

Sara Karppanen

Maitojauheiden toiminnalliset ominaisuudet kuumennuskäsittelyä vaativissa tuotesovelluk- sissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

14.5.2017

Tekijä Otsikko	Sara Karppanen Maitojauheiden toiminnalliset ominaisuudet kuumennuskäsittelyä vaativissa tuotesovelluksissa
Sivumäärä Aika	44 sivua + 1 liite 14.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Vastaava tuotekehittäjä Liisa Manner Lehtori Pia Laine
<p>Insinööriyössä verrattiin kahden rasvaisen maitojauheen (koejauheen ja markkinoilla olevan vertailujauheen) toiminnallisia ominaisuuksia erilaisissa tuotesovelluksissa. Maitojauheiden oletettiin eroavan toisistaan kuumennuskestävyyden suhteen, joten työssä tutkitut sovellukset (UHT-maito, sulatejuusto ja UHT-käsittely maitotiiviste) olivat voimakkaan kuumennuksen läpikäyviä. Tavoitteena oli selvittää, onko koejauheella kilpailuetuja kuumennuskestävyyden suhteen verrattuna markkinoilla olevaan vertailujauheeseen.</p> <p>Osana tutkimusta tehtiin koeajoja pilot-mittakaavan UHT- ja keittolaitteistolla. Maitojauheiden vaikutusta prosessiin ja lopputuotteiden ominaisuuksiin tutkittiin aistinvaraisten arviointien, väri-, stabiilisuus-, rakenne- ja viskositeettimittauksien avulla.</p> <p>Tilastollisesti merkitseviä eroja havaittiin sulatejuuston ja maitotiivisteen aistinvaraisten arviointien tuloksissa. Koejauhetta sisältävä sulatejuusto koettiin voimakkaamman makuseksi ja lohkeavammaksi kuin vertailujauheesta valmistettu näyte. Koejauheesta valmistettu maitotiiviste arvioitiin vertailujauhetta sisältävää näytettä suolaisemmaksi ja vähemmän täyteläiseksi. Kaikissa koejauheesta valmistetuissa tuotteissa havaittiin keitetyn, paahutuneen tai palaneen makua sekä sivumakua.</p> <p>Sulatejuuston värimittausten tulokset viittasivat kuumennuksen vaikuttaneen enemmän koe- kuin vertailujauhetta sisältävään näytteeseen. Maitotiivisteen värimittauksien tulokset olivat päinvastaiset. Koejauheella valmistetun sulatejuuston ja maitotiivisteen rakenteessa ja viskositeetissa ei ollut etuja vertailujauheesta valmistettuihin näytteisiin verrattuna. Koejauheesta valmistettujen UHT-maito- ja maitotiivistenäytteiden etuna oli kuitenkin stabiilimpi rakenne.</p> <p>Tulosten perusteella koejauhe ei ole vertailujauhetta kuumennusta kestävämpi. Erot koe- ja vertailujauheesta valmistettujen näytteiden ominaisuuksissa saattavat johtua erilaisista kuumennuksen aikana tapahtuvista proteiinien sekä proteiinien ja laktoosin välisistä reaktioista. Ilman tarkempia kemiallisia analyysejä ei voida varmuudella sanoa, mistä näytteiden välillä havaitut erot johtuvat. Tutkimusta tullaan jatkamaan eri tuotesovelluksien avulla.</p>	
Avainsanat	maitojauhe, kuumennuskäsittely, UHT-prosessi

Author Title	Sara Karpanen Functional properties of milk powder in product applications that require heat treatment
Number of Pages Date	44 pages + 1 appendix 14 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Specialisation option	
Instructors	Liisa Manner, Senior Product Developer Pia Laine, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis was comparison of two milk powders (test powder and the powder currently on the market) and their functional properties in different product applications. The assumption was that the powders differ from each other in the tolerance of heat treatment; thus the applications (UHT milk, processed cheese and condensed milk) that were researched had gone through a severe heat treatment. The aim was to research if the test powder had any advantages in terms of heat tolerance compared to the reference powder.</p> <p>As part of the research, trial runs were made with the pilot-scale equipment. The effect of milk powders on the process and properties of the final product was studied by means of sensory evaluation and the measurement of colour, stability, structure, and viscosity.</p> <p>Statistically significant differences were discovered in the results from sensory evaluations of processed cheese and condensed milk. The processed cheese containing the test powder had stronger taste and flakier texture than the sample that was made with the reference powder. The condensed milk made from test powder was evaluated to be more salty and less rich than the sample made with the reference powder. All of the products that were made of the test powder were discovered to have cooked, roasted or burnt taste.</p> <p>According to the results of colour measurements, the heat treating affected more on the sample made with the test powder than on the sample made with the reference powder. The results of the colour measurement on the condensed milk were the opposite. Processed cheese and condensed milk made with the test powder did not have any advantages of structure and viscosity over the samples made with the reference powder. UHT milk and condensed milk samples containing the test powder had the advantage of a more stable structure.</p> <p>The results showed that the test powder was not more heat-resistant than the reference powder. Differences of properties between the samples made from the test powder and those made from the reference powder might have been caused by different reactions between proteins or proteins and lactose during heating. Without further chemical analysis it is not possible to determine what caused the differences. The research will be continued with different applications.</p>	
Keywords	milk powder, heat treatment, UHT process

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Maitojauhe	1
2.1	Yleistä maitojauheesta	1
2.2	Maidon kuiva-aineet	2
2.3	Maitojauhetyypit ja niiden luokittelu	4
2.4	Maitojauheen valmistusprosessi	5
2.4.1	Maidon esikäsittely	5
2.4.2	Haihdotus	6
2.4.3	Sumutuskuivaus	6
2.4.4	Pakkaaminen ja varastointi	7
3	Maitojauhe elintarvikesovelluksissa	8
3.1	Maitojauheen toiminnalliset ominaisuudet elintarvikkeissa	8
3.2	UHT-maito	8
3.2.1	Yleistä UHT-maidosta	8
3.2.2	UHT-menetelmät	9
3.2.3	UHT-prosessin vaiheet	9
3.3	Sulatejuusto	11
3.4	Maitotiiviste	12
4	Materiaalit ja menetelmät	14
4.1	Yleistä koeasetelmasta	14
4.2	Maitojauhenäytteet	15
4.3	Koeajot	15
4.3.1	UHT-maito	15
4.3.2	Sulatejuusto	18
4.3.3	Maitotiiviste	18
4.4	Koostumusmittaukset	20
4.5	Aistinvarainen arviointi	20
4.6	Värimittaukset	22
4.7	Stabiilisuusmittaukset	23

4.8	Rakennemittaukset	24
4.9	Viskositeettimittaukset	24
5	Tulokset ja tulosten tarkastelu	24
5.1	Maitojauheen vaikutus UHT-maidon ominaisuuksiin	24
5.2	Maitojauheen vaikutus sulatejuuston ominaisuuksiin	30
5.3	Maitojauheen vaikutus maitotiivisteeseen ominaisuuksiin	35
6	Yhteenveto ja pohdintaa	41
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. UHT-maidon aistinvaraisessa arvioinnissa käytetty lomake	

Lyhenteet

- UHT Ultra High Temperature Processing, eli iskukuumennus. Voimakas lämpökäsittely, jonka tarkoituksena on tuhota maidon kaikki mikro-organismit.
- WPN Whey Protein Nitrogen index. Kertoo denaturoimattoman heraproteiinin määrän maitojauheessa.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena oli kahden maitojauheen toiminnallisten ominaisuuksien vertailu erilaisissa tuotesovelluksissa. Työssä tutkitut maitojauheet olivat koejauhe ja vertailujauheena käytetty rasvainen maitojauhe. Vertailumaitojauheen ja koemaitojauheen oletettiin eroavan kuumennuskestävyytensä suhteen toisistaan, joten työssä tutkitut sovellukset olivat voimakkaan kuumennuksen läpikäyviä. Tutkitut sovellukset olivat UHT-maito, sulatejuusto ja UHT-käsitelty maitotiiviste.

Insinööriyö tehtiin Valio Oy:n Pitäjänmäen tuotekehitysyksikössä. Työn koeajot tehtiin pilot-mittakaavan UHT- ja keittolaitteistolla. Maitojauheiden käyttäytymistä ja vaikutusta prosesseihin, tuotemassoihin ja lopputuotteiden ominaisuuksiin tutkittiin aistinvaraisilla arvioinneilla sekä koostumus-, väri-, viskositeetti-, stabiilisuus- ja rakennemittauksilla.

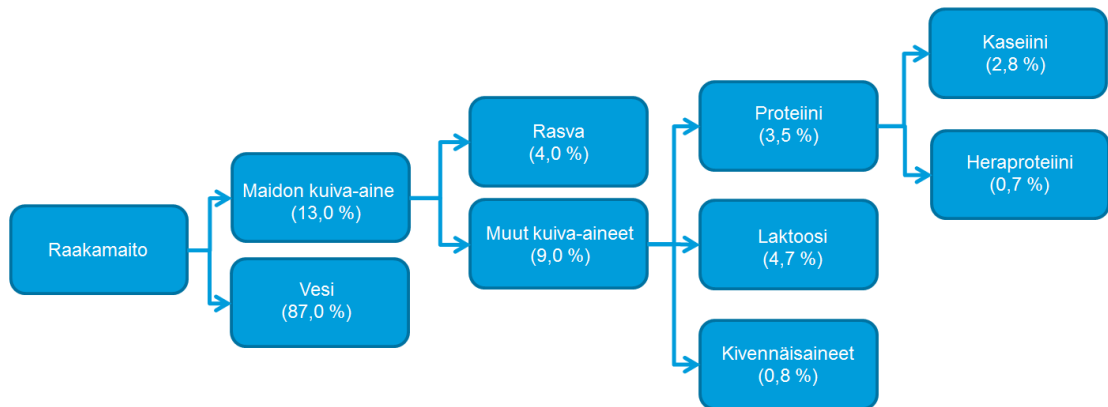
Työn tavoitteena oli selvittää, onko tutkittavan koejauheen ja vertailujauheen toiminnallisten ominaisuuksien välillä eroja eri tuotesovelluksissa ja onko koejauheella kilpailuetuja kuumennuskestävyyden suhteen verrattuna markkinoilla olevaan vertailujauheeseen.

Kirjallisuusosassa tutustutaan maitojauheiden ominaisuuksiin ja valmistusprosessiin, maitojauhesovelluksiin ja UHT-prosessiin yleisesti. Kokeellisessa osuudessa käydään läpi koeajojen kulku sekä näytteille tehdyt analyysit ja mittaukset. Tuloksissa kerrotaan eri maitojauheesta valmistettujen näytteiden välillä havaituista eroista ja tulosten perusteella tehdyistä johtopäätöksistä.

2 Maitojauhe

2.1 Yleistä maitojauheesta

Maitojauhe valmistetaan tuoreesta maidosta poistamalla siitä vettä, jolloin saadaan maidon kuiva-aineesta koostuva tuote. Maitojauheen kosteuspitoisuus on noin 2,5–5,0 %. (1, s. 361.) Kuvassa 1 on esitetty raakamaidon koostumus ja kuiva-aineiden jakautuminen.



Kuva 1. Maidon koostumus (1, s. 19, 27).

Maitojauheen raaka-aineina käytetään rasvatonta maitoa, vakioitua maitoa ja kirnumaitoa. Lisäksi voidaan käyttää laktoositiivistettä ja ultrasuodatettua maitopermeaattitiivistettä. (2.) Maitopermeaatilla tarkoitetaan tuotetta, joka saadaan, kun maidosta poistetaan maitoproteiinit ja maitorasva ultrasuodatuksen avulla (3).

2.2 Maidon kuiva-aineet

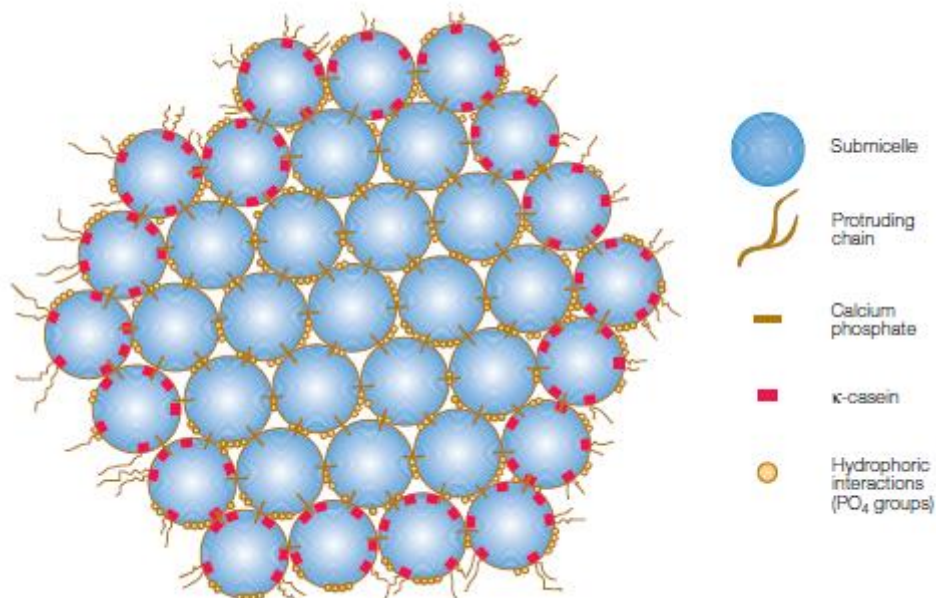
Maito on rasva vedessä -emulsio, jossa maitorasva on dispergoituneena pieninä palloina tai pisaroina. Emulsiota stabiloi rasvapalloja ympäröivä membraani. Maidon rasva koostuu pääosin triglyserideistä. Maitorasva sisältää myös di- ja monoglyseridejä, rasvahappoja, steroleita, karotenoideja ja vitamiineja. Rasvapalloja ympäröivä membraani koostuu fosfolipideistä, lipoproteiineista, proteiineista, nukleiinihapoista, entsyymeistä, metalleista ja vedestä. (1, s. 22.)

Kokonaisproteiinipitoisuus maidossa on noin 3,0–3,5 %. Maito sisältää paljon erityyppisiä proteiineja, joista suurin osa esiintyy hyvin pieninä pitoisuuksina. Maidon proteiineista noin 80 % on kolloidista kaseiinia ja lähes 20 % liukoista heraproteiinia. Proteiinit voidaan luokitella niiden kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien mukaan (taulukko 1). (1, s. 26–27.)

Taulukko 1. Proteiinien osuudet maidossa (1, s. 27).

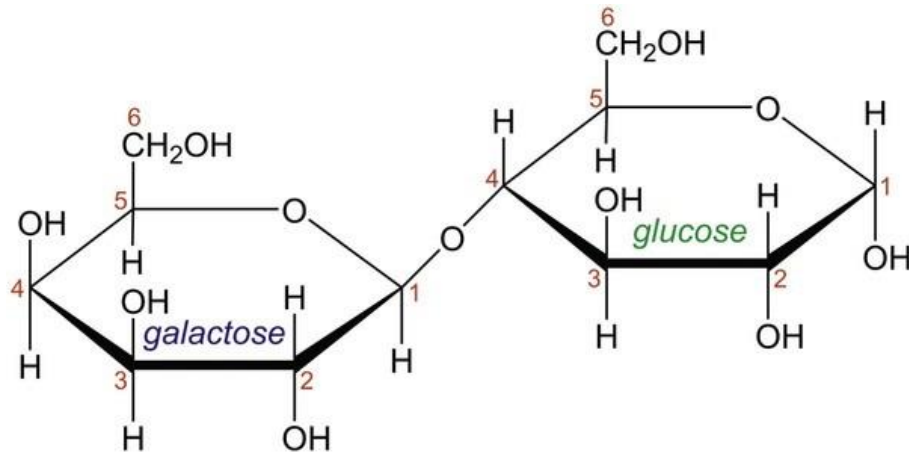
Proteiini	Osuus proteiineista (%)
α_{s1} -kaseiini	30,6
α_{s2} -kaseiini	8,0
β -kaseiini	30,8
κ -kaseiini	10,1
Kokonaiskaseiini	79,5
α -laktalbumiini	3,7
β -laktoglobuliini	9,8
veren seerumialbumiini	1,2
Immunoglobuliini	2,1
muut proteiinit	2,4
kokonaišheraproteiinit	19,3
Kalvoproteiinit	1,2
Kokonaisproteiinit	100

Kaseiini esiintyy molekyylikomplekseina eli miselleinä (kuva 2), jotka koostuvat α_s -kaseiineista, β -kaseiinista ja κ -kaseiinista. Misellit sisältävät hydrofobisen sisäosan ja hydrofiilisen ulkopinnan. Hydrofiilisella ulkopinnalla esiintyy κ -kaseiinia, mikä tekee miselleistä vesiliukoisia. Kaseiinit ovat termostabiileja eivätkä denaturoidu maidon normaaleissa lämpökäsittelyissä. (1, s. 28.)



