesti muuttaa vaahdonestoaineen annostelua saatujen tulosten mukaan, jos tulokset ovat toteutettavissa käytännössä.

## 1.3 Työn rakenne

Työn teoriaosuudessa kuvataan raejuuston valmistusprosessi ja miten heraa syntyy. Työssä perehdytään heran koostumukseen ja sen proteiineihin, jotka ovat suuri tekijä vaahdon muodostuksessa. Lisäksi työssä kerrotaan heran esikäsittelystä, miksi se on



tärkeää ja millä laitteilla esikäsitteily eli selkeytys tapahtuu. Työssä käydään läpi vaahdon muodostumista ja tekijöitä, mitkä vaikuttavat vaahdon määrään ja kestävyYTEEN. Viimeisenä työssä perehdytään vielä vaahdonestoaineiden toimintaan.

Kokeellinen työ koostuu kahdesta osasta. Ensimmäisessä tutkitaan nykyistä vaahdonestoaineen annostelua punnitsemalla vaahdonestoaineen määrä ennen ja jälkeen punnituksen ja seuraamalla MMC-tuotantojärjestelmästä virtausmittarin antama luku heran määrästä. Täten saadaan selvitettyä, montako kiloa vaahdonestoaainetta kuluu litraan heraa. Toinen osa koostuu heran koevaahdotuksista, jossa heraa vaahdotetaan manuaalisesti. Heraan lisätään vaahdonestoaainetta automaattipipetillä ja pyritään selvittämään optimaalinen määrä vaahdonestoaainetta. Koevaahdotuksessa saatuja tuloksia mahdollisesti tullaan hyödyntämään annostelupumppujen asetusten muuttamisessa. Työn lopussa käydään läpi saatuja tuloksia ja niistä tehtyjä päätelmiä.

## 2 RAEJUUSTON VALMISTUS

Raejuusto on pehmeä, kypsyttämätön ja rakeinen tuorejuustolaji, johon on sekoitettu suolainen kermakastike (Fox ym., 2017, s. 576). Raejuusto valmistetaan rasvattomasta pastöroidusta maidosta ja sen sakeuttaminen tapahtuu pääsääntöisesti hapattamalla. Joukkoon lisätään pieni määrä juoksetta parantamaan raejuuston koostumusta ja leikkauksen onnistumista. Rasvattoman maidon, hapatteen, suolan ja kerman lisäksi raejuustoon lisätään myös säilöntäainetta, sillä tuorejuustot säilyvät huonosti niiden vesi- ja suolapitoisuuden tai pH:n vuoksi. Raejuustot eroavat toisistaan muun muassa raekoon ja kastikkeen mukaan.

### 2.1 Hapattaminen

Hapattaminen vaikuttaa raejuuston säilyvyyteen, rakenteeseen, makuun ja ravintoarvoon (Aho, 2022, s. 171). Hapattamisessa bakteerit käyttävät maidon sokereita ravinnoksi ja tuottavat maitohappoa alentaen pH:ta ja laktoosipitoisuutta. Happamassa 4,5 pH:ssa yleiset taudinaiheuttajat ja pilaajat eivät kasva. Hapate on hyötymikrobiviljelmä, jonka mikrobeina voidaan käyttää bakteereja, hiivoja ja homeita. Käytettyjä maitohappobakteereja ovat muun muassa *Lc lactis* subsp. *cremoris*, *Lc lactis* subsp. *lactis* (Fox ym., 2017, s. 576).

Raejuuston valmistuksessa hapatteen tärkein tehtävä on sen aiheuttama pH:n lasku, jonka avulla kaseiini saostuu (Aho, 2022, s. 171). Kaseiinit saostuvat pH:n ja kuumennuksen lisäksi myös juoksetteella. Kaseiinit ovat maidon proteiineja, jotka sitovat paljon vettä ja sisältävät kivennäisaineita, kuten kalsiumia ja fosforia. Maidon proteiineista noin 80 % on kaseiinia. Muita maidon proteiineja ovat heraproteiinit 19 % ja loput rasvapallojen kalvoproteiineja ja entsyymejä. Kaseiini saostuu pH:n ollessa noin 4,5. Silloin kaseiini saavuttaa isoelektrisen pisteen, eli kaseiinimiselleillä ei ole sähkövarausta ja ne saostuvat. Kalsiumionit sitovat kaseiinimisellejä yhteen.

### 2.2 Raejuuston leikkaaminen ja peseminen

Juustomassaan lisätään juoksetta, kun massan pH on noin 6,3 (Fox ym., 2017, s. 577). Juoksete auttaa massaa kestämään paremmin leikkausta ja tuo raejuustolle sen

ominaisen koostumuksen. Tuoteasiantuntija J. Haapasen (henkilökohtainen tiedonanto, 14.5.24) mukaan, juoksetteen tehtävä on lujittaa kappakaseiinien välisiä sidoksia. Juoksete myös muodostaa saostumaan kanavia, jotka edistävät heran erottumista. Nämä kanavat parantavat myös rakeiston koostumusta leikkauksen jälkeen ja keiton aikana. Juoksete vaikuttaa myös juustosaantoon. Vääränlainen juoksete voi pienentää saantoa ja aiheuttaa virhemakuja. Juoksetteen vaikuttavana aineena on renniini-entsyymi (Fox ym., 2017, s. 577). Kun massan pH on laskenut 4,8:aan, se leikataan. Keittolämpötila vaihtelee 50–60 °C.

Leikkauksen jälkeen juustomassan annetaan levätä 5–15 minuuttia, jotta leikkauspinnat ”umpeutuvat” (Fox, ym., 2017, s. 578). Lepäämisen jälkeen alkaa juuston keitto, jossa rakeita sekoitetaan ja lämmitetään ja se keitetään hitaasti 55 °C:seen. Näin juustorakeet kiinteytyvät ja niistä tulee vahvempia. Samalla bakteerit inaktivoituvat eivätkä enää pysty toimimaan.

