

ISSN 0355-1180

HELSINGIN YLIOPISTO

Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto

EKT-sarja 1927

**BARISTAMAIDON SÄILYVYYS SEKÄ BARISTAMAIDON JA KAURA-
JUOMIEN TOIMIVUUS KAHVIJUOMISSA**

Heli Sirén

Helsinki 2020

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Elintarvike- ja ravitsemustieteiden osasto	
Tekijä — Författare — Author Heli Sirén			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Baristamaidon säilyvyys sekä baristamaidon ja kaurajuomien toimivuus kahviuomissa			
Oppiaine — Läroämne — Subject Elintarviketeknologia (maitoteknologia)			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma	Aika — Datum — Month and year Huhtikuu 2020	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 60+6	
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Maitovaaho on olennainen osa kahviuomia, kuten cappuccinoja. Kahvimaidoissa suositetaan rasvaa sisältäviä maitoja. Rasvainen maito kuitenkin vaahtoa huomattavasti enemmän kuin rasvaton maito. Myös maidon lämpökäsittely, kuten UHT – käsittely, voi heikentää maidon vaahtoutumisominaisuuksia. UHT – käsittely ja aseptinen pakkaaminen kuitenkin takaavat maidolle pitkän, jopa 6-9 kuukauden, säilyvyysajan huoneenlämmössä. UHT-käsitellyn maidon ominaisuudet voivat säilytyksen aikana muuttua niin, että ne eivät enää sovellu kahviuomiin.</p> <p>Tässä tutkimuksessa selvitettiin kahvimaitona käytetyn UHT – käsitellyn baristamaidon ominaisuuksien muutosta säilytyksen aikana. Baristamaito on kaupallinen laktoositon, homogenoitu, kahviin tarkoitettu maitojuoma, jossa on 2,0 % rasvaa ja 3,5 % proteiinia. Baristamaitoa säilytettiin huoneenlämmössä sekä jääkaapissa ja arvioinnit toteutettiin 4, 5, 6 ja 7,5 kuukauden kohdalla säilytyksen aikana. Vaahtoutumiskykyä ja vaahton pysyvyyttä tutkittiin automatisoidulla vaahtotusmenetelmällä. Vaahton määrää ja kestävyttä mitattiin seuraamalla tilavuuden muutosta mittalaseissa. Lisäksi vaahton rakennetta kuvattiin.</p> <p>Nykyään myös kasvipohjaiset maidonkaltaiset juomat, kuten kaurajuomat, ovat vaihtoehtona kahviuomia valmistettaessa. Maitojen lisäksi tässä tutkimuksessa tutkittiin kahviin tarkoitettujen kaurajuomien vaahtoutuvuutta. Valikoituja kaurajuomia säilytettiin huoneenlämmössä, jääkaapissa sekä + 30 °C. Testit toteutettiin 4, 8 ja 10 kuukauden kohdalla säilytyksen aikana. Kaurajuomien vaahtoutumiskykyä tutkittiin samalla automatisoidulla vaahtotusmenetelmällä kuin baristamaidon vaahtoutumista.</p> <p>Aistinvaraisia ominaisuuksia mitattiin vertaamalla säilyvyyskokeessa olevaa maitoa tuoreeseen vertailumaitoon. Maidosta sekä maidosta valmistetusta kahviuomasta arvioitiin makeutta, karvautta, keitetyn makua sekä täyteläisyyttä verrattuna vertailunäytteeseen. Lisäksi ammattimainen barista valmistami maitoista cappuccinot ja nämä juomat arvioitiin.</p> <p>Maidon tai kaurajuoman säilytysajalla ei ollut vaikutusta vaahton määrään tai pysyvyyteen. Kaurajuomilla vaahton määrä oli suurempi kuin maidoilla. Vaahtotuslämpötilalla oli suurempi merkitys maidon vaahtoutumiseen sekä vaahton pysyvyyteen kuin säilytysajalla. Kaurajuomilla tämä vaikutus oli hieman pienempi kuin maidolla. Vaahton kuplarakenne muuttui vähemmän tasaiseksi maidon säilytyksen edetessä. Maidon aistittavissa ominaisuuksissa ei tapahtunut tilastollisesti merkittäviä muutoksia. Keitetyn maku hieman heikkeni maidon säilytyksen aikana. Baristan valmistamissa cappuccinoissa maidon karvauuden arvioitiin lisääntyneen 6 kuukauden säilytyksen kohdalla. Tulosten perusteella baristamaidon säilyvyysaikaa voidaan nostaa 4 kuukaudesta 5 kuukauteen.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Baristamaito, UHT-maito, säilyvyys, vaahtoutuminen, aistinvaraiset ominaisuudet, kaurajuoma			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto, Helda.			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information EKT- sarja 1927			