Kuva 2. Maidon sisältämien kaseiinimisellien kasauma. Ulkopinnan κ -kaseiinit tekevät miselleistä vesiliukoisia. (1, s. 28)

Hera koostuu pääosin β -laktoglobuliinista (β -Lg), α -laktalbumiinista (α -La), veren seerumialbumiinista (BSA) ja immunoglobuliinista (Ig's). Heraproteiinit denaturoituvat voimakkaasti lämpökäsittelyssä, jolloin proteiinin rakenne muuttuu ja se menettää biologisen aktiivisuutensa. Denaturoituessa reaktioita katalysoivat entsyymit menettävät toimintakykynsä. Denaturoitumisen oltua heikkoa voivat proteiinit joissain tapauksissa palautua niiden alkuperäiseen olomuotoon saaden takaisin biologiset toimintonsa. Usein denaturoituminen on kuitenkin irreversiibeli eli palautumaton reaktio. (1, s. 32.)



Kuva 3. Laktoosin rakennekaava. Laktoosi on disakkaridi, joka koostuu kahdesta monosakkaridista, glukoosista ja galaktoosista. (4)

Laktoosi on ainoastaan maidosta löytyvä sokeri. Laktoosi on disakkaridi, joka koostuu glukoosista ja galaktoosista (kuva 3). Kun maitoa kuumennetaan korkeassa lämpötilassa, laktoosi ja proteiini reagoivat keskenään, mikä saa aikaan Maillard-reaktion, joka muodostaa maitoon makua ja ruskeaa väriä. (1, s. 34.)

2.3 Maitojauhetyypit ja niiden luokittelu

Markkinoilla on rasvatonta maitojauhetta, täysmaitojauhetta, kirnumaitojauhetta ja erikoismaitojauheita. Osa tuotteista on vähälaktoosisia tai laktoosittomia. Saatavilla on myös instantoitua maitojauhetta, jossa maitojauheen hiukkaskokoa on kasvatettu jauheen nesteliukoisuuden parantamiseksi. (2.) Taulukossa 2 on esitetty erilaisia maitojauhetyyppejä ja niiden koostumuksia.

Taulukko 2. Erilaiset maitojauhetyypit ja niiden koostumukset (2).

(%)	Rasvaton maitojauhe	Vähälakt. rasvaton maitojauhe	Laktoositon rasvaton maitojauhe	Kirnumaitojauhe	Laktoositon rasvainen maitojauhe	Täysmaitojauhe
Proteiini	35	35	47	32	32	26
Laktoosi	53	7	< 0,1	50	< 0,1	39
Rasva	< 1	< 1	1	6,5	27	26
Vesi	4	3	3	4	3	3,5

Rasvattomat maitojauheet lämpöluokitellaan ennen kuivausta tapahtuvan maidon kuumennuksen perusteella. Luokitus on kansainvälinen ja pohjautuu amerikkalaiseen standardiin (American Dairy Products Institute, ADPI). Ennen kuivausta tapahtuvalla rasvattoman maidon kuumennuksella vaikutetaan jauheen fysikaalisiin ja mikrobiologisiin ominaisuuksiin. Maidon kuumennuksessa on käytössä monia erilaisia lämpötila- ja aikayhdistelmiä. Kuumennuslämpötila vaihtelee 73–123 °C:n välillä ja kuumennusaika muutamasta sekunnista viiteen minuuttiin. Kuumennuksessa maidon heraproteiini denaturoituu. Mittana käytetty WPN (*Whey Protein Nitrogen index*) kertoo denaturoitoman heraproteiinin määrän milligrammoina grammaa maitojauhetta kohti. Low Heat (LH) -maitojauheen WPN on vähintään 6 mg/g, Medium Heat (MH) -maitojauheen 1,51–5,99 mg/g ja High Heat (HH) -maitojauheen enintään 1,5 mg/g. Kaikilla eri WPN-arvon maitojauheilla on sama kemiallinen koostumus, mutta niiden fysikaaliset ja mikrobiologiset ominaisuudet ovat erilaiset. Eri WPN-arvon maitojauheet eroavat toisistaan mm. liukenevuuden, lämpöstabiiliuden ja emulgointikyvyn suhteen. (2.)

2.4 Maitojauheen valmistusprosessi

2.4.1 Maidon esikäsittely

Maitojauheen valmistusprosessi alkaa maidon separoinnilla, jossa rasva erotetaan mekaanisesti keskipakovoimaan perustuvalla separaattorilla. Tuloksena saadaan rasvatonta maitoa ja kermaa. Maidon rasvapitoisuus säädetään halutulle tasolle vakioinnilla. Maidosta joko separoidaan pois rasvaa tai siihen lisätään rasvatonta maitoa tai kermaa. (5.)

Maito lämpökäsitellään pastöroimalla, eli kuumentamalla maito vähintään 72 °C:seen 15 sekunnin ajaksi. Pastöroinnilla tuhoetaan maidon terveydelle haitalliset mikrobit. (5.)

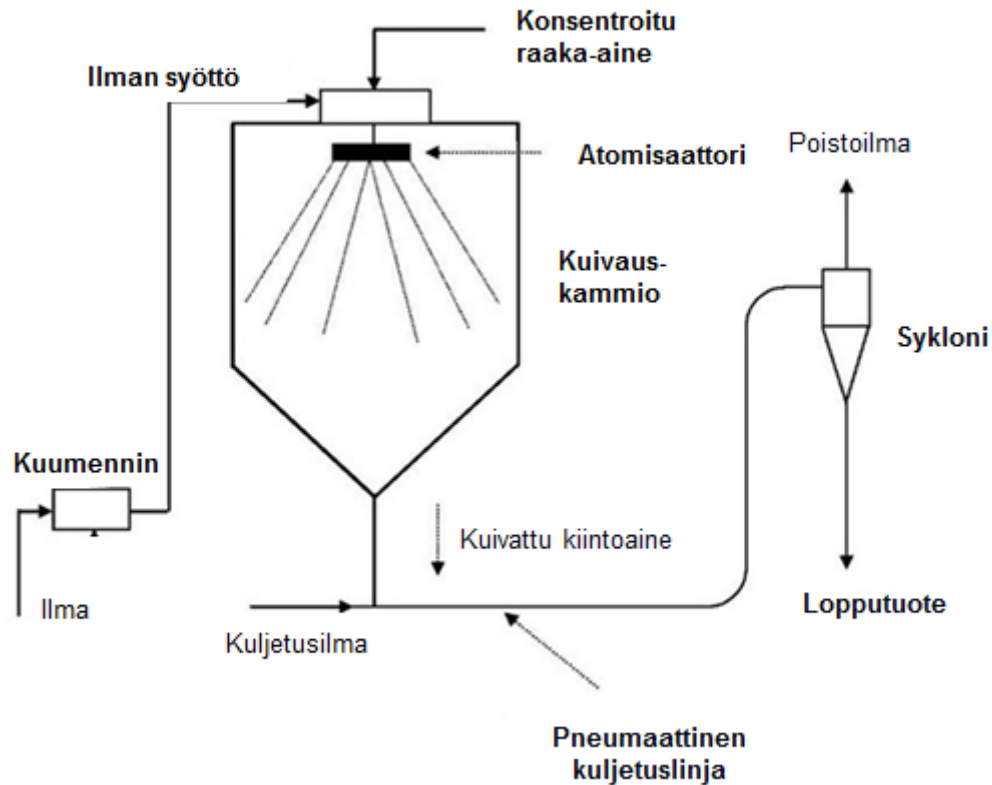
Maito voidaan vielä lämpökäsitellä 80–125 °C:ssa 5 sekunnin–5 minuutin ajan, riippuen maitojauheelta toivottavista ominaisuuksista, kuten lämpöstabiiliudesta tai liukenevuudesta (2).

2.4.2 Haihdutus

Ennen lopullista kuivausta maito haihdutetaan 48–52 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Haihdutus tapahtuu vakuuissa, 50–80 °C:n lämpötilassa. Vakuumi alentaa kiehumispistettä, mikä mahdollistaa haihdutuksen matalammassa lämpötilassa. Riittävän matala lämpötila on tärkeä, jotta maidon komponentit, erityisesti proteiinit, eivät vahingoitu. Haihdutus tuo kustannustehokkuutta prosessiin, ja se vaikuttaa myös maitojauheen fysikaalisiin ominaisuuksiin. (2.) Ilman haihdutusta jauhepartikkelit jäävät hyvin pieniksi, ilmapitoisiksi ja huonosti liukeneviksi (1, s. 379).

2.4.3 Sumutuskuivaus

Maitokonsentraatti pumpataan korkeapainepumpulla kuivauskammiossa olevaan atomisaattoriin, joka keskipakovoiman tai paineen avulla tuottaa hyvin pieniä pisaroita kuivauskammioon. Kuivauksessa käytettävä suodatettu ja 150–220 °C:seen kuumentettu ilma ohjataan kuivauskammioon, jossa se sekoittuu atomisoituun tuotteeseen. Pisaroiden kuivuminen alkaa välittömästi, kun tuote syötetään kammioon. Kuivausilmasta siirtyy lämpöä pisaroihin ja pisaroista haihtunut kosteus siirtyy kaasuun. Koska kuumen ilman lämpöä kuluu veden haihduttamiseen, tuotteen lämpötila on vain 15–20 °C vähemmän kuin kuivauskammioista ulos tulevan ilman lämpötila. Kuivauskammioista kiintoainepartikkelit siirtyvät kylmän jäähdytysilman avulla pneumaattista kuljetuslinjaa sykloniin eli keskipakovoimalla toimivaan separaattoriin. Syklonista jauhe siirtyy keräilyastiaan ja kuivausilma poistuu. Jauhe seulotaan ja varastoidaan siloissa. (1, s. 380–381.) Kuvassa 4 on esitelty yksinkertaisen sumutuskuivaajan rakenne 1-vaiheisessa menetelmässä.



Kuva 4. Yksinkertaisen sumutskuivaajan rakenne 1-vaiheisessa menetelmässä (6, muokattu).

Sumutskuivauksen jälkeen kuivatulle jauheelle voidaan tehdä loppukuivaus ja jäähdytys yhdistetyllä (2-vaiheinen menetelmä) tai yhdistetyllä ja ulkoisella (3-vaiheinen menetelmä) leijupedillä. Leijupedin käytöllä voidaan vaikuttaa tuotteen lopulliseen kosteuspuitoisuuteen ja hiukkaskokoon. Leijupetiä käytettäessä maitojauhe siirtyy leijupetikammioon, jossa jauheesta kuivataan jäljelle jäänyt kosteus, minkä jälkeen se jäähdytetään. (1, s. 381–382.) Leijupetiä voidaan käyttää myös maitojauheen hiukkaskoon kasvattamiseen. Jauhe kostutetaan höyryllä, mikä aiheuttaa jauheen agglomeroitumisen, eli yhteen kasautumisen. Agglomeroituneen jauheen kosteus poistetaan kuumalla ilmalla. (1, s. 386.) Maitojauheen instantointi, eli hiukkaskoon kasvattaminen tekee maitojauheesta helpommin veteen liukenevan (1, s. 377).

2.4.4 Pakkaaminen ja varastointi

Maitojauhe pakataan automaattisella pakkauslinjastolla kartonkisiin, alumiinifoliollisiin kuluttajapakkauksiin tai teollisuuskäyttöön tarkoitettuihin paperisäkkeihin. Paperisäkit on valmistettu voimapaperista, ja niiden sisempi kerros on polyeteenipinnoitettu. Pak-

kaukset suojaavat tuotetta ilmankosteudelta ja valolta. Optimaalinen säilytyslämpötila maitojauheille on +10–25 °C ja ilmankosteus 10–30 % RH. (2.) Rasvattoman maitojauheen säilyvyysaika on enintään kolme vuotta ja rasvaisen maitojauheen enintään 6 kuukautta. Rasvaisen maitojauheen lyhyempi säilyvyysaika johtuu rasvan hapettumisesta varastoinnin aikana, mikä aiheuttaa maitojauheeseen haittamakua. (1, s. 375.) Rasvapitoisten jauheiden säilyvyyttä voidaan parantaa täyttämällä pakkaus inertillä kaasulla (2).

3 Maitojauhe elintarvikesovelluksissa

3.1 Maitojauheen toiminnalliset ominaisuudet elintarvikkeissa

Maitojauhetta käytetään maailmanlaajuisesti mm. UHT-maitoon, rekombinoituihin eli ennastettuihin maitovalmisteisiin, hapatettuihin maitovalmisteisiin, jäätelöön, makeisiin, leipomotuotteisiin ja äidinmaidonkorvikkeisiin. Maitojauheen etuja ovat hyvä ravintoarvo, hyvä säilyvyys ja annosteltavuus ilman vesipitoisuuden lisääntymistä. Maitojauheen matala vesipitoisuus ja vedenaktiivisuus estävät mikro-organismeja lisääntymästä ja pidentävät maidon säilyvyysaikaa. Maitojauheen toiminnallisia ominaisuuksia elintarvikkeissa ovat mm. viskositeetin lisääntyminen, emulgointikyky, lämpöstabiilisuus, juoksettuminen, veden sidontakyky ja hyvä liukenevuus. Maitojauhe tuo tuotteeseen makeahkoa, täyteläistä ja keitettyä makua. (2.)

3.2 UHT-maito

3.2.1 Yleistä UHT-maidosta

UHT-kuumennettu maito on kaupallisesti steriili tuote, josta on voimakkaan lämpökäsittelyn avulla tuhottu kaikki maidon pilaantumista aiheuttavat mikro-organismit. Korkeahappoisissa (pH < 4,5) tuotteissa itiöt eivät pysty kehittymään, joten pastörinti riittää steriloimaan tuotteen tuhoamalla hiivat ja homeet, kun taas matalahappoiset (pH > 4,5) elintarvikkeet, kuten maito, vaativat UHT-käsittelyn tullakseen kaupallisesti steriileiksi. (1, s. 236.) UHT-käsittelyssä eli iskukuumennuksessa maito kuumennetaan vähintään 135 °C:seen muutaman sekunnin ajaksi, jota seuraa nopea jäähdytys. UHT-käsittelyn

jälkeen maito pakataan aseptisesti steriileihin pakkauksiin. Iskukuumennettu maito säilyy kuukausia huoneenlämmössä. (5.)

Mitä nopeampi kuumennus- ja jäähdytysprosessi on, sitä vähemmän se aiheuttaa muutoksia valmiin tuotteen makuun, väriin ja ravintoarvoihin (1, s. 238). Pitkäkestoinen kuumennus korkeassa lämpötilassa aiheuttaa maitoon keitetyn makua ja hajua, karamellin makua, saostumista ja geeliytymistä (7, s. 29–30). Maidon geeliytymisen saa aikaan kuumennuksen aikana tapahtuva heraproteiinien ja kaseiinien välinen vuorovaihtus, jossa β -laktoglobuliini ja κ -kaseiini muodostavat $\beta\kappa$ -komplekseja (8, s. 197). UHT-käsittelyssä laktoosi isomeroituu laktuloosiksi ja laktoosin ja proteiinin välinen reaktio saa aikaan Maillardin reaktion, joka aiheuttaa punertavan tai ruskehtavan värin. Kuumennus myös tuhoaa aminohappoja (lysiini) ja vitamiineja, kuten tiamiini ja C-vitamiini. (7, s. 29–30.)

3.2.2 UHT-menetelmät

UHT-kuumennuskäsittelyjä on kahdenlaisia. Suorassa UHT-käsittelyssä tuote on suorassa kontaktissa kuumentimen kanssa, jonka jälkeen se äkkijäähdytetään vakuumisäiliössä ja lopulta, mahdollisen homogenoinnin jälkeen jäähdytetään pakkauslämpötilaan. Myös suorakuumennus ja epäsuora jäähdytys ilman äkkijäähdytystä ovat mahdollisia. Suorakuumennusmenetelmiä ovat kuumennus höyryinjektiolla ja höyryinfuusiolla. (1, s. 237.)

Epäsuorassa menetelmässä kuumennus ja jäähdytys tapahtuvat lämmönvaihtimessa, jolloin lämpö siirtyy kuumentimen ja tuotteen välillä väliseinän läpi. Epäsuoraan kuumennukseen käytettäviä laitteistoja ovat levylämmönvaihdin, putkilämmönvaihdin ja korkeaviskoosisille tuotteille sopiva pintakaapijalämmönvaihdin. (1, s. 237.) Epäsuorassa menetelmässä tuote on herkempi palamiselle, sillä se on suorassa kosketuksessa kuumennuspinnan kanssa (9).

