

**ÄIDINMAIDONKORVIKEJAUHEEN FYSIKAALISIIN
OMINAISUUKSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinna, Bio- ja elintarviketekniikka

Syksy 2020

Heidi Ingman

Bio- ja elintarviketekniikka
Hämeenlinna

Tekijä	Heidi Ingman	Vuosi 2020
Työn nimi	Äidinmaidonkorvikejauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin vaikuttavat tekijät	
Työn ohjaajat	Marko Outinen ja Tuija Pirttijärvi	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Valio Oy Lapinlahden tehdas. Työn tavoitteena oli valita neljästä erilaisesta äidinmaidonkorvikejauheen pohjareseptistä fysikaalisten analyysien tulosten perusteella paras ja selvittää, kuinka erilaiset prosessiparametrit vaikuttavat valmiin äidinmaidonkorvikejauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään äidinmaidonkorviketta ja sen valmistusta. Jauheen valmistuksen osalta keskitytään sumutuskuivaukseen, joka vaikuttaa oleellisesti valmiin jauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin, kuten vettyvyyteen, kosteuspitoisuuteen ja tiheyteen. Lisäksi tarkastellaan erilaisia maitojauheiden fysikaalisia ominaisuuksia, niihin vaikuttavia tekijöitä ja miten näitä ominaisuuksia on tässä työssä mitattu. Jauheen fysikaaliset ominaisuudet vaikuttavat esimerkiksi jauheen tuoteturvallisuuteen, käyttömukavuuteen ja säilyvyyteen.

Reseptien fysikaalisten ominaisuuksien tutkimisella haluttiin selvittää, miten maitorasvan osuus ja valitut mineraalit vaikuttavat valmiiden jauheiden fysikaalisiin ominaisuuksiin. Parhaimmaksi valitulla reseptillä tehtiin useita koeajoja, joissa muutettiin valittuja prosessiparametreja haihdutuksen ja sumutuskuivauksen aikana. Testien tulosten perusteella valittiin resepti, jossa käytettiin vain kasvirasvaa ja heikosti liukenevia mineraaleja, koska mitatut fysikaaliset ominaisuudet olivat laatustandardien mukaan parhaimmat. Prosessiparametrien muuttamisella ei ollut merkittävää vaikutusta fysikaalisten analyysien tuloksiin jauheiden välillä. Suurin vaikutus saatiin aikaiseksi suuttimien valinnalla ja sumun leveydellä jauheiden rakenteeseen ja juoksevuuuteen niin, että kapean sumun suuttimilla jauheesta tuli juoksevampaa ja agglomeroituneempaa kuin leveän sumun suuttimilla.

Avainsanat Äidinmaidonkorvikejauhe, sumutuskuivaus, haihdutus, ennastaminen

Sivut 50 sivua, joista liitteitä 6 sivua

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering
Hämeenlinna University Centre

Author	Heidi Ingman	Year 2020
Subject	Factors Affecting the Physical Properties of Powdered Infant Formula	
Supervisors	Marko Outinen and Tuija Pirttijärvi	

ABSTRACT

The commissioner of the thesis was Valio Oy Lapinlahti. The purpose of the thesis was to choose the best recipe out of four different infant milk formula recipes and to find out, whether different process parameters affect the physical properties of the powdered infant milk formula. The best recipe was chosen based on the physical properties of powdered infant milk formulas and their reconstitution.

The theoretical basis of the thesis consisted of studying the infant formula and the methods how it is produced. The spray drying affects the physical properties of milk powder in particular and in the thesis, that was the reason for more accurate discussion compared with the manufacturing process of milk powder itself. For example, the physical properties affected by spray drying are wettability, moisture content and density. There were also other physical properties of milk powders and factors which were measured. The physical properties of milk powder are important because they affect for instance the product safety, comfort and shelf life.

The functional part of the thesis discussed infant milk recipes where the aim was to find out how milk fat and minerals affect the physical properties of the infant milk formula. Multiple test runs were made with different process parameters with the best recipe found. As a result, the best recipe contained vegetable fat and weakly dissolving minerals. Changing different process parameters on evaporating and spray drying did not have any significant effect on the physical properties between infant milk powders. The most significant effect on the powder structure and flowability was achieved by selecting proper spraying nozzles and adjusting the width of the drying spray to narrow.

Keywords Infant formula, spray drying, evaporation, reconstitution

Pages 50 pages including appendices 6 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	ÄIDINMAIDONKORVIKEJAUHE.....	1
2.1	Äidinmaidonkorvikejauheen valmistus.....	2
2.2	Maitojauheen laatu.....	4
2.3	Sumutuskuivausmenetelmä.....	4
3	FYSIKAALISET OMINAISUUDET	6
3.1	Vettyvyys.....	7
3.2	Liukoisuus.....	8
3.3	Valkoiset hiutaleet	8
3.4	Palaneet osaset	9
3.5	Tiheys.....	10
3.6	Kosteuspitoisuus	11
3.7	Viskositeetti.....	12
3.8	Juoksevuus	13
3.9	Partikkelikokojakauma	13
4	TYÖN TOTEUTUS.....	14
4.1	Koeajot	14
4.1.1	Reseptien optimointi.....	15
4.1.2	Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen.....	15
4.1.3	Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen kapealla sumulla.....	16
4.1.4	Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen uudet koeajot.....	17
4.2	Käytetyt fysikaaliset menetelmät.....	17
4.2.1	Tiivisteiden viskositeetti ja kuiva-ainepitoisuus.....	17
4.2.2	Vettyvyys ja rasvan erottuminen.....	18
4.2.3	Mustat partikkelit ja pH.....	18
4.2.4	Valkoiset hiutaleet.....	19
4.2.5	Kosteuspitoisuus.....	19
4.2.6	Lusikkapaino	19
4.2.7	Tuttipullotesti ravistamalla.....	20
4.2.8	Tuttipullotesti mittalusikallisilla	20
4.2.9	Tilavuus- ja valutuspaino	21
5	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	21
5.1	Reseptien optimointi.....	22
5.1.1	Kemiallinen koostumus	22
5.1.2	Fysikaaliset ominaisuudet	22
5.1.3	Koeajojen prosessiparametrit	24
5.2	Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen	26
5.2.1	Kemiallinen koostumus	27
5.2.2	Fysikaaliset ominaisuudet	27
5.2.3	Koeajojen prosessiparametrit	28

5.3	Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen kapealla sumulla	30
5.3.1	Kemiallinen koostumus	31
5.3.2	Fysikaaliset ominaisuudet	31
5.3.3	Koeajojen prosessiparametrit	32
5.4	Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen uudet koeajot.....	34
5.4.1	Kemiallinen koostumus	35
5.4.2	Fysikaaliset ominaisuudet	35
5.4.3	Koeajojen prosessiparametrit	38
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	40
	LÄHTEET	42

Liitteet

Liite 1	Fysikaalisten analyysien ja kemiallisten koostumusten tulokset
---------	--

1 JOHDANTO

Äidinmaidonkorviketta voidaan antaa lapselle useista syistä. Näitä tilanteita ovat esimerkiksi rintamaidon riittämättömyys imetyksen tehostamisesta huolimatta, lääketieteellisten syiden vuoksi imetyksen lopettaminen tai äidin halu lopettaa imetus. Äidinmaidonkorvikkeet on kehitetty alle 6 kuukauden ikäisille lapsille, jotka eivät saa riittävästi äidinmaitoa tai joita ei imetetä. 6–12 kuukauden ikäisille lapsille annettavaa vastaavaa tuotetta kutsutaan vieroitusvalmisteeksi. Lapsi voi siirtyä käyttämään tavallista rasvatonta maitoa 1-vuotiaana, jolloin lopetetaan korvikkeiden antaminen. (Ruokavirasto, n.d.)

Kuitenkin äidinmaito on lapsille parasta ravintoa, koska se sisältää D-vitamiinia lukuun ottamatta kaikki tarvittavat ravintoaineet, joita lapsi tarvitsee. Useimmille normaalipainoisina syntyneille lapsille äidinmaito riittää ensimmäisten kuuden elinkuukauden ajan ainoaksi ravinnoksi. Täysimeytystä suositellaan kuuden, vähintään neljän kuukauden ikäiseksi. Kun lasta ei jostain syystä imetetä, saa imeväinen ravintonsa äidinmaidonkorvikkeesta. (Ruokavirasto, n.d.) ”Imeväisellä tarkoitetaan alle 12 kuukauden ikäistä lasta” (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 609/2013).

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan jauhemaista äidinmaidonkorviketta. Työn tilaaja on Valio Oy Lapinlahden tehdas. Työn tarkoituksena oli selvittää, miten valitut mineraalit, käytettävä rasva ja erilaiset prosessiparametrit vaikuttavat valmiin äidinmaidonkorvikejauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Erilaiset prosessiparametrit valikoituivat helpon muunneltavuuden perusteella. Äidinmaidonkorvikejauheen valmistusprosessista tutkittiin erityisesti haihdutusta ja kuivausta. Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Miten käytettävä rasva ja mineraalit vaikuttavat äidinmaidonkorvikejauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin?
2. Mikä tutkittavista resepteistä on jauheiden fysikaalisten ominaisuuksien perusteella paras?
3. Kuinka erilaiset prosessiparametrit vaikuttavat valmiin äidinmaidonkorvikejauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin?

2 ÄIDINMAIDONKORVIKEJAUHE

Koostumus äidinmaidonkorvikkeissa jäljittelee mahdollisimman tarkkaan rintamaidon ravinnekoostumusta. Tavallista lehmänmaitoa ei voi käyttää, koska sen korkea proteiinipitoisuus kuormittaa alle 1-vuotiaan lapsen munuaisia. Lehmänmaidossa heraproteiinin ja kaseiinin suhde on 20:80, kun äidinmaidossa vastaava suhdeluku on 60:40. Äidinmaidonkorvikkeessa on

muokattu rasvan ja proteiinin laatua imeväisen tarpeisiin, ja siinä on enemmän vitamiineja, laktoosia ja kivennäisaineita lehmänmaitoon verrattuna. (Ruokavirasto, n.d.; ks. myös Guo, Hendricks & Kindstedt, 1998, s. 333; McCarthy ym., 2012, s. 80) Näiden muutosten vuoksi vieroitusvalmisteet ja äidinmaidonkorvikkeet soveltuvat imeväiselle, toisin kuin itse tehdyt maitoseokset, tavallinen lehmänmaito tai kasvipohjaiset maidon kaltaiset juomat, kuten riisi-, soija-, kaura- ja mantelijuoma (Ruokavirasto, n.d.).

Äidinmaidonkorvikkeen valmistuksessa käytetään esimerkiksi vesiliukoisia maitoproteiineja, hiilihydraatteja, vitamiineja, mineraaleja ja kasviöljyjä (Anandharamakrishnan, 2017, s. 222; World Health Organization, 2006, s. 18; Masum ym., 2020c). Tämä emulsio kuivataan säilyvyysajan pidentämiseksi. Äidinmaidonkorvikkeet muodostavat joukon tuotteita, jotka liukenevat hyvin lämpimään veteen eivätkä muodosta liukenemattomia paakkuja. Lysiinipitoisuus on ravitsemuksellisen laadun kannalta tärkeä osa äidinmaidonkorviketta. Äidinmaidonkorvikejauheet agglomeroidaan, jotta niistä on helpompi valmistaa maitoa. Agglomerointi on korkeahiilihydraattisille tuotteille helpompaa kuin korkeaproteiinipitoisille. (Anandharamakrishnan, 2017, s. 222) Agglomerointi tarkoittaa jauhepartikkelien kasautumista yhteen suuremmiksi hiukkasiksi.

2.1 Äidinmaidonkorvikejauheen valmistus

Äidinmaidonkorvikkeet ovat usein joko nestemäisessä tai jauheisessa muodossa. Nestemäiset äidinmaidonkorvikkeet ovat yleensä valmiita syötäväksi ja näin ollen helpompia käyttää kuin jauhemaiset korvikkeet. Jauhemaisien äidinmaidonkorvikkeiden ennastamisessa saattaa syntyä helposti virheitä, mutta niiden kuljettaminen ja säilöminen on nestemäisiä korvikkeita helpompaa. Nämä erot näkyvät tuotteiden hinnoissa niin, että nestemäiset äidinmaidonkorvikkeet ovat kalliimpia. (Schuck, Zhang, Bhandari & Bansal, 2013, s. 475) Ennastaminen tarkoittaa kuivatun, jauheisen tuotteen saattamista nestemäiseksi ennen käyttöä.

Äidinmaidonkorviketta voi valmistaa kahdella tavalla: joko sekoittamalla kuivat raaka-aineet keskenään tai sekoittamalla nestemäisessä muodossa olevat raaka-aineet ja sumutuskuivaamalla jauheeksi (Schuck ym., 2013, s. 475; World Health Organization, 2006, s. 17). Nykyään suurin osa myydyistä äidinmaidonkorvikkeista on valmistettu sumutuskuivaamalla (Anandharamakrishnan, 2017, s. 222; Masum ym., 2020c, jonka mukaan Vestergaard, 2004, s. 65–71 on sanonut näin). Kuvassa 1 (s. 3) on kuvattuna yleinen tapa valmistaa maitopohjaisia jauheita.



Kuva 1. Maitopohjaisen jauheen valmistuksen prosessikaavio. (Tapaila, 2010, s. 61; Schuck ym., 2013, s. 476; ks. myös Guo ym., 1998, s. 333).

Vauvanruokaa valmistettaessa tärkein huomioon otettava asia on loppu-tuotteen mikrobiologinen laatu. Tästä syystä kaikki ainesosat sekoitetaan keskenään nestemäisessä muodossa ennen pastörointia ja kuivausta. Tuotteen pohjana käytetään esihaihdutettua maitoa, jonka kuiva-ainepitoisuus on 20–30 %. Ainesosien sekoittamisen jälkeen saavutetaan kuiva-ainepitoisuudeksi 40–45 %. (Westergaard, 2004, s. 295)

Tuotteeseen lisätään demineralisoitua ja/tai ultrasuodatettua herajauhetta tuotteen proteiinipitoisuuden vakioimiseksi ja myöhemmin tarvittaessa hiilihydraatteja ja rasvaa. Herajauheesta voidaan suodattamalla vähentää suolaa, jotta lopputuotteen mineraalipitoisuus ei kasvaisi liian korkeaksi. Tuotteeseen lisätään rasvaa, koska äidinmaidossa on lehmänmaitoa enemmän monityydyttymättömiä rasvahappoja. Lisätty rasva on kasvirasvaa, kuten palmu-, maissi- tai auringonkukkaöljyä. Sekoitus suoritetaan isoissa suljetuissa tankeissa, joissa seurataan määrää tai painoa. Tuote pastöroidaan ja haihdutetaan noin 50–55 %:n kuiva-ainepitoisuuteen riippuen halutusta koostumuksesta, jonka jälkeen se homogenisoidaan ja lopulta kuivataan. (Westergaard, 2004, s. 293–295)

Koostumuksesta johtuen äidinmaidonkorvikejauheet eivät käyttyädy kuivaimessa samalla tavalla kuin muut maitojauheet. Suuren hiilihydraatti- ja rasvapitoisuuden vuoksi jauheesta tulee lämpimässä muovautuvaa ja tahmeaa, jolloin jauhe voi esimerkiksi tarttua kuivaimen seiniin heikentäen saantoa ja aiheuttaen kontaminaatoriskin. Keskiverto ajo-olosuhteet ovat yleensä: syötössä tuotteen kuiva-ainepitoisuuden ollessa 50–55 %, syöttölämpötila on yleensä 70–80 °C ja kuivauslämpötila 180–190 °C. Haluttaessa tuotteeseen todella korkea hiilihydraattipitoisuus, tarvitsee kuivauksessa käyttää hieman alhaisempaa kuivauslämpötilaa. (Westergaard, 2004, s. 295–297)

Äidinmaidonkorvikkeen muodostaminen saattaa sisältää yli 40 erilaisen ainesosan sekoittamisen keskenään ennen haihdutuksen ja sumutuskuivauksen prosessivaiheita. Nämä vaihtelut tuotteen koostumuksessa voivat ilmentyä erilaisena käyttäytymisenä kuivauksen aikana, tahmaisuus-liukoisuuskuviona tai voi joutua säätämään ulostuloilman lämpötilaa tai kosteutta. Epäsopiva tuotteen kuivaaminen aiheuttaa huonolaatuista tuotetta ja huomattavia taloudellisia menetyksiä. (Schuck ym., 2013, s. 478) Schuckin ym. (2013, s. 478) mukaan Schuck (2002) kertoo lisäksi äidinmaidonkorvikkeen monimuotoisuuden aiheuttavan sen, että yhdelle toimivat prosessiparametrit eivät suoraan käy toiselle reseptille.

2.2 Maitojauheen laatu

Maitojauheen valmistuksen päätarkoitus on muuttaa maito hyvin säilyväksi tuotteeksi, jonka laatu ei kuitenkaan heikkene säilömisen aikana. Laadun heikkeneminen tarkoittaa yleensä makuvirheitä, kuten jauheen liimainen ja talimainen maku, sekä ravitsemuksellisen arvon heikkenemistä, kuten lysiinin väheneminen. Jauheen vesipitoisuuden ja säilömlämpötilan ollessa korkeita, jauheen paakkuuntumista sekä entsyymien ja mikrobiologista pilaantumista voi esiintyä. Jauheen paakkuuntuminen näissä olosuhteissa johtuu laktoosin kristallisoitumisesta. Nämä ongelmat ovat kuitenkin vältettävissä oikeanlaisilla säilömisolosuhteilla. (Walstra, Wouters & Geurts, 2006, s. 513)

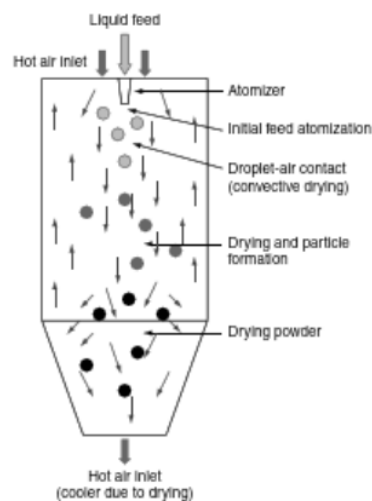
Maitojauhetta liuotettaessa veteen tulee valmiin seoksen olla laadultaan ja koostumukseltaan samankaltaista maidon kanssa. Sekoitettaessa jauheen tulee liueta täysin, eikä liukenemattomia paakkuja tai hiutaleita saa olla. Nesteen pinnalle ei myöskään saa nousta rasva- tai öljypalloja. Nopeasti veteen liukenevaa jauhetta kutsutaan instant-jauheeksi. Tämä on tavoiteltu ominaisuus erityisesti ennastettaessa jauhetta, mutta välittömien ominaisuuksien tärkeys riippuu jauheen käyttösovelluksista. Jauheita tulee olla monenlaisia eri käyttötarkoituksiin, kuten jäätelönvalmistukseen, vasikoiden maidonkorvikkeiksi ja leivontaan. (Walstra ym. 2006, s. 513–514)

2.3 Sumutuskuivausmenetelmä

Tapailan (2010, s. 58) sekä Anandharamakrishnanin ja Padma Ishwaryanin (2015, s. 1) mukaan sumutuskuivaus tarkoittaa nestemäisen tuotteen muuttamista kuivaan muotoon sumuttamalla tuote kuumaan kuivausilmaan. Tapailan (2010, s. 58), Anandharamakrishnanin ja Padma Ishwaryanin (2015, s. 1), Anandharamakrishnanin (2017, s. 58) ja Masumin ym. (2020a) mukaan siinä voidaan erottaa seuraavat neljä eri vaihetta (kuva 2., s. 5):

1. tuotteen sumuttaminen
2. pisara-ilmakontakti
3. pisaroiden kuivuminen

4. kuivan tuotteen erottaminen ilmasta.



Kuva 2. Sumutuskuivauksen vaiheet (Schuck ym. 2013, s. 33).

Tarkoituksena sumutuksessa on saada kuivattava neste pisarajoukoksi, jonka pinta-alan suhde massaan on suuri. Pisarakoon tulisi olla mahdollisimman tasainen, jotta myös kuivuminen olisi tasaista. Maitokonsentraatin kuivaaminen jauheeksi tapahtuu kuivauskammiossa, jonne kuivattava tuote sumutetaan paineella pieninä pisaroina joko painesuutin- tai kiekko-sumuttajan avulla. (Tapaila, 2010, s. 58; ks. myös Anandharamakrishnan & Padma Ishwaryan, 2015, s. 2)

Kuivumisen nopeuden ja asteen määrää tapa, jolla sumuttimesta lähtevät pisarat ovat kosketuksessa kuivausilman kanssa. Pisaroiden viipymisaika kuivauskammiossa määrätään muodostettavalla pisara-ilmaliikkeellä. Ilmantuloaukon ja kuivauskammion tulee luoda virtausmalli, joka estää osittain kuivuneen jauheen kerääntymisen sumuttimeen tai kammion seinään. Kun pisarat joutuvat kosketuksiin kuivausilman kanssa, niistä alkaa välittömästi haihtua vettä ja muutamassa sekunnissa ne muuttuvat partikkeleiksi. Alle metrin matkalla pisanamuodostajasta haihtuu suurin osa haihtuvasta vedestä. Haihtuminen ehkäisee partikkelin lämpötilaa nousemasta liian korkeaksi. (Tapaila, 2010, s. 58)

Kun partikkeli on kulkeutunut kuivauskammion viileämpiin ja alempiin osiin, haihdutettavaa vettä ei enää ole eikä haitallista partikkeleiden palamista pääse tapahtumaan. Palaneita partikkeleita kutsutaan myös palaneiksi osasiksi. Jos partikkeleita tarttuu esimerkiksi kuivauskammion seinämiin, kasvaa riski palaneiden osasten syntymiselle. Kuivauskammion paine tulee olla hieman alipaineen puolella ajon aikana, jolloin mahdollisista vuotokohdista ei prosessitilaan pääse jauhepölyä. (Tapaila, 2010, s. 58)

Yleisimmin ilma ja tuote kulkevat samansuuntaisesti ylhäältä alaspäin (kuva 2), koska samansuuntaisvirtaus sopii lämpöherkille tuotteille, kuten maitotuotteille (Tapaila, 2010, s. 58–59; Anandharamakrishnan & Padma

Ishwaryan, 2015, s. 11–12). Tuotteen lämpötila ei tässä tapauksessa nouse liikaa ja kuuman kuivausilman lämpö kuluu veden haihduttamiseen pisaroista. Vastakkaissuuntaisessa virtauksessa kuivimmat jauhepartikkelit joutuvat kuumimman ilman kanssa kosketuksiin, jolloin tuotteen lämpöra-situs on suuri. (Tapaila, 2010, s. 58–59)

Lämmön- ja massansiirto tapahtuu samanaikaisesti veden haihtuessa pisaroista. Kuivausilman ja pisaroiden välisessä kosketuksessa pisaroihin siirtyy ilmasta lämpöä ja sitoutuu kosteuden haihtumiseen. Kosteus, joka höyrystyy, kulkeutuu pisaran rajapinnan kautta ilmaan. Pisaroiden joutuessa kuivausilman kanssa kosketukseen, haihtuminen alkaa nopeasti kylläisestä höyrykerroksesta, joka muodostuu pisaran pintaan. Haihtuminen tapahtuu kaksivaiheisesti. Ensin haihtuminen tapahtuu vakionopeudella, kun pisarassa on riittävästi kosteutta korvaamaan pinnalta haihtuva kosteus ja ylläpitämään kylläiset olosuhteet pisaran pinnalla. Kun kosteuspitoisuus pisarassa ei enää riitä tähän, muodostuu kuiva kuori pisaran pinnalle. Tämän jälkeen haihtuminen hidastuu sitä mukaa, kun kuori paksunee. (Tapaila, 2010, s. 59; Anandharamakrishnan & Padma Ishwaryan, 2015, s. 13–14)

Yleensä jauhe erotetaan ilmasta kahdessa vaiheessa: kuivauskammion pohjalla tapahtuu ensimmäinen erotus, jossa osa jauheesta kulkeutuu poistoilman mukana ja suurin osa jauheesta poistetaan pohjan kautta (Tapaila, 2010, s. 59; Anandharamakrishnan & Padma Ishwaryan, 2015, s. 15; World Health Organization, 2006, s. 19). Poistoilman mukana kulkeutuva jauhe yleensä erotetaan pussisuodattimella tai keskipakoisvoimaan perustuvalla syklonilla (Tapaila, 2010, s. 59; ks. myös Hipple, 2017, s. 238; World Health Organization, 2006, s. 19).