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Food and Nutrition	
Tekijä — Författare — Author Heli Sirén			
Työn nimi — Arbetets titel — Title The shelf life of Barista milk and the functionality of Barista milk and oat drinks in coffee drinks			
Oppiaine — Läroämne — Subject Food Technology (Dairy Technology)			
Työn laji — Arbetets art — Level M. Sc. Thesis		Aika — Datum — Month and year April 2020	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 60+6
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Milk foam is an essential part of coffee drinks such as cappuccinos. The foaming properties of milk can change during its shelf life. Milk used in coffee usually contains at least 2 % fat which can deteriorate its foaming properties. UHT milk can lose its sensory and foaming properties during its shelf life. In this thesis the change of properties of UHT-treated coffee milk called Barista milk were investigated. Barista milk is a commercial lactose free, homogenized milk meant to use with coffee. It has 2,0 % of fats and 3,5 % of proteins.</p> <p>The preservation of UHT barista milk was studied when milk was 4, 5, 6 and 7,5 months old. The foaming properties of barista milk were evaluated with automated foaming system. The volume of foam and its stability were measured as volume in a measuring glass. The structure of foams was also photographed and analyzed from photos.</p> <p>Nowadays plant-based drinks are important options for milk. Selected oat drinks for coffees were studied with same foaming methods as milk samples. The oat drink samples were kept in room temperature, fridge (+6 °C) and + 30 °C storage conditions. The tests were made when samples were 4, 8 and 10 months old.</p> <p>Barista milk as evaluated also with sensory evaluations. The sensory properties of barista milk were measured by tasting the milks referred to a fresh reference milk. Sweetness, bitterness, intensity of cooked flavor and fullness were evaluated from milks and cappuccino drinks made from the studied milks. In addition, a professional barista foamed the milks to makes cappuccinos and the drinks were evaluated.</p> <p>The preservation of milk did not affect its foaming properties or foam stability significantly. The foaming temperature affected the volume of foam more than the age of the milk. There was a slight change in the bubble structure of milk. The bubble structure was more uneven with older milk than fresh milk. Oat drinks foamed more, and the foams were more stable in all samples compared to milks of same age. The effect of foaming temperature was less meaningful with oat drinks than with milks. The sensory properties of milk did not change significantly during the study. The biggest change was the decline of cooked flavor in samples tasted as milk. The same decline was not detected when the milks were tasted as cappuccino drinks. An increase of bitterness was detected in the cappuccinos made by a barista when the milk was 6 months old. According to these results the shelf life of barista milk can be lengthened from 4 months to 5 months.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Barista milk, UHT-milk, shelf life, foaming, sensory properties, oat drink			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited The Digital Repository of University of Helsinki, Helda.			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information EKT series 1927			

ESIPUHE

Tämä maisterintutkielma on toteutettu Oy Gustav Paulig Ab:n toimeksiannosta sekä Helsingin yliopiston ohjauksessa. Työn ohjaajina toimivat professori Tapani Alatossava ja yliopistotutkija Antti Knaapila Helsingin yliopistolta sekä R&D Manager Mari Outinen-Lahti Pauligilta.