Kun raejuusto on valmista, kattila tyhjennetään pesutorniin (Fox, ym., 2017, s. 578). Pesutornissa hera valuu pois ja rakeisiin lisätään jäävettä, joka huuhtoo lopun heran ja jäähdyttää kuuman juuston. Tämä toistetaan 2–3 kertaa, kunnes hera on poissa ja rakeet ovat jäähtyneet eivätkä tartu toisiinsa. Pesuvesien lämpötilat ovat yleensä 30 °C, 16 °C ja lopuksi 4 °C (TetraPak, i.a., Cheese). Pesu laimentaa laktoosia ja maitohappoa. Hapon tuotanto pysäytetään jäähdyttämällä juusto 4–5 °C:seen. Rakeiden jäähdytys ja peseminen vie noin kolme tuntia. Raejuuston pesulla on vaikutusta lopullisen tuotteen kosteuteen, happamuuteen ja koostumukseen. Lopuksi rakeiden päälle lisätään haluttu kastike. Raejuusto on valmista pakattavaksi.

### 3 JUUSTOHERA

Kun maidon kaseiinit saostetaan, joko juoksetteella tai hapattamalla isoelektriseen pisteeseen jää jäljelle nestettä, joka on heraa (Fox, ym., 2017, s. 755). Aikaisemmin heraa on pidetty arvottomana ja se on hävitetty muun muassa eläinten ruuaksi. Myöhemmin on ymmärretty herassa olevien ravintoaineiden, kuten proteiinin, laktoosin, mineraalien arvo ja sitä on ruvettu jatkojalostamaan.

#### 3.1 Heran käsittelyn kehitys

1970-luvulle asti heraa pidettiin vain juustonvalmistuksen sivutuotteena, eikä sitä osattu jalostaa hyötykäyttöön (Valio, 2019). Hera hävitettiin mahdollisimman halvasti, esimerkiksi sikojen ruuaksi. Valiolle palkattiin 1975 Matti Harju, jonka tehtävä oli kehittää herasta tuote elintarvikekäyttöön. Apuna oli muutama vuotta vanha suolanpoistolaitteisto. Ensimmäisenä Harju kehitti Valio Demi™ jauheen eli demineralisoitu, lähes suolaton herajauhe. Heran hyödyntäminen elintarvikkeiksi perustuu sen jakamiseen eri jakeiksi eli laktoosiksi, proteiineiksi ja suolaksi. 1980-luvulla ultrasuodatinlaitteiston avulla pystyttiin valmistamaan heraproteiinijauhetta, mutta jauheeseen kuitenkin jäi vielä 30 % laktoosia. Myöhemmin käyttöön saatu kromatografiaprosessi mahdollisti heranproteiinin ja laktoosin erottamisen omiksi jakeiksi. 1900-luvulla hera alkoi tulla tutuksi kuluttajille muun muassa Valio Gefilus® herajuoman muodossa. 2000-luvulla heraproteiinia alettiin erottamaan suoraan maidosta mikro-suodattamalla. Tällä saatiin tuore heraproteiini, jota käytetään Valio Profeel® tuotesarjassa. 2016 vuonna käyttöön saatiin myös heran sisältämä suola. ValSa® maitosuolaa käytetään vähemmän suolaa sisältäviin tuotteisiin.

#### 3.2 Heran koostumus

Maito koostuu vedestä, jota on noin 87 % ja kuiva-aineesta, jota on noin 13 %. Hera sisältää noin puolet maidossa olevasta kuiva-aineesta. (TetraPak, i.a., The chemistry of milk). Eniten herassa on vettä, jota on noin 94 %. Kuiva-ainetta on siis noin 6 %, josta 4,5 % on laktoosia, 0,8 % proteiinia ja 0,7 % mineraaleja (Kilara & Vaghela, 2004, s. 72).

Heran koostumukseen vaikuttaa tapa, miten juustoa tuotetaan ja minkälaisen lämpökäsittelyn maito saa. Hera voidaan jaotella makeaan ja happamaan heraan (Gésan-Guiziu, 2014, s. 135). Makeaa heraa valmistuu eniten. Se on peräisin juuston valmistuksesta, jossa kaseiini koaguloidaan juoksetteella. Makeaa heraa tulee juustosta, esim. mozzarellasta ja cheddarista. Makean heran pH on lähellä maidon alkuperäistä pH:ta eli 6,0–6,6.

Hapan hera muodostuu esimerkiksi raejuuston valmistuksessa maitohappokäymisellä (Gésan-Guiziu, 2014, s. 135). Happamassa herassa on korkeampi mineraalipitoisuus (pääasiassa kalsium ja fosfaatti), kuin makeassa herassa, koska kaseiinimiselleistä vapautuu mineraaleja happamissa olosuhteissa. Happaman heran pH on jopa 4,6.

Proteiinit ovat vain pieni osa herasta, mutta erittäin arvokkaita niiden ravintoarvojen takia (Kilara & Vaghela, 2004, s. 84). Heraproteiinit ovat sekoitus useampaa eri proteiinikomponentteja. Näitä proteiineja ovat muun muassa  $\beta$ -laktoglobuliini ja  $\alpha$ -laktaalbumiini, BSA eli seerumi albumiini ja immunoglobuliinit, entsyymit ja peptidit.

$\beta$ -laktoglobuliini on heran yleisin proteiini, sitä on noin 50 % heran proteiineista ja 12 % maidon proteiineista (Fox, ym., 2015 s. 189).  $\beta$ -laktoglobuliinia esiintyy lehmänmaidon lisäksi muun muassa hevosen ja sian maidossa, mutta ei äidinmaidossa.  $\beta$ -laktoglobuliinissa olevat aminohapot sisältävät runsaasti rikkiä. Aminohaposta kysteini vaikuttaa paljon maidon lämmönkestävyyteen ja aiheuttaa keitetyn maidon maun.

$\alpha$ -laktaalbumiinia on heran proteiineista noin 20 % ja maidon proteiineista 3,5 % (Fox, ym., 2015 s. 194.) Se on myös äidinmaidon pääproteiini. Aminohapoista tryptofaania on  $\alpha$ -laktaalbumiinissa eniten.

Seerumialbumiinia (BSA) on herassa vain vähän (Fox, ym., 2015. s. 197.) Sitä oletetaan vuotaneen maitoon verestä. Verenkierrossa seerumialbumiinin tehtävä on kontrolloida verenpainetta ja kuljettaa muun muassa hormoneja ja rasvahappoja.