Taloudellisuutta sumutuskuivauksessa parannetaan lisäämällä tiivisteiden konsentraatiota tai nostamalla sisään menevän kuivausilman lämpötilaa. Poistoilman lämpötila kuitenkin nousee näiden toimenpiteiden seurauksena, mikä huonontaa lämpödenaturoitumisen takia jauheen laatua. (Tapaila, 2010, s. 59)

3 FYSIKAALISET OMINAISUUDET

Schuckin, Jeantetin & Dolivetin (2012, s. 36–38) mukaan Hardy ym. (2002) sanoo, että useimmat kuivatut, jauheisessa muodossa olevat ruoka-aineet ja ainesosat tulee saattaa uudestaan nestemäiseksi ennen käyttöä. Näin ollen yksi tämänkaltaisen jauheen tärkeimmistä ominaisuuksista on, että olomuodon muutos veden vaikutuksesta tapahtuu helposti. Tähän ominaisuuteen vaikuttavat jauheen koostumus ja tietynlainen reaktiotaipumus veden ja jauheen ainesosien välillä Schuck ym. (2012, s. 38).

Jauheen totaalisessa liukenevuudessa voidaan havaita kolme vaihetta: vettyvyys, dispergoituvuus ja liukoisuus. Vettyvyys kuvaa jauhepartikkeleiden kostumista ja kykyä imeä vettä, kun jauhetta laitetaan nesteen pinnalle. Dispergoituvuus vastaa jauheen kykyä olla muodostamatta paakkuja liukossa. Kun jauhe liukenee täysin, liukoisuus kuvaa rakeisuuden katoamista. Nämä ilmiöt tapahtuvat peräkkäisesti tai samanaikaisesti nestemäiseksi muuttumisen aikana ja vaikuttavat toisiinsa, mikä tekee niiden yksittäisestä määrittämisestä vaikeaa. (Schuck ym., 2012, s. 38)

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan kirjallisuudessa käsiteltyjä ja tässä opinnäytetyössä mitattavia jauheen fysikaalisia ominaisuuksia, joita ovat esimerkiksi vettyvyys, kosteuspitoisuus, tiheys sekä palaneet osat ja valkoiset hiutaleet. Lisäksi käsitellään näihin fysikaalisiin ominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä valmistusprosessin näkökulmasta.

3.1 Vettyvyys

Vettyvyyttä määritettäessä mitataan aikaa, joka kuluu, kun tietty jauhemäärä kulkee täysin veden pinnan läpi. Jauhetta pidetään vettyvänä, jos ajaksi saadaan alle 120 sekuntia. Vettyvyys liitetään myös jauheen kykyyn turvota. Esimerkiksi proteiinijauhe turpoaa, kun jauhe imee vettä itseensä. Jauheen rakenne katoaa, kun tiettyjen proteiinien osat hajoavat. (Schuck ym., 2012, s. 38)

Vettyvyyteen vaikuttavat useat tekijät, kuten jauhepartikkeleiden koko, rakenne ja rasvan määrä. Suuret jauhepartikkelit, jauheen huokoisuus ja tiheys nopeuttavat vettyvyyttä ja pienet jauhepartikkelit sekä jauheen pinnalla oleva rasva hidastavat vettyvyyttä. Vettyvyyttä voi nopeuttaa myös nesteen lämpötilalla ja sekoittamisnopeudella. (Schuck ym., 2012, s. 39)

Vettyvyyden määrittämismenetelmää käytetään vain valmistettaessa instant jauheita. Vettyvyydestä päättävä tekijä on partikkelin pinnan ja veden välissä oleva jännite. Jos jauheessa on korkea rasvapitoisuus, jauhepartikkelin pinnalla oleva rasvakerros estää vettymisen. Jauheen vettymisominaisuutta voidaan parantaa suihkuttamalla kuivausprosessin aikana sen pinnalle lesitiiniä. Lesitiini on sekä rasvakuinen että vettä suosiva, mikä tekee siitä hyvin vettä imevän. Se on lisäksi maidon luonnollinen ainesosa, joka antaa sille edun muihin vettyvyyttä edistäviin tuotteisiin verrattuna. (Westergaard, 2004, s. 211–213)

Schuckin ym. (2013, s. 382) mukaan NIRO (2005c) kertoo meijeriteollisuudessa vakioituneen metodin maitojauheiden vettyvyyden analysoimiseen olevan melko yksinkertainen. Tietty määrä jauhetta kaadetaan suppiloon, joka on dekantterilasien yläpuolella. Suppilon pohja on peitetty. Dekantterilasissa on tietty määrä vettä, jonka lämpötila riippuu testattavasta jauheesta. Rasvaisilla jauheilla veden lämpötila on korkeampi kuin rasvattomilla. Kun mittaus aloitetaan, siirretään suppilon pohja sivuun. Ajan lasku aloitetaan, kun jauhe tippuu veden pinnalle. Jauheen tulee olla levittynyt

koko veden pinnan alueelle. Aika pysäytetään, kun jauhe on visuaalisesti kokonaan vettynyt. (Schuck ym., 2013, s. 382) Gea Group Aktiengesellschaftin (2020a) ja (2020b) mukaiset ohjeet ovat erinomaisia esimerkkejä käytetyistä menetelmistä maitojauheen vettyvyyden mittaamiseen.

3.2 Liukoisuus

Liukoisuus on keskeinen kriteeri jauheen laadun tarkkailussa silloin, kun jauhe on tarkoitus muuttaa nestemäiseen muotoon ennalta määritellyissä olosuhteissa. Maitojauhe on liukoista, jos sen liukoisuusindeksi on suurempi kuin 99 % tai liukenemattomuuspitoisuus vähemmän kuin yksi %. Useimmat liukenemattomat osat maitojauheissa ovat muodostuneet denaturoituneista proteiineista tai mineraalien saostuessa. (Schuck ym., 2012, s. 40)

Maitojauheen on olennaista liueta veteen. Kaikki jauheen komponentit eivät kuitenkaan ole liukoisia, kun maitojauhetta ennastetaan liuottamalla sitä veteen. Nykyaikaisilla menetelmillä valmistettuna liukenemattomien osien määrä on niin pieni, että jauhe on lähes 100-prosenttisesti liukenevaa. Huonosti liukenevia jauheita voi kuitenkin välillä syntyä. Liukenematon osa ilmoitetaan millilitroina ja on nimeltään liukenemattomuusindeksi. Jos jauhe on valmistettu hyvälaatuisesta maidosta, liukenemattomuusindeksi on yleensä alle 0,2 ml. (Westergaard, 2004, s. 205; ks. myös Walstra ym., 2005, s. 528)

Syitä korkealle liukenemattomuusindeksille on monia, kuten huonolaatuinen maito, jossa on korkea maitohappopitoisuus, yksivaiheinen kuivausprosessi ja konsentraatin korkea lämpötila haihdutuksen aikana. Yleensä voidaan odottaa korkeaa liukenemattomuusindeksiä, jos prosessissa käytetään korkeita lämpötiloja ja viskositeettia. Koska laktoosi suojaa proteiineja denaturoinnilta, korkealaktoosipitoisilla jauheilla, kuten lastenruoalla, ei koskaan ole korkeaa liukenemattomuusindeksiä. (Westergaard, 2004, s. 205)

Gea Group Aktiengesellschaftin (2020c) ja Westergaardin (2004, s. 205) metodien mukaan liukenemattomuusindeksi määritetään ennastetusta maidosta sentrifugoimalla. Ohjeessa ensimmäinen sentrifugointi kestää noin 5 minuuttia, jonka jälkeen astiasta poistetaan sakan yläpuolella oleva neste. Sakan joukkoon lisätään vettä 50 ml:n rajamerkkiin asti, sekoitetaan sakan kanssa ja sentrifugoidaan uudestaan 5 minuuttia. Tämän jälkeen luetaan syntyneen sakan määrä millilitroina.

3.3 Valkoiset hiutaleet

Toikkasen, Outisen, Malafroten & Rojasin (2018) mukaan liukenemattoman aineksen määritelmä ei ole yksinkertainen, koska liukenematon aines

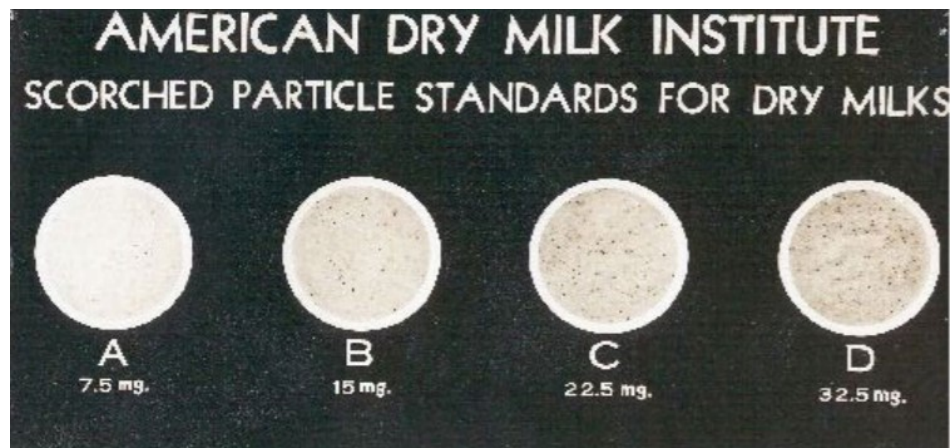
voi syntyä useilla erilaisilla tavoilla ja eri tuotantoprosessin vaiheissa. Lähteestä riippuen liukenematon aines voidaan määritellä olevan esimerkiksi sakkaa, hitaasti liukenevia partikkeleja tai valkoisia hiutaleita, kuten Toikkasen ym. (2018) mukaan Písecký (1997) on liukenemattoman aineksen määritellyt. Artikkelin tutkimuksessa saatiin selville, että valkoiset hiutaleet sisältävät 75 % rasvaa ja proteiinia 22 %. Valkoisia hiutaleita voi syntyä jauheen tuotannon tai varastoimisen aikana ja niiden läsnäolo valmiissa äidinmaidonkorvikejauheessa on helppo määrittää pipetoimalla ennastetta mustalle lautaselle. Lloydin, Stewartin & Baileyn (2019, s. 66) mukaan pipetoimismetodin yhdenmukaisuuteen analyysien tekijöiden välillä voi kuitenkin vaikuttaa muuttujat, kuten mistä kohdasta ja kuinka syvältä astia näytettä on pipetoitu. Valkoiset hiutaleet aiheuttavat myös tuttipullojen tuttien tukkeutumista vähentäen siten ennasteen käytettävyyttä (Toikkanen ym., 2018).

Äidinmaidonkorvikejauheiden liukoisuuteen vaikuttavat usein negatiivisesti liukenemattomien partikkelien, valkoisten hiutaleiden, läsnäolo. Valkoiset hiutaleet ovat seurausta rasvan yhteenliittymisestä ja proteiinin ja rasvan vuorovaikutuksesta. Valkoiset hiutaleet, joihin usein suhtaudutaan rasvatyyppisinä partikkeleina, voidaan nähdä suspendoituneena ennastetun maidon pinnalle tai kiinnittyneenä pullon tai ennastusastian seinämille. (Toikkanen ym., 2018; ks. myös Masum ym., 2020b; Lloyd ym., 2019, s. 66)

3.4 Palaneet osaset

Palaneet osaset on yleisesti hyväksytty määritelmä kuivauskammioon jääneelle jauheelle, joka on altistunut korkeille lämpötiloille ja on näin ollen värjäytynyttä ja liukenematonta. Myös raakamaito voi sisältää likaa tai sakkaa, joka päättyy jauheeseen, jos se ei ole erottunut separoinnissa. Lisäksi haihduuttimesta peräisin olevia ruskeita, liukenemattomia hyytelöpaakkuja voi pitää palaneina osasina, jos ne ovat muodostuneet putkissa riittämättömän suojauksen tai puhdistuksen seurauksena. Jos palaneet osaset ovat peräisin kuivaimesta, syy on usein suuttimissa tai ilman jakajassa olevassa sakassa. Ongelman ratkaiseminen riippuu tilanteesta, mutta useimmiten ilman jakajan säätäminen auttaa. (Westergaard, 2004, s. 207)

Testi palaneiden osasten määrittämiseen on helppo ja nopea: sekoitetaan tietty määrä jauhetta ja vettä keskenään ja sekoitetaan hyvin. Saatu seos suodatetaan ja suodatinalustaan jääneitä partikkeleita verrataan mitta-asteikkoon (Kuva 3, s. 10) luokittelua varten. Luokittelussa katsotaan esimerkiksi partikkelien määrää ja väriä. (Westergaard, 2004, s. 207; Gea Group Aktiengesellschaft, 2020d)



Kuva 3. Suodatinalustaan jääneiden palaneiden osasten vertailuasteikko. (GEA Group Aktiengesellschaft, 2020d)

3.5 Tiheys

Maitojauheen tiheys on tärkeä ominaisuus taloudellisesta, kaupallisesta ja teknologisesta näkökulmasta. Korkeatiheyksinen jauhe voi vähentää pakkaus-, kuljetus- ja varastointikuluja. Tiheys vaikuttaa myös tiettyihin jauheen toiminnallisiin ominaisuuksiin, kuten sekoittumiseen veden kanssa. Jauheen massatiheys ilmaistaan kg/m^3 . Se on monimutkainen ominaisuus, johon vaikuttavat ensisijaisesti tuotteen todellinen tiheys ja jauheessa sekä jauhepartikkelien väleissä oleva ilma. (Schuck ym., 2012, s. 35–36; Park & Haenlein, 2013, s. 431)

Jauheen massatiheys on jauheen massa jaettuna massatilavuudella, joka vaihtelee riippuen siitä, kuinka tiivistä jauhe on. Massatiheyden määrittämiseen käytetään yleensä koputuslaitetta. Määrittämisessä kaadetaan mittalasiin tietty määrä jauhetta, jolloin kaadetun jauheen massatiheys on yhtä suuri kuin jauheen massa jaettuna määritetyllä tilavuudella. Koputuksia on tietty määrä, minkä aikana mittalasi liikkuu ylös ja alas aiheuttaen jauheen tiivistymisen eli tilavuuden pientymisen. (Schuck ym., 2013, s. 297)

Useimmissa prosesseissa, joissa tuotepakkauksia mitataan painon tai tilavuuden mukaan, voi massatiheyden vaihtelu aiheuttaa vaihtelua pakkauksen sisällöissä. Massatiheyden pienentyminen voi tilavuudessa mitattuna aiheuttaa alipainoisia pakkauksia ja vastaavasti tiheyden kasvaminen yli-painoisia pakkauksia. Painona mitattuna massatiheyden pienentyminen voi aiheuttaa sen, ettei tuote mahdu pakkaukseensa. Vastaavasti massatiheyden kasvaminen johtaa alitäytettyihin pakkauksiin. (Schuck ym., 2013, s. 232–233) Näin ollen pakatulla määrällä on tärkeä yhteys jauheen massaan, joka pakataan tiettyyn pakkaukseen. Kuitenkaan jauheen tilavuutta ei saisi liikaa pienentää tiivistämällä, koska muuten täysi pakkaus voi kuluttajan avatessa olla vajaa. (Walstra ym., 2005, s. 525)

Massatiheyteen vaikuttavat pääsääntöisesti konsentraatin, kuivausilman ja jauheen ominaisuudet. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi konsentraatin lämpökäsittely, viskositeetti, kuivausilman tulo- ja poistoilman lämpötilat sekä jauhepartikkelien kokojakauma. Massatiheyttä voidaan nostaa säätämällä suuttimia ja jauhepartikkelin tasaista jakautumista vähentää nostamalla konsentraatin kuiva-ainepitoisuutta tai vähentämällä suutinpainetta. (Schuck ym., 2012, s. 36; Park & Haenlein, 2013, s. 431)

Jauhepartikkeleissa olevaan ilmaan vaikuttavat tekniset tekijät, kuten konsentraatin sekoitusnopeus tankissa, konsentraatin vaahtoaminen ja sumutusmenetelmä. Jauhepartikkelien ilmapitoisuus määritetään yleensä kaasupyknometrin avulla. (Schuck ym., 2012, s. 36; Park & Haenlein, 2013, s. 431) Schuckin ym. (2012, s. 36) ja Parkin & Haenleinin (2013, s. 431) mukaan Carić (2003) kertoo, että jauhepartikkelien väleissä olevan ilman määrään vaikuttavat pääasiassa agglomeraation aste ja jauhepartikkelien kokojakauma. Partikkelien väleissä oleva ilma määritetään tiivistämällä jauhetta koputtamalla (Schuck ym., 2012, s. 36; Park & Haenlein, 2013, s. 431).

Jauhe, jossa kaikki partikkelit ovat samankokoisia, on ideaali kuivauksen näkökulmasta, mutta epätoivottua massatiheyden näkökulmasta. Jos kaikki jauhepartikkelit olisivat samankokoisia, niiden väliin jäisi paljon ilmaa, jolloin massatiheys laskisi. Olisi hyvä, jos jauhepartikkeleita olisi paljon erikokoisia, jolloin pienimmät partikkelit täyttäisivät isojen partikkelien väliin jäävän tilan. Tällöin jauheen massatiheys olisi korkea. Pieniä jauhepartikkeleita ei saa kuitenkaan olla liikaa, koska ne vaikuttavat negatiivisesti liukoisuuteen ja jauheesta tulee pölyvää. (Westergaard, 2004, s. 201)

On huomattu, että vasta valmistetulla jauheella ilmenee alhaista massatiheyttä, joka kasvaa useiden päivien päästä tuotannosta. Tämä johtuu jauheen sähköstaattisesta latauksesta, joka saa jauhepartikkelit tarrautumaan toisiinsa. Ajan kuluessa jauhe menettää latauksen ja käyttäytyy normaalisti. (Westergaard, 2004, s. 203)

3.6 Kosteuspitoisuus

Jauheen vesipitoisuus määritellään tuotteen kuivausprosessin aikana tapahtuvana painohäviönä ja paino ilmoitetaan prosentteina. Rasvattoman maitojauheen kosteuspitoisuuden kuivauksen jälkeen tulisi esimerkiksi olla korkeintaan neljä % ja 2,5 % rasvaiselle maitojauheelle, jossa rasvaa on 40 %. Sallittu kosteuspitoisuus riippuu kuitenkin asiakkaan vaatimuksesta. Kosteuspitoisuudella on merkittävä vaikutus tuotteen varastoitavuuteen samalla tavalla kuin a_w -arvolla. (Schuck ym., 2012, s. 22)

Aktiivisella vedellä tarkoitetaan vettä, joka on vapaasti mikrobin käytävissä. Mitä pienempi aktiivisen veden arvo on, sitä paremmin tuote säi-

lyy, kun mikrobit eivät pääse lisääntymään. Aktiivisen veden määrää tuotteessa voidaan alentaa kemiallisesti tai kuivaamalla. (Ruokatieto Yhdistys ry, 2020)

Jauheet voivat paakkuuntua ja tulla tahmaisiksi varastoinnin ja käsittelyn aikana. Tämän on usein huomattu johtuvan kosteudesta, minkä vuoksi onkin tärkeää tuntea jauheen vettyvyysherkkyys. Jauhe voi altistua lämpötilan ja ilmankosteuden vaihteluille erityisesti kuljetettaessa eri maihin. (Schuck ym., 2013, s. 303) Adsorptio isotermi kertoo jauheen kosteuspitoisuuden ja aktiivisen veden määrän avulla jauheen muuttumattomuudesta varastoinnin aikana ja millaisissa olosuhteissa jauhe alkaa paakkuuntua (Schuck ym., 2013, s. 447).

Jauheen kosteuspitoisuuteen vaikuttavat voimakkaasti kuivausilman termodynaamiset ominaisuudet. Tasaisella ilmavirtauksella jo asteen muutos kuivausilman lämpötilassa vaikuttaa 0,2 % jauheen kosteuspitoisuuteen. Toinen kosteuteen vaikuttava avainparametri on pisarakoko. Pisarakoon kasvaessa kuivattavan pinta-alan suhde vähenee. Tällöin valmis jauhe jää kosteammaksi kuin pisarakoon ollessa pienempi. (Schuck ym., 2012, s. 22)

Pisarakoko riippuu sumutusolosuhteista, kuten sumutustyyppistä, sekä konsentraatin fysikaaliskemiallisista ominaisuuksista. Sumutuksen tapahtuessa suuttimilla, pisarakokoa kasvatetaan joko suuremmilla suuttimien aukoilla tai vähentämällä sumutuspainetta. Konsentraatin fysikaaliskemiallisista ominaisuuksista tärkein on viskositeetti. Kaikilla parametreilla, jotka vaikuttavat viskositeettiin, on epäsuora vaikutus pisarakokoon ja näin ollen myös jauheen lopulliseen kosteuspitoisuuteen. Viskositeettiin vaikuttavia parametreja ovat esimerkiksi konsentraatin lämpötila, pastöroinnin ja homogenisoinnin olosuhteet, sekä konsentraatin kuiva-ainepitoisuus. (Schuck ym., 2012, s. 22–23)

3.7 Viskositeetti

Laadullisesti viskositeetti kuvaa nesteen paksuutta tai virtausvastusta. Koska viskositeetti on ominaisuus, joka määrittää nesteille määritettyä leikkausnopeuden käytöstä, on se nesteiden suhteen tärkein fysikaalinen ominaisuus. (Kutz, 2015, s. 810) Tässä työssä tiivisteiden viskositeetin määrittämisessä käytettiin Brookfieldin silikoniöljyn viskositeettistandardia 10 cP, 100 cP, 1000 cP (Brookfield Engineering Laboratories, Inc., USA).