Haluan kiittää ohjaajiani Tapani Alatossavaa, Antti Knaapilaa ja Mari Outinen-Lahtea asiantuntevasta sekä kannustavasta ohjauksesta. Haluan myös kiittää Pauligia mahdollisuudesta toteuttaa gradututkimus yrityksen tiloissa ja resursseilla. Erityinen kiitos myös raati-laisilleni, jotka osallistuite aistinvaraisiin arviointeihin. Haluan vielä kiittää myös ystäviäni ja kollegoitani kaikesta tuesta tämän projektin aikana.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	7
2	KIRJALLISUUSKATSAUS	9
2.1	Maito	9
2.2	Baristamaito	9
2.2.1	Maitovaahdon muodostuminen	10
2.2.2	Maitovaahdon pysyvyys	13
2.2.3	Säilytyksen vaikutus UHT – maidon ominaisuuksiin	14
	Proteolyysi	
	Lipolyysi	
	Maillardin reaktio	
2.3	Maidonkaltaiset kasvijuomat	19
2.3.1	Soijajuoma	21
2.3.2	Kaurajuoma	21
2.3.3	Pähkinä- ja siemenpohjaiset juomat	22
2.3.4	Lisäaineet kasvijuomissa	22
2.3.5	Kasvijuomien käyttö Suomessa	23
2.3.6	Maidonkaltaisten kasvijuomien vaahdon muodostuminen	23
2.4	Kahvi	24
2.4.1	Kahvin kemialliset ominaisuudet	26
2.4.2	Kahvi ja maito	27
2.4.3	Kahvijuomat	27
2.5	Aistinvarainen arviointi nestemäisistä elintarvikkeista	29
2.5.1	Kahvijuomien aistittava hyväksyttävyys	29
2.5.2	Säilyvyyden arviointi aistinvaraisen arvioinnin keinoin	30
3	KOKEELLINEN TUTKIMUS	31
3.1	Työn tavoite	31
3.2	Materiaalit ja menetelmät	31

3.2.1	Esikokeet	31
3.2.2	Näytteet	32
3.2.3	Vaahtojen valmistus	33
3.2.4	Vaahdon mittaus	34
3.2.5	Käsinvaahdotus	35
3.2.6	Kahvijuomien valmistus	35
3.2.7	Aistinvarainen arviointi	37
3.3	Tulokset	38
3.3.1	Esikokeet	38
3.3.2	Vaahdon määrä ja pysyvyys	39
3.3.3	Käsinvaahdotuskokeet	45
3.3.4	Kuplakoko	45
3.3.5	Aistinvarainen arviointi	47
3.4	Pohdinta	50
3.4.1	Säilytyksen vaikutus vaahtoutumisominaisuuksiin	50
3.4.2	Säilytyksen vaikutus baristamaidon aistinvaraisiin ominaisuuksiin	52
3.4.3	Tulosten luotettavuus	53
4	PÄÄTELMÄT	54
	LÄHDELUETTELO	56