Immunoglobuliiniluokkia on viisi, ja niistä kolmea esiintyy maidossa (Fox, ym., 2015 s. 199). Näitä ovat IgA, IgG ja IgM. Lehmänmaidossa esiintyy eniten IgG:tä ja äidinmaidossa IgA:ta. Immunoglobuliinit ovat vasta-aineita, joiden tehtävä on pitää kehon immuunitoimintaa yllä.

## 4 ESIKÄSITTELYPROSESSI

Kun hera erotetaan juustosta, siihen aina välttämättä jää hieman juustopölyä. Tuoteasiantuntija J. Haapasen (henkilökohtainen tiedonanto, 14.5.24.) mukaan, jos hera ei poistu rakeistosta riittävästi, voi keiton aikana rakeet hajota ja lisätä pölyn määrää. Tämä on kytköksissä hapattamisen onnistumiseen. Lisäksi jos juustomassan lämpötilan nosto ja sekoitusnopeuden voimakkuus eivät ole oikeassa suhteessa, voi rakeiston koostumus muuttua hauraaksi ja pölyn määrän lisääntyä. Maidon pastörintilämpötilalla on myös vaikutusta pölyn määrään. Juustopöly tulee poistaa heran joukosta, sillä heraa suodattaessa pöly tukkii suodattimien kalvot (Pearce, 1992). Kalvojen tukkeutuminen vaikuttaa tuotteen laadun lisäksi paljon tuotanto- ja ylläpitokustannuksiin.

Hera tulee käsitellä mahdollisimman pian sen jälkeen, kun se on erotettu juustomassasta (Pearce, 1992). Sen lämpötila ja koostumus edistävät bakteerien kasvua, mikä johtaa proteiinien hajoamiseen ja maitohapon muodostamiseen. Heran selkeyttäminen tapahtuu usein seulan ja lingon yhdistelmällä tai pelkästään lingolla, riippuen juustopölyn koosta ja määrästä. Lopuksi hera pastöroidaan, jotta siitä tuhoutuisi haitalliset mikrobit ja säilyvyys paranisi.

### 4.1 Seula

Hera käsitellään ensin täryseulalla. Seulassa päällekkäin metalliverkkoja, joiden tiheydet on valittu halutun erottelun saamiseksi (Grönmark, i.a.). Ylempänä usein harvempi verkko, kuin alhaalla, sillä hera syötetään seualle yläkautta. Metalliverkot tärisevät seulan pohjalla olevan moottorin avulla. Ensimmäisen metalliverkon läpi alemmalle verkolle tippuu hera ja juustopöly tippuu seulan reunoille. Sama tapahtuu alemmalla verkolla. Verkkoja isommat partikkelit kulkeutuvat seulan reunoilta pois ja seulottu hera siirtyy suppilon kautta lingolle.

### 4.2 Linko

Seulan jälkeen heraan jää vielä suodatuskalvoja tukkivia partikkeleita, joten se kulkee lisäksi lingon läpi (TetraPak, i.a., Whey Processing). Linko on separaattori, joka erottelee juustopölyn herasta keskipakovoiman avulla. Lingolle hera tulee alakautta ja poistuu

yläkautta. Lingon sisällä on päällekkäin ohjauslevyjä, joiden väliin jää erotuskanavat. Levyt pyörivät noin 5000 kierrosta minuutissa. Herassa olevat hiukkaset erottuvat ja kulkeutuvat erotuskanavan yläreunaa pitkin limatilaan, josta tyhjennys tapahtuu asetetun aikarajan mukaan.

### 4.3 Pastööri

Lingon jälkeen hera on valmista pastöroitavaksi. Hera pastöroidaan, jotta siitä tuhoutuisi haitalliset mikrobit ja sen säilyvyys näin paranisi (TetraPak, i.a., Whey Processing). Pastörinti tehdään 72–75 °C:ssa 15–20 sekuntia. Lämmityksen jälkeen hera jäähdytetään 4–5 °C:seen.

Pastörinti tapahtuu levylämmönvaihtimella. Levylämmönvaihdin koostuu teräslevyistä, jotka ovat pakattu tiiviisti yhteen (TetraPak, i.a., Heat exchangers). Levyissä olevat poimut muodostavat kanavia, joissa neste kulkee. Levyjen kulmissa on reiät, joista hera kulkee kanavasta toiseen. Levyt on voitu jaotella eri osiin, esimerkiksi esilämmitys, loppulämmitys ja jäähdytys. Lämmitysaineena toimii usein kuuma vesi ja jäähdytysaineena kylmä vesi, jäävesi tai propyleeniglykoli. Hera virtaa yksittäisen levyn toisella puolella ja sitä vastakkaisella lämmittävä tai jäähdyttävä aine. Virtaukset kulkevat vastakkaisiin suuntiin.

## 5 VAAHTOAMINEN

Vaahtoa syntyy, kun kaasua sekoittuu nesteeseen (Applied material solutions, 2021). Nesteessä olevat pinta-aktiiviset aineet muodostavat kalvon, joka vangitsee kaasukuplia ja estää niitä haihtumasta. Vaahdon hallinta on tärkeää, sillä vaahtoaminen voi aiheuttaa tuotevirheitä, laatuongelmia, ongelmia prosessissa, toimintahäiriöitä, säiliöiden täyttöongelmia, ylivuotoja, hävikkiä ja turvallisuusriskejä. Vaahdonestoaineita käyttämällä vaahtoaminen saadaan hallintaan ja näin parannettua tuotteiden ja prosessien laatua ja vähennettyä hävikkiä ja tuotantokustannuksia.