Kuppiviskosimetri määrittää kinemaattista viskositeettia vertaamalla aikaa, joka nesteeltä kuluu kulkea kupin läpi siihen aikaan, joka kuluu nesteeltä, jonka viskositeetti tunnetaan, kulkea saman kupin läpi. Käytännössä maalikuppi täytetään tietyllä määrällä haluttua nestettä ja annetaan asetua lämpötasapainoon. Sen jälkeen kupin pohjassa oleva venttiili avataan ja määritetään kupin tyhjentymiseen kuluva aika. Tämän tyyppisiä visko-

simetrejä käytetään usein öljyjen, maalien ja lakkojen viskositeetin mittaamiseen. Kuppiviskosimetrejä käytetään usein tuotanto-olosuhteissa ja mitaukseen kuluu aikaa noin 1–2 minuuttia. (Kutz, 2015, s. 829–831)

3.8 Juoksevuus

Juoksevuus on tärkeä ominaisuus jauheen käsittelyn ja pakkaamisen kannalta, koska heikosti juokseva jauhe voi jäädä jumiin siiloihin, varastosäiliöihin ja syöttösuppiloihin (Anandharamakrishnan, 2017, s. 216). Juoksevuus on jauheen kyky virrata hiekan tavoin vapaasti muodostamatta paakkuja tai rykelmiä (Schuck ym., 2013, s. 443). Schuckin ym. (2013, s. 443) mukaan Haugaard Sorensen ym. (1978) on sanonut, että juoksevuutta voidaan mitata ajassa sekunteina, kun tietty määrä jauhetta virtaa ulos rum-pukuivaimesta aukon läpi. Gea Group Aktiengesellschaftin (2020e) menetelmäohjeen perusteella voidaan myös mitata juoksevuutta. Schuckin ym. (2013, s. 443) mukaan juoksevuus riippuu jauhepartikkelien koosta, muodosta, tiheydestä ja sähköisestä latauksesta. Anandharamakrishnanin (2017, s. 216) mukaan jauhepartikkelien koon ja muodon lisäksi juoksevuuteen vaikuttavat myös jauheen kosteuspitoisuus ja rasvapitoisuus. Suuret jauhepartikkelit virtaavat helpommin kuin pienet, halkaisijaltaan alle 90 µm, partikkelit (Schuck ym., 2013, s. 443).

Jauheen juoksevuutta ei täysin ymmärretä, koska esimerkiksi kahden hyvin juoksevan jauheen sekoitus ei välttämättä ole enää niin juoksevaa. Hyvä juoksevuus saadaan aikaan suurista, agglomeroituneista jauhepartikkeleista, jolloin jauheen joukossa ei ole pieniä jauhepartikkeleja. Tämä kuitenkin laskee massatiheyttä. Jauhepartikkelin pinnalla on myös suuri merkitys, erityisesti vapaan rasvan määrällä. Suuttimilla valmistetun jauheen uskotaan olevan juoksevuudeltaan erityisesti täysmaitojauheissa parempaa kuin kiekkosuuttimilla. (Westergaard, 2004, s. 203)

3.9 Partikkelikokojakauma

Partikkelikoko on yksi tärkeimmistä jauhepartikkelien ominaisuuksista, koska partikkelien koko vaikuttaa moniin jauheen ominaisuuksiin, kuten juoksevuuteen, liukoisuuteen, tiheyteen ja vettyvyyteen. (Schuck ym., 2012, s. 34; ks. myös Schuck ym., 2013, s. 289, jonka mukaan Allen, 1990, 2003, on kirjoittanut näin) Partikkelikokoon vaikuttaa erityisesti sumutuskuivauksessa pisarakoko, johon edelleen vaikuttavat esimerkiksi sumutusolosuhteet ja kuivattavan tiivisteän viskositeetti. Korkea sumutusaine ja matala tiivisteän viskositeetti pienentävät jauheen partikkelikokoa. (Schuck ym., 2012, s. 34)

Maitojauheiden partikkelikokoa määritetään yleensä suorilla menetelmillä, joissa käytetään joko seulaa tai laseria. Epäsuoria menetelmiä ovat esimerkiksi sedimentoituminen ja sentrifugointi. Seulamenetelmässä jauhetta siivilöidään eri silmäkokojen läpi, jolloin jauhe jakaantuu eri osioihin

partikkelikokojen mukaan. Lasermenetelmää käytettäessä jauhenäyte asetetaan optiselle alustalle, joka valaistetaan laservalolla. Kuva valon hajaantumisenestä jauhepartikkeleissa vangitaan alustassa olevilla tunnistimilla. Tulokset ilmaistaan esiintymistiheytenä pylväsdiagrammissa, jossa jokainen luokka vastaa näytteen tilavuusprosenttia. (Schuck ym., 2012, s. 120)

GEA Group Aktiengesellschaftin (2020f) ja Schuckin ym. (2012, s. 122) mukaan lasermenetelmän tulokset voidaan jakaa luokkiin jauhepartikkelien halkaisijoiden mukaan. Luokka D(0,5) kertoo partikkelijakauman keskimäisen halkaisijan arvon, jolloin puolet partikkeleista on tätä arvoa pienempiä ja puolet suurempia. Luokassa D(0,1) on 10 % jauhepartikkeleista annettua lukua pienempiä ja vastaavasti luokassa D(0,9) 90 % jauhepartikkeleista on annettua lukua pienempiä.

4 TYÖN TOTEUTUS

Työn toiminnalliseen osuuteen kuului neljä koeajoviikkoa, äidinmaidonkorvikejauheiden fysikaalisten ominaisuuksien testaamista ja tulosten analysointia. Äidinmaidonkorvikejauheita analysoitiin sekä valmistustehtaan valvomossa että Lapinlahden aluelaboratoriossa. Fysikaalisia analyysejä varten otettiin jokaisesta koeajosta jauheen säkityksen yhteydessä noin puolen kilogramman painoisia säkkinäytteitä. Säkkinäytteitä otettiin noin viiden 20 kilogramman painoisen säkin välein sekä aluelaboratorioon että valvomoon. Aluelaboratorioon puolen kilogramman jauhenäytteitä otettiin kerrallaan aina kaksi ja valvomoon yksi kappale. Lisäksi kuivauksen aikana haettiin leijupediltä kauhalla pienempiä jauhenäytteitä, joista analysoitiin jauheen kosteuspitoisuuden kehitystä kuivausprosessin aikana.

Säkkinäytteistä mitattavia fysikaalisia ominaisuuksia olivat: vettyvyys, kosteuspitoisuus, lusikkapaino, pH, valkoiset hiutaleet, mustat partikkelit, palaneet osat, liukenemattomuusindeksi, vapaan rasvan määrä, haju ja maku, rasvan erottuminen, ulkonäkö, juoksevuus, erilaiset tuttipullotestit sekä tilavuus- ja koputuspainot. Lisäksi haihdutuksen aikana mitattiin tiivisteen viskositeettia ja kuiva-ainepitoisuutta. Seuraavissa luvuissa käsitellään tarkemmin jokaista koeajoviikkoa ja niiden aikana tehtyjä fysikaalisia analyysejä.

4.1 Koeajot

Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi jokaisen koeajoviikon tarkoitus, kuten reseptin optimointi ja erilaisten prosessiparametrien kokeileminen. Jokaisen koeajoviikon aikana käytetyt prosessiparametrit ovat olleet hieman erilaiset.

4.1.1 Reseptien optimointi

Ensimmäisen koeajoviikon tarkoituksena oli kokeilla neljää erilaista reseptiä (taulukko 1) ja valita niistä paras jauheiden fysikaalisten ominaisuuksien analyysien tulosten perusteella. Haluttiin selvittää, muuttuvatko jauheen fysikaaliset ominaisuudet, kun käytetään eri mineraaleja kuin nykyisin käytössä olevassa reseptissä ja vaikuttaako maitorasvan käyttö erityisesti valkoisten hiutaleiden syntyyn. Ensimmäinen resepti on tuotannon pohjana käytössä oleva resepti. Koeajojauheissa keskityttiin tutkimaan suurempia mineraalikomponentteja, joten resepteistä jätettiin pois esimerkiksi vitamiinilisäykset.

Jokaisen reseptin valmistuksessa pyrittiin käyttämään samoja haihdutuksen ja kuivauksen arvoja, jotka olivat seuraavat: haihduttimen syöttö 1 250 l/h, tiivisteiden kuiva-ainepitoisuus 47 %, kuivaimen ylälämpö 180 °C, alälämpö 75 °C, leijupedin lämmitysilmä 75 °C ja jäähdytysilmä 15 °C. Arvoja kirjattiin koeajojen aikana ylös tietyin väliajoin.

Reseptien pohjana käytettiin vakioimatonta Demi 90 -tiivistettä. Maitoa sisältävissä resepteissä vakioitu maito, jonka rasvaprosentti oli 7,5 %, koostui kuoritusta maidosta, eli kurrasta, ja kermasta. Resepteissä käytettiin erilaisten rasvojen lisäksi kahta erilaista kivennäisseosta, joista helposti liukenevia mineraaleja käytettiin resepteissä 1 ja 3 sekä heikosti liukenevia mineraaleja resepteissä 2 ja 4 (taulukko 1).

Taulukko 1. Käytetyt rasvat ja mineraalit reseptien optimoinnissa

	Resepti 1	Resepti 2	Resepti 3	Resepti 4
Maito- ja kasvirasva	×	×		
Kasvirasva			×	×
Helposti liukenevat mineraalit	×		×	
Heikosti liukenevat mineraalit		×		×

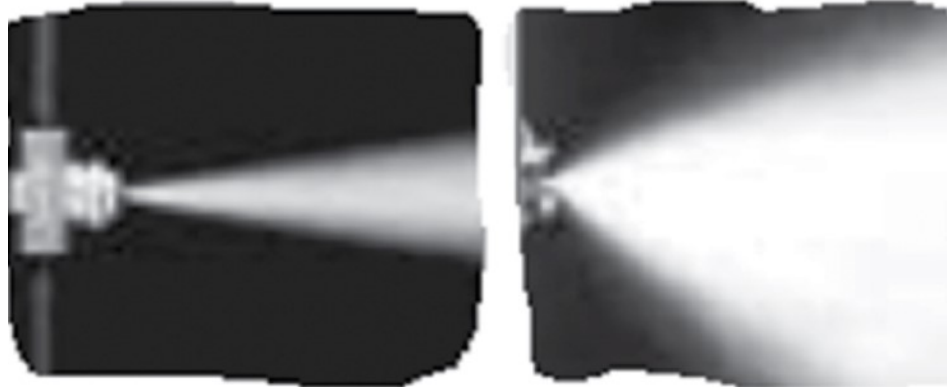
4.1.2 Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen

Toiseen koeajoviikkoon valikoitui ensimmäisen koeajoviikon jauheiden fysikaalisten analyysien jälkeen resepti 4, jossa käytettiin heikosti liukenevaa kivennäisseosta ja pelkästään kasvirasvaa. Koeajoviikolla tarkasteltiin erilaisten prosessiparametrien vaikutusta äidinmaidonkorvikejauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Koeajoja oli yhteensä kahdeksan kappaletta ja muutettavia prosessiparametreja olivat kuivattavan tiivisteiden kuiva-ainepitoisuus ja tiheys sekä kuivaimen ylä- ja alälämmöt (taulukko 2, s. 16).

Taulukko 2. Jauheeseen vaikuttavat prosessiparametrit toisen koeajoviikon aikana

Ajojärjestys	Kuiva-aine %	Tavoitetiheys kg/l	Ylälämpö °C	Alalämpö °C	Sumun leveys
1	50	1,226	160	70	kapea
2	40	1,09	160	70	kapea
3	40	1,09	190	85	kapea
4	50	1,226	190	85	kapea
5	50	1,226	190	85	leveä
6	50	1,226	160	70	leveä
7	40	1,09	160	70	leveä
8	40	1,09	190	85	leveä

Koeajojen ajojärjestys valittiin niin, että kuivaimen suuttimia tarvitsi vaihtaa mahdollisimman vähän. Neljän ensimmäisen koeajon aikana oli tarkoitus kuivata jauhetta kapealla sumulla ja neljä viimeistä leveällä sumulla (kuva 4). Sumun leveyteen vaikuttivat valitut suutinkokoonpanot.



Kuva 4. Kapea ja leveä sumu kuivauskammiossa (Hipple, 2017, s. 238, jonka mukaan alkuperäinen kuva on lähteestä Chemical Engineering Progress, 12/05).

4.1.3 Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen kapealla sumulla

Kolmannen koeajoviikon tarkoituksena oli uusia aiemmista prosessiparametrien vaikutusta testaavista koeajoista neljä ensimmäistä kapean sumun koeajoa, jotka ajettiin väärällä suutinyhdistelmällä. Tarkoituksena oli saada onnistuneet kapean sumutuksen koeajot. Toteutuneet kuivaimen alalämpötilat olivat olleet kyseisissä aiemman koeajoviikon koeajoissa tavoitteita korkeammat, joten tälle koeajoviikolle kuivaimen tavoitealalämpötiloja nostettiin hieman. Taulukossa 3 (s. 17) on merkittynä prosessiparametrit, joilla oli tarkoitus ajaa nämä kapean sumutuksen koeajot.

Taulukko 3. Jauheeseen vaikuttavat prosessiparametrit kapean sumutuksen koeajoissa kolmannen koeajoviikon aikana

Ajojärjestys	Kuiva-aine %	Tavoitetiheys kg/l	Ylälämpö °C	Alalämpö °C	Sumun leveys
Koe 4	40	1,09	160	75	kapea
Koe 8	50	1,226	160	75	kapea
Koe 6	50	1,226	190	90	kapea
Koe 2	40	1,09	190	90	kapea

4.1.4 Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen uudet koeajot

Neljännellä koeajoviikolla uusittiin kaikki toisen koeajoviikon koeajot, koska kolmannen koeajoviikon vain kapealla sumulla valmistettujen jauheiden kemiallinen koostumus oli vääränlainen. Käytettäviä prosessiparametreja, kuten kuivaimen lämpötiloja ja haihduttimen tiivisteiden kuiva-ainepitoisuutta, muutettiin edelleen aiemmista, jotta saataisiin jauheiden välille paremmin eroja aikaisiksi. Käytetyt prosessiparametrit ovat taulukossa 4. Kapean sumun suuttimet pysyivät samoina, mutta leveän sumun suuttimet vaihdettiin niin, että saatiin sumusta vielä aikaisempaa leveämpää.

Taulukko 4. Jauheeseen vaikuttavat prosessiparametrit neljännen koeajoviikon aikana

Ajojärjestys	Kuiva-aine %	Tavoitetiheys kg/l	Ylälämpö °C	Alalämpö °C	Sumun leveys
1	52	1,25	160	75	kapea
2	40	1,09	160	75	kapea
3	40	1,09	190	90	kapea
4	52	1,25	190	90	kapea
5	52	1,25	190	90	leveä
6	52	1,25	160	75	leveä
7	40	1,09	160	75	leveä
8	40	1,09	190	90	leveä

4.2 Käytetyt fysikaaliset menetelmät

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään tarkemmin äidinmaidonkorvikejauheille tehtyjä fysikaalisia analyyseja, niissä käytettyjä laitteita ja tulosten raja-arvoja. Analyysit ovat helposti toistettavissa kuvausten perusteella.

4.2.1 Tiivisteiden viskositeetti ja kuiva-ainepitoisuus

Viskositeettia mitattiin 4 mm:n maalikuppimenetelmällä, jossa maalikupin pohjassa oleva reikä peitettiin sormella ja kuppi täytettiin haihduttimen tiivisteellä. Kun sekuntikello laitettiin päälle, poistettiin sormi maalikupin pohjasta ja seurattiin, kuinka monta sekuntia kului kupin tyhjentymiseen. Kun kuppi tyhjentyi, sekuntikello pysäytettiin ja saadusta luvusta vähennettiin mahdollisesti alussa kulunut aika, jolloin saatiin tiivisteiden viskositeetti

sekunteina. Myöhemmin viskositeetille laskettiin cP-arvo Brookfieldin viskositeettistandardien avulla.

Tiivisteiden kuiva-ainepitoisuus määritettiin automaattisella Brix-mittarilla (Pocket refractometer PAL- α 0 - 85 % Brix, Atago Co., Japani). Mittarissa olevaan lukusilmään valutettiin tiivistettä, jolloin Brix-mittari analysoi sen kuiva-ainepitoisuuden. Saatu luku ilmestyi mittarin näytölle.

4.2.2 Vettyvyys ja rasvan erottuminen

Määritettiin äidinmaidonkorvikejauheen vettyvyyttä ja saadusta ennasteesta tutkittiin rasvapallosten kertymistä pinnalle, pH:ta ja mustien partikkelien sekä valkoisten hiutaleiden määrää. Tarvittavia välineitä olivat 600 ml:n dekantterilasi, metallilevy ja -lieriö, spaatteli tai lusikka, sekuntikello ja vaaka.

Punnittiin dekantterilasiin 200 ml +50 C asteista vettä ja metallilevyn päällä olevaan lieriöön 27,2 g äidinmaidonkorvikejauhetta. Dekantterilasin sisäseinämä veden yläpuolella tuli pysyä kuivana. Jauhe levitettiin lieriön pohjalle tasaisesti lusikan avulla. Laitettiin sekuntikello päälle ja vedettiin metallilevy dekantterilasin päältä pois niin, että jauhe putosi lieriöstä tasaisesti veteen. Sekuntikello pysäytettiin, kun kaikki jauhepartikkelit olivat silmämääräisesti kostuneet. Vettymisaika saatiin vähentämällä kokonaisajasta alussa kulunut aika ennen metallilevyn pois vetämistä.

Vettyvyyskokeessa saatua seosta sekoitettiin ruokalusikalla yhden minuutin ajan niin, että puolet ajasta sekoitettiin vasta- ja puolet myötöpäivään. Tarkoituksena oli sekoittaa yhteensä 120 kierrosta, eli 60 kierrosta kumpaankin suuntaan. Sekoituksen jälkeen seoksen annettiin seistä pöydällä 10 minuuttia. Tämän kuluttua dekantterilasia katsottiin kirkkaan valon alla ja tarkasteltiin, oliko pinnalle noussut rasvapallosia. Arviointi tapahtui 20–30 cm:n päästä ja noin 30 sekunnin ajan. Jos ennasteen pinnalla oli rasvaa, niin se näkyi pieninä kellertävinä tai kirkkaina pisaroina, joista tuli varmistaa, että ne eivät olleet liukenematonta jauhetta. Rasvapallojen määrä tuli ilmoittaa kappalemääränä tai arviona määrästä, jos rasvapallosia oli erityisen paljon. Rasvapallosiksi luettiin selkeästi tulkittavissa olevat pyöreät pisarat.

4.2.3 Mustat partikkelit ja pH

Ennasteesta tutkittiin mustat partikkelit ja muut vieraat aineet, kuten kuidut, dekantterilasin pohjaa tarkastelemalla ja hyvin valaisemalla, minkä takia dekantterilasin tuli olla kirkas ja naarmuuntumaton. Mustien partikkelien ja kuitujen määrä laskettiin ja ilmoitettiin kappalemääränä. Jos partikkelit olivat kovin isoja, eli suurempia kuin 0,5–1 mm, niin tämä huomioitiin määriä merkitessä. Arviointi tapahtui 20–30 cm:n etäisyydeltä ja 20–30 se-

kunnin aikana. Sallittu mustien partikkelien ja kuitujen määrä riippuu asiakkaan vaatimuksista. Ennasteesta mitattiin myös pH (InoLab pH 7110, WTW, Saksa).

4.2.4 Valkoiset hiutaleet

Mustien partikkelien ja kuitujen arvioinnin jälkeen ennastetta sekoitettiin lusikalla viidellä kevyellä pyöräytyksellä, minkä jälkeen siitä pipetoitiin 2 ml näytettä nestekerroksen keskivaiheilta mustalle lautaselle varoen kuplien muodostumista. Tarkasteltiin ja pyöriteltiin pipetoitua näytettä lautasella ja laskettiin valkoiset hiutaleet, jotka näkyivät suoraan katsottaessa. Hiutaleita, jotka näkyivät pintaa peilatessa, ei otettu huomioon. Arviointi tapahtui 20 sekunnin aikana noin 20–30 cm:n etäisyydeltä. Valkoisten hiutaleiden tarkka määrä kirjattiin ylös, jos hiutaleita oli alle 45 kappaletta. Jos hiutaleita oli tätä enemmän, määrä arvioitiin. Vaatimukset hiutaleiden määrästä vaihtelevat hiutaleiden koon ja asiakkaiden mukaan.

Jäljelle jäänyt ennaste kaadettiin seulan läpi, jonka halkaisija oli 100 mm ja silmäkoko 63 µm. Seulan alaosa pyyhittiin paperilla ja verrattiin saatua tulosta kuvastandardiin. Tulosta arvioitiin asteikolla 1–5, jossa arvosana 5 tarkoittaa puhdasta seulaa tai muutamaa yksittäistä hiutaletta. Tulos 4 vastaa lautastestissä 10–45 hiutaletta ja tulos 3 noin 45 hiutaletta. Arvioinnissa 1 ja 2 sisältävät runsaasti hiutaleita niin, että seula on lähes tai kokonaan täynnä. Arvosanan merkitsemisen lisäksi kirjattiin myös hiutaleiden määrä.

4.2.5 Kosteuspitoisuus

Kosteusmittarin (Moisture analyzer MX-50, A&D Company, Japani) sisällä olevalle vaa'alle punnittiin 5 grammaa jauhetta, joka levitettiin lusikalla tasan tasaisesti punnitusalustalle, asetettiin laitteeseen oikea mittaohjelma, suljettiin kansi ja käynnistettiin laite. Kosteusmittari analysoi jauheen kosteuspitoisuutta muutamia minuutteja, jonka jälkeen tulos ilmestyi näytölle. Kosteuspitoisuus mitattiin leijupediltä haetuista jauhenäytteistä ja säkkinäytteistä.