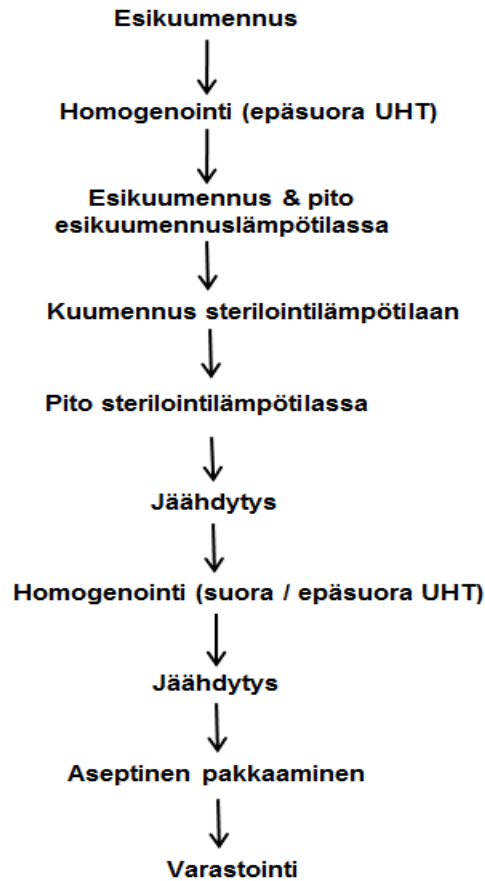
3.2.3 UHT-prosessin vaiheet

Tyypillisesti noin 4-asteinen tuote syötetään tasapainosäiliöstä syöttöpumpulla steriloi-tuun ja jäähdytettyyn lämmönvaihtimeen, jossa se esilämmitetään noin 75–80 °C:seen. Esilämmityksen jälkeen tuote kuumennetaan joko suoralla tai epäsuoralla menetelmäl-

lä 137–150 °C:ksi, paineen estäessä tuotetta kiehumasta. Tuote siirtyy ns. pitoputkeen, jossa se pidetään kuumennuslämpötilassa muutaman sekunnin ajan ennen jäähdytystä. Suorassa UHT-käsittelyssä tuote siirtyy lämmönvaihtimella varustettuun vakuumisäiliöön, jossa tyhjiötä ylläpitää pumppu. Vakuumisäiliössä tuotteen lämpötila laskee nopeasti noin 80 °C:seen ja tuotteesta poistuu höyrynä vastaava määrä, kuin siihen kuumennuksessa käytettiin. Vakuumisäiliöstä tuote siirtyy joko homogointiin tai lopulliseen jäähdytykseen, jossa tuote jäähdytetään lämmönvaihtimessa 20–25 °C:n pakkauslämpötilaan. Epäsuorassa UHT-käsittelyssä tuote jäähdytetään suoraan pakkauslämpötilaan, ilman vakuumijäähdytystä. (1, s. 238–240.)

Homogoinnin tarkoituksena on rasvapallosten pilkkomisella estää rasvan nouseminen tuotteen pintaan. Suorakuumennuksessa homogointi tapahtuu vakuumisäiliössä tehdyn äkkijäähdytyksen jälkeen, ennen lopullista jäähdytystä. Epäsuorassa menetelmässä tuote voidaan homogenoida ennen UHT-käsittelyä, jolloin ei-aseptisen homogenisaattorin käyttö on mahdollista. Joissain prosesseissa, esimerkiksi kahvikerman ja konsentroidun maidon valmistuksessa, käytetään myös tuplahomogointia, jonka etuna on lopputuotteen pitkään stabiilina pysyvä rakenne. (1, s. 240.)

UHT-käsitelty tuote säilytetään aseptisessä säiliössä. Tuotteet pakataan tyhjänä steriloituihin pakkausmateriaaleihin. Pakkaaminen tehdään steriilissä ympäristössä, jossa tuotteen ja pakkauksen mikrobikontaminaatio estetään koko pakkausprosessin ajan. (1, s. 243.) UHT-prosessin tyypilliset vaiheet on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. UHT-prosessin tyypilliset vaiheet (9, muokattu).

UHT-kuumennetut tuotteet säilyvät avaamattomana huoneenlämmössä useita kuukausia. Vaikka korkea kuumennuslämpötila tuhoaa mikro-organismit, lopputuotteeseen saattaa jäädä aktiivisia, bakteereiden tuottamia entsyymejä. Entsyymit aiheuttavat muutoksia tuotteen makuun ja rakenteeseen. (10.)

3.3 Sulatejuusto

Sulatejuustolla tarkoitetaan valmistetta, joka valmistetaan yhdestä tai useammasta juustolajista sulattamalla ja emulgoimalla lämmittämisen ja sulatesuolojen avulla. Valmistuksessa voidaan käyttää myös muita maitopohjaisia tuotteita sekä vettä. Sulatejuustoa voidaan maustaa muilla elintarvikkeilla, mutta niiden määrä kuiva-aineksi laskeutena saa olla enintään yksi kuudesosa valmiin tuotteen kuiva-ainepitoisuudesta. (11, 2 §.)

Sulatejuuston valmistuksessa käytetään pääosin kovia ja puolikovia juustoja. Kovaa juustoa on esimerkiksi parmesaani ja puolikovaa edam. Sulatejuuston makuun ja rakenteeseen voidaan vaikuttaa käyttämällä eri kypsytysajan juustoja. Pääasialliset sulatejuuston valmistuksessa käytetyt sulatesuolat ovat erilaisten fosfaattien ja sitraattien sekoituksia. (12.) Sulatesuolat saavat aikaan rasvan ja muiden ainesosien homogeenisen jakautumisen muuttamalla juuston proteiinit dispergoituneeseen muotoon (13).

Sulatejuuston rasvapitoisuutta voidaan nostaa lisäämällä voita. Rasvan lisäys vähentää sulatejuuston viskositeettia ja tekee sen koostumuksesta pehmeämmän. Sulatejuuston valmistuksessa käytetään usein raaka-aineena esisulatetta, joka on kertaalleen keitettyä sulatejuustomassaa. (12.) Esisulatetta käytetään lisäämään sulatejuuston rakenteen kermaisuutta (14, s. 761). Myös maitojauhetta ja herajauhetta käytetään sulatejuuston valmistuksessa (12). Maitojauhe tukee sulatejuuston kermoittumista sekä kehittää sen rakennetta, koostumusta ja makua (14, s. 762). Herajauhe laskee sulatejuuston viskositeettia ja sopii käytettäväksi kermoittuvan raaka-aineen kanssa. Sekä maito että herajauheen määrän tulee olla enintään 10 %:a koko panoskoosta, sillä suurempi määrä vaikuttaa tuotteen makuun. Juustomassaan voidaan lisätä erilaisia maku-, väri- ja säilöntäaineita. (12.)

Sulatejuuston valmistusprosessissa raaka-aineena käytettävä juusto jauhetaan ja siihen lisätään sulatesuolat, vesi ja muut mahdolliset raaka-aineet. Keittolämpötila ja -aika riippuvat sulatejuustotyypistä. Esimerkiksi leikattavien sulatejuustojen keittoaika on noin 4–8 minuuttia 80–85 °C:ssa ja levitettävien sulatejuustojen 8–15 minuuttia 85–95 °C:ssa. Sulatejuusto pakataan kuumana, mikä ehkäisee vegetatiivisten bakteerin kontaminaatiota valmiissa tuotteessa. Tuote jäähdytetään sulatejuustotyypille sopivalla ajalla ja tavalla. (12.)

3.4 Maitotiiviste

Kondensoitu maito on maidosta keittämällä valmistettu, sokeroitu tai sokeroimaton maitotiiviste, joka voidaan valmistaa joko tuoreesta tai ennastetusta maidosta. Kondensoitu maito valmistetaan haihduttamalla maidosta vettä, jolloin sen kuiva-ainepitoisuus ja rasvapitoisuus kasvavat. Markkinoilla on sekä tuplakonsentroituja tuotteita, joissa rasvapitoisuus on normaalisti 7,5 % ja kokonaiskuiva-ainepitoisuus 25 %, että triplakonsentroituja tuotteita, joissa rasvapitoisuus on 4–10 % välillä ja kokonaiskuiva-

ainepitoisuus 33 %. Maidon kokonaiskuiva-aine käsittää maidon sisältämän proteiinin, laktoosin, rasvan sekä kivennäisaineet. Makeutettu kondensoitu maito on korkea-viskoosinen tuote, jonka sokeripitoisuus vesifaasissa on 62,5–64,5 %. Korkea sokeripitoisuus aiheuttaa osmoottisen paineen, joka tuhoaa useimmat mikro-organismit, joten sitä ei tarvitse kuumentaa pakkaamisen jälkeen. (1, s. 367–369.)

Makeuttamattoman maitotiiviste valmistusprosessissa standardisoitu maito esikuumennetaan 100–120 °C:ssa 1–3 minuutin ajan, minkä jälkeen se jäädytetään 70 °C:een. Lämpökäsittelyn aikana merkittävä osa maidon heraproteiineista denaturoituu ja kalsiumsuolat saostuvat. Myös maidon proteiinikompleksi stabiloituu ja estää koaguloitumisen sterilointivaiheen ja varastoinnin aikana. Lämpökäsittely vaikuttaa lopputuotteen viskositeettiin, mikä on tärkeää tuotteen laadun kannalta. Jäähdytyksen jälkeen maito siirtyy haihduttimeen, jossa sitä keitetään 65–70 °C:n lämpötilassa. Keittämisen aikana maidosta haihtuu vettä pois ja maidon kuiva-ainepitoisuus kasvaa. Haihduttimesta maito siirtyy homogenisaattoriin, jossa se käsitellään jatkokäsittelystä riippuen joko 50–250 (UHT-käsittely) tai 125–250 (tölkeissä sterilointi) barin paineessa. Homogenisoinnin jälkeen maito jäädytetään ja sen kuumennusstabiiliutta voidaan parantaa lisäämällä stabilointisuoloja, kuten dinatriumfosfaattia tai trinatriumfosfaattia. (1, s. 368–370.)

Esikäsittelyn jälkeen maitotiiviste joko pakataan säilyketölkkeihin, joissa se steriloidaan autoklaavissa 110–120°C:ssa 15–20 minuutin ajan tai UHT-käsitellään ja pakataan aseptisesti kartonkipakkauksiin. UHT-käsittelyssä maito kuumennetaan useimmiten putkimaisessa lämmönvaihtimessa 122–140 °C:n lämpötilaan, kuumennusajan vaihdeltaessa neljästä sekunnista kahdeksaan minuuttiin. Kuumennuslämpötila ja -aika vaikuttavat lopputuotteen viskositeettiin, väriin ja varastointistabiiliuteen. (1, s. 368–371.)

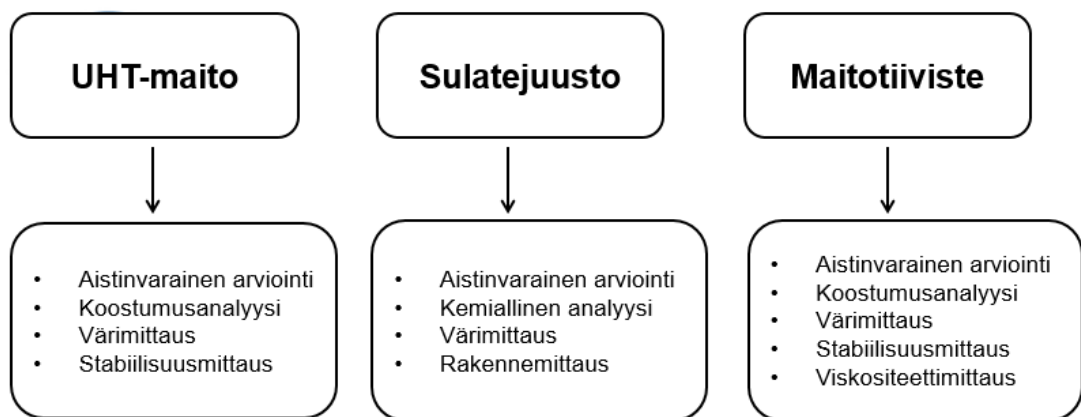
Säilyketölkkeihin pakattu maitotiiviste säilyy oikein varastoituna vuosia (15, s. 229). Oikea varastointilämpötila maitotiivisteelle on 0–15 °C. Liian korkea varastointilämpötila aiheuttaa tuotteen ruskistumista, joka on seurausta proteiinien ja laktoosin välisestä Maillard-reaktiosta. Liian matalassa varastointilämpötilassa saattaa tapahtua proteiinien saostumista. UHT-käsitellyn maitotiivisteiden säilyvyysaika on noin 6–9 kuukautta. (1, s. 371.)

4 Materiaalit ja menetelmät

4.1 Yleistä koeasetelmasta

Insinööriyön kokeellisessa osuudessa valmistettiin UHT-maitoa, sulatejuustoa ja UHT-käsiteltyä maitotiivistettä pilot-mittakaavan laitteistoilla. Koemuuttujina olivat kaksi maitojauhetta (koejauhe ja vertailujauhe). Tulosten luotettavuuden lisäämiseksi kaikista kokeista tehtiin myös toistokokeet, joissa koeolosuhteet pyrittiin pitämään aiempia kokeita vastaavina.

Kokeissa verrattiin koe- ja vertailujauheen käyttäytymistä tuotteiden valmistusprosessissa sekä käytetyn maitojauheen eroja valmiin tuotteen ominaisuuksissa. Koeajojen aikana seurattiin kuumennuksen vaikutusta tuotemassoihin ja mahdolliseen palamiseen laitteistojen pinnoille. Koeajoista kerättiin näytteet, joita analysoitiin eri tavoin. Kuvassa 6 on esitetty kokeellisen osuuden sovellukset ja näytteille tehdyt analyysit ja mittaukset.



Kuva 6. Insinööriyön kokeellisen osuuden maitojauhesovellukset ja näytteille tehdyt analyysit ja mittaukset.

Maitojauheen vaikutusta lopputuotteiden ominaisuuksiin tutkittiin aistinvaraisilla arvioinneilla, koostumus-, väri-, stabiilisuus-, viskositeetti- ja rakennemittauksilla. UHT-maidon ja sulatejuuston aistinvarainen arviointi tehtiin ainoastaan toistokokeiden näytteille, sillä ensimmäisissä koeajoissa käytetyssä koejauhe-erässä havaittiin hapettuneen makua, joka johtui pitkästä varastointiajasta. Makuvirheen vuoksi koe- ja vertailujauhe eivät olisi olleet vertailukelpoisia aistinvaraisessa arvioinnissa.

4.2 Maitojauhenäytteet

Näytteenä käytetyt maitojauheet olivat koostumukseltaan samankaltaisia, rasvaisia maitojauheita. Molemmista maitojauheista käytettiin kahta eri valmistuserää (koejauheen eränumerot 6069600110 ja 7051600100, vertailujauheen eränumerot 7018766111 ja 7052766111), joista kustakin tehtiin kemialliset analyysit. Näytteiden rasvapitoisuudet olivat 26,2–27,2 %, proteiinipitoisuudet 27,1–28,0 %, laktoosipitoisuudet 37,6–40,0 % ja kosteuspitoisuudet 1,8–2,6 %.

Lisäksi ensimmäisissä koeajoissa käytetyille erille (6069600110 ja 7018766111) tehtiin furosiinimittaukset. Mittausten tarkoituksena oli saada tietoa maitojauheiden valmistusprosessissa tapahtuneen Maillard-reaktion laajuudesta. Furosiini on proteiinien ja sokeiden välisessä Maillard-reaktiossa syntyvä sivutuote (16, s. 471).

4.3 Koeajot

4.3.1 UHT-maito

Koeajot tehtiin kahdesta eri maitojauheesta (koejauhe ja vertailujauhe) valmistetulla ennastetulla maidolla. Vettä punnittiin 44 kg ja jauhetta 5,72 kg, jolloin yhden koeajonerän koko oli noin 50 litraa. Jauhe ennastettiin isossa saavissa kylmään veteen sähkösekoittimella (Antrieb X40/38-E3, Ystral GmbH, Germany) sekoittaen (kuva 7).



Kuva 7. Maitojauheen ennastaminen veteen UHT-maidon koeajoa edeltävänä päivänä.

Kokeita edeltävänä päivänä ennastettu maito säilytettiin kylmiössä +6 °C:ssa yön yli (16 h). Edellispäivänä ennastamisella edesautettiin jauheen liukenemista veteen ja nopeutettiin koeajopäivän esivalmisteluja.

UHT-koeajot suoritettiin UHT-pilotlaitteistolla (Micro Thermics Inc, USA). Kokeet tehtiin sekä suoralla että epäsuoralla UHT-menetelmällä. Eri UHT-käsittelyn ajot tehtiin eri päivinä, joten toistokokeineen koeajopäiviä oli yhteensä neljä. Tehdyt koeajot olivat seuraavat:

1. Epäsuora UHT, koejauhetta käyttäen
2. Epäsuora UHT, vertailujauhetta käyttäen
3. Suora UHT, koejauhetta käyttäen
4. Suora UHT, vertailujauhetta käyttäen.

Suorassa UHT-menetelmässä kuumennus tapahtui höyryinjektiolla ja maito jäähdytettiin vakuumisäiliössä ennen lopullista jäähdytystä. Epäsuorassa UHT-menetelmässä kuumennus ja jäähdytys tapahtuivat putkilämmönvaihtimessa. Taulukossa 3 on esitetty kokeissa käytetyt ajoparametrit.

Taulukko 3. UHT-maidon koeajoissa käytetyt ajoparametrit.