### 5.1 Vaahdon muodostuminen

Kaasulla on alhaisempi tiheys kuin nesteellä. Siksi, kun kaasua sekoittuu nesteeseen, se nousee nesteen pinnalle (Sixin North America, Inc., i.a.). Pinta-aktiiviset aineet eli tensidit ovat molekyylejä, joilla on pää ja häntä. Toinen on hydrofiilinen eli vettä houkutteleva ja toinen hydrofobinen eli vettä hylkivä. Nämä tensidit stabiloivat kaasun muodostaman ilmakuplan ja näin ollen muodostaa kestävän vaahdon. Vaahdon muodostuessa tensidin hydrofiilinen pää on nesteessä ja hydrofobinen ilmakuplassa. Puhtaassa nesteessä ei synny kuplia, sillä se ei sisällä mitään pinta-aktiivista ainetta. Seinämää, joka muodostuu kuplien välille, kun kuplat kasaantuvat päällekkäin sanotaan lamelliksi.

Vaahdon muodostumisen voi jakaa kolmeen vaiheeseen (Zayas, 1997, s.261). Ensimmäiseksi liukenevat pallomaiset proteiinit sekoittuvat ilman ja veden rajapintaan, vähentäen pintajännitystä. Toiseksi proteiinit avautuvat veden ja ilman rajapinnalla niin, että hydrofiiliset, eli vettä houkuttelevat päät kääntyvät vettä kohti ja hydrofobiset päät, eli vettä hylkivät, ilmaa kohti. Kolmanneksi proteiinit muodostavat stabiloivan kalvon kuplien ympärille. Proteiinien vaahtoutumisominaisuuksiin vaikuttaa lämpötila, pH, käsittelymenetelmät, sekoitusaika ja vaahtotusmenetelmä. Mitä korkeampi lämpötila on, sitä pienempi pintajännitys. Isoelektrisessä pisteessä proteiinien välinen vetovoima on suuri ja tällöin proteiinit absorboituvat rajapinnalle parhaiten ja vähentää pintajännitystä (Zayas, 1997, s.267). Tällöin proteiinien muodostavat kalvot ovat myös paksumpia, ja niillä on korkea viskositeetti ja elastisuus.



Vaahdon epävakaus johtuu, kun pienissä kuplissa paine on isoja kuplia suurempi ja näin ollen pienempi kupla yhdistyy isompaan (Wyatt, 2015 s. 120). Toinen syy vaahdon hajoamiselle on nesteen valuminen lamellista painovoiman vaikutuksesta. Kolmanneksi kuplat voivat sulautua yhteen, jos lamelli on heikko. Proteiinien molekyylit kuitenkin muodostavat vahvoja kalvoja, jotka stabiloivat kuplia. Proteiinien muodostamat viskoelastiset kalvot kestävät hyvin mekaanista rasitusta ja estävät kuplien yhdistymisen. Heran proteiinien vaahtoamiskyky on verrattavissa kananmunan proteiineihin. Kananmunan vaahto on kuitenkin stabiilimpaa, kuin heran. Proteiinit ovat amfifiilisiä molekyylejä, jotka siirtyvät spontaanisti vesi-ilma rajapintaan.

## 5.2 Vaahdonesto

Vaahdonestoaineita on silikonipohjaisia ja öljypohjaisia (Flikenberg, i.a.). Vaahdonestoaineet voidaan jakaa myös vaahtoa rikkoviin (defoams), joita lisätään poistamaan syntyynyttä vaahtoa ja vaahtoamista estäviin (antifoams). Vaahdonestoaineet voivat olla nesteinä, emulsioina tai kiinteinä tuotteina.

Elintarviketeollisuudelle sopivia vaahdonestoaineita ovat, silikonipohjaiset, silikonittomat tai jauhemaiset (Applied material solutions, 2021). Silikonivaahdonestoaineet sisältävät hydrofobisia silikonipolymeerejä ja silikaatteja. Näillä aineilla ei ole vaikutusta elintarvikkeiden makuun tai hajuun. Silikonittomat vaahdonestoaineet voivat sisältää yhtä tai useampaa vaikuttavaa ainetta. Näitä aineita ovat esimerkiksi kasviöljyt, mineraaliöljyt, luonnonvahat tai esterit. Jauhemaiset vaahdonestoaineet sopivat jauhemaisten tuotteiden sekaan, jotka vaahtoavat vettä lisätessä.

Vaahdonestoaineella tulee olla pienempi pintajännitys kuin tuotteella mihin se lisätään (Zotto, 1991). Sen tulee levitä helposti järjestelmään. Se ei saa jättää merkittäviä haju tai makujälkiä.

Vaahdonestoaineen vaikutus perustuu pintajännitykseen (Sixin North America, Inc., i.a.). Vaahdonestoaineen pintajännitys on pienempi, kuin neste, johon se lisätään. Vaahdon hajoamiseen on kolme eri mekanismia. Kosteudenpoisto (dewetting) tapahtuu, kun tensidin vettä hylkivä pää osuu lamellin, eli kuplan seinämään. Silloin tensidi on kosketuksissa

lamellin molempiin reunoihin ja muodostaa sillan. Neste tällöin taipuu sisäänpäin, kunnes kalvo repeää. Toinen mekanismi on silloitus. Siinä matalan pintajännityksen omaava vaahdonestoaine muodostaa lamellin läpi menevän heikon sillan. Vaahdonestoaineen muodostama silta valuttaa kuplan nestettä alaspäin, kunnes kupla hajoaa ja vapauttaa sen sisällä olevan ilman. Kolmas mekanismi destabiloituminen tapahtuu, kun vaahdonestoaineen hydrofobinen hiukkanen vetää puoleensa pinta-aktiivisen aineen hydrofobista päätä. Tällöin pinta-aktiivinen hiukkanen vetäytyy vaahdonestoainehiukkasen luo ja absorboituu. Tällöin vaahdonestoaine estää kuplaa stabiloitumasta.

Kun pintajännitystä koskevat yhtälön ehdot täyttyvät ja vaahdonestoaine on liukenematon vaahdotusaineeseen, se toimii vaahdonestoaineena (Sixin North America, Inc., i.a.). Vaahdonestoon vaikuttaa kuitenkin myös esimerkiksi lämpötila ja pH.