4.2.6 Lusikkapaino

Kuluttajille suunnatuissa äidinmaidonkorvikejauhepakkauksissa on korvikkeen valmistusohjeet, joissa neuvotaan mittaamaan tietty määrä jauhetta veteen. Lusikkapaino kertoo, kuinka monta grammaa lusikallisessa jauhetta suunnilleen on. Tämän tiedon avulla voidaan tehdä ohjeita äidinmaidonkorvikkeen valmistamiseen kotiolosuhteissa niin, että korvikeannoksessa on imeväisen tarvitsema määrä ravintoaineita.

Testissä käytettiin muovista noin 8 ml:n kokoista mittalusikkaa, jolla otettiin reilusti jauhetta näytepusista. Lusikkaa kopautettiin hieman, jotta

jauhe jakaantuisi lusikkaan tasaisesti, eikä jauheen sekaan jäisi suuria ilma-taskuja. Jauheen pinta tasoitettiin viivoittimella ja lusikka punnittiin. Tyhjän lusikan paino oli taarattu vaa'alle, joten saatu tulos kertoi mitatun jauheen määrän grammoina. Testi toistettiin kolme kertaa per näytepussi, jotta saatiin todenmukainen keskiarvotulos. Jokaisella kerralla lusikkaan otettiin jauhetta hieman eri puolilta jauhenäytepussia.

4.2.7 Tuttipullostesti ravistamalla

Tuttipullokokeen tarkoituksena oli seurata, miten jauhe vettyy ja liukenee tuttipullossa ravistelemalla ja kuinka paljon ennaste vaahtoa. Testin suorittamiseen tarvittiin mitta-asteikoltaan noin 200 millilitraa, mutta vähintään 100 millilitraa, oleva kuiva tuttipullo, korkki, pienireikäinen tutti, joka sopii 0–3 kuukauden ikäisille vauvoille, +40 °C vettä, vaaka, lämpömittari, sekuntikello ja suppilo.

Tuttipulloon mitattiin +40 °C vettä 90 ml:n merkkiin asti, punnittiin äidinmaidonkorvikejauhetta 13 grammaa pienelle lautaselle ja kaadettiin jauhe tuttipulloon suppilon avulla. Suppiloa käytettiin, jotta jauhe ei jäisi tuttipullon seinämille ja muodostaisi paakkuja. Tuttipulloa pyöräytettiin kevyesti ja suljettiin korkilla. Tuttipulloa ravisteltiin 23 kertaa 10 sekunnin aikana tasaisin, napakoin liikkein, joissa käsivarsi liikkui edestakaisin 45 astetta. Tuttipullo asetettiin ravistelun jälkeen pöydälle noin yhden minuutin ajaksi, jonka kuluttua luettiin muodostuneen vaahton tilavuus millilitroina tuttipullon kyljestä.

Tuttipullossa olevan korvikkeen rakenne ja liukenemattomien paakkujen määrä arvioitiin silmämääräisesti kääntelemällä pulloa ja merkittiin laskeutu määrä ylös. Tämän jälkeen vaihdettiin puhdas tutti korkin tilalle ja seurattiin, virtaako korvike tutissa olevan reiän läpi hyvin ulos. Annettiin korvikkeen valua hetken aikaa pullo ylösalaisin. Loppu korvike kaadettiin tuttipullostani vesialtaan pohjalle pienissä erissä ja katsottiin, näkyykö paakkuja tai liukenematonta jauhetta. Myös tyhjä tuttipullo tarkastettiin.

Tuttipullostestin tulos arvioitiin asteikolla 1–5, jossa arvosana 5 on hyvä, koska jauhe on täysin liennut, eikä ennaste sisällä paakkuja. Arvosanan 4 ennasteessa on 1–2 paakkuja ja 3–5 pientä tai 1 iso paakku arvosanan 3 ennasteessa. Arvosana 1 on erittäin huono, jossa pieniä paakkuja on yli 10 kappaletta, isompia yli 5 kappaletta tai erittäin paljon liukenematonta jauhetta jäljellä.

4.2.8 Tuttipullostesti mittalusikallisilla

Testin tarkoitus oli sama kuin edellisessä tuttipullostestissä, mutta testiin tarvittiin kolme tuttipulloa, joihin jokaiseen kaadettiin +40 °C vettä eri määrät: 110, 120 ja 130 ml. Tämän jälkeen jokaiseen lisättiin neljä lusikal-

lista äidinmaidonkorvikejauhetta. Lusikkana käytettiin samaa mittalusikkaa kuin lusikkatestissä ja samalla periaatteella, eli jauhetta otettiin lusikkaan reilusti, kopisteltiin ja lopuksi tasoitettiin jauheen pinta. Kaikki lusikalliset lisättiin reippaaseen tahtiin, jonka jälkeen tuttipullot suljettiin korkilla. Tuttipulloa ravisteltiin pystysuoralla, napakalla liikkeellä 20 kertaa, jonka jälkeen tuttipullo seiso i pöydällä viisi minuuttia.

Ajan kuluttua pullon reunat ja pohja tutkittiin liukenemattomien kokkareiden, mustien partikkeleiden ja pohjaan sedimentoituneen aineksen osalta. Vieraita tai mustia partikkeleita ei saanut olla. Katsottiin, miten korvike läpäisee tutin, jonka jälkeen kaadettiin tuttipullon sisältö lavuaariin ja laskettiin liukenemattomien kokkareiden määrä altaasta ja pullostä. Arvosteluasteikko oli 2–5, jossa arvosana 5 vastasi täysin liuenutta jauhetta, arvosana 4 vastasi 1–20 kokkareta ja 2 vastasi yli 30 kokkareta, joka ei ole hyväksyttävä tulos. Jokaisesta pullostä merkittiin myös muodostuneen vaahdon määrä millilitroina, jolloin saatiin rinnakkaisia tuloksia vaahdon muodostumisesta edelliselle tuttipullotestille.

4.2.9 Tilavuus- ja valutuspaino

Jauheen valutuspaino saatiin kaatamalla jauhetta 100 ml:n mittalasiin niin, että mittalasi oli aivan täynnä. Mittalasin pinta tasoitettiin viivoittimella ja punnittiin. Tyhjä mittalasi oli taarattu vaa'alle (NewClassic MS, Mettler Toledo, Yhdysvallat), joten saatu luku kertoi valutuspainon g/100 ml. Tulos muutettiin yksikköön g/ml jakamalla saatu tulos luvulla 100.

Punnittu, jauhetta sisältävä mittalasi siirrettiin koputuslaitteeseen (STAV 2, J. Engelsmann Ag, Saksa). Laite asetettiin koputtamaan 100 kertaa, minkä aikana jauhe tiivistyi. Koputusten jälkeen mittalasin asteikolta luettiin jauheen uusi pinnankorkeus ja jaettiin valutuspaino saadulla luvulla. Tilavuuspainon tulokseksi saatiin g/ml.

5 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Seuraavissa luvuissa käsitellään jokaisesta koeajoviikosta saatujen tulosten keskiarvot, kemialliset koostumukset sekä prosessiparametrien kehitys jokaisen koeajon aikana. Keskiarvot on laskettu 1–4 rinnakkaisesta näyttestä. Lisäksi pohditaan erojen syitä tulosten välillä ja yhteyttä haihdutus- ja kuivausprosesseihin. Valvomon tulokset on saatu opinnäytetyön tekijän toimesta jokaisen koeajoviikon päätteeksi ja tehtaan laboratorion tulokset ovat valmistuneet 1–2 viikon kuluessa koeajoviikosta. Fysikaalisten ominaisuuksien ja kemiallisten koostumusten tulokset ovat jokaisesta koeajoviikosta kokonaisuudessaan liitteessä 1.

5.1 Reseptien optimointi

Ensimmäisen koeajoviikon tulosten pohdinnassa keskitytään reseptien välisiin eroihin, joiden pohjalta valitaan paras resepti prosessiparametrien vaikutusten testaamista varten seuraavilla koeajoviikoilla. Reseptien välillä tutkitaan fysikaalisten analyysien tuloksia ja pohditaan jauheen kemiallisen koostumuksen vaikutusta tuloksiin. Reseptien optimointikoeajojen tulokset ovat kokonaisuudessaan liitteessä 1/1.

5.1.1 Kemiallinen koostumus

Reseptien kemiallisten koostumusten välillä on eroja, jotka näkyvät taulukossa 5. Reseptissä 4 on proteiinia, tuhkaa, kalsiumia ja kaliumia muita enemmän. Reseptissä 3 on kloridia hieman muita enemmän ja kaliumia selvästi muita vähemmän. Reseptissä 2 on huomattavasti muita vähemmän kloridia ja hieman vähemmän fosforia ja natriumia. Reseptissä 1 on kalsiumia muita vähemmän ja fosforia hieman muita enemmän.

Taulukko 5. Reseptien optimointiajajojen jauheiden kemialliset koostumukset

Analyysit	Resepti 1	Resepti 2	Resepti 3	Resepti 4
Proteiini %	10,75	10,42	10,67	13,56
Kuiva-aine %	2,05	2,18	1,70	1,94
Tuhka %	2,67	2,67	2,43	3,27
Rasva %	27,33	29,49	28,69	24,97
Kalsium mg/100 g	310,00	360,00	445,00	495,00
Magnesium mg/100 g	54,00	50,50	55,50	60,00
Kloridi mg/100 g	375,00	260,00	390,00	340,00
Fosfori mg/100 g	358,50	237,50	255,00	326,50
Natrium mg/100 g	160,00	150,00	165,00	175,00
Kalium mg/100 g	670,00	580,00	410,00	715,00

5.1.2 Fysikaaliset ominaisuudet

Valvomon tuloksista nähdään (taulukko 6, s. 23), että ainoastaan kasviraava sisältävät reseptit 3 ja 4 vaahtoavat maitorasvaa sisältäviä reseptejä huomattavasti vähemmän. Resepteissä 2 ja 4 on muita reseptejä vähemmän valkoisia hiutaleita, mutta mustia partikkeleita oli jokaisen reseptin kohdalla tasaisesti. Valvomon analyysieja tehdessä reseptin 3 jauhenäytteet tuntuivat liukenevan muita heikommin veteen ja lisäksi reseptien 3 ja 4 jauheet tuntuivat koostumukseltaan paksummilta kuin reseptien 1 ja 2, jotka olivat hieman juoksevampia.

Laboratorion tulosten (taulukko 6., s. 23) mukaan ennasteet vaahtoavat samalla tavoin kuin valvomon tuloksissa, mutta valkoisia hiutaleita ei esiin-

tynyt minkään reseptin kohdalla. Mustia partikkeleita oli laboratorion tuloksissa vähiten resepteissä 3 ja 4, mutta vapaata rasvaa näissä eniten. Muilta osin tulokset reseptien välillä ja valvomon tulosten kanssa ovat olleet tasaiset.

Taulukko 6. Reseptin optimointikokeen fysikaalisten ominaisuuksien keskiarvot

Reseptin optimointi	Keskiarvot				Keskihajonnat			
VALVOMON TULOKSET	Resepti 1	Resepti 2	Resepti 3	Resepti 4	Resepti 1	Resepti 2	Resepti 3	Resepti 4
kosteus /%	2,10	1,98	1,71	1,78	0,35	0,32	0,29	0,37
vettyvyys /s	7,25	7,80	8,00	9,10	1,67	2,15	3,34	1,73
tuttipullotesti /1-5	5,00	5,00	4,50	5,00	-	-	1,00	-
vahto /ml	45,31	46,00	1,25	-	9,91	7,54	2,89	-
valkoiset /kpl	4,13	0,80	21,06	0,35	5,89	1,32	39,29	0,49
mustat partikkelit /kpl	0,25	0,70	0,50	0,40	0,46	0,82	0,93	0,52
valutuspaino g/ml	0,47	0,44	0,42	0,46	0,02	0,03	0,03	0,04
tilavuuspaino g/ml	0,63	0,62	0,63	0,63	0,03	0,04	0,03	0,04
rasvanerottumiskoe /kpl	-	-	-	-	-	-	-	-
lusikkapaino /g	5,07	4,80	4,79	4,87	0,29	0,37	0,30	0,47
viskositeetti /cP	19,29	19,29	30,10	23,99	3,25	3,25	2,82	2,30

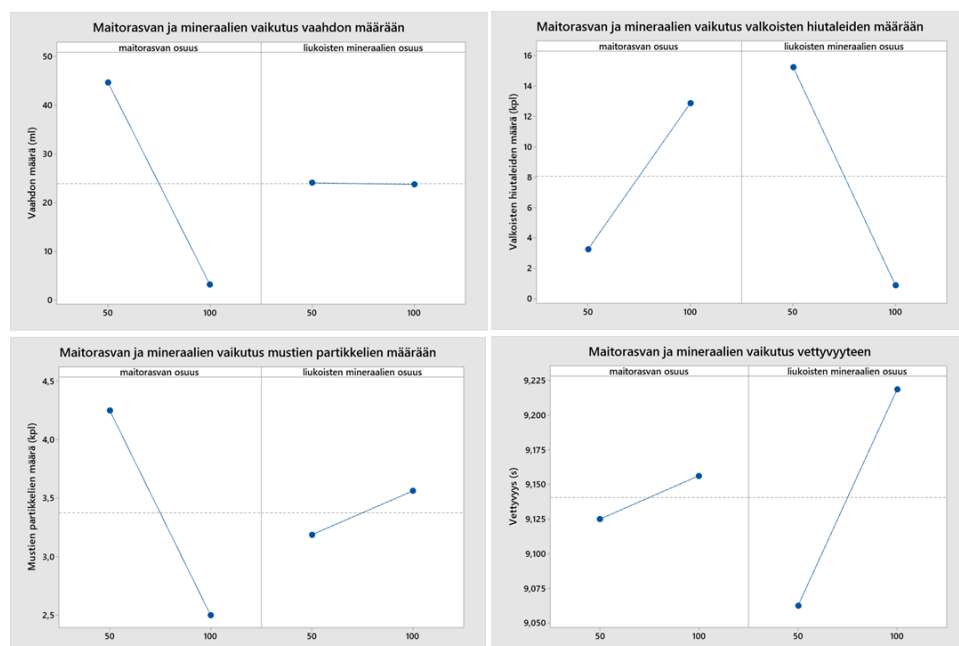
LABORATORION TULOKSET	Resepti 1	Resepti 2	Resepti 3	Resepti 4	Resepti 1	Resepti 2	Resepti 3	Resepti 4
kosteus /%	2,05	2,18	1,70	1,94	0,30	0,37	0,19	0,37
vettyvyys /s	13,00	10,67	10,33	10,33	1,00	0,58	1,15	0,58
tuttipullotesti /1-5	4,33	5,00	5,00	5,00	0,58	-	-	-
vahto /ml	43,33	40,00	5,00	6,67	2,89	-	-	2,89
valkoiset /kpl	-	-	-	-	-	-	-	-
mustat partikkelit /kpl	9,33	11,00	5,67	5,33	2,08	3,00	1,15	3,21
valutuspaino g/ml	0,46	0,43	0,43	0,41	-	-	-	-
tilavuuspaino g/ml	0,62	0,56	0,59	0,56	-	-	-	-
rasvanerottumiskoe /kpl	-	-	-	-	-	-	-	-
haju ja maku /1-5	5,00	4,00	5,00	5,00	-	-	-	-
palaneet osaset /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-
liukenemattomuusindeksi /ml	0,10	0,15	0,20	0,15	-	-	-	-
vapaa rasva /%	0,39	0,26	1,24	0,62	-	-	-	-
ulkonäkö /1-5	5,00	5,00	4,00	5,00	-	-	-	-
pH	7,00	7,00	7,00	7,00	-	-	-	-

Minitab-ohjelmalla tehdyissä kuvaajissa (kuva 5., s. 24) tarkastellaan maitorasvan ja mineraalien vaikutusta mitattuihin äidinmaidonkorvikejauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Kuvaajissa x-akselilla maitorasvan osuus on merkitty niin, että 50 kohdalla on maitorasvaa sisältävä resepti ja 100 kohdalla ainoastaan kasviraava sisältävä resepti. Mineraalien osalta 50 on helposti liukenevat mineraalit ja 100 heikosti liukenevat mineraalit. Kuvaajien jyrkkyys kertoo rasvan ja mineraalien vaikutuksen suuruudesta mitattavaan ominaisuuteen.

Vaahdon määrä on kuvaajan (kuva 5., s. 24) mukaan selkeästi korkeampi, kun resepti sisältää maitorasvaa ja laskee jyrkästi, kun resepti ei sisällä ollenkaan maitorasvaa. Vaahdon määrään ei kuvaajan perusteella vaikuta käytetyt mineraalit. Mustien partikkelien osalta on nähtävissä samansuuntaiset tulokset, jossa mustia partikkeleita on enemmän, kun resepti sisältää maitorasvaa. Kuitenkin myös heikosti liukenevien mineraalien käyttö lisää mustien partikkelien määrää jonkin verran.

Valkoisten hiutaleiden syntyyn vaikuttaa kuvaajan (kuva 5., s. 24) perusteella enemmän pelkän kasviraavan käyttö kuin maitorasvan käyttö. Myös mineraaleilla on merkittävä osuus, sillä helposti liukenevien mineraalien käytöllä on kuvaajan mukaan valkoisia hiutaleita suuresti lisäävä vaikutus.

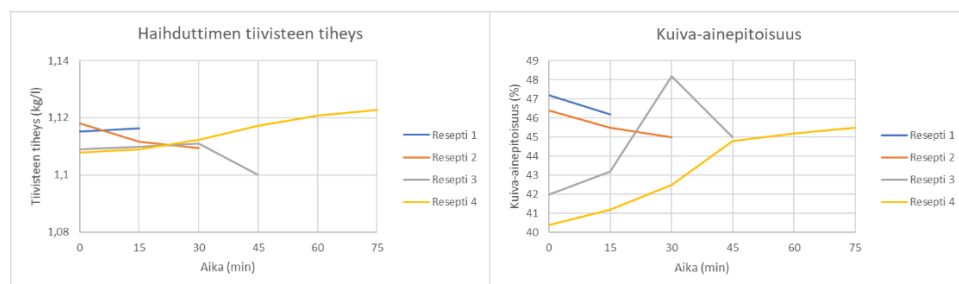
Heikosti liukenevia mineraaleja käyttämällä valkoisia hiutaleita on erittäin vähän. Vettyvyyteen vaikuttaa hieman käytetty rasva, mutta todella paljon mineraalit. Pelkän kasvirasvan käyttäminen pidentää vettyvyysaikaa hie- man, mutta heikosti liukenevien mineraalien käyttö merkittävästi.



Kuva 5. Minitab-ohjelmalla tehdyt kuvaajat rasvojen ja mineraalien vaikutuksesta valikoituihin jauheiden fysikaalisiin ominaisuuksiin.

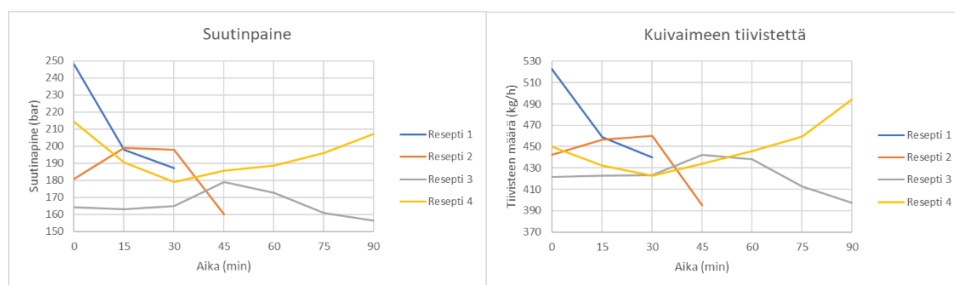
5.1.3 Koeajojen prosessiparametrit

Ensimmäisen koeajoviikon aikana jokaisen reseptin kuiva-ainepitoisuuden tavoite oli 47 % ja kuivattavan tiivisteiden tiheys 1,114 kg/l. Jokaisen reseptin kohdalla on pysytty tiivisteiden tiheyden arvojen osalta hyvin tavoitteessa, mutta kuiva-ainepitoisuudessa on ollut paljon heittoa reseptien välillä ja reseptien 3 ja 4 sisällä (kuva 6). Reseptien 1 ja 2 kohdalla kuiva-ainepitoisuus on ollut melko hyvin tavoitteessa, mutta reseptien 3 ja 4 kohdalla tavoitteeseen on päästy vasta useamman mittauksen jälkeen.



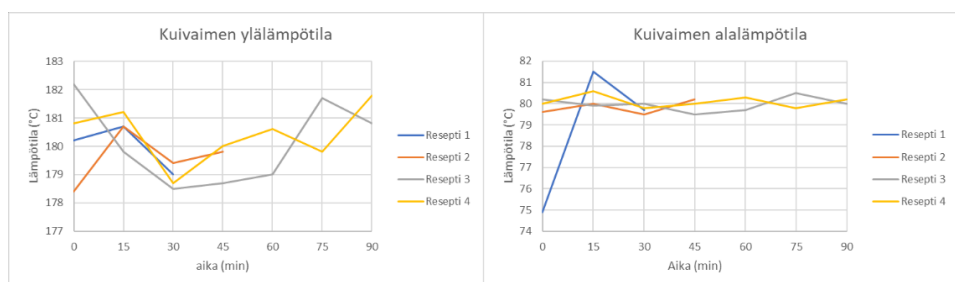
Kuva 6. Reseptin optimointikokeiden kuivattavien tiivisteiden tiheydet ja kuiva-ainepitoisuudet.

Suutinpaineen ja kuivaimen tiivisteiden syötön kuvaajista (kuva 7) nähdään niiden välinen yhteys. Mitä korkeampi suutinpaine, sitä enemmän tiivistettä menee kuivaimelle ja suutinpaineen pysyessä tasaisena, myös tiivisteiden syöttö pysyy tasaisena. Reseptin 1 koeajossa kuivaimen on mennyt tiivistettä kovalla syötöllä, mistä johtuen leijupediltä haettujen näytteiden kosteuspitoisuudet olivat alussa tavoitetta korkeammat (kuva 10., s. 26). Muiden reseptien tiivisteiden syöttömäärät ovat olleet melko tasaiset ja hyvällä tasolla ajojen ajan.