	Suora UHT	Epäsuora UHT
Esilämmitys (°C)	85	80
Lämpötila (°C)	150	140
Kuumennusaika (s)	3	3
Homogenointi (bar)	180/50	220/50
Jäähdytyslämpötila (°C)	20	20

Koeajon kulku oli samanlainen sekä suoraa että epäsuoraa UHT-menetelmää käytettäessä. Ennen koeajon alkamista ennastettua maitoa sekoitettiin mekaanisella sekoittimella (Antrieb X40/38-E3, Ystral GmbH, Germany) muutaman minuutin ajan. UHT-laitteen syöttöletku asetettiin ennastussaaviin, josta maito siirtyi UHT-laitteistoon. Jauheen agglomeroitumista saavin pohjalle tai pintaan ehkäistiin sekoittamalla ennastettua maitoa käsin ajon aikana. Sekoitus tehtiin varovasti, jotta laitteistoon ei päätyisi ilmapuolia sekoituksesta johtuen.

Maidoista mitattiin refraktometrillä (Pocket Refractometer PAL-1, Atago, Japan) liukoinen kuiva-aine (Brix) ennen UHT-ajoa ja ajon aikana. UHT-maidoista otettiin näytteet UHT-ajon loppuvaiheessa. Näytteet kerättiin lasipulloihin ja siirrettiin kylmiöön (+6 °C). Koeajonäytteiden keräysvaihe ei ollut suljettu prosessi, joten näytteitä ei voitu pakata steriilisti. Tästä syystä näytteiden analysointi tehtiin 5 vuorokauden sisään koeajoista.

Koeajot kestivät n. 45 minuuttia/koe-erä, joiden aikana kerättiin dataa ajon aikana valitsevista paineista ja lämpötiloista. Lisäksi UHT-ajoissa seurattiin laitteiston ”likaantumista”, eli proteiinien denaturoitumista kuumennuksen vaikutuksesta. Suoraa UHT-menetelmää käytettäessä likaantumista seurattiin ajon aikana vakuumisäiliön näkölasista. Epäsuoran UHT-ajon aikana tapahtuvaa likaantumista seurattiin laitteiston väli- ja loppupesun aikana tarkkailemalla mahdollisesti pesuveteen tai laitteiston irrotettaviin osiin jäävää palanutta kiintoainetta.

4.3.2 Sulatejuusto

Sulatejuuston keittokokeet tehtiin pilot-mittakaavan panostyyppisellä keittokattilalla (Stephan UMSK 5, Stephan Machinery GmbH, Germany). Keittokokeissa käytettiin yrityksen sisäistä, levitettävälle sulatejuustolle tarkoitettua reseptiä. Reseptiä muokattiin maitojauheen ja voilisäyksen osalta niin, että koostumus vastasi alkuperäisen reseptin rasva- ja kuiva-ainepitoisuutta. Raaka-aineissa muuttujana oli maitojauhe, muut raaka-aineet olivat jokaisessa koe-erässä samat. Yhden keittokoe-erän koko oli 1,5 kg.

Kokeet tehtiin kahdella eri kuumennusmenetelmällä, suorahöyryllä ja vaippahöyryllä. Suorahöyry on nopea kuumennusmenetelmä, jossa höyry tulee suoraan putkesta tuotteeseen. Vaippakuunnuksessa höyry tulee kattilan vaippaan, jossa se kuumentaa kattilan sisäpinnan ja siten tuotteen. Vaippahöyryä käyttäessä kuumennusaika on huomattavasti pidempi ja tuote palaa herkemmin kattilan reunoille.

Tehdyt keittokokeet, suluissa koejärjestys:

1. Suorahöyry, vertailujauhe (4.)
2. Suorahöyry, koejauhe (3.)
3. Vaippahöyry, vertailujauhe (1.)
4. Vaippahöyry, koejauhe (2.)

Keittokokeet aloitettiin vaippahöyryllä tehtävillä erillä. Pilkotut juustot, kuiva-aineet ja voi lisättiin keittokattilaan ja jauhettiin tasaiseksi massaksi. Kattilaan lisättiin vesi ja massa kuumennettiin 90 °C:seen. Suorahöyryllä kuumentaessa käytettiin lisäksi vakuumia, eli muodostettiin alipaine vakuumpumpulla ennen keittämisen aloittamista. Aikaa kuumennukseen meni vaippahöyryä käytettäessä noin 8 minuuttia ja suorahöyryä käytettäessä noin minuutti. Kattilan saavutettua tavoitelämpötilan massaa jälkihämmennettiin vielä 2,5 minuuttia. Sulatejuusto pakattiin välittömästi keittämisen jälkeen muovipikareihin, kansitettiin ja siirrettiin kylmiöön (+6 °C) jäähtymään.

4.3.3 Maitotiiviste

Maitotiivisteeseen valmistukseen käytettiin reseptipohjaa, jota yrityksessä on käytetty maitojauheiden lämmönkestävyyden selvittämiseen rekombinoidun maitotiivisteeseen valmistuksessa. Reseptiä muokattiin käytetyn maitojauheen ja rasvan suhteen niin, että koos-

tumus vastasi alkuperäisen reseptin kuiva-aine-, rasva- ja proteiinipitoisuutta. Reseptin raaka-aineet olivat vesi, kaksi eri maitojauhetta, kasviöljy (palmuöljy) ja stabilointiainena käytetty fosfaatti. Toinen maitojauheista oli vakiona pysyvä raaka-aine ja toinen oli muuttujana käytetty koejauhe/vertailujauhe. Fosfaatin osuus reseptissä oli 0,5 %. Fosfaattiseos valmistettiin koeajoa edeltävänä päivänä natriumdivetyfosfaatista, dinatriumvetyfosfaatista ja ionivaihdetusta vedestä. Maitotiivisteseoksen laskennallinen koostumus oli seuraava:

- kuiva-ainepitoisuus 26,25 %
- rasvapitoisuus 8,30 %
- proteiinipitoisuus 6,67 %

Yhden koeajokerän koko oli noin 30 kg. Koeajopäivänä maitojauhe, kasviöljy ja fosfaattiseos punnittiin ja liuotettiin 70-asteiseen veteen sähkösekoittimella (Antrieb X50/10, Ystral GmbH, Germany) sekoittaen. Kuumaa vettä käyttämällä varmistettiin jauheiden liukeneminen veteen.

Maitotiivisteen koeajoon käytettiin pilot-mittakaavan Milkline-laitteistoa (Tetra Pak CPS Ltd, UK). Koeajo suoritettiin epäsuoraa kuumennusmenetelmää käyttäen. Maitotiivisteseos kaadettiin syöttösäiliöön (kuva 8), josta se siirtyi kuumennuskäsittelyyn.



Kuva 8. Maitotiivisteen koeajossa käytetyn laitteiston syöttösäiliö, josta tuotemassa siirtyy kuumennuskäsittelyyn.

Seos esikuumennettiin 70 °C:seen ja homogenoitiin 150 barin paineessa. Ensimmäisellä koeajokerralla tavoitekuumennuslämpötila oli 140 °C ja pitoaika muutaman sekunnin. Laitteistolla ei päästy tavoitekuumennuslämpötilaan, vaan lämpötila jäi ensimmäisen koeajokerän kohdalla n. 137 °C:seen ja toista erää ajettaessa n. 133 °C:seen. Koeajolaitteistolla ei ollut aiemmin tehty koeajoja vastaavanlaisilla korkeilla kuumennuslämpötiloilla ja tavoitekuumennuslämpötilasta jääminen johtui luultavasti höyrykattilan riittämättömästä höyrynpaineesta. Steriilyden takaamiseksi toistokokeessa kuumennuslämpötilaa laskettiin 130 °C:seen ja pitoaikaa nostettiin yli minuuttiin. Pitoajan jälkeen maitotiiviste jäähdytettiin 10 °C:seen. Molemmilla koeajokerroilla kokeet aloitettiin koejauhetta sisältävällä maitotiivisteellä, jonka jälkeen tehtiin laitteiston välipesu ja ajettiin vertailujauhetta sisältävä maitotiiviste.

4.4 Koostumusmittaukset

UHT-maito- ja maitotiivistenäytteiden koostumukset analysoitiin FTIR-tekniikkaan (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) perustuvalla, maitotuotteille tarkoitetulla koostumusanalyysaattorilla. (MilkoScan FT 120, Foss Electric, Denmark). Näytteistä mitattavat parametrit olivat rasva, proteiini, laktoosi, kokonaiskuiva-aine ja kuiva-aine - rasva. Ennen mittausta näytteet lämmitettiin vesihauteessa 40-asteisiksi. Näytteistä tehtiin kaksi rinnakkaismittausta. Sulatejuustonäytteistä mitattiin rasva- ja kuiva-ainepitoisuus. Näytteet toimitettiin yrityksen sulatejuustoa valmistavan tehtaan laboratorioon, jossa mitaukset tehtiin lähi-infrapunaan perustuvalla NIT-analysoinnilla (*Near Infrared Transmittance*).

4.5 Aistinvarainen arviointi

Näytteiden välisiä aistinvaraisia eroja arvioitiin kuvailevaa menetelmää soveltaen. Arvioinnin tarkoituksena oli selvittää käytetyn maitojauheen (koejauhe/vertailujauhe) vaikutusta näytteiden aistinvaraisesti havaittaviin ominaisuuksiin. Ennen varsinaisia arviointitilaisuuksia kokoonnuttiin esiraadin (n= 2–4) kanssa arvioimaan näytteitä ja käymään läpi näytteitä kuvaavia, arviointiin soveltuvia ominaisuuksia. Esiraati koostui yrityksen aistinvaraisista arvioinneista vastaavista henkilöistä sekä kyseistä tuoteryhmää tuntevista henkilöistä. Esiraadin kesken keskusteltiin näytteiden välillä havaituista eroista ja

niiden suuruuksista ja päätettiin arviointitilaisuutta varten ominaisuudet, joiden avulla parhaiten saadaan selville mahdolliset näytteiden väliset erot.

UHT-maidon arviointiin valitut ominaisuudet olivat värin voimakkuus, näytteen makeus, täyteläisyys, keitetyn maku ja maun puhtaus. Arvioitavana oli neljä näytettä: sekä suoralla että epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistetut maitonäytteet, joissa muuttujana oli maitojauhe. Eri kuumennusmenetelmien koeajot tehtiin eri päivinä, jonka vuoksi epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistetut näytteet olivat arvioitaessa neljän vuorokauden ikäisiä ja suoralla UHT-kuumennuksella valmistetut näytteet viiden vuorokauden ikäisiä.

Sulatejuustoa kuvaileviksi ominaisuuksiksi päätettiin ulkonäön kohdalla sulatejuuston kiiltävyys ja värin voimakkuus, rakenteen kohdalla lohkeavuus ja tahmeus sekä maun kohdalla maun voimakkuus. Arvioitavana oli neljä näytettä: suolahöyryllä ja vaippakuumennuksella valmistetut näytteet, joissa muuttujana oli maitojauhe. Sulatejuustonäytteet arvioitiin yhdeksän vuorokauden ikäisinä.

Maitotiivisteestä arvioitavat ominaisuudet olivat värin voimakkuus, näytteen paksuus, makeus, täyteläisyys, keitetyn maku, suolaisuus ja maun puhtaus. Arvioitavana oli kaksi näytettä: koemaitojauheesta ja vertailumaitojauheesta valmistetut maitotiivisteet. Arviointi tehtiin koeajoa seuraavana päivänä.

Näytteet arvioitiin yksi ominaisuus kerrallaan 7-portaisella luokka-asteikolla, jossa asteikon ääripäävät olivat kuvattu sanallisesti (esim. ei lainkaan makea – erittäin makea). Arvioinnissa käytettiin graafista asteikkoa, joka tuloksia käsiteltäessä muutettiin numeeriseksi asteikoksi 1–7. Jotta saatiin spesifisempää tietoa näytteiden mahdollisista makuerista, lisättiin arviointilomakkeeseen kohdat, johon arvioija voi kommentoida näytteiden makua/mahdollista sivumakua ja mahdollisesti näytteiden välillä havaitsemiaan eroja. Liitteessä 1 on esimerkkilomakkeena UHT-maidon arviointilomake.

UHT-maidon ja maitotiivisteiden arvioinnissa näytteet annosteltiin läpinäkyviin muovipikareihin ja sulatejuustonäytteet arvioitiin valkoisissa muovipikareissa, joihin ne koeajossa pakattiin. Arviointia varten näytteet koodattiin kolminumeroisin satunnaisluvuin ja näytteiden esillepano- eli arviointijärjestys satunnaistettiin. Kuvassa 9 on esitetty sulatejuuston arvioinnin esillepano. Tarjottimella oli näytteet, metallilusikat, arviointilomake, kirjausvälineet ja vesimuki näytteiden välillä tehtävää suun huuhtomista varten.



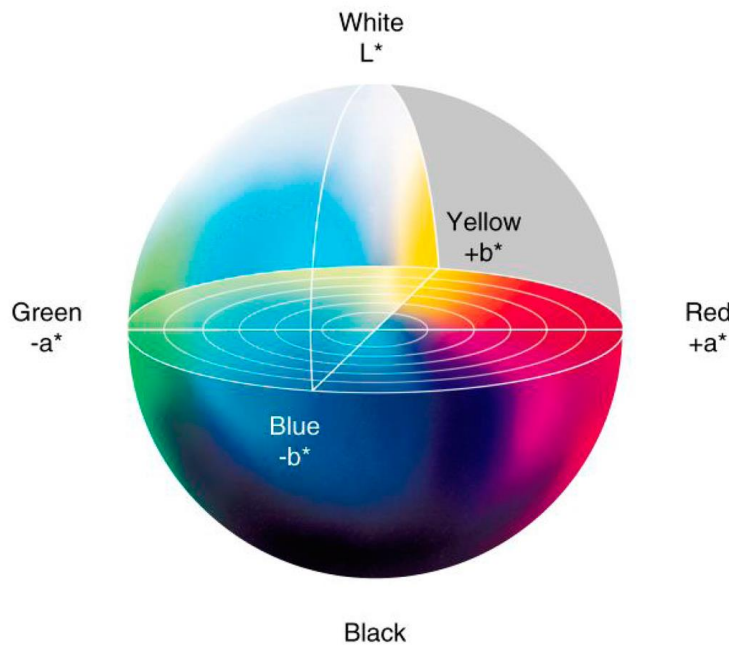
Kuva 9. Sulatejuuston arviointitilaisuuden esillepano. Tarjottimella on arvioitavat näytteet, lusikat, vesimuki näytteiden välillä tehtävää suun huuhtelua varten, arviointilomake sekä kirjausvälineet.

Arviointitilaisuudet järjestettiin yrityksen tiloissa. Arviointiolosuhteet ja -menetelmät olivat samat eri näytteiden arviointitilaisuuksissa. Kaikki arviointeihin osallistuneet ($n=7-8$) olivat yrityksen sisäisiä henkilöitä, joilla oli jo ennestään kokemusta aistinvaraiseen arviointiin osallistumisesta. Raati oli osittain sama kaikkien näytteiden arvioinnissa, mutta kunkin näytteen arviointiin kutsuttiin myös juuri kyseisen tuoteryhmän asiantuntijoita. Aikataulullisista syistä arviointiin osallistuneet eivät arvioineet näytteitä samaan aikaan, vaan arviointitilaisuudet kestivät noin tunnin, jonka aikana arviointitilaisuuteen kutsutut henkilöt kävivät suorittamassa arvioinnin. Ennen arviointia käytiin lyhyesti läpi arvioitavat näytteet ja arviointimenetelmä. Arvioinnin tuloksien analysointiin käytettiin R-tilasto-ohjelmaa (RStudio 3.3.3). Tulokset käsiteltiin varianssianalyysillä (ANOVA), jotta saatiin selville, eroavatko eri maitojauheella valmistetut näytteet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi arvioitujen ominaisuuksien suhteen.

4.6 Värimittaukset

Näytteille tehtiin värimittaukset kromametrimillä (Chroma Meter CR-410, Konica Minolta, Japan). Näytteistä tehtiin kolme rinnakkaismittausta. Käytetyssä värimittausmenetelmässä saatiin Lab-väritilan numeeriset arvot väreille. Värimallissa L*-komponentti ker-

too näytteen vaaleuden, a^* -komponentti on vihreä-punainen ja b^* -komponentti sininen-keltainen (17). Kuvassa 10 on havainnollistettu Lab-värimallia.



Kuva 10. Lab-värimalli (17).

Lab-arvot soveltuvat maidon ruskistumisen havaitsemiseen. Näytteen tai näytteen ja referenssinäytteen välinen kokonaisväriero voidaan laskea kaavalla

$$\Delta E = ((L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2)^{0.5}$$

jossa L^*_2 , a^*_2 ja b^*_2 ovat yhden näytteen arvoja ja L^*_1 , a^*_1 ja b^*_1 toisen näytteen tai referenssinäytteen arvoja. Väriero on havaittavissa, kun ΔE -arvo on yli 2. (16, s. 294.)