## 6 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

### 6.1 Punnitukset nykyisellä kulutuksella

Tutkimuksen ensimmäinen osa oli selvittää vaahdonestoaineen nykyinen annostelu. Tämänhetkistä kulutusta seurataan ainoastaan siten, kuinka usein 190 kg vaahdonestoaineen säiliö vaihdetaan. Vaahdonestoainetta annostellaan automaattipumpuilla heran joukkoon kahteen eri heransiirtolinjaan. Annostelu tapahtuu raejuustokattilan tyhjennyksen aikana. Pumppujen antamaa annostelua pystytään säätämään asettamalla pumppuun annostelun pituus ja tiheys. Annostelumäärä selvitettiin punnitsemalla vaahdonestoaineen määrä ennen ja jälkeen raejuustomassan siirron. Jotta punnituksesta saatiin mahdollisimman tarkat, siirrettiin vaahdonestoainetta pienempään ämpäriin. Ämpäri punnittiin vaa'alla. Punnituksia tehtiin eri siirroista vähintään neljä. Kattiloita on isoja ja pieniä. Siirtoja on siis pienistä kattiloista vanhemmille pesutorneille, isommista kattiloista vanhemmille pesutorneille ja isommista kattiloista uusimmille pesutorneille. Siirroista katsottiin myös virtausmittarin antama heran litramäärä, jolloin saatiin selville, paljonko vaahdonestoainetta kuluu heralitraa kohti.

### 6.2 Vaahdotuskokeet

Työn toinen osa oli heran koevaahdotus. Tässä vaiheessa oli tarkoitus selvittää, mikä on tarvittava määrä vaahdonestoainetta vaahtoamisen estämiseksi. Tämä vaihe rajattiin koskemaan kattiloilta tulevaa raejuustoheraa. Todellisuudessa esikäsiteltävä hera voi olla joko heraa suoraa raejuustokattilasta, pakkauskoneen huuhteita tai niiden sekoitusta. Koska sekoitussuhteita on loputtomiin, vaahdotuskokeet päätettiin rajata kattiloilta tulevaan heraan. Kattilalta tulevassa herassa kuiva-aine on suurimmillaan, milloin vaahtoamisen todennäköisyys on suurin.

Tässä vaiheessa tuli päättää, miten koevaahdotukset toteutetaan. Koska vaahdonestoaineen annostelu on erittäin vähäistä, päädyttiin sekoittamaan heraa Ultra Turrax -homogenisaattorilla mittakulhossa. Ensimmäisellä koevaahdotuksella testattiin, onko tämä tapa sovellova tutkimukselle. Heraa vaahdotettiin 200 ml, 500 ml:n mittakulhossa, jotta tilaa jäisi vaahtoamiselle. Heraa sekoitettiin Ultra Turrax -laitteella 30 sekuntia, jotta vaahtoa syntyi.

Sama koe toistettiin, mutta heran sekaan lisättiin vaahdonestoainetta automaattipipetillä ennen vaahdotusta. Tässä huomattiin, että kyseinen vaahdotuskoe olisi sopiva tutkimukselle, mutta heraa täytyi vaahdottaa vähintään 500 ml vaahdonestoaineen annostelun helpottamiseksi.

Koevaahdotukset toistettiin vaahdottamalla 500 ml heraa 1000 ml:n mittakulhossa ja 1000 ml heraa 2000 ml:n mittakulhossa Ultra Turrax -homogenisaattorilla 30 sekunnin ajan. Vaahdonestoaineen annostelu automaattipipetillä aloitettiin pienimmästä mahdollisimmasta määrästä (0,1 ml) edeten kohti isompaa. Vaahdotuskokeissa vaahdotettiin 500 ml heraa 14 kertaa, joissa annosteltiin 0 ml; 0,1 ml; 0,15 ml; 0,2 ml; 0,25 ml; 0,3 ml; 0,5 ml; 1 ml ja 2 ml. 1000 ml heraa vaahdotettiin kahdeksan kertaa ja siinä annostelumäärät olivat 0 ml; 0,1 ml; 0,15 ml; ja 0,2 ml. Osaa annosteluista vaahdotettiin kahteen kertaan, jotta saataisiin selville mahdollinen vaihtelu vaahtoamisessa. Muistiin kirjattiin, paljonko vaahtoa syntyi ja ajastettiin sen hajoamisaikaa. Samalla vaahdosta havainnointiin sen rakennetta ja kuplien kokoa. Vaahdotuskokeissa saatuja tuloksia voidaan myöhemmin hyödyntää massansiirtolinjoilla olevaan vaahdonestoaineen automaattiannosteluun.

## 7 TULOKSET

### 7.1 Nykyinen kulutus

Punnituksia tehtiin kolmesta erilaisesta kattilan tyhjentymisestä. Pienistä raejuustokattiloista tyhjennettiin vanhoihin pesutorneihin (taulukko 1), isoista kattiloista tyhjennettiin vanhoihin (taulukko 2) ja uusimpiin pesutorneihin (taulukko 3). Taulukoissa on mainittuna kattilan numero, tornin numero, vaahdonestoaineen punnitustulos ennen ja jälkeen heran siirron. Lisäksi taulukossa on kerrottu punnitusten erotus, heran määrä ja montako millilitraa vaahdonestoainetta kului heralitraa kohti.

Taulukko 1. Pienet kattilat ja vanhemmat pesutornit.

kattila	torni	paino ennen (kg)	Paino jälke- keen (kg)	Kulutus (kg)	hera määrä (l)	g/l
103	105	17,85	15,71	2,14	13541	0,158
101	105	11,22	8,96	2,26	14545	0,157
104	107	10,81	8,74	2,71	12610	0,164
103	105	6,07	3,99	2,08	13698	0,151

Taulukosta 1 nähdään vaahdonestoaineen kulutus, kun puretaan pienistä kattiloista vanhemmille pesutorneille. Punnituksia tehtiin yhteensä neljä. Kulutuksen keskiarvo on 2,14 kiloa, josta tuli heran litramäärällä jaettuna keskiarvolta 0,158 grammaa litraa kohti. Kulutuksen keskihajonta on 0,004 g/l.

Taulukko 2. Isot kattilat ja vanhemmat pesutornit.