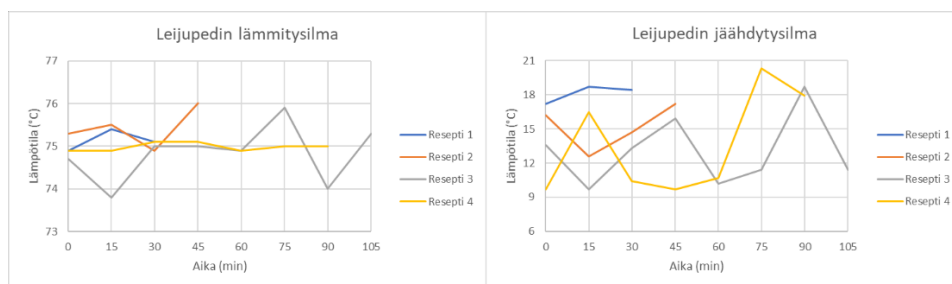
Kuva 7. Reseptin optimointikokeen suutinpaineet ja tiivisteiden syötöt kuivaimelle.

Kuivaimen ylälämpötilan tavoitteena oli 180 °C ja alämpötilan kohdalla 75 °C. Kuvasta 8 nähdään, että ylälämpötilan tavoite on toteutunut melko hyvin jokaisen reseptin kohdalla koko seurannan ajan, mutta alämpötila on jokaisen koeajon aikana ollut hieman tavoitetta korkeampi, eli noin 80 °C. Tämä johtuu siitä, että kuivaustornin lämpötilat ovat yhteydessä suutinpaineeseen ja torniin menevän tiivisteiden määrään. Lämpötiloja pystyi tarvittaessa nostamaan, jos kuivaimen menevän tiivisteiden määrä vaati niin.



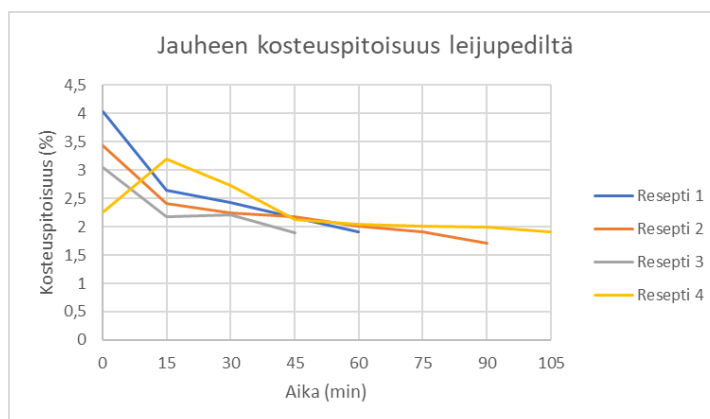
Kuva 8. Reseptin optimointikokeiden ylä- ja alämpötilat kuivaimessa.

Leijupedin lämmitysilmän tavoite oli sama kuin kuivaimen alämpötilan, eli 75 °C, jotta jauheen kulkeutuessa kuivaimesta leijupedille ei tapahtuisi suurta lämpötilan vaihdosta. Tässä tavoitteessa on pysytty hyvin jokaisen reseptin aikana, kuten kuvasta 9 (s. 26) nähdään, vaikka reseptin 3 kohdalla on ollut muutaman °C:n vaihtelua. Leijupedin jäähdytysilmän tavoitteena oli olla 15 °C, mutta reseptin 1 jäähdytyslämpötilat ovat olleet tätä hieman korkeammat ja muiden reseptien kohdalla pääsääntöisesti hieman alemmat.



Kuva 9. Reseptin optimointikokeiden leijupedin lämmitys- ja jäähdytysilman lämpötilat.

Kuvasta 10 nähdään jauheen kosteuspuitoisuuden laskevan, mitä kauemmin jauhe kertyy leijupedille. Tämä tapahtuu kuitenkin niin, että jauheen kuivuminen hidastuu kuvaajan perusteella merkittävästi saavutettuaan kosteustavoitteen 2 %. Jauhe kertyy ajallisesti melko pitkään leijupedille, minkä aikana kuivumista tapahtuu. Leijupedin jäähdytysilmä on kuitenkin sen verran viileää, että kuivuminen on kertymisen aikana erittäin hidasta. Jokaisen reseptin kohdalla jauheen kosteuspuitoisuuden kehitys on ollut tasaista ja kosteustavoitteeseen on päästy, vaikka jokaisen ajon alussa kosteuspuitoisuudet ovatkin olleet osittain todella korkeat.



Kuva 10. Reseptin optimointikokeiden leijupediltä haettujen jauhenäytteiden kosteuspuitoisuuksien kehityskuvaaja.

5.2 Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen

Toisen koeajoviikon tarkoituksena oli tutkia erilaisten prosessiparametrien muuttamisen vaikutusta äidinmaidonkorvikejauheeseen. Resepti oli kaikissa koeajoissa sama, eli resepti 4. Tämä resepti valittiin ensimmäisen koeajoviikon jauheiden fysikaalisten ominaisuuksien hyvien tulosten (liite 1/2, liite 1/3) perusteella.

Tämän koeajoviikon ensimmäinen koeajo piti lopettaa kesken erään valmistuslaitteiston toimivuuden kannalta oleellisen osan hajottua, minkä vuoksi näytteitä tuli tästä koeajosta muita koeajoja vähemmän. Jauhe jäi myös ensimmäisessä koeajossa kosteammaksi, koska kuivaimeen syötet-

tiin tiivistettä enemmän kuin olisi ollut hyvä. Näin ollen ensimmäisen koeajon jauhe kuivui vähemmän kuin jos syötön määrä olisi ollut sopiva kuivausilmaan nähden. Koeajojen puolesta välissä huomattiin lisäksi, että 4 ensimmäistä koeajoa ajettiin väärällä suutinyhdistelmällä, jolloin sumutus oli leveää, kun olisi pitänyt olla kapeaa. Näin ollen kaikki kahdeksan koeajoa ajettiin leveällä sumulla. Sumun leveys ei kuitenkaan ollut sama kaikissa kahdeksassa koeajossa.

5.2.1 Kemiallinen koostumus

Jauheiden kemiallinen koostumus (taulukko 7) ei vaihdellut koeajojauheiden välillä huomattavasti, mutta pientä vaihtelua on nähtävissä kuiva-ainepitoisuuden osalta. Kaikki kahdeksan koeajoa ajettiin samalla reseptillä, joten huomattavaa vaihtelua kemiallisessa koostumuksessa ei edes pitäisi olla. Ensimmäisen koeajoviikon saman reseptin kemialliseen koostumukseen verrattuna arvot ovat paljon matalammat kaikkien muiden paitsi rasvapitoisuuden ja kuiva-aineen osalta, joista rasvapitoisuus on ensimmäisen koeajoviikon tulosta hieman korkeampi.

Taulukko 7. Toisen koeajoviikon jauheiden kemialliset koostumukset, kun tutkittiin erilaisten prosessiparametrien vaikutusta jauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin

Analyysit	Ajo 1	Ajo 2	Ajo 3	Ajo 4	Ajo 5	Ajo 6	Ajo 7	Ajo 8
Proteiini %	10,29	10,40	10,44	10,49	10,42	10,40	10,44	10,47
Kuiva-aine %	2,90	2,07	1,30	1,36	1,84	2,23	1,88	1,44
Tuhka %	2,57	2,57	2,58	2,58	2,66	2,63	2,64	2,64
Rasva %	28,04	28,37	28,55	28,56	28,37	28,27	28,31	28,43
Kalsium mg/100 g	330,00	295,00	345,00	335,00	325,00	345,00	320,00	320,00
Magnesium mg/100 g	45,00	41,00	46,50	46,00	44,00	48,00	46,00	47,50
Kloridi mg/100 g	240,00	250,00	245,00	240,00	250,00	250,00	250,00	250,00
Fosfori mg/100 g	233,00	241,00	245,50	243,50	242,00	238,00	235,50	240,00
Natrium mg/100 g	140,00	135,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
Kalium mg/100 g	550,00	535,00	565,00	545,00	560,00	565,00	550,00	555,00

5.2.2 Fysikaaliset ominaisuudet

Tuloksista (taulukko 8., s. 28) nähdään, että koeajojen 3, 4, 5 ja 8 jauheiden kosteuspuiteisuudet ovat hieman alhaisemmat korkeiden kuivauslämpötilojen seurauksena sekä valvomon että laboratorion tuloksissa. Muiden testien kohdalla tulokset ovat tasaiset valvomon ja laboratorion tulosten välillä paitsi vaahtoa on muodostunut laboratorion tuttipullotesteissä jonkin verran enemmän. Tämän koeajoviikon tulosten perusteella äidinmaidonkorvikejauheet ovat fysikaalisilta ominaisuuksiltaan samanlaisia, vaikka ne olisi valmistettu erilaisilla prosessiparametreilla.

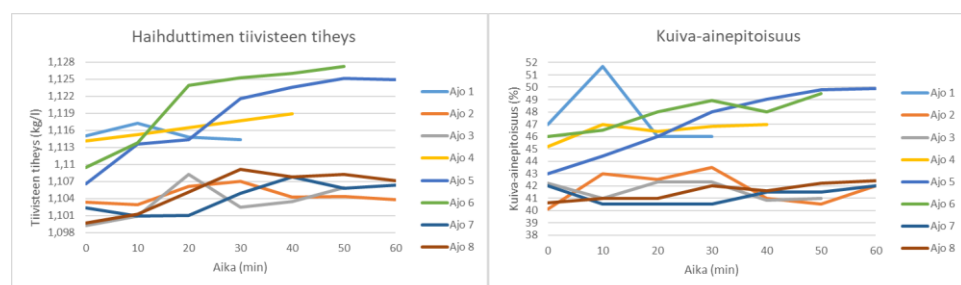
Taulukko 8. Toisen koeajoviikon valvomossa ja tehtaan laboratoriossa tehtyjen fysikaalisten analyysien keskiarvot, kun tutkittiin prosessiparametrien vaikutusta jauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin

Prosessiparametrien vaikutus	Keskiarvot								Keskihajonnat							
	Ajo 1	Ajo 2	Ajo 3	Ajo 4	Ajo 5	Ajo 6	Ajo 7	Ajo 8	Ajo 1	Ajo 2	Ajo 3	Ajo 4	Ajo 5	Ajo 6	Ajo 7	Ajo 8
VALVOMON TULOKSET																
kosteus /%	3,02	2,03	1,28	1,36	1,80	2,29	1,90	1,33	0,06	0,34	0,03	0,04	0,19	0,12	0,15	0,31
vettyvyys /s	20,00	12,38	11,50	9,50	9,80	8,33	9,25	10,80	3,56	1,85	2,56	2,98	2,20	2,80	2,19	2,70
tuttipullostesti /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
vaahdotus /ml	5,00	3,50	2,00	2,00	-	2,00	2,00	2,00	-	1,73	-	-	-	-	-	-
valkoiset hiutaleet /kpl	0,25	-	0,50	0,13	0,05	0,17	-	-	0,71	-	1,26	0,34	0,22	0,58	-	-
mustat partikkelit /kpl	0,75	-	-	0,25	0,10	0,17	-	0,10	1,50	-	-	0,46	0,32	0,41	-	0,32
valutuspaino g/ml	0,49	0,46	0,44	0,46	0,46	0,46	0,45	0,41	0,002	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
tilavuuspaino g/ml	0,67	0,65	0,63	0,62	0,62	0,62	0,64	0,63	0,003	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
rasvanerottumiskoe /kpl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lusikkapaino /g	5,42	5,19	4,98	5,51	4,75	4,81	4,88	5,06	0,02	0,06	0,16	1,59	0,34	0,25	0,22	0,13
viskositeetti /cP	23,05	22,11	23,05	23,05	23,05	23,05	19,02	22,25	-	2,30	-	-	-	-	2,75	2,13
LABORATORION TULOKSET																
kosteus /%	2,90	2,07	1,30	1,36	1,84	2,23	1,88	1,44	0,19	0,51	0,11	0,03	0,27	0,25	0,18	0,32
vettyvyys /s	13,50	8,33	9,67	7,33	8,33	7,33	9,00	9,33	0,71	1,53	1,15	1,53	1,15	1,15	1,00	0,58
tuttipullostesti /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
vaahdotus /ml	25,00	18,33	16,67	11,67	10,00	15,00	13,33	16,67	-	5,77	2,89	2,89	-	5,00	2,89	2,89
valkoiset hiutaleet /kpl	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	0,58	-	-	-	-	-	-
mustat partikkelit /kpl	6,50	8,67	6,00	10,33	6,33	5,00	5,33	6,00	4,95	2,08	1,00	4,93	4,51	1,00	3,21	3,00
valutuspaino g/ml	0,52	0,44	0,43	0,47	0,43	0,42	0,47	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-
tilavuuspaino g/ml	0,63	0,62	0,57	0,61	0,58	0,57	0,62	0,62	-	-	-	-	-	-	-	-
rasvanerottumiskoe /kpl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
haju ja maku /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
palaneet osat /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
lukenemattomuusindeksi /ml	0,10	0,10	0,15	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
vapaa rasva /%	0,40	0,45	0,41	0,74	0,56	0,45	0,53	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-
ulkonäkö /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	6,90	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-

5.2.3 Koeajojen prosessiparametrit

Haihduttimen tiivisten tiheyden ja kuiva-ainepitoisuuden arvojen kehittymistä seurattiin noin tunnin ajan ja kirjattiin 10 minuutin välein (kuva 11). Koeajoissa 2, 3, 7 ja 8 tiivisten tiheyden tavoite oli 1,09 kg/l ja kuiva-ainepitoisuuden 40 %. Kuiva-ainepitoisuuden osalta näiden koeajojen aikana pysyttiin hyvin tavoitteessa, kun arvot ovat olleet 40 %:n ja 43 %:n välillä. Tiivisten tiheyden osalta koeajon 8 aikana on oltu pisimpään tavoitteessa, mutta muut koeajot ovat jääneet tavoitetiheyden alapuolelle.

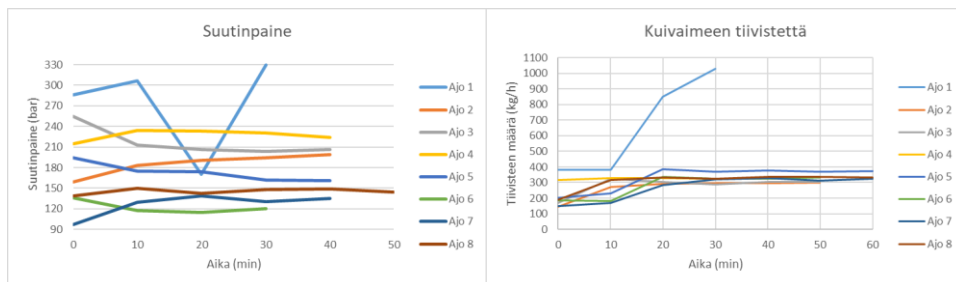
Koeajoissa 1, 4, 5 ja 6 tiivisten tiheyden tavoite oli 1,226 kg/l ja kuiva-ainepitoisuuden 50 %. Näihin tavoitteisiin päästiin koeajojen 5 ja 6 osalta noin puolen tunnin seurannan jälkeen (kuva 11). Koeajot 1 ja 4 jäivät molemmista tavoitteista, vaikka koeajon 1 kuiva-ainepitoisuus kävikin alussa tavoitearvossa.



Kuva 11. Toisen koeajoviikon haihduttimen tiivisten tiheydet ja kuiva-ainepitoisuudet, kun testattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen.

Kuvasta 12 (s. 29) nähdään, että kuivaimen tiivisten syöttö on ollut taasaista jokaisen paitsi ensimmäisen koeajon kohdalla, jolloin kuivaimen on mennyt tiivistettä suuria määriä todella korkeilla paineilla. Muiden koeajojen kohdalla tiivisten syöttö on ollut 300 ja 400 kg/h välillä. Suutinpaineen

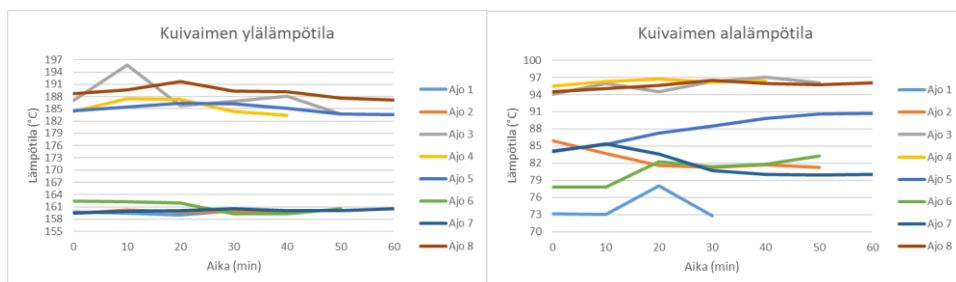
tavoitteena oli jokaisessa koeajossa olla 200 baaria. Koeajojen 2 ja 3 aikana oltiin parhaiten tässä tavoitteessa, mutta muut koeajot ovat olleet joko enemmän tai vähemmän tavoitteen ala- tai yläpuolella.



Kuva 12. Toisen koeajoviikon suutinpaineet ja tiivisteiden syöttömäärät kuivaimen koeajojen aikana.

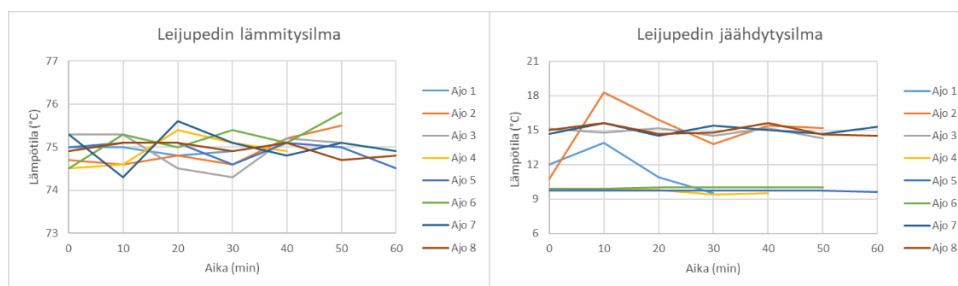
Kuivaimen ylälämpötilojen tavoitteet olivat 160 °C koeajojen 1, 2, 6 ja 7 kohdalla ja 190 °C koeajoissa 3, 4, 5 ja 8. Alalämmön tavoitteet olivat vastaavasti 70 °C ja 85 °C. Kuvasta 13 nähdään, että koeajot olivat tasaisesti tavoitteessa ylälämpötilan 160 °C kohdalla, mutta 190 °C kohdalla on ollut enemmän vaihtelua, eikä tavoitteeseen päästy pitkäaikaisesti muiden kuin koeajon 8 kohdalla.

Kuivaimen alalämpötilat ovat olleet jokaisen koeajon aikana aivan liian korkeat tavoitteisiin nähden (kuva 13). Minkään koeajon aikana ei päästy 70 °C tavoitteeseen, vaan näissä koeajoissa lämpötilat ovat olleet vaihtelevasti jopa 15 °C korkeammalla. Lähimpänä tätä tavoitetta oltiin koeajon 1 aikana. Toisten koeajojen kohdalla tavoitteessa 85 °C oltiin hetken ajan koeajon 5 kohdalla, mutta kolmen muun koeajon lämpötilat ovat vaihdelleet 94 °C ja 97 °C välillä, mikä on noin 10 °C korkeammalla tavoitetta.



Kuva 13. Toisen koeajoviikon kuivaimen ylä- ja alalämpötilat koeajojen aikana, kun testattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen.

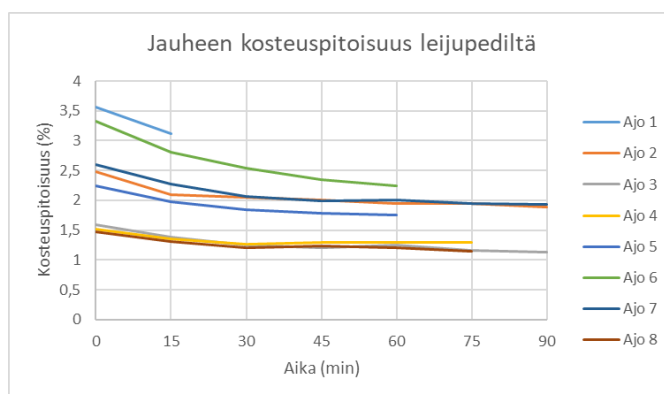
Kuvasta 14 (s. 30) nähdään, että leijupedin lämmitysilmä on ollut kaikkien koeajojen kohdalla tasainen ja vaihtelua on tapahtunut vain kahden °C:n sisällä. Jäähdytysilman kohdalla vaihtelua koeajojen välillä on ollut enemmän, mutta jokaisen koeajon aikana lämpötila on pysynyt melko tasaisena. Pientä vaihtelua on tapahtunut koeajojen 1 ja 2 aikana ensimmäisten 20 minuutin aikana.



Kuva 14. Toisen koeajoviikon leijupedin lämmitys- ja jäähdytysilmat prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen testaavien koeajojen aikana.

Kuvasta 15 nähdään, että leijupediltä noin 15 minuutin välein haetut näytteet kertovat jauheen kosteuspitoisuuden laskevan, mitä kauemmin jauhe on leijupedillä. Näytteitä haettiin leijupediltä sinä aikana, kun jauhetta alkoi leijupedille kertyä ja viimeiset juuri ennen leijupedin tyhjennystä. Leijupedin tyhjennys alkoi, kun kaikki tiiviste oli kuivattu.

Koeajojen 3, 4 ja 8 leijupediltä haettujen näytteiden kosteuspitoisuudet (kuva 15) ovat jonkin verran muiden koeajojen kosteuspitoisuuksia alhaisemmat, mikä voi johtua siitä, että kuivaimen ylä- ja alalämpötilat ovat olleet näiden koeajojen kohdalla muita korkeammat (kuva 13., s. 29). Koeajojen 1 ja 6 jauhenäytteiden kosteuspitoisuudet ovat selvästi korkeammat kuin muiden, mikä koeajon 1 kohdalla voi selittyä korkeasta syöttömäärästä kuivaimen. Koeajon 6 kohdalla tämä voi johtua suurista kuivatavista pisaroista, jotka ovat seurausta matalasta suutinpaineesta suhteessa tiivisteeseen syötön määrään.



Kuva 15. Toisen koeajoviikon leijupediltä haettujen jauhenäytteiden kosteuspitoisuuksien kehitys.

5.3 Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen kapealla sumulla

Kolmannen koeajoviikon tarkoituksena oli uusia kapean sumun koeajot, jotka edellisen prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen testaavan koeajoviikon aikana ajettiin väärällä suutinyhdistelmällä. Leveän sumun koeajoja ei tämän koeajoviikon aikana ajettu, koska edellisen koeajoviikon aikana ajettuja neljä viimeistä koeajoa sujuivat onnistuneesti. Tämän koeajoviikon tulokset ovat kokonaisuudessaan liitteessä 1/4.