4.7 Stabiilisuusmittaukset

Maitojauheen vaikutusta maidon rakenteen pysyvyyteen mitattiin dispersioanalysointilaitteella (LUMiSizer, LUM GmbH, Germany), jossa valo kulkeutuu koko näytteen läpi käyttäen STEP-menetelmää (*Space- and Time-resolved Extinction Profiles*). Menetelmässä näyte valaistaan ja kulkeutunut valo detektoidaan tuhansien sensoreiden avulla. (18.) Emulsiota voidaan pitää stabiilina, kun dispergoituneen faasin pisarat eivät ole kasaantuneet, sakkautuneet tai nousseet pintaan tarkastellun ajanjakson aikana (19). Stabiilisuusmittauksissa näytteen lämpötila oli 25 °C, kierrosnopeus 4000 rpm ja mittausohjelman kesto 6 tuntia. Analysointilaitteesta saatiin dataa näytteen stabiilisuudesta valitulla

aikavälillä ja kierrosnopeudella sekä näytteiden epästabiilisuusindeksit, jotka ovat välillä 0 (erittäin stabili) ja 1 (täydellinen erottuminen).

4.8 Rakennemittaukset

Tutkittujen maitojauheiden vaikutusta sulatejuuston kiinteyteen mitattiin rakennemittauslaitteella (TA.XTplus Texture Analyser, Stable Micro Systems, UK). Mittaukset tehtiin 10-asteisille näytteille. Määrittäessä halkaisijaltaan 10 mm:n mittapää painui näytteeseen 15 mm:n syvyyteen nopeudella 1 mm/s. Tarvittu maksimivoima (g) kuvasi näytteen kiinteyttä. Näytteistä tehtiin kolme rinnakkaismittausta.

4.9 Viskositeettimittaukset

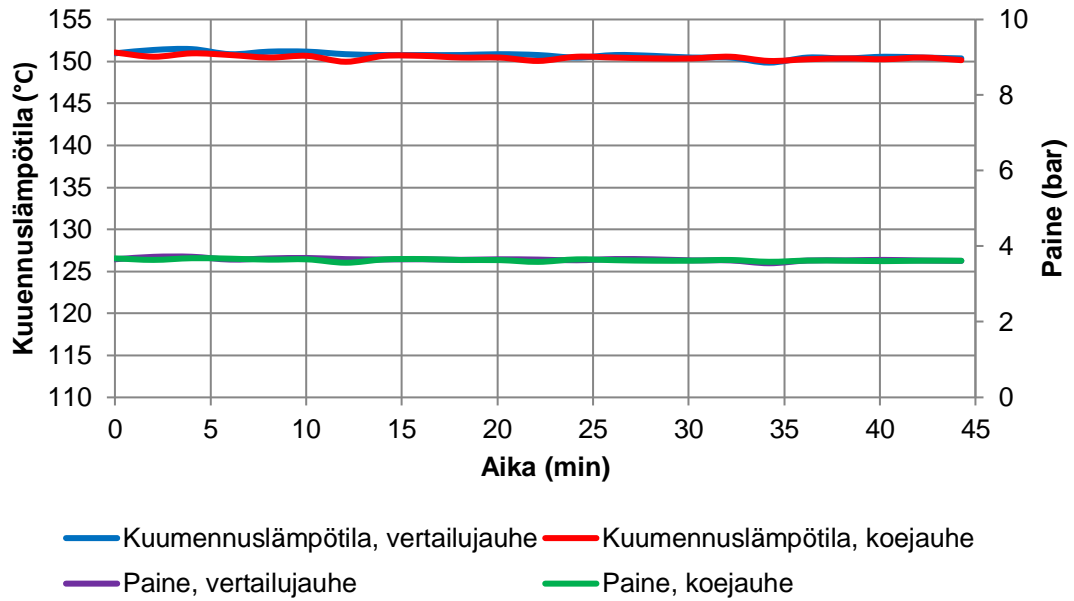
Maitotiivistenäytteille tehtiin viskositeettimittaukset Brookfield (DV-II+, Brookfield Engineering Laboratories Inc., USA) -viskosimetrillä. Brookfield-viskosimetri on rotaatioviskosimetri, jolla mitataan vääntömomenttia. Laitteen anturia pyöritetään mitattavassa nesteessä halutulla kierrosnopeudella, jolloin pyörivä liike aiheuttaa viskositeettivastuksen. Mitä viskoosimpaa mitattava neste on, sitä suurempi vääntömomentti tarvitaan aineen virtausvastuksen voittamiseksi. (20.)

5 Tulokset ja tulosten tarkastelu

5.1 Maitojauheen vaikutus UHT-maidon ominaisuuksiin

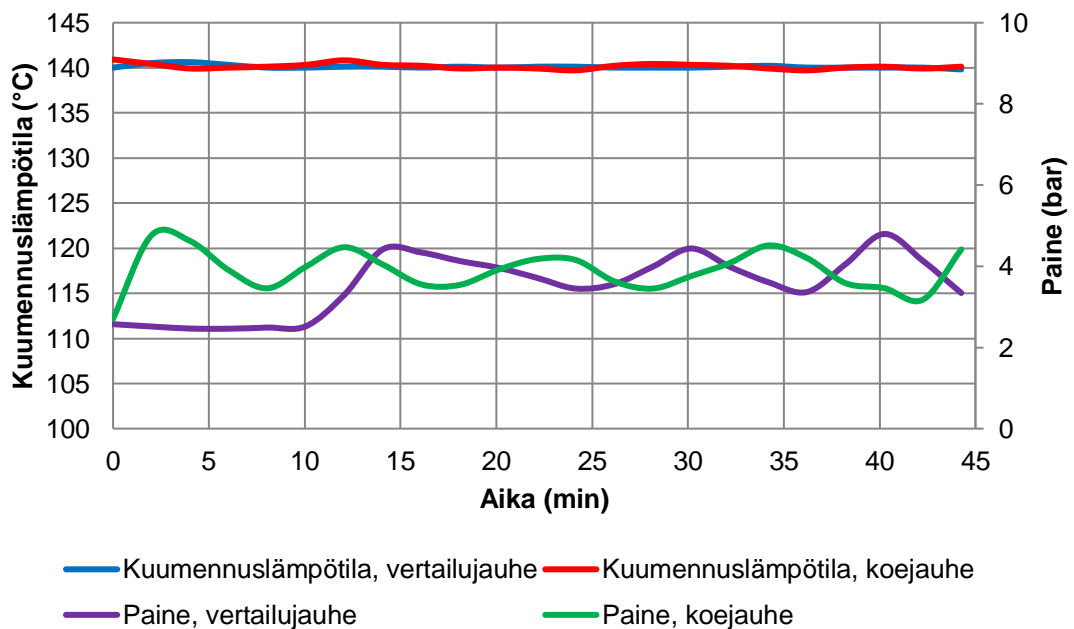
Koeajossa vertailujauheen Brix-arvo oli ennen ajoa 11,5 % ja koejauheen noin 10,5 %. Ajon aikana molempien maitojen Brix-arvo oli noin 11,8–11,9 %, mikä kertoo lopun liukenemattoman jauheen liunneen kuumennuskäsittelyn vaikutuksesta. Maidon kuiva-ainepitoisuus on n. 13,0 %, josta rasvaa on n. 4,0 % (1, s. 19).

Koeajojen aikana kerättiin dataa ajon aikaisista lämpötiloista ja paineista. Kuvassa 11 on suoran UHT-ajon aikana kerätyn datan pohjalta tehty kuvaaja, jossa näkyy ajon aikaiset kuumennuslämpötilat ja tuoteajopaineet. Kuvaajassa on sekä koejauheesta että vertailujauheesta valmistetut erät.



Kuva 11. Kuumennustempötila ja tuoteajopaine UHT-maidon koeajon aikana, suoraa UHT-menetelmää käytettäessä.

Kuvasta 11 nähdään, että sekä kuumennustempötila että tuoteajopaine pysyivät molempien erien kohdalla hyvin tasaisena koko ajon ajan. Kuvassa 12 on vastaava, epäsuoran UHT-ajon datasta tehty kuvaaja.



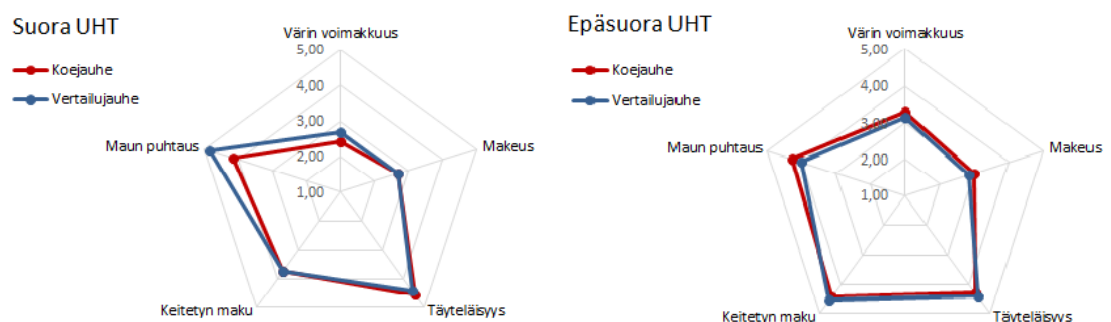
Kuva 12. Kuumennustempötila ja tuoteajopaine UHT-maidon koeajon aikana, epäsuoraa UHT-menetelmää käytettäessä.

Myös epäsuorassa UHT-ajossa kuumennuslämpötila pysyi tasaisena, eikä paineissa ollut muutoksia pientä vaihtelua lukuun ottamatta. Tuotteen palaminen laitteistoon ajon aikana heikentäisi kuumennustehoa, joka taas nostaisi painetta laitteistossa (21). Nämä näkyisivät kuumennuslämpötilan laskemisena ja paineen nousuna, joten koeajoista saadun datan perusteella palamista ei tapahtunut koe- tai vertailujauhetta sisältävän maidon kohdalla. UHT-ajojen aikana ei myöskään havaittu tuotteen palamista laitteiston pinnoille.

Taulukko 4. UHT-maitonäytteiden koostumusmittauksen tulokset, suluissa toistokokeen näytteistä mitatut arvot.

Näyte	Rasva (%)	Proteiini (%)	Laktoosi (%)	Kokonaiskuiva-aine (%)	Kuiva-ainerasva (%)
Suora UHT, koejauhe	2,99 (2,98)	3,01 (3,01)	3,99 (4,01)	11,01 (11,01)	7,93 (7,95)
Suora UHT, vertailujauhe	3,07 (3,08)	3,04 (3,06)	3,86 (3,89)	10,99 (11,05)	7,82 (7,88)
Epäsuora UHT, koejauhe	2,96 (3,07)	3,20 (3,12)	4,10 (4,12)	11,28 (11,32)	8,23 (8,16)
Epäsuora UHT, vertailujauhe	3,12 (3,12)	3,12 (3,12)	4,03 (4,01)	11,28 (11,27)	8,07 (8,06)

Taulukossa 4 on esitetty UHT-koeajojen näytteistä tehtyjen koostumusmittausten tulokset, suluissa toistokokeen näytteiden arvot. Analysointiin käytetyssä koostumusanalyysaattorissa ei ollut kalibrointia koeajotuotteiden kaltaisille näytteille, joten mittausten tuloksia ei voida pitää täysin luotettavina. Mittauksista saatiin kuitenkin selville jauhekohtaiset erot. Kuten taulukosta 4 nähdään, erot olivat pieniä.



Kuva 13. UHT-maitonäytteiden aistinvaraisen arvioinnin (n=7) tulosten keskiarvoista tehdyt aistinvaraiset profiilit.

Aistinvaraisen arvioinnin tuloksista laskettiin keskiarvot, joiden pohjalta tehtiin näytteiden aistinvaraiset profiilit (kuva 13). Tuloksista tehtiin varianssianalyysi, jossa verrattiin saman kuumennusmenetelmän näytteitä keskenään. Varianssianalyysin perusteella käytetyllä maitojauheella ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta näytteistä arvioituihin ominaisuuksiin. Eri kuumennusmenetelmän näytteitä verrattaessa molemmat epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistetut näytteet koettiin voimakkaamman väriseksi ja niissä havaittiin enemmän keitetyn makua. Taulukossa 5 on koottuna arvioijien antamat kommentit koskien näytteiden makua ja mahdollista sivumakua.

Taulukko 5. UHT-maitonäytteiden aistinvaraisessa arvioinnissa arvioijien antamat kommentit koskien näytteiden makua ja mahdollista sivumakua.

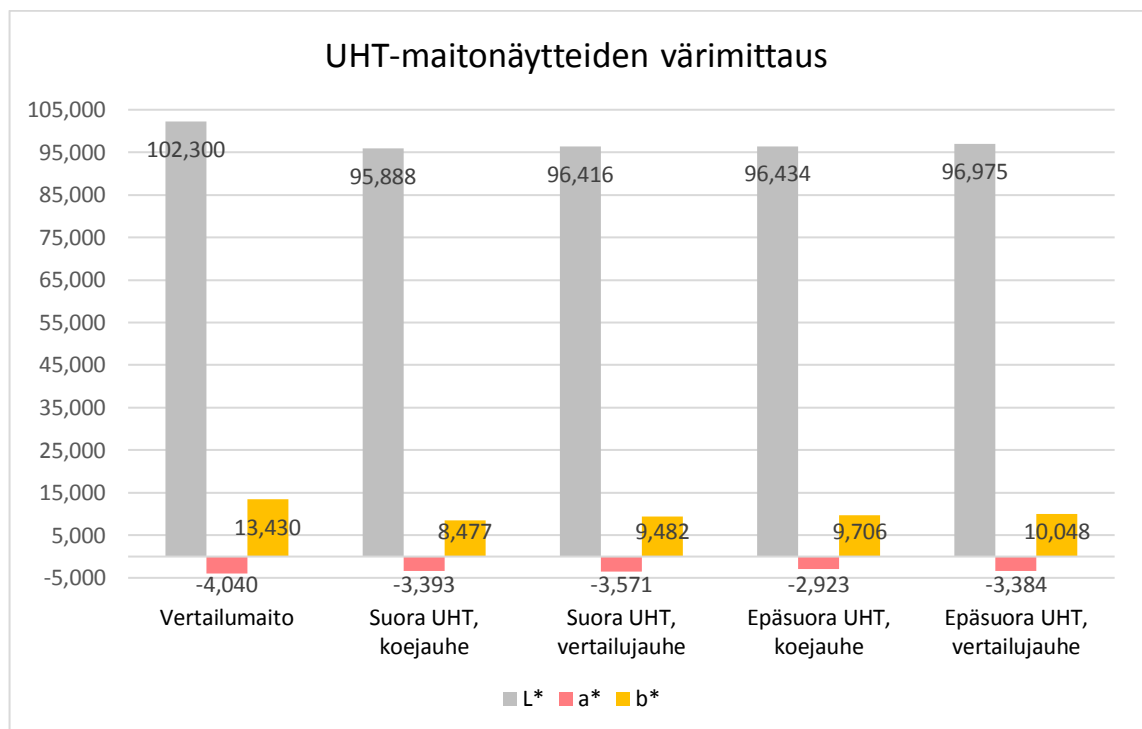
Näyte	Maku/sivumaku
Suora UHT, koejauhe	"Outo" "Tyhjempi maku, vähemmän makea, kananmunaa muistuttava" "Puhdas maku" "Aavistuksen heran makua?"
Suora UHT, vertailujauhe	"Kermainen" "Vetinen" "Lievä keitetyn maku"
Epäsuora UHT, koejauhe	"Keitetty" "Lievä keitetyn maku" "Palaneen maku"
Epäsuora UHT, vertailujauhe	"Keitetty" "Keitetty tai muu vieras maku" "Palaneen maku"

Arvioijien kommenteista (taulukko 5) nähdään, että molemmissa epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistetuissa näytteissä havaittiin keitetyn ja palaneen makua. Suoralla UHT-menetelmällä valmistetuissa näytteissä keitetyn maku oli pienempi, joten erot maun puhtaudessa tuli selvemmin esiin. Kommenttien perusteella koejauheesta valmistetussa UHT-maidossa havaittiin enemmän sivumakua. Arvioijista kolme kommentoi arvioinnin olleen vaikeaa erojen ollessa pieniä.

Palaneen maku voi olla seurausta kuumennuksen aikana tapahtuneesta Maillard-reaktiosta. Ensimmäisissä koeajoissa käytetyn koejauhe-erästä (6069600110) mitattu furosiinipitoisuus oli 530 mg/kg. Vastaavan vertailujauhe-erän (7018766111) furosiinipitoisuus oli 250 mg/kg. Furosiini on sokereiden ja proteiinien välisessä Maillard-reaktiossa syntyvä tuote (16, s. 471). Furosiinin määrään vaikuttaa kuumennuskäsittelyn voimakkuus (9). Koejauheen furosiinipitoisuus oli vertailujauheen arvoa suurempi,

mikä kertoo koejauheen valmistusprosessissa tapahtuneen enemmän Maillard-reaktiota kuin vertailujauheen valmistuksessa.

Kuvassa 14 on UHT-maidoille tehdyn värimittauksen tuloksista tehty histogrammi, jossa on ensimmäisen koeajon ja toistokokeen näytteiden värimittaustulosten keskiarvot. Värimittauksen vertailunäytteenä oli markkinoilla oleva hydrolysoitu, eli vähälaktoosinen UHT-täysmaito, joka kuumennuskäsittelyltään ja koostumukseltaan vastasi eniten koeajon näytteitä.