Kattila	Torni	Paino en- nen (kg)	Paino jäl- keen (kg)	Kulutus (kg)	Hera määrä (l)	g/l
142	108	16,6	14,02	2,58	16911	0,152
140	105	14,13	11,21	2,92	18341	0,159
140	107	14,61	11,95	2,66	17310	0,154
141	106	8,75	6,04	2,71	17494	0,155

Taulukossa 2 kuvataan isojen kattiloiden purkua vanhemmille pesutorneille. Punnituksia tehtiin kyseisistä siirroista neljä. Näissä kulutuksen keskiarvo on 2,72 kg. Heran litramäärällä jaettuna kulutus on keskiarvolta 0,155 g/l. Kulutuksen keskihajonta on 0,002 g/l.

Taulukko 3. Isot kattilat ja uudemmat pesutornit.

Kattila	Torni	Paino ennen	Paino jälkeen	Kulutus	Hera määrä	g/l
142	145	8,96	7,86	1,10	17243	0,064
142	145	7,87	6,71	1,16	17294	0,067
142	143	6,70	5,61	1,09	17343	0,063
140	144	18,18	17,01	1,17	18010	0,065
140	144	17,00	15,81	1,15	18009	0,064
141	145	11,96	10,77	1,19	17308	0,069

Taulukossa 3 on vaahdonestoaineen kulutus, kun isoista kattiloista purettiin uudemmille pesutorneille. Punnituksia siirroista on kuusi. Kulutuksen keskiarvo on 1,14 kiloa ja heralittroilla jaettuna keskiarvo on 0,065 g/l. Kulutuksen keskihajonta on 0,002 g/l.

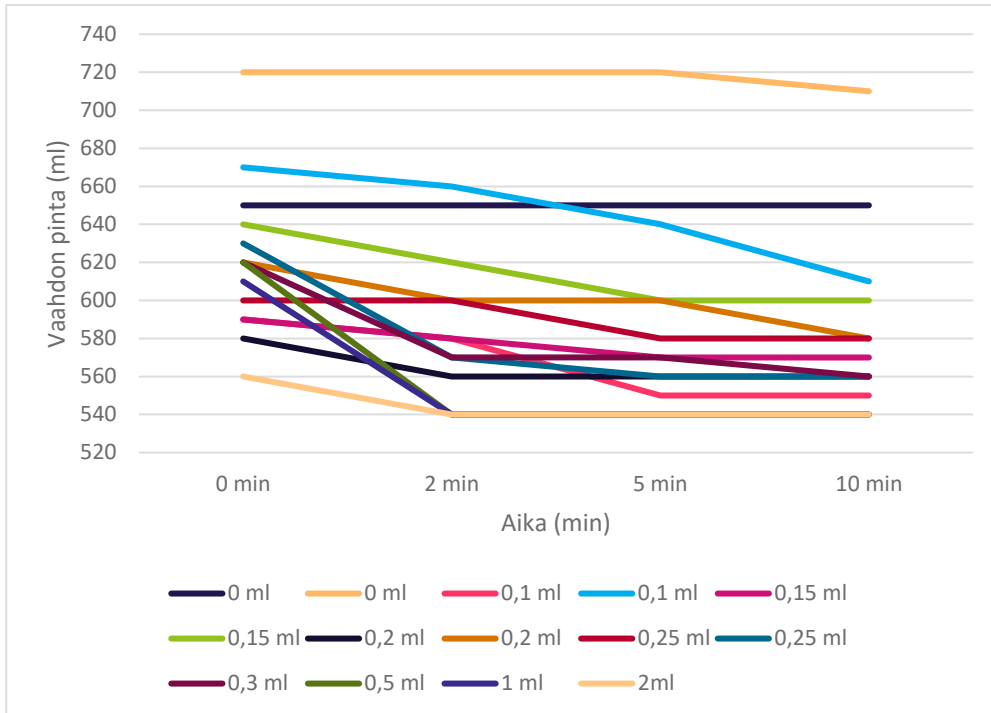
Taulukkoon 4 on koottu vaahdonestoaineen kulutuksen keskiarvot kiloina, vaahdonestoaineen kulutus jaettuna heran määrällä (g/l) ja heramäärällä jaetun kulutuksen keskihajonta (g/l).

Taulukko 4. Yhteenveto punnitusten tuloksista.

	Keskiarvo kg	Keskiarvo g/l	Keskihajonta g/l
Pienet kattilat, vanhemmat tornit	2,14	0,158	0,004
Isot kattilat, vanhemmat tornit	2,72	0,155	0,002
Isot kattilat, uudemmat tornit	1,14	0,065	0,002

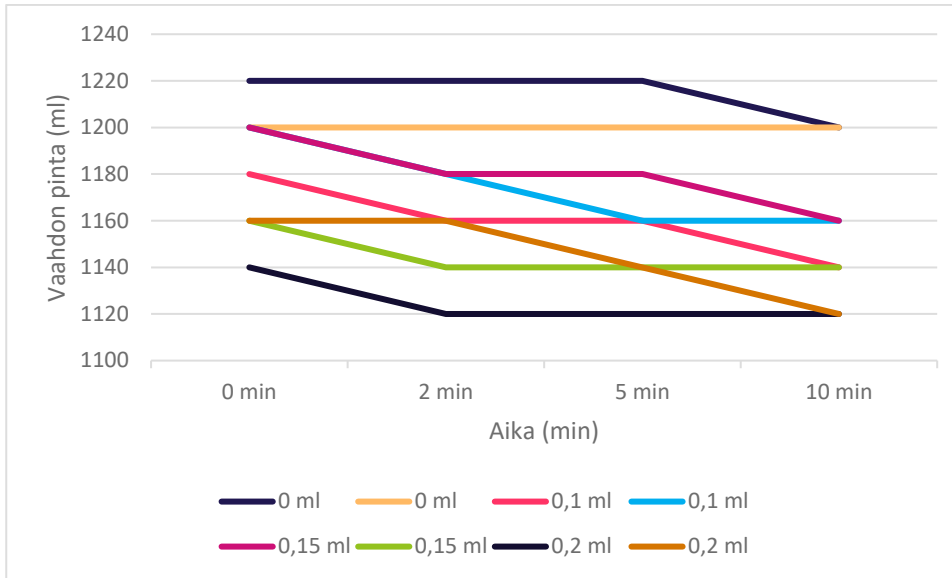
## 7.2 Koevaahdotukset

Vaahdotuksia tehtiin kahtena eri päivänä. Hera kerättiin suoraa kattilasta, juuri ennen sen tyhjentymistä. Kuviossa 1 ja 2 näkyy pystyakselilla vaahdon pinta. Vaaka-akselilla on aika, joka on kulunut vaahdotuksesta ja käyrät kuvaavat vaahdon pinnan laskua eri annostelmäärillä.