5.3.1 Kemiallinen koostumus

Taulukossa 9 nähdään jauheiden kemialliset koostumukset, jotka ovat väärennlaiset johtuen rasvan annosteluvirheestä. Rasvaprosentti on 10 % haluttua korkeampi sekä kuiva-ainetta lukuun ottamatta kaikki muut arvot ovat myös paljon korkeammat verrattuna toisen koeajoviikon koeajojen kemiallisiin koostumuksiin, kun testattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen. Moni arvoista on korkeampi myös ensimmäisen koeajoviikon, jolloin optimoitiin reseptiä, kemialliseen koostumukseen verrattuna.

Taulukko 9. Kolmannen koeajoviikon jauheiden kemialliset koostumukset, kun tutkittiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen kapean sumun koeajoilla

Analyysit	Koe 4	Koe 8	Koe 2	Koe 6
Proteiini %	9,88	9,83	9,93	9,92
Kuiva-aine %	2,45	2,86	2,01	1,71
Tuhka %	3,62	3,60	3,61	3,59
Rasva %	38,55	38,41	38,69	38,74
Kalsium mg/100 g	520,00	510,00	505,00	455,00
Magnesium mg/100 g	66,00	66,00	65,00	61,00
Kloridi mg/100 g	355,00	350,00	355,00	355,00
Fosfori mg/100 g	286,00	286,00	282,50	281,00
Natrium mg/100 g	200,00	200,00	200,00	190,00
Kalium mg/100 g	815,00	820,00	815,00	795,00

5.3.2 Fysikaaliset ominaisuudet

Laboratorion ja valvomon tuloksissa (taulukko 10., s. 32) jauheen kosteuspitoisuus noudattaa samaa kaavaa kuin aiemminkin, eli korkeammilla kuivauslämpötiloilla jauhe on kuivempaa (kokeet 2 ja 6). Valvomon tuloksissa valkoisia hiutaleita esiintyi melko runsaasti aiempiin tuloksiin verrattuna.

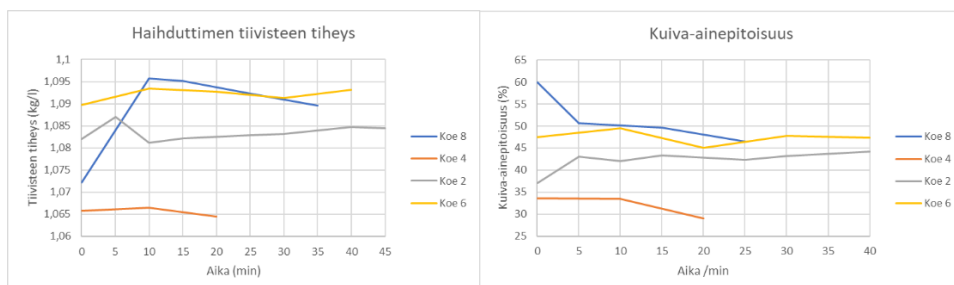
Tämän koeajoviikon kohdalla rasvaa on kuitenkin laboratorion ennasteissa erottunut melko paljon (taulukko 10., s. 32), kun toisen koeajoviikon kohdalla, jolloin testattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen, rasvaa ei ennasteiden pinnalle erottunut ollenkaan. Lisäksi liukenemattomuusindeksin arvot ovat melko korkeat, kun ne aiemmin ovat olleet noin 0,1–0,2 ml, mikä niiden myös pitäisi olla. Kemiallisesta koostumuksesta ja rasvan erottumisesta huolimatta jauheet ovat kaikki myyntikelpoisia ulkonäön, hajun ja maun mittaavan testin perusteella.

Taulukko 10. Kolmannen koeajoviikon valvomon ja laboratorion fysikaalisten analyysien keskiarvot, kun mitattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen kapean sumun koeajoissa

Prosessiparametrien vaikutus	Keskiarvot				Keskihajonnat			
	Koe 4	Koe 8	Koe 2	Koe 6	Koe 4	Koe 8	Koe 2	Koe 6
VALVOMON TULOKSET								
kosteus /%	2,54	2,93	1,82	1,93	0,36	0,50	0,29	0,30
vettyvyys /s	20,00	18,17	15,63	14,13	6,48	7,73	3,20	1,81
tuttipullotesti /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-
vahto /ml	-	-	-	-	-	-	-	-
valkoiset hiutaleet /kpl	7,58	10,00	8,69	1,75	16,37	15,77	14,42	3,42
mustat partikkelit /kpl	1,33	0,33	0,13	0,25	1,03	0,52	0,35	0,71
valutuspaino g/ml	0,42	0,43	0,41	0,41	0,01	0,01	0,01	0,02
tilavuuspaino g/ml	0,62	0,61	0,60	0,60	0,02	0,03	0,01	0,02
rasvanerottumiskoe /kpl	-	-	-	-	-	-	-	-
lusikkapaino /g	4,88	4,78	4,67	4,58	0,19	0,09	0,08	0,11
viskositeetti /cP	31,51	21,17	28,69	30,94	3,25	3,25	-	3,09
LABORATORION TULOKSET								
kosteus /%	2,45	2,86	2,01	1,71	0,48	0,71	-	0,28
vettyvyys /s	17,67	20,33	15,00	11,33	5,51	10,12	2,65	1,15
tuttipullotesti /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-
vahto /ml	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-
valkoiset hiutaleet /kpl	0,33	2,00	0,67	-	0,58	2,00	1,15	-
mustat partikkelit /kpl	3,67	6,67	4,67	5,00	0,58	2,52	2,52	-
valutuspaino g/ml	0,39	0,40	0,39	0,39	-	-	-	-
tilavuuspaino g/ml	0,57	0,56	0,56	0,54	-	-	-	-
rasvanerottumiskoe /kpl	236,67	66,67	291,67	283,33	35,12	35,12	180,85	202,07
haju ja maku /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-
palaneet osaset /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-
liukenemattomuusindeksi /ml	0,35	0,60	0,55	0,40	-	-	-	-
vapaa rasva /%	2,64	1,42	1,85	1,61	-	-	-	-
ulkonäkö /1-5	4,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-
pH	7,40	7,40	7,40	7,40	-	-	-	-

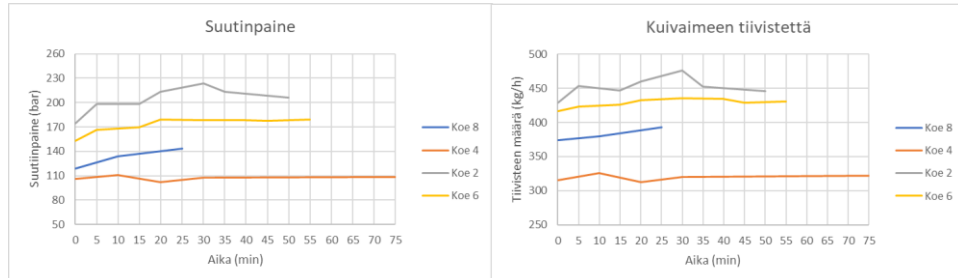
5.3.3 Koeajojen prosessiparametrit

Kokeiden 6 ja 8 kuiva-ainepitoisuustavoite oli 50 % ja kokeilla 2 ja 4 tavoite oli 40 %. Vastaavasti haihduttimen tiivisten tiheyden tavoitteena oli olla kokeiden 6 ja 8 aikana 1,226 kg/l ja kokeiden 2 ja 4 aikana 1,09 kg/l. Kuvasta 16 nähdään, että kokeen 4 kuiva-ainepitoisuus jäi tavoitteesta, mutta muiden kokeiden kuiva-ainepitoisuuksien osalta tavoitteisiin päästiin. Kokeiden 6 ja 8 tiivisten tiheys on ollut noin 1,09 kg/l ja kokeiden 2 ja 4 tätä alemmat. Näin ollen minkään koeajon kohdalla ei päästy tiivisten tiheyden tavoitteeseen.



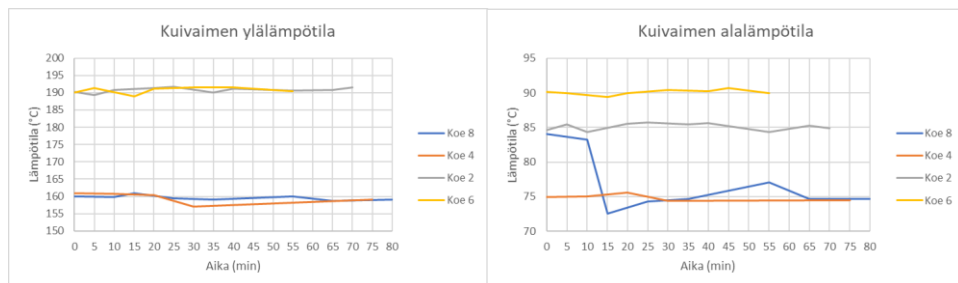
Kuva 16. Kolmannen koeajoviikon haihduttimen tiivisten tiheydet ja kuiva-ainepitoisuudet koeajojen aikana, kun testattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen kapean sumun koeajoissa.

Suutinpaineen tavoite oli jokaisessa koeajossa 200 baaria, mutta tämä saavutettiin ainoastaan kokeen 2 kohdalla. Muiden kokeiden suutinpaine on ollut tavoitteen alle ja huomattavasti eniten kokeen 4 kohdalla, kuten kuvasta 17 nähdään. Suutinpaineet ja tiivisteiden syöttö kuivaimen ovat olleet koeajojen aikana tasaiset.



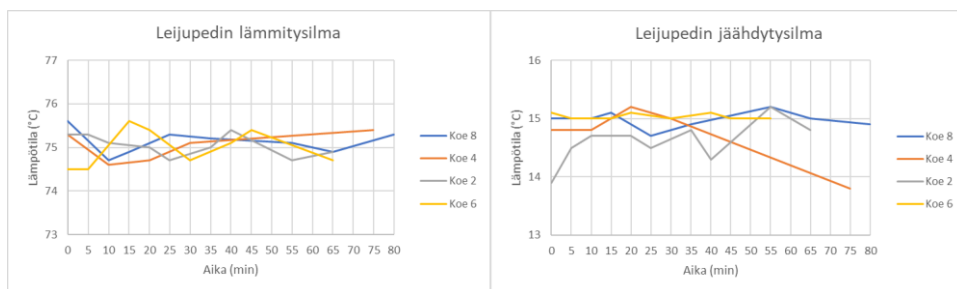
Kuva 17. Kolmannen koeajoviikon suutinpaineet ja tiivisteiden syötöt kuivaimen, kun testattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen kaupan sumun koeajoissa.

Kokeiden 4 ja 8 ylälämpötilojen tavoite oli 160 °C ja kokeiden 2 ja 6 kohdalla 190 °C. Vastaavasti alämpötilojen tuli olla 70–75 °C ja 85–90 °C. Kuvasta 18 nähdään, että ylä- ja alämpötilat ovat jokaisen kokeen aikana pysyneet hyvin tavoitteissa. Kokeen 8 aikana on alämpötilassa ollut eniten vaihtelua mittausten alussa, mutta arvot ovat olleet oikealla tasolla, kun kuivaus on tapahtunut.



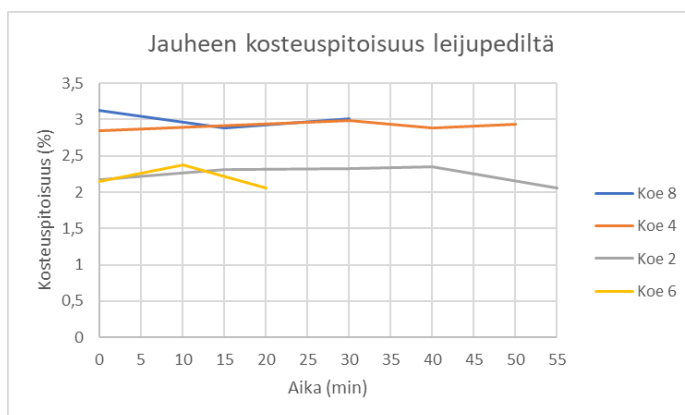
Kuva 18. Kolmannen koeajoviikon kuivaimen ylä- ja alämpötilat.

Kuvasta 19 (s. 34) nähdään, että leijupedin lämmitys- ja jäähdytysilmat ovat olleet jokaisen koeajon aikana tasaiset. Lämpötilan vaihtelua on tapahtunut vain kahden °C:n sisällä.



Kuva 19. Kolmannen koeajoviikon leijupedin lämmitys- ja jäähditysilmät, kun testattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen kapean sumun koeajoissa.

Leijupediltä haettujen jauhenäytteiden kosteuspitoisuudet ovat olleet tasanaiset koeajojen ajan, eikä kosteuspitoisuuksissa näy tyypillistä laskua koeajojen lopussa (kuva 20). Jauheiden kosteuspitoisuustavoite oli noin 2 %. Tähän tulokseen päästiin kokeiden 2 ja 6 kohdalla, mutta kokeiden 4 ja 8 jauheet ovat kosteuspitoisuuksiltaan olleet tätä hieman korkeammat. Kaikkien jauheiden kosteuspitoisuudet ovat kuitenkin olleet hyvällä tasolla.



Kuva 20. Kolmannen koeajoviikon leijupediltä haettujen jauhenäytteiden kosteuspitoisuuksien kehitys.

5.4 Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen uudet koeajot

Neljännän koeajoviikon aikana päätettiin uusia kaikki kahdeksan koeajoa toiselta koeajoviikolta, jolloin testattiin ensimmäisen kerran prosessiparametrien vaikutusta äidinmaidonkorvikejauheeseen, ja muuttaa prosessiparametreja hieman niin, että jauheiden välille tulisi aiempaa selkeämpiä eroja. Aiempien koeajojen fysikaalisten analyysien tulokset ovat olleet keskenään melko samanlaisia, vaikka prosessiparametreja on muutettu. Tämän koeajoviikon tulokset ovat seuraavien alalukujen lisäksi kokonaisuudessaan liitteissä 1/5 ja 1/6.

5.4.1 Kemiallinen koostumus

Kemialliselta koostumukseltaan jauheet ovat taulukon 11 perusteella oikeanlaisia verrattuna toisen koeajoviikon vastaaviin koostumuksiin, mutta kalsiumia on kuitenkin hieman enemmän ensimmäisen neljän koeajon kohdalla kuin toisen koeajoviikon koeajoissa. Myös magnesiumia on jonkin verran enemmän, mutta erityisesti neljän ensimmäisen koeajon aikana. Ensimmäisen koeajoviikon, jolloin optimoitiin reseptiä, kemialliseen koostumukseen verrattuna erityisesti kalsiumia, kloridia ja fosforia on vähemmän.

Taulukko 11. Neljännen koeajoviikon jauheiden kemialliset koostumukset, kun testattiin uudestaan prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen

Analyysit	Ajo 1	Ajo 2	Ajo 3	Ajo 4	Ajo 5	Ajo 6	Ajo 7	Ajo 8
Proteiini %	10,82	10,77	10,96	11,07	10,49	10,10	10,18	10,23
Kuiva-aine %	3,02	2,67	1,90	1,98	1,67	2,33	2,01	1,55
Tuhka %	2,67	2,66	2,69	2,60	2,53	2,52	2,46	2,44
Rasva %	26,43	26,54	26,73	26,76	29,76	29,96	30,07	30,17
Kalsium mg/100 g	410,00	405,00	405,00	385,00	365,00	360,00	305,00	340,00
Magnesium mg/100 g	54,50	54,50	55,00	54,00	52,50	52,50	52,00	52,00
Kloridi mg/100 g	255,00	255,00	260,00	260,00	245,00	240,00	250,00	245,00
Fosfori mg/100 g	230,00	236,00	240,50	234,50	227,50	226,50	229,00	225,00
Natrium mg/100 g	150,00	150,00	150,00	150,00	145,00	140,00	145,00	140,00
Kalium mg/100 g	600,00	590,00	600,00	595,00	585,00	570,00	565,00	570,00

5.4.2 Fysikaaliset ominaisuudet

Kuten taulukosta 12 (s. 36) nähdään, valvomon ja laboratorion tulokset jauheiden fysikaalisista ominaisuuksista ovat erittäin samanlaiset. Jauheet ovat vettyvyydeltään olleet selvästi aiempaa nopeampia, vaikka kosteuspitoisuuksiltaan samanlaisia kuin aiemminkin. Korkeilla kuivauslämpötiloilla (koeajot 3, 4, 5 ja 8) jauheesta on tullut kuivempaa. Leveällä sumulla ajettuna (koeajot 5–8) lusikkapainot ovat hieman alhaisempia kapean sumun (koeajot 1–4) jauheiden lusikkapainoihin verrattuna, mutta ero on todella pieni.

Laboratorion rasvanerottumiskokeissa rasvaa on ennasteissa erottunut huomattava määrä erityisesti kapean sumun koeajojauheissa. Tästä syystä myös ulkonäön arvosanat ovat tavallista alemmat, mutta jauheet ovat silti myyntikelpoisia. Tämän koeajoviikon jauheista mitattiin myös poikkeuksellisesti juoksevuuutta. Tuloksista (taulukko 12., s. 36) nähdään, että kapean sumun jauheet ovat juoksevia kuin leveän sumun jauheet.

Taulukko 12. Neljännen koeajoviikon valvomon ja laboratorion fysikaalisten analyysien keskiarvot, kun testattiin uudestaan prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen

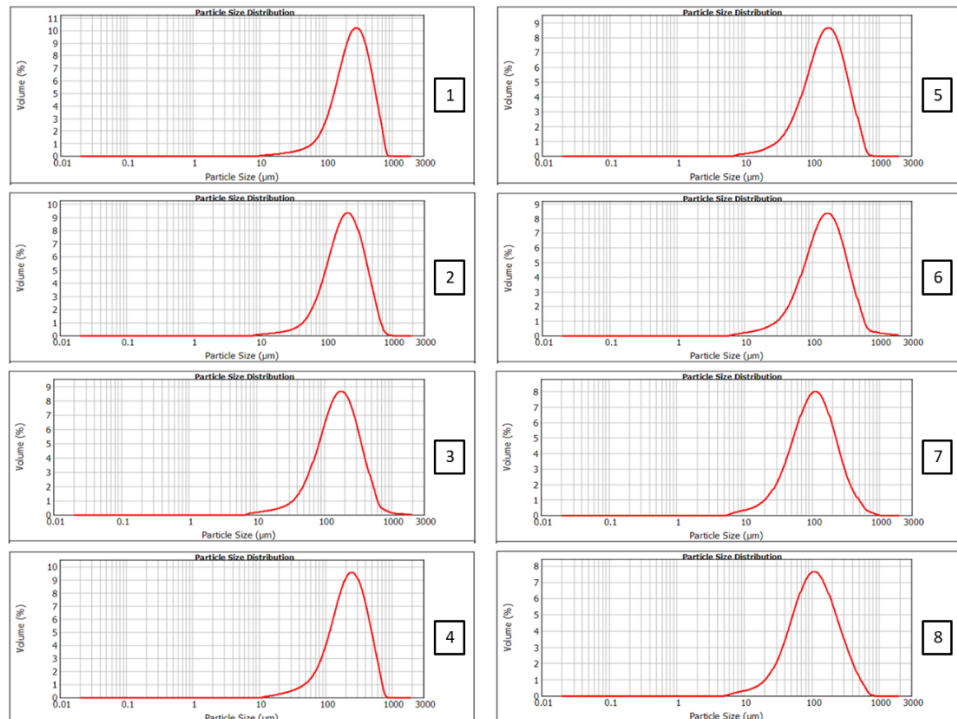
Prosessiparametrien vaikutus	Keskiarvot								Keskihajonnat							
	Ajo 1	Ajo 2	Ajo 3	Ajo 4	Ajo 5	Ajo 6	Ajo 7	Ajo 8	Ajo 1	Ajo 2	Ajo 3	Ajo 4	Ajo 5	Ajo 6	Ajo 7	Ajo 8
VALVOMON TULOKSET																
kosteus /%	3,16	2,73	1,95	2,05	1,74	2,47	2,06	1,74	0,89	0,13	0,13	0,08	0,16	0,26	0,14	0,12
vettyvyys /s	4,50	5,00	6,13	4,75	5,50	4,83	6,33	12,75	0,58	0,63	1,13	0,71	0,55	0,75	0,82	4,83
tuttipullotesti /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
vahto /ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valkoiset hiutaleet /kpl	0,38	0,08	-	-	-	-	0,08	-	0,52	0,29	-	-	-	0,29	-	-
mustat partikkelit /kpl	0,25	0,67	0,88	0,25	0,17	-	0,17	0,25	0,50	0,82	1,13	0,46	0,41	-	0,41	0,71
valutuspaino g/ml	0,48	0,47	0,44	0,44	0,44	0,43	0,41	0,43	0,03	0,004	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,05
tilavuuspaino g/ml	0,63	0,62	0,62	0,60	0,60	0,62	0,63	0,63	0,04	0,01	0,02	0,03	0,03	0,05	0,02	0,04
rasvanerotuskoe /kpl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lusikkapaino /g	5,05	4,98	4,92	4,76	4,75	4,76	4,85	4,73	0,17	0,23	0,11	0,27	0,13	0,28	0,11	0,34
viskositeetti /cP	28,06	21,64	18,82	20,94	23,05	25,16	19,53	20,17	1,88	2,61	2,61	2,92	-	2,92	2,92	-
LABORATORION TULOKSET																
kosteus /%	3,02	2,67	1,90	1,98	1,67	2,33	2,01	1,55	0,96	0,11	0,09	0,05	0,05	0,33	0,13	0,04
vettyvyys /s	7,00	6,00	7,33	5,67	6,67	6,67	9,33	10,67	-	-	2,08	0,58	0,58	0,58	1,53	0,58
tuttipullotesti /1-5	5,00	5,00	5,00	4,67	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	0,58	-	-	-	-
vahto /ml	7,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	3,54	-	-	-	-	-	-	-
valkoiset hiutaleet /kpl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mustat partikkelit /kpl	6,50	7,33	3,67	1,67	6,67	9,00	6,33	6,67	4,95	1,15	3,79	0,58	4,04	1,00	0,58	3,06
valutuspaino g/ml	0,45	0,46	0,43	0,44	0,43	0,49	0,41	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-
tilavuuspaino g/ml	0,57	0,60	0,58	0,54	0,55	0,60	0,57	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-
rasvanerotuskoe /kpl	1 250,00	2 000,00	2 000,00	2 000,00	34,00	34,67	12,33	4,00	1 060,66	-	-	-	57,17	56,62	15,50	1,00
haju ja maku /1-5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
palaneet osat /1-5	5,00	4,67	5,00	4,67	4,67	5,00	5,00	5,00	-	0,58	-	0,58	0,58	-	-	-
liukenemattomuusindeksi /ml	0,15	0,15	0,15	0,36	0,15	0,10	0,15	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-
vapaa rasva /%	0,20	0,31	-	0,36	0,45	0,67	0,49	0,44	-	-	-	-	-	-	-	-
ulkonäkö /1-5	4,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	3,00	3,00	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	7,30	-	-	-	-	-	-	-	-
juoksevuus /%	89,07	81,42	76,64	95,37	64,40	71,23	55,16	59,48	-	-	-	-	-	-	-	-

Kuvassa 21 kapealla sumulla valmistettua jauhetta on vasemmalla ja leveällä sumulla valmistettua jauhetta oikealla puolella. Juoksevampi jauhe on koostumukseltaan hieman rakeisempaa ja leveällä sumulla valmistettu jauhe hienojakoisempaa ja näin ollen paakkuuntuvampaa.