Kuva 14. UHT-maitonäytteiden värimittauksen tulokset. (L*=vaaleus, a*=vihreä-punainen, b*=sininen-keltainen). Histogrammissa on ensimmäisen koeajon ja toistokokeen näytteiden värimittaustulosten keskiarvot.

Saman kuumennusmenetelmän näytteitä verrattaessa valkeudesta kertova L*-arvo on pienempi koejauheista valmistetuissa UHT-maidoissa. Näytteiden b*-arvo (sininen-keltainen) on vertailujauheesta valmistetuissa maidoissa suurempi verrattuna saman kuumennusmenetelmän koejauheesta valmistettuun maitoon ja lähempänä vertailumaidon keltaisuusarvoa. Punaisuudesta kertova a*-arvo oli kummankin UHT-ajon näytteiden kohdalla suurempi koejauheesta valmistetussa maidossa. Ero oli suurempi kovemman kuumennuskäsittelyn läpikäyneillä, eli epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistetuilla näytteillä.

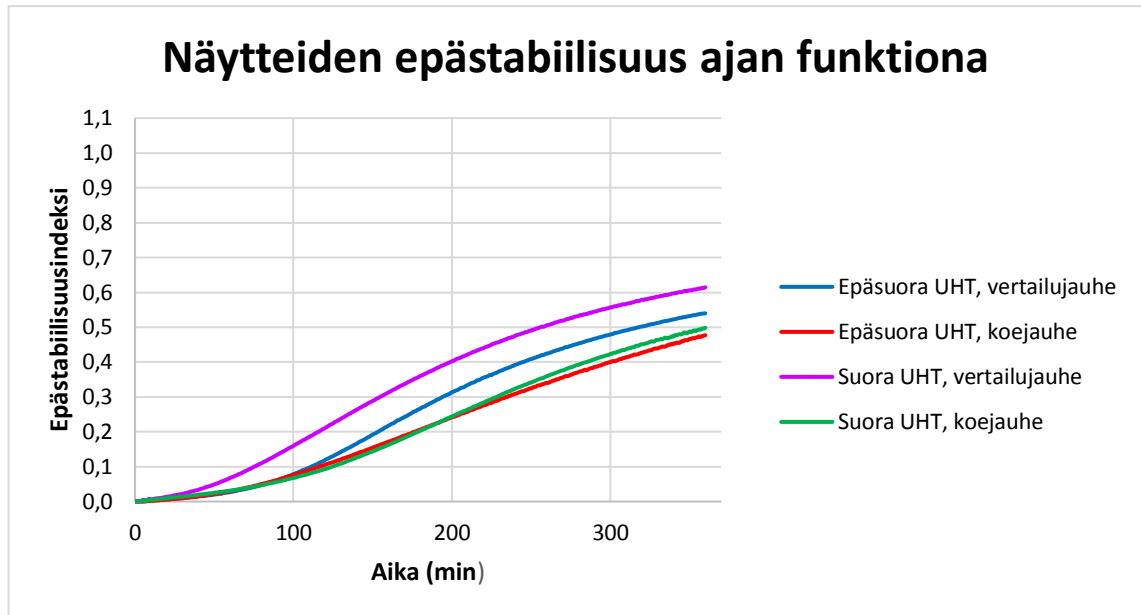
Koe- ja vertailujauheesta valmistettujen näytteiden kokonaisväriero ΔE oli suoralla UHT-menetelmällä valmistetuissa näytteissä 1,05 ja epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistetuissa UHT-maidoissa 0,79. ΔE -arvoa käytetään rusketumisen havaitsemiseen maidossa. Tuotteen ruskistuessa L^* -arvo pienenee ja a^* - ja b^* -arvot kasvavat. ΔE -arvon ollessa alle 2 kokonaisväriero on niin pieni, ettei sitä voi havaita. (16, s. 294.)

Taulukko 6. UHT-maitonäytteistä mitatut epästabiilisuusindeksit, suluissa toistokokeen näytteiden arvot.

Näyte	Epästabiilisuusindeksi
Suora UHT, koejauhe	0,496 (0,495)
Suora UHT, vertailujauhe	0,613 (0,582)
Epäsuora UHT, koejauhe	0,476 (0,406)
Epäsuora UHT, vertailujauhe	0,539 (0,453)

Suuremmat epästabiilisuusindeksit (taulukko 6) olivat vertailujauheesta valmistetuilla UHT-maidoilla, mikä kertoo niiden olleen epästabiilimpia kuin koejauheesta valmistetut näytteet. Emulsion epästabiilisuus kertoo dispergoituneessa faasissa tapahtuneen pisaroiden kasaantumista, sakkautumista tai pintaan nousemista (19).

Epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistettujen toistokokeen näytteiden epästabiilisuusindeksit poikkesivat ensimmäisen koeajon näytteiden tuloksista. Ero johtunee siitä, että kyseisten näytteiden stabiilisuus mitattiin seitsemän vuorokauden ikäisistä näytteistä, kun taas muiden erien stabiilisuus mitattiin tuoreista näytteistä koeajon jälkeen.



Kuva 15. UHT-maitonäytteiden stabiilisuusmittausten datasta tehty kuvaaja, jossa on näytteiden epästabiilisuusindeksit ajan funktiona. Kuvaajassa on sekä suoralla että epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistetuista näytteistä mitatut arvot.

Kuvassa 15 on stabiilisuusmittausten datan pohjalta tehty kuvaaja, jossa on näytteiden epästabiilisuusindeksit ajan funktiona. Maitojauhekohtainen epästabiilisuusero oli suurempi suoralla UHT-menetelmällä valmistuissa maidoissa. Maitojauhekohtaiset epästabiilisuuserot voivat johtua eroista proteiinien ja rasvojen välisissä stabilointireaktioissa. Homogenointi ja UHT-kuumennuskäsittely aiheuttavat rasvamembraanin hajoamisen, minkä jälkeen rasvan ja vesiosan rajapintaa stabiloivat proteiinit (22, s. 108). Maitoproteiinit alentavat rasvapisaroiden rajapinnan pintajännitystä ja muodostavat kerroksen, joka estää rasvahiukkasia yhdistymästä (23, s. 261).

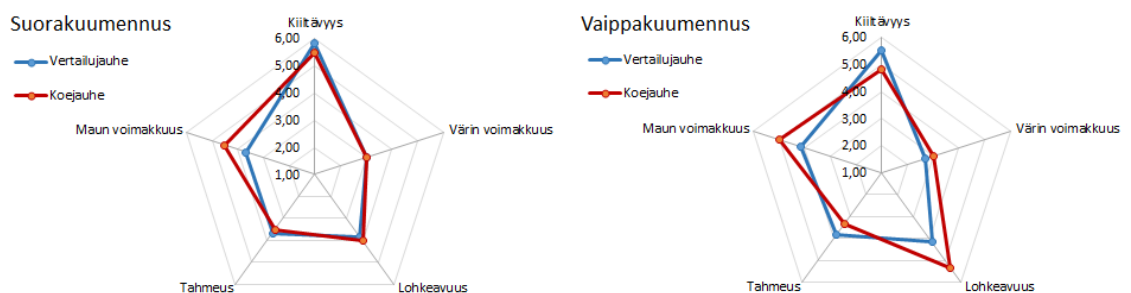
5.2 Maitojauheen vaikutus sulatejuuston ominaisuuksiin

Keittokokeiden suorakuumennuksella valmistetuissa sulatejuustoissa kattilan reunoille palamista ei tapahtunut kummankaan koe-erän kohdalla, kun taas vaippahöyryllä kuumennetuissa erissä 3 (vertailujauhe) ja 4 (koejauhe) havaittiin palamista (kuva 16). Vertailujauhetta käytettäessä massa paloi osittain reunoille, korkein palanut alue oli 5 cm. Massa jossa käytettiin koejauhetta, paloi koko kattilan reunoille, korkein palanut alue oli 7 cm. Kattilaan palamista tapahtui siis enemmän koejauhetta sisältävän sulatejuuston kohdalla, vaikka sen odotettiin kestävän kuumennusta vertailujauhetta paremmin. Tulos oli samanlainen sekä ensimmäisessä keittokokeessa että toistokokeessa.



Kuva 16. Sulatejuustomassasta tyhjennetyt kattilat vaippahöyryllä valmistettujen koe-erien 3 (vas.) ja 4 (oik.) jälkeen. Erässä 3 käytettiin vertailujauhetta ja erässä 4 koejauhetta.

Aistinvaraisen arvioinnin tuloksien pohjalta tehtiin näytteiden aistinvaraiset profiilit (kuva 17). Suorakuumennuksella valmistetuissa näytteissä käytetyllä maitojauheella oli tilastollista merkitsevyyttä maun voimakkuuteen ($p=0,041$). Vaippakuumennuksella valmistetut näytteet erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi lohkeavuuden ($p=0,038$) ja maun voimakkuuden ($p=0,027$) suhteen. Taulukossa 7 on koottuna arvioijien antamat kommentit koskien sulatejuustonäytteiden makua ja mahdollista sivumakua.



Kuva 17. Sulatejuustonäytteiden aistinvaraisen arvioinnin ($n=7$) tulosten keskiarvoista tehdyt aistinvaraiset profiilit.

Taulukko 7. Sulatejuustonäytteiden aistinvaraisessa arvioinnissa arvioijien antamat kommentit koskien näytteiden makua ja mahdollista sivumakua.

Näyte	Maku/sivumaku
Suorakuumennus, vertailujauhe	"OK, suolainen" "Juuston maku, keitetyn maidon maku" "Melko mieto"
Suorakuumennus, koejauhe	"Liisterimäinen kaseiinin maku" "Melko mieto"
Vaippakuumennus, vertailujauhe	"Suolainen" "Melko mieto"
Vaippakuumennus, koejauhe	"Hieman palanut" "Maitojauhemainen, juuston vahva maku" "Pistävä maku" "Suolainen"

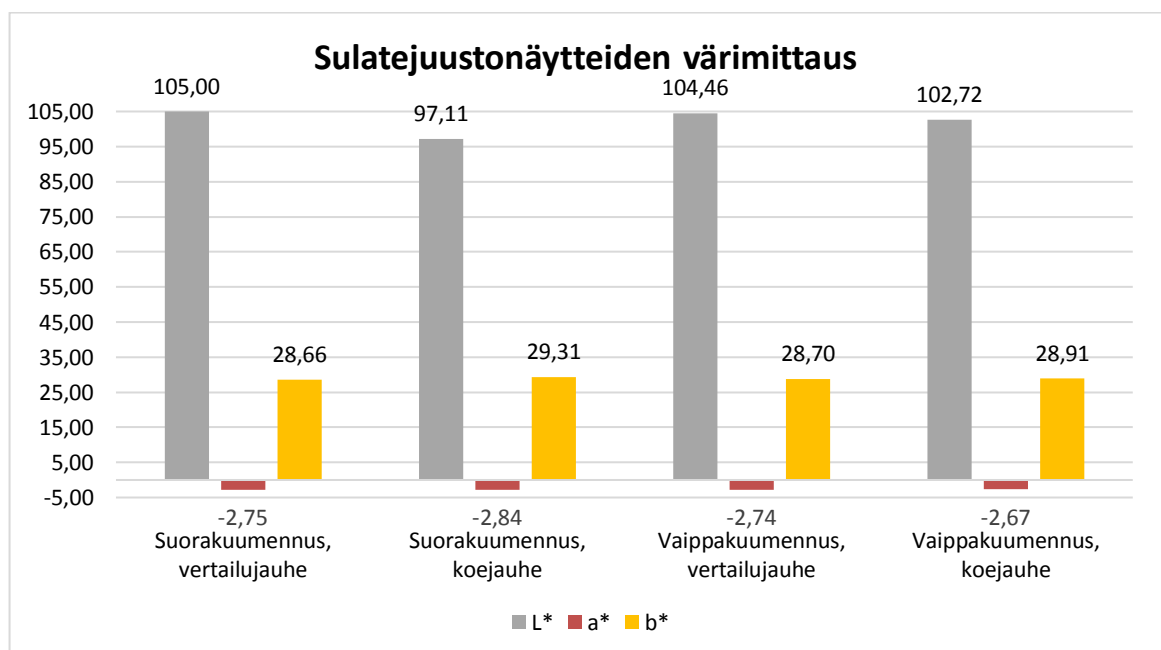
Koejauheesta valmistetut sulatejuustonäytteet koettiin voimakkaamman makuisiksi, mikä näkyi myös kommenteissa. Maun voimakkuus johtunee sulatejuustossa havaitusta palaneen mausta ja sivumausta. Erot näkyivät selvemmin kovemman kuumennuksen läpi käyneissä, eli vaippahöyryllä valmistetuissa näytteissä. Tulokset eivät vastanneet odotuksia, sillä koejauheen oletettiin olevan kuumennusta kestävämpi. Tulos kuitenkin tukee keittokokeiden tuloksia, joissa koejauhetta sisältävän sulatejuuston valmistuksessa havaittiin enemmän palamista. Kolme arvioijaa kommentoi näytteiden välisten erojen olleen melko pieniä. Palaneen makua voi tulla esiin laktoosia sisältävässä sulatejuustossa kuumennusajan ollessa liian pitkä. Palaneen maku johtuu sulatejuustossa tapahtuvasta Maillard-reaktiosta, ja se on tyypillisempää vaippakuumennuksella valmistetuille tuotteille. (14, s. 790.) Tästä syystä suorahöyry on paras kuumennusmenetelmä laktoosia sisältäville sulatejuustoille (14, s. 762).

Taulukossa 8 on sulatejuustonäytteistä mitatut kuiva-aine, rasva, kuiva-aineen rasva ja pH, suluissa toistokokeen näytteistä mitatut arvot. Suorakuumennuksella valmistettujen näytteiden kuiva-ainepitoisuudessa oli jopa 1,5 prosenttiyksikön ero. Ero selittynee sillä, että sulatejuuston keittoon käytetyssä laitteistossa suorahöyryllä kuumennettaessa ei saada tasaista höyryn määrää joka keittoon. Massaan jäävä epätasainen höyryn määrä aiheuttaa vaihtelua tuotteen kuiva-ainepitoisuuteen. Näytteiden rasvapitoisuudessa ja pH:ssa ei ollut suurta jauhekohtaista vaihtelua.

Taulukko 8. Sulatejuustonäytteiden kemiallisen analyysin tulokset, suluisissa toistokokeen näytteistä mitatut arvot

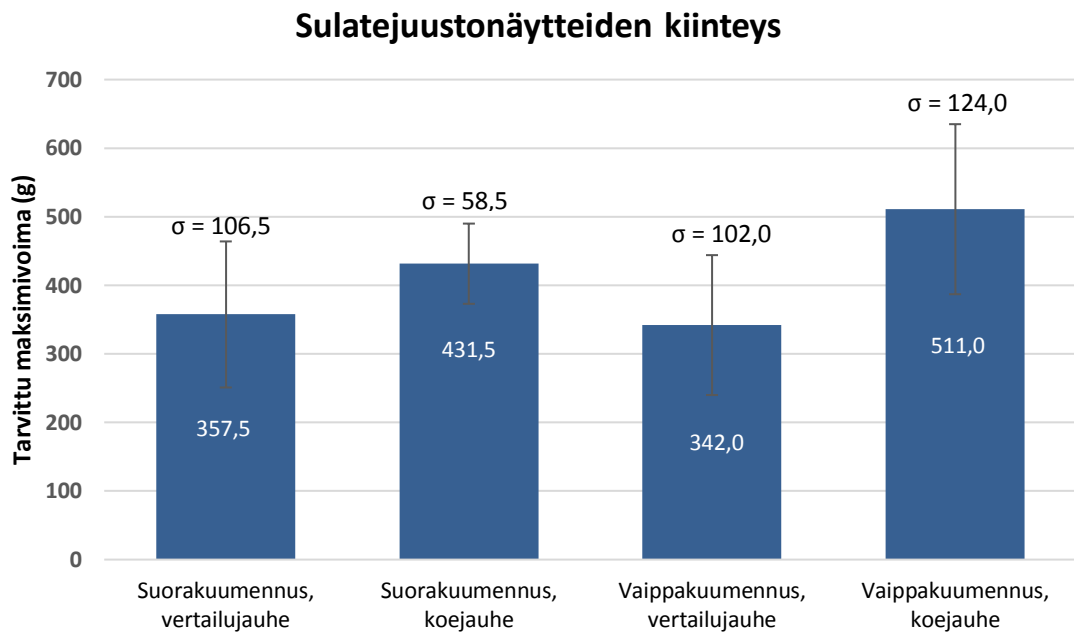
Näyte	Kuiva-aine (%)	Rasva (%)	Kuiva-aineen rasva (%)	pH
Suorakuumennus, vertailujauhe	47,1 (47,1)	22,6 (22,6)	47,9 (48,0)	5,70 (5,73)
Suorakuumennus, koejauhe	48,6 (46,5)	22,9 (22,3)	47,2 (48,0)	5,71 (5,76)
Vaippakuumennus, vertailujauhe	47,3 (46,8)	22,7 (22,7)	48,0 (48,5)	5,81 (5,83)
Vaippakuumennus, koejauhe	47,3 (47,5)	22,6 (22,6)	47,8 (47,6)	5,88 (5,82)

Kuvassa 18 on sulatejuustonäytteille tehdyn värimittauksen tuloksista tehty histogrammi. Histogrammissa on ensimmäisen keittokokeen ja toistokokeen näytteiden värimittaus tulosten keskiarvot. Näytteen L*-arvo (vaaleus) oli molemmissa kokeissa suurempi sulatejuustoissa, joissa käytettiin vertailujauhetta. Näytteiden keltaisuudessa (b*-arvo) ja punaisuudessa (a*-arvo) oli pientä koeajokohtaista vaihtelua. Elintarvikkeen ruskituessa L*-arvo pienenee ja a*- ja b*-arvot kasvavat (16, s. 294), mikä viittaa kuumennuksen vaikuttaneen enemmän koejauhetta sisältävän sulatejuustoon. Koejauheen oletettiin kestävän kuumennusta vertailujauhetta paremmin, joten tulos ei vastannut odotuksia. Värimittauksen tulokset kuitenkin tukevat keittokokeissa havaittua palamista.