LIITTEET

Liite 1. Esikokeissa käytettyjä kasvijuomia

Liite 2. Esikokeiden vaahdotuskokeiden tulokset

Liite 3. Aistinvaraisten arviointien tulokset

1 JOHDANTO

Kahvi on yksi eniten kulutettuja juomia maailmassa (Nieminen ja Puustinen 2014). Suomalaiset kuluttavat kahvia eniten maailmassa eli noin 10 kg paahdettua kahvia per henkilö vuositain. Noin puolet suomalaisista kahvinkuluttajista nauttii kahvinsa maidon kera (Lassfolk-Feodoroff 2019). Kahvia tarjoillaan yhä useammin myös osana kahvijuomia, jolloin kahviin lisätään maitoa tai kasviuomia lämmitettynä tai vaahdotettuna ja lämmitettynä. Suosittuja kahviuomia ovat esimerkiksi cappuccino ja flat white. Kahviuomien kulutus on vielä pieni osa kaikesta kahvinkulutuksesta, mutta niiden suosio kasvaa. Tärkeä osa kahviuomia on maitovahto (Campbell ja Mougeot 2000). Baristamaito on kaupallinen laktoositon, homogenoitu, kahviin tarkoitettu UHT – käsitelty maitojuoma, jossa on 2,0 % rasvaa ja 3,5 % proteiinia. Tällainen UHT – käsitelty ja pitkään säilyvä maito voi säilytyksen aikana menettää osan vaahtoutumista tukevia ominaisuuksia. Ennen kuin uusi tuote tuodaan markkinoille, on tärkeää varmistaa sen säilyvyys luvattuun säilyvyysaikaan asti. UHT – käsitelty maito säilyy hyvin, jopa kuukausia huoneenlämmössä (Richards ym. 2014). Säilyvyyteen liittyy monia tekijöitä, kuten elintarvikkeen mikrobiologinen, rakenteellinen tai aistinvarainen säilyvyys. UHT – käsitellyssä maidossa ensimmäisenä heikkenevät aistinvaraiset ominaisuudet, kuten maku ja väri (Datta ja Deeth 2003). Lisäksi maidon rakenteeseen voi tulla muutoksia, jotka voivat johtaa sen toimivuuden, kuten vaahtoutumisen, heikkenemiseen.

Maidon vaahtoutumiseen vaikuttavat ainakin maidon koostumus, käsittelymenetelmät, säilytysaika sekä vaahdotuslämpötila (Hubbertz 2010). Kahviuomiin maitoa vaahdotetaan tyyppillisesti injektioimalla siihen kuumaa höyryä, mutta vaahtoa voidaan tehdä myös mekaanisella vatkaamisella tai työntämällä ilmaa maitoon paineella (Goh ym. 2010). Kuumen vesihöyryn injektio nostaa myös maidon lämpötilaa, mikä auttaa maitoa vaahtoamaan enemmän ja tekee vaahdosta kestävämpää (Kamath ym. 2008a). Maidon rasvapitoisuudella on vaikutusta vaahtoutumiskykyyn. Rasvaton maito vaahtoa paljon ja sen vaahto on kestävämpää kuin rasvaisten maitojen. Kahviuomiin kuitenkin toivotaan pehmeää ja pienikuplaista vaahtoa, josta on helppo rakentaa visuaalisesti näyttävä kahviuoma. Maun ja vaahton rakenteen vuoksi kahviuomiin suositaan usein rasvaa sisältäviä maitoja.

Säilytyksen aikana maidossa voi tapahtua sen ravintoaineiden pilkkoutumista (Datta ja Deeth 2003). Maito sisältää luontaisesti proteolyttisiä ja lipolyttisiä entsyymeitä, jotka

kestävät myös korkean lämpökäsittelyn, kuten UHT – käsittelyn. Maidon luontainen plasmamiini voi pilkkoa maidon proteiineja ja aiheuttaa sen geelitymistä sekä tuottaa karvaan makuksia lyhytketjuisia peptidejä. Lipolyttiset entsyymit voivat pilkkoa maidon rasvoja, mikä aiheuttaa härskiintynyttä makua maitoon sekä heikentää sen vaahtoutumiskykyä. UHT – käsitellyssä maidossa voi esiintyä myös Maillardin reaktion aiheuttamaa värin ruskistumista sekä maun muutosta (van Boekel 1998). Näiden mahdollisten muutosten vuoksi UHT – käsitellyn kahvimaidon säilyvyys on hyvä varmistaa sekä aistinvaraisesti arvioimalla että vaahtoutumisominaisuuksia tutkimalla.