Kuvio 1. Vaahdotus eri vaahdonestoannosteluilla, jossa heraa vaahdotettu 500 ml.

Kuviossa 1 on vaahdotettu heraa 500 ml. Käyrät kuvaavat vaahdon pintaa tietyllä vaahdonestoaineen annostelulla. Annostelumäärät olivat 0 ml; 0,1 ml; 0,15 ml; 0,2 ml; 0,25 ml ja 0,3 ml. Jokaista näistä kokeiltiin kaksi kertaa. Kuviossa myös tulokset 0,5 ml; 1 ml ja 2 ml annostelulla. Näitä kokeiltiin vain kerran, jotta nähtiin miten iso annostelu vaikuttaa vaahtoon. Käyrissä on erittäin paljon hajontaa, joten voidaan huomata, että vaahdon muodostuminen ei ole aina vakio. Millään annostelulla ei heran pinta kuitenkaan laskenut 10 minuutin aikana takaisin 500 ml:aan, sillä vaahdosta jäi aina kevyt kerros, joka ei enää hajoanut. Tuloksista voidaan päätellä, että mitä enemmän vaahdonestoainetta annostelee, sitä vähemmän hera vaahtoa. Vaahdotuskokeissa huomattiin myös, että suurempi vaahdonestoaineen annostelu vaikutti paljon kuplien kokoon ja täten niiden hajoamiseen. Saa- duista tuloksista ei pystytä sanoman, mikä annostelu pienin mahdollinen ja missä annoste- lussa olisi huomattavasti hyötyä vaahdon vähentämisessä.



Kuvio 2. Vaahdotus eri vaahdonestoannosteluilla, jossa heraa vaahdotettu 1000 ml.

Kuviossa 2 kuvataan vaahdotuskokeita, kun heraa vaahdotettiin 1000 ml. Vaahdonestoainetta annosteltiin 0 ml; 0,1 ml; 0,15 ml ja 0,2 ml. Jokaista annostusta vaahdotettiin kahteen kertaan. Tässäkin kahden eri vaahdotuksen välillä on eroavaisuutta. Vaahdotuskokeita tehdessä vaahtoa ei myöskään syntynyt niin paljon kuin oli odotettavissa ja tuloksia täten vaikeampi tulkita. Tähän määrään Ultra Turrax -homogenisaattori ei ollut riittävän tehokas sekoittamaan heran sekaan ilmaa, jotta vaahtoa olisi saatu paljon aikaiseksi. Kuviossa 2 voidaan kuitenkin nähdä sama kuin kuviossa 1. Mitä enemmän on vaahdonestoainetta, sitä vähemmän on vaahtoa. Vaahdotuskokeissa 10 minuutin jälkeen heran pinnalle jäi vaahtokerros, joka ei enää laskenut, eli pinta ei palannut takaisin 1000 ml:aan. Näissä vaahdotuskokeissa vaahdon rakenteessa ei ollut huomattavia eroja.

Kuvion 2 Kokeita voisi verrata vaahdonestoaineen nykyiseen annosteluun. Nykyiset annostelut olivat noin 0,15 g/l ja 0,065 g/l. Nämä jaetaan vaahdonestoaineen tiheydellä 0,925 g/cm<sup>3</sup> saadaan selville annostelu millilitroina. 0,16 ml/l ja 0,07 ml/l. Kuviossa 2 vaahdonestoaineen ja heran suhteet olivat 0,1 ml/l ja 0,15 ml/l, joten voidaan olettaa niiden kuvaavan suurin piirtein nykyistä annostelua. Tuloksia on vertailtu taulukossa 5.



Taulukko 5. Nykyisen annostelun ja koevaahdotuksen vertailu.

Nykyinen annostelu (g/l)	Nykyinen annostelu (ml/l)	Kuvio 2. annostelu (ml/l)	Heran pinta vaahdotuksessa k-a (ml) 0 min	Heran pinta vaahdotuksessa k-a (ml) 2 min	Heran pinta vaahdotuksessa k-a (ml) 10 min
0,15	0,16	0,15	1180	1170	1160
0,065	0,07	0,1	1190	1160	1160

Taulukossa 5 ensimmäisellä sarakkeella esitellään nykyinen annostelu heralitraa kohden. Toisella sarakkeella määrä on esitelty millilitroina. Kolmannessa sarakkeessa 1000 ml:n vaahdotuskokeessa käytettyjä annosteluja, jotka ovat lähellä nykyistä annostelua. Lopuissa sarakkeissa vaahdotuskokeissa saatujen tulosten keskiarvot eri ajankohtana vaahdotuksesta. Taulukosta nähdään, että suuremmalla annostelulla vaahtoa syntyi vähemmän ja vaahdon pinta saatiin laskemaan nopeammin.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää vaahdonestoaineen kulutus ja selvittää sen oikea annostelumäärä. Tässä opinnäytetyössä saatiin selville vaahdonestoaineen nykyinen annostelu, kummastakin annostelupumpusta. Vaahdonestoaineen optimaalisinta määrää ei saatu tehdyillä kokeilla selvitettyä, mutta saatiin suuntaa antavia tuloksia annosteluun liittyen.