Kuva 18. Sulatejuuston värimittauksen tulokset (L*=vaaleus, a*=vihreä-punainen, b*= sininen-keltainen). Histogrammissa on ensimmäisen koeajon ja toistokokeen näytteiden värimittaus tulosten keskiarvot

Sulatejuuston kiinteysmittaukset tehtiin kuuden päivän ikäisille näytteille. Kuvassa 19 on havainnollistettu näytteiden välisiä kiinteyseroja histogrammin avulla. Histogrammissa on ensimmäisen kokeen ja toistokokeen näytteiden tulosten keskiarvot sekä koeajojen keskiarvoista laskettu keskihajonta σ . Näytteen kiinteyden kertovalla y-akselin arvolla tarkoitetaan maksimivoimaa (g), joka tarvitaan painamaan mittapää näytteeseen valitulla nopeudella.



Kuva 19. Sulatejuustonäytteille tehdyn kiinteysmittauksen tulokset. Histogrammissa on ensimmäisen kokeen ja toistokokeen näytteiden tulosten keskiarvot sekä keskiarvojen keskihajonta σ . Y-akselin arvo kertoo maksimivoiman, joka tarvitaan painamaan mittapää näytteeseen. Maksimivoima kuvastaa näytteen kiinteyttä.

Saman kuumennusmenetelmän näytteitä verratessa molempien koeajojen näytteet erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Keskihajonta kertoo, että näytteiden kiinteydessä oli suurehkoja koeajokohtaisia eroja. Kuten kuvasta 19 nähdään, olivat koejauhetta sisältävät sulatejuustot keskimäärin kiinteämpiä. Etenkin vaippakuumennetun, koejauhetta sisältävän sulatejuuston rakenne oli erittäin kiinteä, minkä pystyi havaitsemaan myös aistinvaraisesti (kuva 20).



Kuva 20. Sulatejuustonäytteet pikareissa, joihin ne keittokokeissa pakattiin. Keittokokeissa sulatejuusto pakattiin pikareihin, kansitettiin ja jäädytettiin pikari ylösalaisin. Vaippakuumennuksessa, koejauhetta sisältävässä erässä 4 sulatejuustomassa oli niin kiinteää, että se pysyi pikarin pohjalla kääntämisestä huolimatta.

Sulatejuustonäytteet valmistettiin levitettävän sulatejuuston reseptillä, johon kuului rasvaton maitojauhe sekä voi. Rasvatonta maitojauhetta käytetään parantamaan sulatejuuston levittyvyyttä ja stabiilisuutta (22, s. 221). Tutkitut maitojauheet olivat rasvaisia, joten reseptiä muokattiin maitojauheen ja voion osalta. Kaikki kokeissa valmistetut sulatejuustot olivat rakenteeltaan hyvin kiinteitä ja ei-levittyviä, mikä viittaa tutkittujen maitojauheiden olleen kyseisen sulatejuuston valmistukseen soveltumattomia. Myöskään kokeissa käytetty kuumennusprosessi ei ollut optimaalinen levitettävälle sulatejuustolle. Levitettävän sulatejuuston valmistukseen käytetään useimmiten UHT-kuumennusta, jossa massa kuumennetaan suoraan höyryllä ja jäädytetään vakuumisäiliössä. Korkealla kuumennuksella ja sitä seuraavalla äkkijäähdytyksellä saadaan aikaan levittyvälle sulatejuustolle ominainen, kermainen rakenne. (14, s. 774–775.)

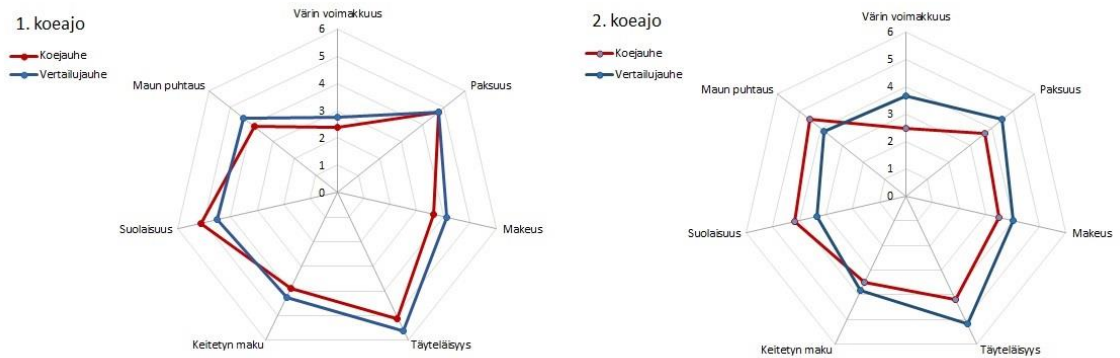
5.3 Maitojauheen vaikutus maitotiivisteiden ominaisuuksiin

Maitotiivisteille tehdyn koostumusmittauksen tulokset on esitetty taulukossa 9, suluissa toistokokeen näytteistä mitatut arvot. Koostumusanalysointissa ei ollut kalibrointia maitotiivisteiden kaltaisille näytteille, joten tuloksia ei voida pitää täysin luotettavina. Mitatut rasva-, proteiini ja kuiva-ainepitoisuudet olivat kuitenkin lähellä reseptistä laskettuja teoreettisia arvoja. Mittauksista saatiin myös selville erot eri maitojauhetta sisältävien näytteiden välillä. Kuten taulukosta 9 nähdään, olivat erot suhteellisen pieniä.

Taulukko 9. Maitotiivistä näytteiden koostumusmittausten tulokset, suluisissa toistokokeen näytteistä mitatut arvot.

Näyte	Rasva (%)	Proteiini (%)	Laktoosi (%)	Kokonaiskuiva-aine (%)	Kuiva-ainerasva (%)
Koejauhe	8,33 (8,31)	7,07 (7,03)	9,56 (9,50)	25,85 (25,73)	17,46 (17,36)
Vertailujauhe	8,23 (8,02)	7,03 (6,77)	9,46 (9,56)	25,63 (25,20)	17,32 (17,16)

Maitotiivisten aistinvaraisen arvioinnin tuloksista laskettiin keskiarvot, joiden pohjalta tehtiin näytteiden aistinvaraiset profiilit (kuva 21). Ensimmäisen koeajon näytteiden arvioinnissa maitotiivisteessä käytetty maitojauhe ei vaikuttanut tilastollisesti merkittävästi arvioituihin ominaisuuksiin. Toistokokeen näytteiden kohdalla maitojauhe vaikutti tilastollisesti merkittävästi värin voimakkuuteen ($p=0,030$), täyteläisyyteen ($p=0,017$) ja suolaisuuteen ($p=0,033$).



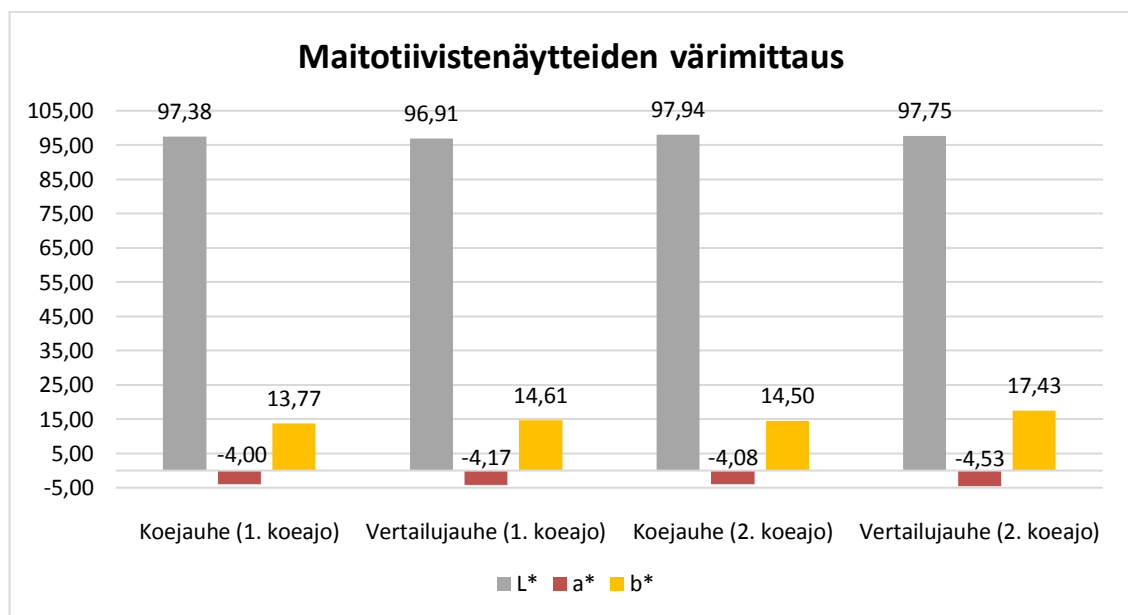
Kuva 21. Maitotiivistä näytteiden aistinvaraisen arvioinnin ($n=7-8$) tulosten keskiarvoista tehdyt aistinvaraiset profiilit.

Arvioijien antamissa kommentissa (taulukko 10) tuli esiin koejauhetta sisältävän maitotiivisten suolainen maku. Myös keitetyn ja paahtuneen makua kommentoitiin enemmän koejauheesta valmistetun näytteen kohdalla. Tulos ei ollut odotettu, mutta vastasi muiden tuotesovellusten näytteiden aistinvaraisen arvioinnin tuloksia. Toisen koeajon näytteiden arviointilomakkeen kommentiosioon neljä arvioijaa kommentoi vertailujauhetta sisältävän näytteen olleen rakenteeltaan hiekkainen/jauhoinen. Hiekkaisuus viittaa koeajon ennastamisvaiheessa maitotiivistemassaan jääneen liukenematonta jauhetta.

Taulukko 10. Maitotiivistenäytteiden aistinvaraisessa arvioinnissa arvioijien antamat kommentit koskien näytteiden makua ja mahdollista sivumakua

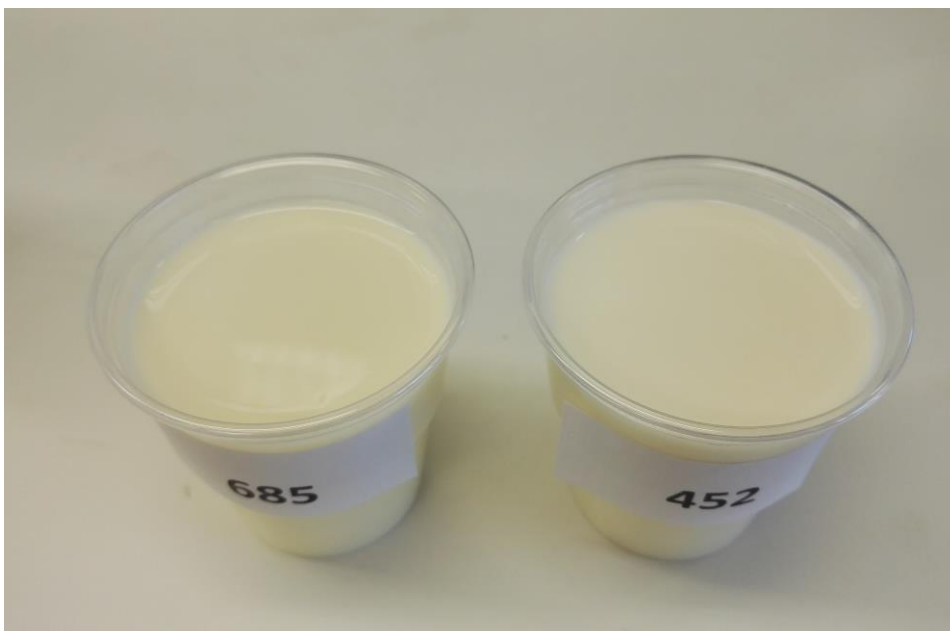
Näyte	Maku/sivumaku
Koejauhe (1. koeajo)	"Keitetty, hyvin suolainen"
	"Metallinen sivumaku"
	"Tosi suolainen"
	"Lievä keitetyn maku, suolaisuus"
	"Palaneen/paahutuneen makua"
Vertailujauhe (1. koeajo)	"Palanut, navettamainen, heraproteiinin maku"
	"Suolainen, keitetty lievästi, joku outo sivumaku"
Koejauhe (2. koeajo)	"Maitomainen"
	"Hieman talin makua"
	"Suolaisempi"
	"Suolainen ja paahtunut maku"
Vertailujauhe (2. koeajo)	"Hieman navettamainen"
	"Kermainen"

Kuvassa 22 on sekä ensimmäisen koeajon että toistokokeen maitotiivistenäytteiden värimittausten tuloksista tehty histogrammi. Molempien koeajojen näytteissä koejauhetta sisältävä maitotiiviste oli vaaleampaa (L^* -arvo), punaisempaa (a^* -arvo) ja vähemmän keltaista (b^* -arvo). Toistokokeen näytteiden tulokset poikkesivat etenkin b^* -arvon osalta huomattavasti aiemman koeajon näytteistä mitatuista arvoista. Ero selittyy koeajoissa käytettyjen kuumennus- ja pitoaikojen erolla. Toistokokeessa kuumennuskäsittely oli voimakkaampi huomattavasti pidemmän pitoajan vuoksi, mikä näkyi selvempänä värimuutoksena.



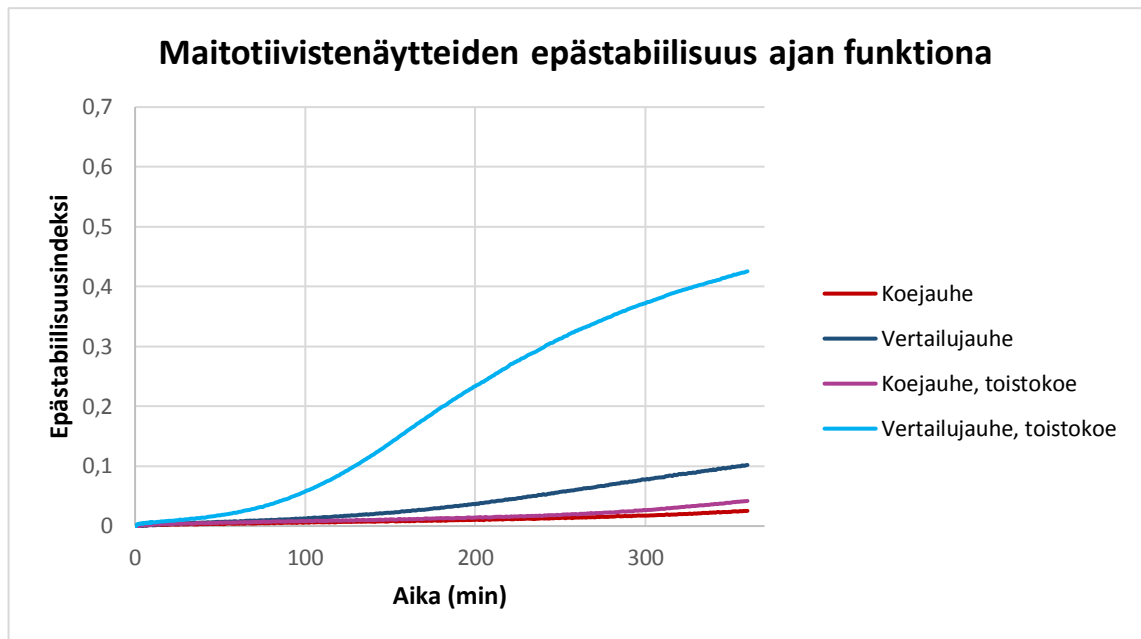
Kuva 22. Maitotiivistenäytteiden värimittausten tulokset

Toistokokeen näytteiden (kuva 23) suurempi väriero näkyi myös näytteiden aistinvaraisen arvioinnin tuloksissa. Elintarvikkeen ruskistuessa L^* -arvo pienenee ja a^* - ja b^* -arvot kasvavat (16, s. 294). Vertailujauheesta valmistetun maitotiiviste-ollessa koejauheesta valmistettua tuotetta vähemmän vaalea ja huomattavasti keltaisempi, viittaa se kuumennuksen vaikuttaneen siihen enemmän kuin koejauhetta sisältävään näytteeseen. Kokonaisvärieroa ΔE käytetään maidon ruskistumisen havaitsemiseen. ΔE :n arvon tulee olla yli 2, jotta kokonaisväriero on havaittavissa. (16, s. 294). Ensimmäisen koeajon näytteiden kokonaisväriero ΔE oli 0,98 ja toisen koeajon näytteissä vastaava arvo oli 2,97. Värimittauksen tulokset vastasivat odotuksia, sillä koejauheen oletettiin kestävän kuumennusta vertailujauhetta paremmin.