Kuva 5. Kuva kapealla ja leveällä sumulla valmistetuista jauheista neljännellä koeajoviikolla, kun testattiin uudestaan prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen. Kuvassa vasemmalla on kapealla sumulla valmistettua jauhetta ja oikealla puolella leveällä sumulla

Kuvassa 22 (s. 37) on esitetty jokaisen koeajon äidinmaidonkorvikejauheiden partikkelikokojakaumat niin, että vasemmalla puolella olevat kuvaajat kertovat kapean sumun koeajojen 1–4 partikkelikokojakaumat ja oikealla puolella olevat kuvaajat leveän sumun koeajojen 5–8 partikkelikokojakaumat. Kapean sumun partikkelikokojakaumat ovat kapeampia ja hieman korkeampia leveän sumun kuvaajiin verrattuna. Tämä kertoo leveällä sumulla valmistettujen jauhepartikkelien olevan kooltaan hieman pienempiä ja kokojakauman olevan suurempi.



Kuva 6. Äidinmaidonkorvikejauheiden partikkelikokojakaumat neljännellä koeajoviikolla, kun testattiin prosessiparametrien vaikutusta äidinmaidonkorvikejauheeseen uuden kerran.

Jauhepartikkelit voidaan jakaa luokkiin niiden halkaisijan koon mukaisesti, kuten taulukossa 13. Taulukon tiedot vahvistavat kuvassa 22 ilmenevän asian siitä, että kapealla sumulla valmistetut jauhepartikkelit ovat huomattavasti suurempia kuin leveällä sumulla valmistetut jauhepartikkelit. Suurin ero on nähtävissä koeajojen 1 ja 8 välillä, kun koeajon 1 jauhepartikkelien keskiarvokoko on kaksi kertaa suurempi kuin koeajon 8 kohdalla.

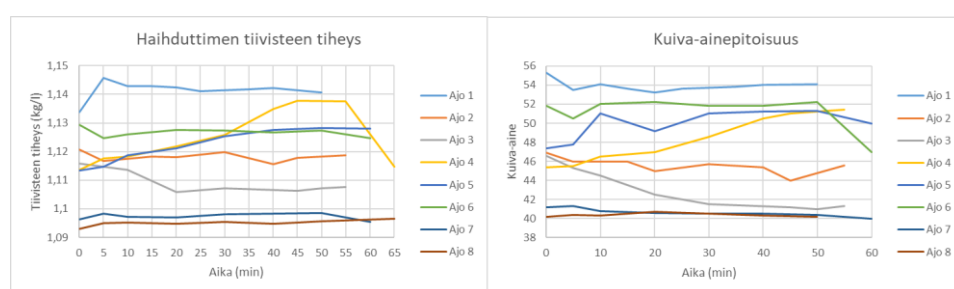
Taulukko 13. Äidinmaidonkorvikejauheiden partikkelikokojakaumat eri koluokissa neljännellä koeajoviikolla

	D(0,1) /µm	D(0,5) /µm	D(0,9) /µm	ka /µm
Ajo 1	106,471	260,801	513,984	288,050
Ajo 2	76,573	196,185	419,780	225,742
Ajo 3	59,121	163,930	379,085	198,828
Ajo 4	85,214	223,782	463,078	251,976
Ajo 5	55,605	157,391	355,271	184,641
Ajo 6	53,019	154,723	368,120	191,680
Ajo 7	36,001	105,485	270,287	135,314
Ajo 8	36,378	106,800	289,879	139,641

5.4.3 Koeajojen prosessiparametrit

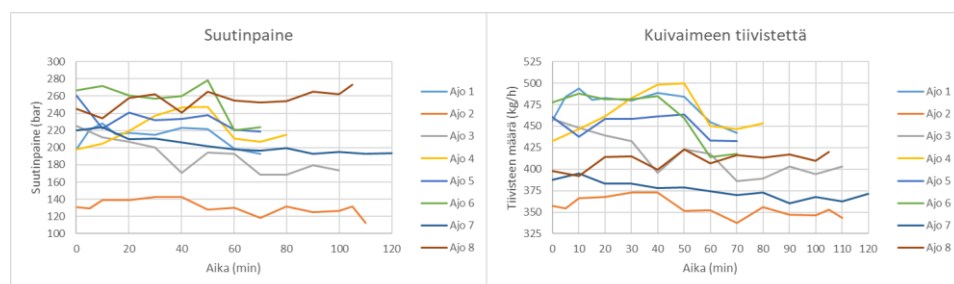
Koeajojen 2, 3, 7 ja 8 tavoitteet olivat tiivisteiden tiheydelle 1,09 kg/l ja kuiva-ainepitoisuudelle 40 %. Koeajot 7 ja 8 ovat olleet tasaisesti näissä molemmissa tavoitteissa koko ajan, kuten kuvasta 23 nähdään. Koeajon 3 aikana kuiva-ainetavoitteeseen on kuitenkin päästy vasta koeajon puolessa välissä ja tiivisteiden tiheys on ollut tavoitetta korkeammalla. Koeajo 2 on jäänyt molemmista tavoitteista.

Koeajojen 1, 4, 5 ja 6 tavoitteet olivat tiivisteiden tiheydelle 1,25 kg/l ja kuiva-ainepitoisuudelle 52 %. Tiivisteiden tavoitetiheyteen ei päästy minkään koeajon aikana (kuva 23), mutta kuiva-aineen osalta tavoitteessa on oltu koeajojen 1, 5 ja 6 kohdalla. Myös koeajon 4 aikana kuiva-ainetavoitteeseen päästiin koeajon loppupuolella.



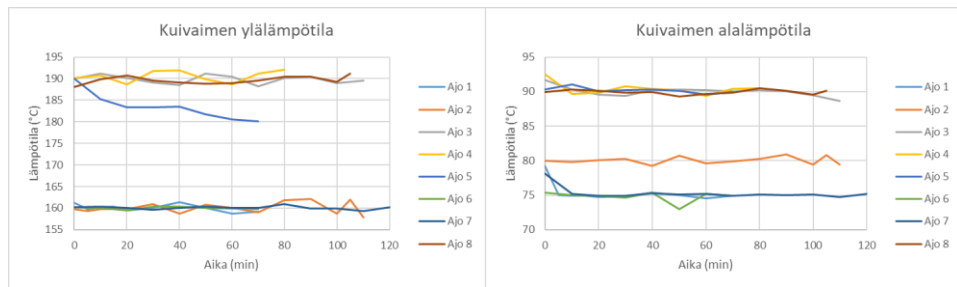
Kuva 23. Neljännen koeajoviikon haihduttimen tiivisteiden tiheydet ja kuiva-ainepitoisuudet, kun testattiin uudestaan prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen.

Kuivaimeen pyrittiin koeajojen aikana ajamaan tiivistettä suutinpaineella 200 baaria. Kuvasta 24 nähdään, että lähes jokaisen koeajon kohdalla tämä on toteutunut, mutta koeajon 2 suutinpaineet ovat jääneet todella alhaisiksi. Lisäksi koeajojen 6 ja 8 suutinpaineet ovat olleet melko korkeat.



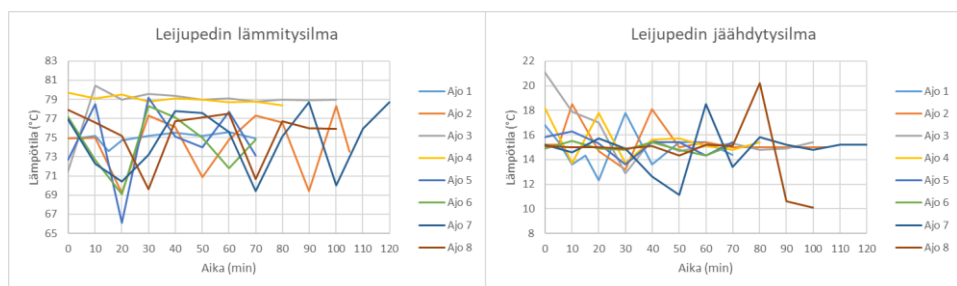
Kuva 24. Neljännen koeajoviikon suutinpaineet ja tiivisteiden syötöt kuivaimeen.

Kuivaimen ylä- ja alalämpötilat ovat hyvin tavoitteissa jokaisen koeajon aikana, mikä voidaan todeta kuvasta 25 (s. 39). Koeajon 5 ylälämpötilaa laskettiin ajon aikana hieman matalammaksi, jotta linjapaineet eivät nousisi liian korkeiksi.



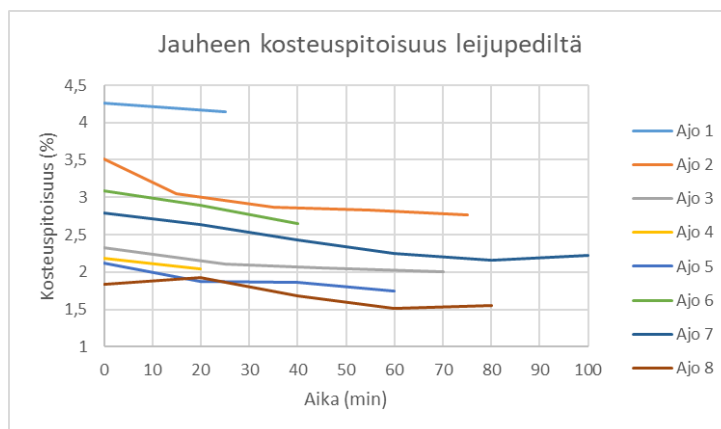
Kuva 25. Neljännen koeajoviikon kuivaimen ylä- ja alälämpötilat, kun testattiin uudestaan prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen.

Leijupedin lämmitys- ja jäähdytysilmat (kuva 26) ovat sahanneet useamman °C:n välillä, mutta keskimääräisesti lämpötilat ovat olleet hyvällä tasolla jokaisen koeajon aikana.



Kuva 26. Neljännen koeajoviikon leijupedin lämmitys- ja jäähdytysilmat.

Kuvasta 27 nähdään, että leijupediltä haettujen jauhenäytteiden kosteuspitoisuudet ovat olleet koeajojen aikana tasaiset, vaikka koeajojen välillä kosteuspitoisuuksissa onkin eroja. Jauheen kosteustavoite oli 2–3 %, mihin päästiin lähes kaikkien koeajojen aikana. Ainoastaan koeajon 1 kosteuspitoisuus jäi liian korkeaksi, mikä saattoi johtua korkeasta syötön määrästä suhteessa kuivauslämpötiloihin. Koeajon 8 kosteuspitoisuus jäi hieman alhaiseksi, mihin saattoi vaikuttaa korkeat kuivauslämpötilat ja matala haihduttimen tiivisteiden kuiva-ainepitoisuus.



Kuva 27. Neljännen koeajoviikon leijupediltä haettujen jauhenäytteiden kosteuspitoisuuksien kehitys, kun testattiin prosessiparametrien vaikutusta jauheeseen uuden kerran.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Reseptien optimoinnin koeajoissa tarkasteltiin, miten käytetyt mineraalit ja rasva vaikuttavat jauheiden fysikaalisiin ominaisuuksiin. Huomattiin, että maitorasvaa sisältävien reseptien ennasteet vaahtosivat erityisen paljon verrattuna vain kasvirasvaa sisältäviin resepteihin. Vaahdon muodostumiseen ei tulosten perusteella vaikuttanut käytetyt mineraalit. Mustia partikkeleja havaittiin myös olevan kyseisissä resepteissä enemmän maitorasvan vaikutuksesta, mutta lisäksi heikosti liukenevien mineraalien käyttö lisäsi mustien partikkelien määrää jonkin verran.

Valkoisten hiutaleiden määrään näytti vaikuttavan lisäävästi enemmän pelkän kasvirasvan käyttö, mutta myös helposti liukenevat mineraalit. Tulosten perusteella valkoisia hiutaleita esiintyy vain vähän, kun käytetään heikosti liukenevia mineraaleja. Vettyvyyteen ei näyttänyt kovin paljon vaikuttavan käytetty rasva, mutta heikosti liukenevat mineraalit pidensivät vettyvyyttä suuresti.

Ensimmäisen koeajoviikon jauheiden fysikaalisten ominaisuuksien tulosten perusteella parhaimmaksi reseptiksi valittiin numero 4, jossa käytettiin heikosti liukenevia mineraaleja ja kasvirasvaa. Päätökseen vaikuttivat erityisesti ennasteen vaahtoamattomuus sekä valkoisten hiutaleiden ja mustien partikkelien vähyys. Myös muiden fysikaalisten analyysien tulokset olivat tämän reseptin kohdalla hyvällä tasolla.

Prosessiparametrien vaikutusta äidinmaidonkorvikejauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin tutkittiin valmistamalla äidinmaidonkorvikejauhetta valitulla reseptillä ja muuttamalla tiettyjä prosessiparametreja. Toisen koeajoviikon aikana kapean sumun koeajot ajettiin väärällä suutinyhdistelmällä, jolloin kaikkien kahdeksan koeajon aikana jauhetta valmistettiin leveällä sumulla. Kolmannen koeajoviikon aikana äidinmaidonkorvikejauhetta valmistettiin kapealla sumulla, mutta jauheiden kemiallinen koostumus oli vääränlainen erityisesti rasvapitoisuuden osalta. Tästä syystä saadut tulokset eivät välttämättä ole suoraan verrattavissa muiden koeajoviikkojen aikana saatuihin jauheiden fysikaalisten ominaisuuksien tuloksiin. Toisen ja kolmannen koeajoviikon jauheissa ei huomattu prosessiparametrien muuttamisella olevan kovin merkittäviä vaikutuksia. Suurin vaikutus näiden koeajoviikkojen aikana huomattiin olevan kuivauslämpötiloilla niin, että korkeilla lämpötiloilla jauheesta tuli kuivempaa.

Mainituista syistä johtuen päätettiin prosessiparametreja testata vielä neljännen koeajoviikon aikana, jotta saataisiin onnistuneet ja kokonaiset tulokset prosessiparametrien vaikutuksesta äidinmaidonkorvikejauheeseen. Koeajot onnistuivatkin hyvin ja jauheiden fysikaalisten ominaisuuksien tulokset ovat olleet valvomon ja laboratorion välillä samansuuntaiset. Suurimmat vaikutukset saatiin aikaiseksi jauheen ulkonäköön ja rakenteeseen

suutinkokoonpanoilla ja näin ollen sumun leveydellä. Kuivaussumun ollessa kapeaa, äidinmaidonkorvikejauheesta tuli agglomeroituneempaa ja juoksevampaa kuin leveällä sumulla valmistettuna. Lisäksi korkeilla kuivauslämpötiloilla jauheesta tuli kuivempaa, kuten myös aiempien koeajoviikkojen aikana.

LÄHTEET

Anandharamakrishnan, C. (2017). *Handbook of Drying for Dairy Products*. UK: John Wiley & Sons, Incorporated. Haettu 3.4.2020. Ebook Central - tietokanta.

Anandharamakrishnan, C. & Padma Ishwarya, S. (2015). *Spray Drying Techniques for Food Ingredient Encapsulation*. UK: John Wiley & Sons, Incorporated. Haettu 14.8.2020. Ebook Central - tietokanta.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 609/2013. Haettu 16.3.2020 osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:181:0035:0056:FI:PDF>

GEA Group Aktiengesellschaft. (2020a). A 5 b – Wettability IDF Method. Haettu 10.8.2020 osoitteesta <https://www.gea.com/en/products/dryers-particle-processing/spray-dryers/food-dairy-products/analytical-methods-dry-milk-products.jsp>

GEA Group Aktiengesellschaft. (2020b). A 5 a – Wettability. Haettu 10.8.2020 osoitteesta <https://www.gea.com/en/products/dryers-particle-processing/spray-dryers/food-dairy-products/analytical-methods-dry-milk-products.jsp>

GEA Group Aktiengesellschaft. (2020c). A 3 a – Insolubility index. Haettu 10.8.2020 osoitteesta <https://www.gea.com/en/products/dryers-particle-processing/spray-dryers/food-dairy-products/analytical-methods-dry-milk-products.jsp>

GEA Group Aktiengesellschaft. (2020d). A 4 a – Scorched Particles. Haettu 10.8.2020 osoitteesta <https://www.gea.com/en/products/dryers-particle-processing/spray-dryers/food-dairy-products/analytical-methods-dry-milk-products.jsp>

GEA Group Aktiengesellschaft. (2020e). A 23 a – Flowability. Haettu 11.8.2020 osoitteesta <https://www.gea.com/en/products/dryers-particle-processing/spray-dryers/food-dairy-products/analytical-methods-dry-milk-products.jsp>

GEA Group Aktiengesellschaft. (2020f). A 8 d – Particle Size Distribution by Laser (Malvern). Haettu 5.8.2020 osoitteesta <https://www.gea.com/en/products/dryers-particle-processing/spray-dryers/food-dairy-products/analytical-methods-dry-milk-products.jsp>

Guo, M. R., Hendricks, G. M. & Kindstedt, P. S. (1998). Component Distribution and Interactions in Powdered Infant Formula. *International Dairy Journal* 8/1998, s. 333–339.

Hipple, J. (2017). *Chemical Engineering for Non-Chemical Engineers*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Haettu 19.8.2020. Ebook Central –tietokanta.

Kutz, M. (2015). *Mechanical Engineers' Handbook, Volume 1 : Materials and Engineering Mechanics*. 4th edition. UK: John Wiley & Sons, Incorporated. Haettu 13.8.2020. Ebook Central -tietokanta.

Lloyd, R., Stewart, H. & Bailey, D. (2019). Slowly dissolving particles in instant whole milk powder – Characterisation and quantitative analysis. *International Dairy Journal* 97/2019, s. 65–70.

Masum, A. K. M., Chandrapala, J., Huppertz, T., Adhikari, B. & Zisu, B. (2020a). Physicochemical properties of spray-dried model infant milk formula powders: Influence of whey protein-to-casein ratio. *International Dairy Journal* January 2020. Haettu 25.8.2020. ScienceDirect –tietokanta.

Masum, A. K. M., Chandrapala, J., Huppertz, T., Adhikari, B. & Zisu, B. (2020b). Production and characterization of infant milk formula powders: A review. *Drying Technology - An International Journal* 5/2020. Haettu 2.6.2020.

Masum, A. K. M., Chandrapala, J., Huppertz, T., Adhikari, B. & Zisu, B. (2020c). Influence of drying temperatures and storage parameters on the physicochemical properties of spray-dried infant milk formula powders. *International Dairy Journal* June 2020. Haettu 25.8.2020. ScienceDirect –tietokanta.

McCarthy, N. A., Kelly, A. L., O'Mahony, J. A., Hickey, D. K., Chaurin, V. & Fenelon, M. A. (2012). Effect of protein content on emulsion stability of a model infant formula. *International Dairy Journal* 25/2012, s. 80–86.

Park, Y. & Haenlein, G. (2013). *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. UK: John Wiley & Sons, Incorporated. Haettu 6.4.2020. Ebook Central -tietokanta.

Ruokatieto Yhdistys ry. (2020). Lupa kokata - elintarvikehygienian perusteet. Mikrobiologia. Haettu 3.4.2020 osoitteesta <https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/lupa-kokata-elintarvikehygienian-perusteet/mikrobiologia/vesi>

Ruokavirasto. (n.d.). Äidinmaidonkorvikkeet ja vieroitusvalmisteet. Haettu 16.3.2020 osoitteesta <https://www.ruokavirasto.fi/yrietykset/elintarvikeala/valmistus/elintarvikeryhmat/erityisille-ryhmille-tarkeitut-elintarvikkeet/aidinmaidonkorvikkeet-ja-vieroitusvalmisteet/>

Schuck, P., Jeantet, R. & Dolivet, A. (2012). *Analytical methods for food and dairy powders*. UK: John Wiley & Sons, Incorporated. Haettu 2.4.2020. Ebook Central -tietokanta.

Schuck, P., Zhang, M., Bhandari, B. & Bansal, N. (2013). *Handbook of food powders*. UK: Woodhead Publishing Limited. Haettu 16.4.2020. Ebook Central -tietokanta.

Tapaila, M. (2010). *Elintarvikeprosessit*. 3. uudistettu painos. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

Toikkanen, O., Outinen, M., Malafronte, L. & Rojas, O. (2018). Formation and structure of insoluble particles in reconstituted model infant formula powders. *International Dairy Journal* 7/2018, Vol. 82. S.19 – 27. Haettu 2.6.2020. ScienceDirect -tietokanta.

Walstra, P., Wouters, J. & Geurts, T. (2006). *Dairy science and technology*. Haettu 7.3.2020. Ebook Central -tietokanta.

Westergaard, V. (2004). *Milk powder technology: evaporation and spray drying*. 5. painos. Niro A/S. Haettu 6.4.2020 osoitteesta https://www.gea.com/en/binaries/Milk%20Powder%20Technology%20-%20Evaporation%20and%20Spray%20Drying_tcm11-33784.pdf

World Health Organization. (2006). *Enterobacter Sakazakii and Salmonella in Powdered Infant Formula. : Microbiological Risk Assessment Series, No. 10*. Italy: World Health Organization. Haettu 20.8.2020. Ebook Central –tietokanta.