Annostelussa oli huomattava ero eri siirtolinjoissa. Kattilan koolla ei ollut huomattavaa merkitystä vaahdonestoaineen kulumiseen. Uusille pesutorneille menee 0,06 g/l ja vanhoille 0,15 g/l. Siirtolinjoissa oleva annosteluero johtuu todennäköisesti pumppujen eri asetuksista ja niiden tehosta. Vaahdonestoainekontteja on kuitenkin seurantaraportin mukaan vaihdettu melkein samaan tahtiin, eli kontit tulevat tyhjäksi ajallisesti yhtä usein. Kuitenkin siirtoja tehdään vanhemmille pesutorneille huomattavasti enemmän, joten tässä kulutus ei täsmää. On huomattu, että linjan ollessa pesulla siihen tulee loppuvalutuksella alipainetta ja linjaan pääsee vaahdonestoainetta. Tämä voisi olla syynä eroon vaahdonestoaineen kulumisessa. Havaintoa pitäisi tutkia lisää, jotta saataisiin selvitettyä, paljonko pesulla kuluu vaahdonestoainetta ja missä pesun vaiheissa. Jos vaahdonestoainetta pääsee linjaan ai-noastaan loppuvalutuksessa, vaahdonestoaine päättyy tuotteeseen ensimmäisessä juustokattilan purussa. Näin ollen vaahdonestoaine ei menisi hukkaan, mutta annostelu olisi epätasaista. Vaahdonestoaineen kuluessa, jokaisessa pesun vaiheessa, vaahdonestoainetta menisi pesun mukana hukkaan.

Vaahdonestoaineen koevaahdotuksista ei saatu selvitettyä, mikä olisi optimaalisin vaahdonestoaineen annostelun määrä. Vaahdotuskokeista on luettavissa, että mitä enemmän vaahdonestoainetta sitä vähemmän vaahtoa ja sitä nopeammin vaahdon pinta laskee. Vaahtoamisessa oli kuitenkin paljon vaihtelua, mihin vaikutti muun muassa heran lämpötila ja heran koostumus. Lämpötila vaikuttaa heran pintajännitykseen, eli lämpimänä hera vaahtoa herkemmin. Myös heran pH on lähellä sen isoelektristä pistettä, jolloin se vaahtoa herkästi. Seulan aiheuttama ilman sekoittuminen heraan on liian suurta suhteessa vaahdonestoaineen kykyyn ehkäistä kuplien muodostumista. Vaahdonestoainetta ei ole tarpeeksi, jotta se leviäisi heraan ja hajottaisi heraproteiinien muodostamat kalvot.

Heran sekoitusaikaa ja -voimakkuutta seulalla on haastava toistaa vaahdotuskokeissa, joten tuloksissa myös siitä syystä heittoa. Tulokset viittaisivat siihen, että vaahdonestoaineen annostelua tulisi lisätä. Vaahdonestoainetta ei kuitenkaan voida annostella niin paljoa heran sekaan, kunnes vaahtoaminen on täysin hallinnassa, sillä vaahdonestoaineen ollessa öljypohjainen se vaikuttaa heran rasvapitoisuuteen ja näin ollen lopputuotteeseen. Myös taloudellinen näkökulma tulee vastaan, sillä vaahdonestoaine on suhteellisen arvokasta. Tulisi siis tarkastella, mikä määrä olisi taloudellisesti ja tuotelaadullisesti kannattavaa.

Seuraava askel vaahdon vähentämisessä voisi olla kokeilu toisella vaahdonestoaineella. Vaahdonestoaineita on montaa merkkiä ja laatua ja näissä voi olla suuriakin eroja. Hyvän vaihtoehtona voisi olla myös esikäsitteilylaitteiston vaihto. Seulassa heran sekaan pääsee sekoittumaan paljon ilmaa ja täten se vaahtoo. Seulan vaihtaminen johonkin toiseen pölynpoisto laitteeseen, joka ei sekoita joukkoon ilmaa voisi olla ratkaisu vaahdon hillitsemiseen. Täten vaahdonestoaineen käyttö voi jäädä myös tarpeettomaksi tai ainakin pieni annostelu voi olla riittävä.

## LÄHTEET

- Aho, J., Koponen, M., Pasto, M., & Stalder, S. (2022). *Monipuolinen elintarvikeala: elintarvikkeiden valmistus ja tuotanto*. (4. painos). Opetushallitus.
- Applied material solutions. (15.03.2021). *Foam control solutions for the food & beverage industry*. <https://www.appliedmaterialsolutions.com/foam-control-solutions-for-the-food-beverage-industry/>
- Flikenberg. (i.a.). *Vaahdonestoaineet*. <https://www.flikenberg.fi/chemicals/teollisuuden-raaka-aineet/vedenkasittely/vaahdonestoaineet/>
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015). *Dairy chemistry and biochemistry*. (2. painos). Springer.
- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2017). *Fundamentals of cheese science: second edition*. (2. painos). Springer.
- Gésan-Guiziu, G. (2014). Integrated membrane operations in whey processing: whey types and composition. Teoksessa A. Cassano, & E. Drioli, (toim.), *Integrated membrane operations in the food production*. (s. 133–146). De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110285666>
- Grönmark. (i.a.). *Täryseula märkäseulontaan*. <https://www.gronmark.fi/tuote/taryseula-hx-markaseulontaan/>
- Kilara, A., & Vaghela, M. N. (2004). Whey proteins: whey proteins as food ingredients. Teoksessa R. Y. Yada, (toim.), *Proteins in food processing* (s. 72-99) Woodhead Publishing.
- Pearce, R. J. (1992). Whey processing. Teoksessa J. G. Zadow, (Toim.), *Whey and lactose processing* (s. 73-89). [https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1007/978-94-011-2894-0\\_2](https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1007/978-94-011-2894-0_2)
- Sixin north America, inc. (i.a.) *Basic defoaming principles and mechanisms*. <https://www.sixinusa.com/basic-defoaming-principles>
- Tetrapak. (i.a.) *Dairy processing handbook*. <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/>
- Valio. (24.7.2019). *Ilmiöt ja ihmiset: Kuinka hera muuttui hylkiöstä halutuksi*. <https://www.valio.fi/artikkelit/kuinka-hera-muuttui-hylkiosta-halutuksi/>

Wyatt, M. (2015). *Whey proteins: functional properties, production and health benefits*. (s.120). Nova Publishers.

Zayas, J. F. (1997). *Functionality of proteins in food*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-59116-7>

Zotto, A. A. (1991.) Antifoams and release agents. Teoksessa J. S. Smith (toim.), *Food additive user's handbook*. (s. 236-241). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3916-2>