Kuva 23. Toistokokeen vertailujauheesta (vas.) ja koejauheesta (oik.) valmistetut maitotiivistenäytteet aistinvaraisessa arvioinnissa.

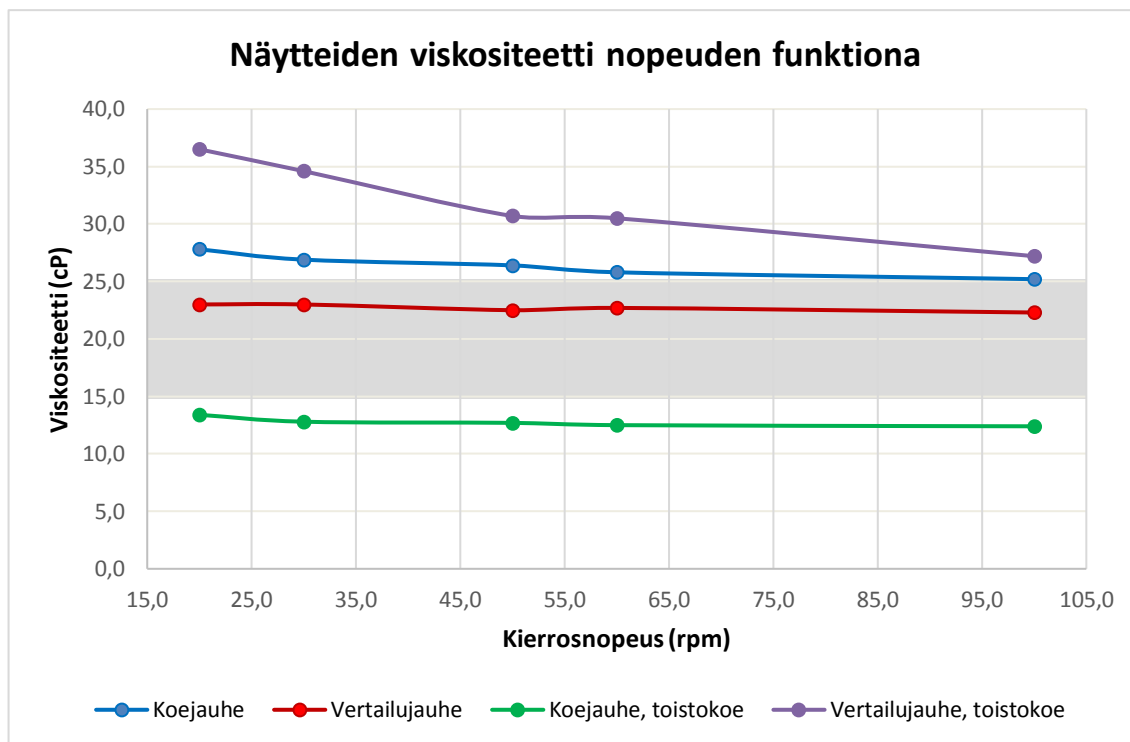
Maitotiivistenäytteille tehtiin stabiilisuustaukset kaksi päivää koeajon jälkeen. Koejauhetta sisältävän näytteen epästabiilisuusindeksi oli ensimmäisen kokeen kohdalla 0,025 ja toistokokeessa 0,042. Vertailujauhetta sisältävien näytteiden vastaavat arvot olivat 0,102 ja 0,425.



Kuva 24. Maitotiivistenäytteille tehtyjen stabiilisuusmittausten datasta tehty kuvaaja, jossa on näytteiden epästabiilisuusindeksit ajan funktiona.

Kuvassa 24 on stabiilisuusmittausten datasta tehty kuvaaja, jossa on näytteiden epästabiilisuusindeksit ajan funktiona. Molempien koeajojen näytteiden kohdalla koejauheesta valmistettu maitotiiviste oli vertailumaitojauheesta valmistettua tuotetta stabiilimpaa. Emulsion epästabiilisuus kertoo, että dispergoituneessa faasissa on tapahtunut sakkautumista, pisaroiden kasaantumista tai pintaan nousemista (19).

Epästabiilisuuserot voivat johtua näytteiden erilaisista stabilointireaktioista, joita tapahtuu proteiinien ja rasvojen välillä. Toistokokeen näytteiden epästabiilisuusero oli huomattava. Toistokokeen vertailujauhetta sisältävän näytteen epästabiilisuus tukee aistinvaraisessa arvioinnissa havaittua hiekkaista rakennetta. Hiekkainen, epästabiili rakenne viittaa liukenemattomaan jauheeseen maitotiivisteessä.



Kuva 25. Maitotiivistenäytteiden viskositeetit kierrosnopeuden funktiona. Harmaa alue kuvastaa tavoiteviskositeettia. Viskositeettimittaukset tehtiin 2 vrk:n ikäisille näytteille.

Viskositeettimittaukset tehtiin huoneenlämpöisille (20 °C) näytteille. Kuvassa 25 on mittausten tuloksista tehty kuvaaja, jossa on molempien koeajojen näytteistä mitatut viskositeetit kierrosnopeuden funktiona. Ensimmäisen koeajon näytteistä koejauhetta sisältävä maitotiiviste oli hieman viskoosimpaa, kun taas toistokokeen näytteiden kohdalla vertailujauheesta valmistetun maitotiivisteeseen viskositeetti oli huomattavasti suurempi. Koeajoissa käytetyn maitotiivistereseptin mukainen tavoiteviskositeetti oli noin 15–25 cP. Toistokokeen koejauheesta valmistetun näytteen viskositeetti jäi tavoiterajan alapuolelle ja oli myös aistinvaraisesti arvioituna huomattavasti löysempää.

Maitotiivisteeseen viskositeettiin vaikuttaa tuotteen kuiva-ainepitoisuus. Viskositeettia lisää homogenoinnin ja kuumennuksen aikana tapahtuva kaseiinin ja heraproteiinin välinen yhdistyminen, joka aiheuttaa alkavan koagulaation. (24, s. 321.) Näytteiden viskositeettierot voivat johtua pienistä eroista näytteiden kuiva-ainepitoisuudessa sekä näytteiden erilaisista proteiinien välisistä reaktioista. Erot olivat suuria etenkin toistokokeen kohdalla, jossa kuumennusaika oli huomattavasti pidempi.

6 Yhteenveto ja pohdintaa

UHT-maidon koeajoissa ei havaittu palamista koe- tai vertailujauheesta valmistetuissa maidoissa. Käytetty maitojauhe ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi näytteistä aistinvaraisesti arvioituihin ominaisuuksiin, mutta kolme arvioijaa kommentoivat havainneensa sivumakua koejauheesta valmistetussa maidossa. Sekä koe- että vertailujauheesta valmistetuissa, epäsuoralla UHT-menetelmällä valmistetuissa näytteissä havaittiin keitetyn tai palaneen makua. Värimittauksen tuloksissa ei ollut suuria maitojauhekohtaisia eroja. Stabiilisuusmittausten perusteella koejauheesta valmistettu UHT-maito oli vertailujauheesta valmistettua maitoa stabiilimpaa.

Sulatejuustonäytteissä erot tulivat selkeämmin esiin vaippahöyryllä valmistetuissa tuotteissa. Eri maitojauheesta valmistettuja näytteitä verrattaessa koejauhetta sisältävä sulatejuusto paloi kokeissa enemmän keittokattilan reunoille ja myös värimittausten tulokset viittasivat kuumennuksen vaikuttaneen siihen enemmän. Aistinvaraisessa arvioinnissa koejauheesta valmistettu sulatejuusto koettiin tilastollisesti merkitsevästi voimakkaamman makuiseksi ja rakenteeltaan lohkeavammaksi. Koejauheesta valmistetut sulatejuustonäytteet olivat kovempia, mikä näkyi myös kiinteysmittausten tuloksissa.

Maitotiivistenäytteiden erot tulivat selkeämmin esiin kovemman kuumennuskäsittelyn (toistokoe) läpikäyneiden näytteiden kohdalla. Aistinvaraisessa arvioinnissa näytteet erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi maun ja värin suhteen. Koejauhetta sisältävä maitotiiviste oli arviointitulosten perusteella maultaan suolaisempi ja vähemmän täyteläisempi kuin vertailujauheesta valmistettu näyte. Aistinvaraisen arvioinnin ja värimittausten perusteella vertailujauheesta valmistetussa maitotiivisteessä tapahtui enemmän kuumennuksesta johtuvia värimuutoksia ja se oli myös koejauheesta valmistettua maitotiivistettä epästabiilimpaa.

Koejauheen oletettiin kestävän kuumennusta vertailujauhetta paremmin. Tulosten perusteella koejauhe ei kuitenkaan ole kuumennusta kestävämpi kuin vertailujauhe. Kaikissa koejauheesta valmistetuissa tuotteissa havaittiin keitetyn tai palaneen makua ja arvioijat kommentoivat myös siinä ollutta sivumakua. Mittausten perusteella koejauheen käytöllä ei ollut etuja maitotiivisteen viskositeetissa tai sulatejuuston rakenteessa. Koejauheesta valmistettujen UHT-maito- ja maitotiivistenäytteiden etuna oli kuitenkin stabiilimpi rakenne.

Erot koe- ja vertailujauheesta valmistettujen näytteiden ominaisuuksissa johtuvat luultavasti erilaisista kuumennuksen aikana tapahtuvista proteiinien sekä proteiinien ja laktoosin välisistä reaktioista. Maitojauheille tehtyjen furosiinimittauksien tulosten perusteella koejauhe-erän valmistusprosessissa tapahtui enemmän Maillard-reaktiota kuin vertailujauhe-erän valmistuksessa.

Työssä saatiin selville, että koe- ja vertailujauhe eroavat toiminnallisilta ominaisuuksiltaan tutkituissa tuotesovelluksissa. Tulosten perusteella koejauheen kuumennuksenkestävyydessä ei näissä sovelluksissa ollut kilpailuetuja vertailujauheena käytettyyn maitojauheeseen verrattuna. Koemaitojauheen tutkimista eri tuotesovelluksissa tullaan jatkamaan tämän insinööriyön tuloksia hyödyntäen.

Lähteet

- 1 Bylund, G. 2003. Dairy processing handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB.
- 2 Manner L. 2017. Vastaava tuotekehittäjä, Valio Oy, Helsinki. Luentomateriaali. 2004; 2012.
- 3 Finlex. 1107/2007. Kauppa- ja teollisuusministeriön asetus tietyistä osittain tai kokonaan kuivatuista säilötyistä maidoista annetun kauppa- ja teollisuusministeriön asetuksen liitteen muuttamisesta. 26.11.2007.
- 4 Pocket Dentistry. 2015. Concepts in Biochemistry. Verkkodokumentti. <<http://pocketdentistry.com/concepts-in-biochemistry-2/>> Luettu 26.4.2017.
- 5 Maidon käsittely. 2017. Valion verkkosivusto. <<https://www.valio.fi/tuotteet/artikkeli/maidon-kasittely-1/>> Luettu 16.1.2017.
- 6 Drying Operations: Industrial. Verkkodokumentti. <<http://what-when-how.com/energy-engineering/drying-operations-industrial-energy-engineering/>> Luettu 21.4.2017.
- 7 Saarela A., Hyvönen P., Määttä S. & von Wright A. 2010. Elintarvikeprosessit. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D5/9/2010. Kuopio: Suomen Graafiset Palvelut Oy Ltd.
- 8 N. Datta & H. C. Deeth. 2001. Age gelation oh UHT MILK – A review. Verkkodokumentti. <https://www.researchgate.net/publication/37624070_Age_gelation_of_UHT_milk_-_A_review> Luettu 22.4.2017.
- 9 Nivedita D., Elliott A., Perkins M. & Deeth H. 2002. Ultra-high-temperature (UHT) treatment of milk: comparison of direct and indirect modes of heating. Australian Journal of Dairy Technology; Oct 2002: s. 211.
- 10 Tetra Pak. 2015. New processing methods for recombined white milk. Tetrakin verkkodokumentti. <<http://tpcomprod.blob.core.windows.net/static/documents/processing-methods-recombined-white-milk.pdf>> Luettu 11.1.2017.
- 11 Kauppa- ja teollisuusministeriön asetus juustosta. 19.9.2007/856.
- 12 Nurmi N. 2012. Klostridi-itiöiden aiheuttaman voi happokäymisen estäminen suolajuustossa. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

- 13 Lisäaineryhmät. 2016. Verkkodokumentti. Evira.
<<https://www.evira.fi/elintarvikkeet/tietoa-elintarvikkeista/koostumus/elintarvikeparanteet/lisaaineet/lisaaineryhmat>> Luettu 2.4.2017.
- 14 Kammerlehner. J. 2009. Cheese Technology. Publishing House Josef Kammerlehner: Freising, Germany.
- 15 Early. R. 1998. The Technology of Dairy Products. Blackie Academic & Professional: London, UK.
- 16 Deeth H. C. & Lewis M. J. 2017. High Temperature Processing of Milk and Milk products. John Wiley & Sons Ltd. UK. Verkkokirja.
<<https://books.google.fi/books?id=f8NdDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false>> Luettu 11.4.2017
- 17 Envisense. Colorimeters. Verkkodokumentti. <<https://www.envisense.eu/en/our-offer/colorimeters.html>> Luettu 3.3.2017.
- 18 LUM GmbH. 2017. STEP-technology. LUM:n verkkosivusto. <https://www.lum-gmbh.com/step-technology_en.html> Luettu 13.4.2017.
- 19 Meghwal M. & Goyal M. R. 2016. Food Process Engineering: Emerging Trends in Research and Their Applications. Kappale 7.5.2.5. CRC Press: UK. Verkkokirja.
<<https://books.google.fi/books?id=iqeuDQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false>> Luettu 20.4.2017.
- 20 Brookfield Engineering Laboratories, Inc. Brookfield DV-II + Pro Extra Manual No. M/09-166. Brookfieldin verkkodokumentti.
<<http://www.brookfieldengineering.com/download/files/DVII2ExtraManual.pdf>> Luettu 27.3.2017.
- 21 Ollikainen. P. 2017. Tuotekehityspäällikkö, Valio Oy, Helsinki. Keskustelu 13.2.2017.
- 22 Tamime A.Y. 2007. Structure of Dairy Products. Blackwell Publishing Ltd: Oxford, UK.
- 23 Raikos V. 2009. Effect of heat treatment on milk protein functionality at emulsion interfaces. A review. Verkkodokumentti.
<http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/24Leche_14240.pdf> Luettu 13.4.2017.
- 24 Chandan R. C., Kilara A. & Shah N. P. 2015. Dairy Processing and Quality Assurance. John Wiley & Sons Ltd: UK. Verkkokirja.
<<https://books.google.fi/books?id=xBTICgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false>> Luettu 28.4.2017.

UHT-maidon aistinvaraisessa arvioinnissa käytetty lomake

Arviointilomake
UHT-maito

Sivu 1(3)

Päivämäärä: 13.3.2017

Arvioijanumero:

Arvioi 7-portaisella luokka-asteikolla näytteitä yksi ominaisuus kerrallaan (ulkonäkö, haju/maku). Arvioi näytteistä lomakkeessa esitetyt ominaisuudet. Merkitse rasti siihen kohtaan, joka mielestäsi parhaiten kuvaa näytteen ominaisuutta. Arvioi näytteet tarjottimella olevan järjestyksen mukaisesti. Huuhtelee suu vedellä näytteiden välissä. Lopuksi ilmoita kommenttikenttään havaitsitko tuotteiden välillä eroja ja kuvaile niitä.

Ulkonäkö

Värin voimakkuus

Näytteen koodi	Erittäin vaalea väri					Erittäin voimakas väri (esim. punertava)	
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Haju/maku

Makeus

Näytteen koodi	Ei lainkaan makea					Erittäin makea	
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>





Arviointilomake
UHT-maito

Sivu 2(3)

Täyteläisyys

Näytteen koodi	Ei lainkaan täyteläinen					Erittäin täyteläinen	
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Keitetyn maku

Näytteen koodi	Ei lainkaan keitetyn makua					Erittäin paljon keitetyn makua	
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>





Arviointilomake
UHT-maito

Sivu 3(3)

Maun puhtaus

Näytteen koodi	Ei lainkaan puhdas	Erittäin puhdas
_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	Kuvaile makua/mahdollista sivumakua: _____	
_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	Kuvaile makua/mahdollista sivumakua: _____	
_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	Kuvaile makua/mahdollista sivumakua: _____	
_____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
	Kuvaile makua/mahdollista sivumakua: _____	

Kuvaile havaitsemiasi näytteiden välisiä eroja: _____

Muut kommentit:

Kiitos!