FYSIKAALISTEN ANALYYSIEN JA KEMIAALLISTEN KOOSTUMUSTEN TULOKSET

Reseptien optimointi

Kemialliset reseptin optimointi	Proteiini %	Kuiva-aine %	Tuhka %	Rasva %	Kalsium mg/100 g	Magnesium mg/100 g	Kloridi mg/100 g	Fosfori mg/100 g	Natrium mg/100 g	Kalium mg/100 g
Resepti 1	Säkki 5	10,74	2,36	2,66	27,23	-	-	-	-	-
	Säkki 10	10,76	2,02	2,67	27,38	310	54	380	357	160
	Säkki 15	10,74	1,77	2,68	27,39	310	54	370	360	160
Resepti 2	Säkki 17	10,40	2,48	2,65	29,41	-	-	-	-	-
	Säkki 21	10,39	2,30	2,69	29,42	350	50	260	234	150
	Säkki 31	10,47	1,77	2,68	29,65	370	51	260	241	150
Resepti 3	Säkki 40	10,66	1,91	2,42	28,61	-	-	-	-	-
	Säkki 45	10,68	1,66	2,44	28,70	430	54	390	258	160
	Säkki 49	10,66	1,53	2,43	28,75	460	57	390	252	170
Resepti 4	Säkki 55	13,55	2,14	3,26	24,96	-	-	-	-	-
	Säkki 60	13,55	2,17	3,26	24,86	480	59	340	327	170
	Säkki 65	13,58	1,51	3,30	25,09	510	61	340	326	180

Reseptien optimointi valvomon tulokset	Vettyvyys			Kosteus	Tuttipullo-koe	Vaahdot				Mustat partikkelit	Rasvan erottuminen	Valkoiset hiutaleet lautanen			Valkoiset hiutaleet seula			Tilavuus-paino	Valutus-paino	Lusikka-paino
Resepti 1	Säkki 1	5	8	2,40	5	20	50	60	50	0	0	0	15	-	-	1	0,599	46,7	4,77	
	Säkki 5	6	8	2,39	5	40	50	50	50	1	0	0	10	-	-	2	0,595	45,2	2,39	
	Säkki 10	5	9	1,92	5	40	50	50	50	0	0	0	5	-	-	1	0,646	49,1	1,92	
	Säkki 15	9	8	1,69	5	35	40	50	40	1	0	0	20	-	-	-	0,664	47,8	1,69	
Resepti 2	Säkki 17	5	8	2,42	5	50	50	50	50	1	2	0	2	-	2	-	0,583	40,8	4,30	
	Säkki 21	5	7	2,13	5	30	50	50	50	0	1	0	-	-	2	2	0,593	45,1	4,55	
	Säkki 26	7	9	1,98	5	40	50	50	50	0	0	0	-	2	5	-	0,614	43,0	4,85	
	Säkki 31	7	10	1,64	5	30	50	50	50	1	0	0	-	-	1	-	0,659	43,5	5,15	
Resepti 3	Säkki 34	8	12	1,72	5	30	50	50	50	2	0	0	-	-	-	-	0,674	49,9	5,13	
	Säkki 35	6	7	2,07	5	5	0	0	0	0	0	0	10	1	1	1	0,611	39,1	4,60	
	Säkki 40	6	7	1,80	5	5	0	0	0	2	0	0	100	1	10	1	0,606	40,0	4,53	
	Säkki 45	6	8	1,57	5	0	0	0	0	0	2	0	100	5	1	-	0,649	44,1	4,83	
Resepti 4	Säkki 49	8	16	1,40	3	10	0	0	0	0	0	0	100	5	1	-	0,664	46,5	5,20	
	Säkki 50	11	8	2,17	5	0	0	0	0	1	0	0	-	-	-	1	0,600	43,2	4,67	
	Säkki 55	7	7	1,97	5	0	0	0	0	1	0	0	-	-	1	-	0,615	41,8	4,40	
	Säkki 60	8	8	1,98	5	0	0	0	0	1	0	0	-	1	1	-	0,588	44,7	4,56	
Säkki 65	11	11	1,37	5	0	0	0	0	0	0	0	-	1	-	1	0,678	50,2	5,47		
Säkki 67	9	11	1,41	5	0	0	0	0	1	0	0	-	1	-	-	0,678	50,2	5,27		

Reseptien optimointi laboratorion tulokset	Vettyvyys	Kosteus	Tuttipullo-koe	Vaahdot	Mustat partikkelit	Rasvan erottuminen	Valkoiset hiutaleet	Tilavuus-paino	Valutus-paino	Palaneet osat	Haju & maku	Ulkonäkö	Liukenenematomus-indeksi	Vapaa rasva %
Resepti 1	Säkki 5	12	2,36	5	40	11	0	0	-	-	5	5	-	-
	Säkki 10	13	2,02	4	45	10	0	0	0,62	0,46	5	5	5	0,1
	Säkki 15	14	1,77	4	45	7	0	0	-	-	5	5	-	-
Resepti 2	Säkki 17	11	2,48	5	40	8	0	0	-	-	5	4	-	-
	Säkki 21	10	2,30	5	40	11	0	0	0,56	0,43	5	4	5	0,15
	Säkki 31	11	1,77	5	40	14	0	0	-	-	5	4	-	-
Resepti 3	Säkki 40	9	1,91	5	5	7	0	0	-	-	5	5	-	-
	Säkki 45	11	1,66	5	5	5	0	0	0,59	0,43	5	5	4	0,2
	Säkki 49	11	1,53	5	5	5	0	0	-	-	5	5	-	-
Resepti 4	Säkki 55	10	2,14	5	5	4	0	0	-	-	5	5	-	-
	Säkki 60	10	2,17	5	5	3	0	0	0,56	0,41	5	5	5	0,15
	Säkki 65	11	1,51	5	10	9	0	0	-	-	5	5	-	-

	viskositeetti /cP					
Resepti 1	17,41	23,05	17,41	-	-	-
Resepti 2	23,05	17,41	17,41	-	-	-
Resepti 3	28,69	34,33	28,69	28,69	-	-
Resepti 4	28,69	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05

Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen

Kemialliset Prosessiparametrien testaus	Proteiini %	Kuiva- aine %	Tuhka %	Rasva %	Kalsium mg/100 g	Magnesium mg/100 g	Kloridi mg/100 g	Fosfori mg/100 g	Natrium mg/100 g	Kalium mg/100 g	
Ajo 1	Säkki 1	10,27	3,03	2,57	28,01	320	44	240	227	140	540
	Säkki 4	10,3	2,76	2,57	28,07	340	46	240	239	140	560
Ajo 2	Säkki 5	10,38	2,65	2,56	28,18	-	-	-	-	-	-
	Säkki 14	10,37	1,83	2,59	28,45	310	44	250	240	140	550
	Säkki 18	10,44	1,72	2,55	28,48	280	38	250	242	130	520
Ajo 3	Säkki 19	10,45	1,43	2,6	28,53	-	-	-	-	-	-
	Säkki 28	10,46	1,23	2,56	28,56	350	47	240	250	140	560
	Säkki 33	10,41	1,25	2,58	28,55	340	46	250	241	140	570
Ajo 4	Säkki 34	10,48	1,4	2,56	28,54	-	-	-	-	-	-
	Säkki 44	10,49	1,34	2,57	28,61	300	44	240	243	140	540
	Säkki 49	10,5	1,34	2,61	28,54	370	48	240	244	140	550
Ajo 5	Säkki 50	10,37	2,13	2,62	28,39	-	-	-	-	-	-
	Säkki 58	10,41	1,8	2,67	28,35	260	38	250	239	130	530
	Säkki 64	10,49	1,6	2,68	28,38	390	50	250	245	150	590
Ajo 6	Säkki 65	10,35	2,48	2,6	28,16	-	-	-	-	-	-
	Säkki 69	10,36	2,22	2,64	28,31	330	47	250	241	140	560
	Säkki 75	10,48	1,99	2,66	28,34	360	49	250	235	140	570
Ajo 7	Säkki 76	10,45	2,07	2,64	28,27	290	44	250	242	140	540
	Säkki 84	10,46	1,86	2,62	28,35	-	-	-	-	-	-
	Säkki 89	10,42	1,71	2,66	28,31	350	48	250	229	140	560
Ajo 8	Säkki 90	10,47	1,31	2,62	28,6	-	-	-	-	-	-
	Säkki 98	10,5	1,21	2,64	28,41	280	45	250	230	130	530
	Säkki 104	10,44	1,81	2,66	28,29	360	50	250	250	150	580

	viskositeetti /cP						
Ajo 1	23,05	23,05	23,05	23,05	-	-	-
Ajo 2	23,05	17,41	23,05	23,05	23,05	23,05	-
Ajo 3	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	-
Ajo 4	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	-	-
Ajo 5	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05
Ajo 6	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	-
Ajo 7	17,41	17,41	23,05	23,05	17,41	17,41	17,41
Ajo 8	23,05	23,05	23,05	17,41	23,05	23,05	23,05

Liite 1/3

Prosessiparametrin testaus valvomo	Vettyvyys		Kosteus	Tuttipullo koe	Vaaho	Mustat partikkelit	Rasvan erottuminen	Valkoiset hiutaleet lautanen	Valkoiset hiutaleet seula	Tilavuuspaino	Valutuspaino	Lusikkapaino				
Ajo 1	Säkki 1	15	20	2,97	5	5	3	0	0	0	2	0	0,669	49,5	5,43	
	Säkki 4	22	23	3,06	5	5	0	0	0	0	0	0	0,665	49,2	5,40	
Ajo 2	Säkki 5	13	12	2,53	5	5	0	0	0	0	0	0	0,649	45,4	5,20	
	Säkki 9	13	15	1,93	5	5	0	0	0	0	0	0	0,641	44,9	5,10	
	Säkki 14	12	14	1,85	5	2	0	0	0	0	0	0	0,668	48,1	5,23	
	Säkki 18	11	9	1,81	5	2	0	0	0	0	0	0	0,653	44,4	5,23	
Ajo 3	Säkki 19	11	10	1,30	5	2	0	0	0	0	0	1	0,614	40,5	4,87	
	Säkki 23	9	10	1,30	5	2	0	0	0	0	0	0	0,624	43,7	4,80	
	Säkki 28	11	10	1,28	5	2	0	0	0	5	0	0	1	0,630	44,1	5,10
	Säkki 33	15	16	1,24	5	2	0	0	0	0	0	1	0	0,661	47,6	5,13
Ajo 4	Säkki 34	7	7	1,35	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0,594	42,8	4,70
	Säkki 39	6	8	1,36	5	2	0	0	0	1	0	0	0	0,607	43,7	4,47
	Säkki 44	10	14	1,41	5	2	1	0	0	0	0	1	0	0,647	47,9	5,00
Ajo 5	Säkki 49	11	13	1,31	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,650	49,4	7,87
	Säkki 50	10	10	2,08	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,608	43,8	4,40
	Säkki 54	7	6	1,90	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0,586	43,4	4,60
	Säkki 58	8	10	1,75	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0,608	46,2	4,57
Ajo 6	Säkki 62	11	11	1,62	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,634	48,2	4,90
	Säkki 64	12	13	1,64	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,657	49,9	5,27
	Säkki 65	7	9	2,42	5	2	0	1	0	0	2	0	0	0	0,605	44,8
Ajo 7	Säkki 69	5	6	2,27	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,599	44,3	4,70
	Säkki 75	12	11	2,18	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,658	50,0	5,10
	Säkki 76	8	8	2,04	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,628	47,7	4,73
	Säkki 80	8	9	1,92	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,620	40,9	4,80
Ajo 8	Säkki 84	8	8	1,95	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,643	45,0	4,77
	Säkki 89	11	14	1,69	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,660	47,5	5,20
	Säkki 90	8	8	1,32	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,613	41,7	4,87
	Säkki 94	9	8	1,15	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,623	38,6	5,03
Ajo 8	Säkki 98	11	11	1,23	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,644	41,2	5,13
	Säkki 103	11	14	1,10	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0,665	43,9	5,23
	Säkki 104	12	16	1,87	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0,601	40,9	5,03

Prosessiparametrin testaus laboratorio	Vettyvyys	Kosteus	Tuttipullo koe	Vaaho	Mustat partikkelit	Rasvan erottuminen	Valkoiset hiutaleet	Tilavuuspaino	Valutuspaino	Palaneet osat	Haju & maku	Ulkonäkö	Liukeneetomuuksindeksi	Vapaa rasva %	
Ajo 1	Säkki 1	13	3,03	5	50	3	0	0,63	0,52	5	5	5	0,10	0,40	
	Säkki 4	14	2,76	5	45	10	0	-	-	5	5	-	-	-	
Ajo 2	Säkki 5	10	2,65	5	45	8	0	-	-	5	5	-	-	-	
	Säkki 14	8	1,83	5	35	7	0	1	0,62	0,44	5	5	5	0,10	0,45
	Säkki 18	7	1,72	5	30	11	0	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 3	Säkki 19	9	1,43	5	35	7	0	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 23	-	-	-	-	-	-	0,57	0,43	-	5	5	0,15	0,41	
	Säkki 28	9	1,23	5	35	6	0	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 33	11	1,25	5	30	5	0	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 4	Säkki 34	6	1,40	5	25	7	0	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 44	7	1,34	5	30	16	0	0	0,61	0,47	5	5	5	0,10	0,74
	Säkki 49	9	1,34	5	25	8	0	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 5	Säkki 50	9	2,13	5	15	11	0	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 58	7	1,80	5	25	2	0	0	0,58	0,43	5	5	5	0,15	0,56
	Säkki 64	9	1,60	5	20	6	0	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 65	6	2,48	5	25	4	0	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 6	Säkki 69	8	2,22	5	30	6	0	0	0,57	0,42	5	5	5	0,10	0,45
	Säkki 75	8	1,99	5	40	5	0	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 76	9	2,07	5	35	3	0	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 7	Säkki 84	8	1,86	5	45	9	0	0	0,62	0,47	5	5	5	0,10	0,53
	Säkki 89	10	1,71	5	35	4	0	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 90	9	1,31	5	45	6	0	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 8	Säkki 98	9	1,21	5	35	3	0	0	0,62	0,46	5	5	5	0,10	0,68
	Säkki 104	10	1,81	5	40	9	0	0	-	-	5	5	-	-	-

Prosessiparametrien vaikutus jauheeseen uudet koeajot

Prosessiparametrit uudet kemialliset	Proteiini %	Kuiva-aine %	Tuhka %	Rasva %	Kalsium mg/100 g	Magnesium mg/100 g	Kloridi mg/100 g	Fosfori mg/100 g	Natrium mg/100 g	Kalium mg/100 g	
Ajo 1	Säkki 1	10,77	3,70	2,64	26,23	410	54	250	232	150	590
	Säkki 6	10,87	2,34	2,69	26,62	410	55	260	228	150	610
Ajo 2	Säkki 10	10,78	2,77	2,65	26,50	-	-	-	-	-	-
	Säkki 14	10,77	2,68	2,67	26,56	410	55	250	240	150	590
	Säkki 19	10,77	2,56	2,67	26,56	400	54	260	232	150	590
Ajo 3	Säkki 21	10,98	1,87	2,67	26,70	-	-	-	-	-	-
	Säkki 31	11,09	2,00	2,71	26,72	400	55	260	235	150	600
	Säkki 35	10,82	1,83	2,69	26,77	410	55	260	246	150	600
Ajo 4	Säkki 36	11,06	1,99	2,60	26,68	-	-	-	-	-	-
	Säkki 41	11,11	1,93	2,61	26,79	390	55	260	235	150	600
	Säkki 46	11,03	2,03	2,59	26,80	380	53	260	234	150	590
Ajo 5	Säkki 51	10,47	1,71	2,51	29,20	-	-	-	-	-	-
	Säkki 56	10,51	1,69	2,56	30,01	370	53	250	226	150	590
	Säkki 60	10,50	1,62	2,52	30,06	360	52	240	229	140	580
Ajo 6	Säkki 65	10,13	2,70	2,60	29,86	-	-	-	-	-	-
	Säkki 70	10,17	2,23	2,49	30,08	370	53	240	226	140	570
	Säkki 75	10,00	2,06	2,48	29,94	350	52	240	227	140	570
Ajo 7	Säkki 82	10,16	2,09	2,46	30,09	-	-	-	-	-	-
	Säkki 87	10,14	2,08	2,45	30,03	250	51	250	231	140	550
	Säkki 91	10,23	1,86	2,47	30,08	360	53	250	227	150	580
Ajo 8	Säkki 92	10,19	1,58	2,47	30,28	-	-	-	-	-	-
	Säkki 97	10,23	1,57	2,42	30,26	340	52	250	226	140	570
	Säkki 102	10,28	1,51	2,42	29,97	340	52	240	224	140	570

Prosessiparametrit uudet valvomo	Vettyvyys		Kosteus	Tuttipullo koe	Vaahdot	Mustat partikkelit	Rasvan erottuminen	Valkoiset hiutaleet lautanen	Valkoiset hiutaleet seula	Tilavuuspaino	Valutus-paino	Lusikka-paino		
Ajo 1	Säkki 1	4	5	3,79	5	0	1	0	0	1	1	0,601	45,7	4,93
	Säkki 6	5	4	2,53	5	0	0	0	0	0	0	0,659	50,1	5,17
Ajo 2	Säkki 10	5	5	2,79	5	0	0	1	0	0	1	0,613	46,6	4,77
	Säkki 14	5	4	2,82	5	0	0	1	0	0	0	0,618	47,0	4,93
	Säkki 19	5	6	2,59	5	0	0	2	0	0	0	0,641	47,4	5,23
Ajo 3	Säkki 21	5	5	2,01	5	0	0	0	0	0	0	0,597	43,0	4,87
	Säkki 26	5	6	2,07	5	0	0	2	0	0	0	0,609	42,6	4,83
	Säkki 31	7	6	1,94	5	0	0	1	0	0	0	0,616	43,1	4,90
	Säkki 35	7	8	1,78	5	0	3	1	0	0	0	0,651	45,6	5,07
Ajo 4	Säkki 36	5	4	1,96	5	0	0	1	0	0	0	0,578	42,8	4,40
	Säkki 41	4	6	2,11	5	0	0	0	0	0	0	0,576	41,5	4,73
	Säkki 46	5	5	2,11	5	0	0	0	0	0	0	0,626	46,3	5,03
	Säkki 50	5	4	2,01	5	0	0	1	0	0	0	0,620	45,9	4,87
Ajo 5	Säkki 51	5	5	1,92	5	0	0	0	0	0	0	0,578	41,6	4,60
	Säkki 56	5	6	1,67	5	0	0	1	0	0	0	0,582	43,1	4,83
	Säkki 60	6	6	1,63	5	0	0	0	0	0	0	0,636	47,1	4,83
Ajo 6	Säkki 65	4	4	2,77	5	0	0	0	0	0	0	0,564	41,7	4,47
	Säkki 70	5	5	2,32	5	0	0	0	0	0	1	0,634	43,1	4,77
	Säkki 75	6	5	2,33	5	0	0	0	0	0	0	0,649	45,4	5,03
Ajo 7	Säkki 77	5	6	2,15	5	0	0	0	0	0	0	0,624	41,2	4,73
	Säkki 82	7	6	2,12	5	0	0	0	0	0	0	0,622	39,8	4,90
	Säkki 87	7	7	2,12	5	0	0	1	0	0	0	0,656	43,3	4,93
	Säkki 91	-	-	1,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ajo 8	Säkki 92	10	7	1,69	5	0	2	0	0	0	0	0,602	38,5	4,57
	Säkki 97	14	9	1,90	5	0	0	0	0	0	0	0,611	40,3	4,50
	Säkki 102	17	11	1,74	5	0	0	0	0	0	0	0,632	43,0	4,60
	Säkki 106	22	12	1,61	5	0	0	0	0	0	0	0,689	49,6	5,23

Liite 1/6

Prosessiparametrit uudet laboratorio	Vettyvyys	Kosteus	Tuttipullo koe	Vaahto	Mustat partikkelit	Rasvan erottuminen	Valkoiset hiutaleet	Tilavuus paino	Valutus- paino	Palaneet osat	Haju & maku	Ulkonäkö	Lukenemat- tomuus- indeksi	Vapaa rasva %	
Ajo 1	Säkki 1	7	3,70	5	10	3	500	0	0,57	0,45	5	5	4	0,15	0,20
	Säkki 6	7	2,34	5	5	10	2 000	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 10	6	2,77	5	5	8	2 000	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 2	Säkki 14	6	2,68	5	5	8	2 000	0	0,60	0,46	5	5	3	0,15	0,31
	Säkki 19	6	2,56	5	5	6	2 000	0	-	-	4	5	-	-	-
	Säkki 21	5	1,87	5	5	2	2 000	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 3	Säkki 31	9	2,00	5	5	8	2 000	0	0,58	0,43	5	5	3	0,15	-
	Säkki 35	8	1,83	5	5	1	2 000	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 36	5	1,99	5	5	1	2 000	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 4	Säkki 41	6	1,93	5	5	2	2 000	0	0,54	0,44	5	5	3	0,15	0,36
	Säkki 46	6	2,03	4	5	2	2 000	0	-	-	4	5	-	-	-
	Säkki 51	6	1,71	5	5	2	100	0	-	-	4	5	-	-	-
Ajo 5	Säkki 56	7	1,69	5	5	9	2	0	0,55	0,43	5	5	5	0,15	0,45
	Säkki 60	7	1,62	5	5	9	-	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 65	6	2,70	5	5	9	100	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 6	Säkki 70	7	2,23	5	5	10	4	0	0,60	0,49	5	5	5	0,10	0,67
	Säkki 75	7	2,06	5	5	8	-	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 82	8	2,09	5	5	7	1	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 7	Säkki 87	9	2,08	5	5	6	6	0	0,57	0,41	5	5	3	0,15	0,49
	Säkki 91	11	1,86	5	5	6	30	0	-	-	5	5	-	-	-
	Säkki 92	11	1,58	5	5	4	3	0	-	-	5	5	-	-	-
Ajo 8	Säkki 97	10	1,57	5	5	6	4	0	0,56	0,42	5	5	3	0,10	0,44
	Säkki 102	11	1,51	5	5	10	5	0	-	-	5	5	-	-	-

	viskositeetti /cP									
Ajo 1	28,69	23,05	28,69	28,69	28,69	28,69	28,69	28,69	28,69	28,69
Ajo 2	23,05	17,41	23,05	23,05	23,05	23,05	17,414	23,05	23,05	-
Ajo 3	17,41	23,05	17,41	17,41	17,41	17,41	17,41	17,41	23,05	-
Ajo 4	17,41	17,41	17,41	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	-
Ajo 5	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	-
Ajo 6	28,69	23,05	28,69	28,69	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	-
Ajo 7	23,05	23,05	23,05	17,41	17,41	17,41	17,41	17,41	17,41	-
Ajo 8	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05	-	-

Juoksevuus /%	Ajo 1	Ajo 2	Ajo 3	Ajo 4	Ajo 5	Ajo 6	Ajo 7	Ajo 8
	89,07	81,42	76,64	95,37	64,4	71,23	55,16	59,48