Kasvipohjaisten maidonkorvikkeiden myynti oli Suomessa 10 % maitovalmisteiden kokonaismyynnistä vuonna 2018 (Kesko 2019). Erityisesti kaurajuomat ovat suomalaisten suosiossa. Myös kahviloiden tarjontaan on ilmestynyt maidon vaihtoehdoksi ainakin kaura-, soija- ja pähkinäjuomia (Alpro 2019). Niiden proteiinipitoisuus on maidon 3,5 % proteiinipitoisuuteen verrattuna toisinaan hyvinkin pieni (0,3-2,0 %), mutta niiden toivotaan vaahtoutuvan kahviuomien varten yhtä hyvin kuin maidon. Kasviuomat valmistetaan useimmiten jauhamalla kasvimateriaali hienoksi ja liottamalla se veteen (Sethi ym. 2016). Monet valmistajat tekevät erityisesti kahviin tarkoitettuja kasviuomia, joissa on lisättyä kasviproteiinia sekä happamuudensäätö- tai stabilointiaineita (Alpro 2019). Niiden rakenne on valmistettu kestämään kahvin happamuutta sekä kuumennusta ja vaahtotusta. Kasviproteiinit ovat enimmäkseen veteen huonosti liukenevia, joten niiden käsittelyyn käytetään usein joko entsyymaattista (Nivala ym. 2017) tai kemiallista käsittelyä saannon ja toimivuuden parantamiseksi (Konak 2014). Kasviuomien toiminnallisista ominaisuuksista, kuten vaahtoutuvuudesta, on saatavilla hyvin vähän tutkimusta.

Tässä tutkielmassa tutkittiin baristamaidon säilyvyysajan pidentämistä neljästä kuukaudesta kuuteen. Säilyvyyden tutkimus tehtiin tutkimalla maidon vaahtoavuutta, vaahton pysyvyyttä ja rakennetta. Baristamaidosta tutkittiin myös aistinvaraisia ominaisuuksia niin maitona kuin cappuccino – tyyppisiksi kahviuomiksi valmistettuna. Maidoista ja kahviuomista arvioitiin makeutta, karvautta, keitetyn makua sekä täyteläisyyttä verrattuna tuoreeseen, noin kuukauden ikäiseen referenssimaitoon ja siitä valmistettuun kahviuomaan. Lisäksi vaahtojen tutkimusmenetelmillä selvitettiin, miten valikoidut kasviuomat vaahtosivat ja miten niiden vaahtoutumisominaisuudet muuttuivat säilytyksen aikana.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

2.1 Maito

Lehmänmaidossa on keskimäärin 4,8 % hiilihydraatteja, 3,7 % rasvaa ja 3,5 % proteiinia (Tetra Pak 2003). Maidon proteiini- ja rasvapitoisuus voivat vaihdella lehmän rodun, lypsykauden ja ruokinnan vuoksi. Proteiinista noin 80 % on kaseiiniproteiinia ja 20 % heraproteiinia. Kaseiini esiintyy maidossa kaseiinimiselleinä, joissa esiintyy kaseiiniproteiinin lisäksi kalsiumfosfaattia. Heraproteiinit esiintyvät maidossa enemmän yksittäisinä proteiineina tai pieninä aggregaatteina. Heraproteiinit denaturoituvat helpommin kuin kaseiiniproteiinit esimerkiksi maidon lämpökäsittelyjen vuoksi. Maidon rasva esiintyy luonnostaan rasvapallosina, joiden sisällä rasva voi olla sekä kiinteässä että nestemäisessä muodossa. Maidon rasva koostuu pääasiassa triglyserideistä, joiden ympärillä on rasvamembraani. Membraani koostuu fosfolipideistä, proteiineista sekä glyserideistä. Säilytyksen aikana maidon rasva kermoituu eli nousee nesteen pinnalle.

Kaupalliset maitotuotteet usein homogenoidaan eli maito puristetaan paineella pienten rakojen läpi, jotta rasvapalloset pilkkoutuvat ja rasva ei kermoituu (Kautiainen 2019). Suomessa kaupalliset maitotuotteet käytännössä aina lämpökäsitellään, eli pastöroidaan tai iskukuumennetaan, ennen pakkaamista myyntiin. Muodostettaessa maitotuotteita voidaan maidon eri komponentteja yhdistellä halutun lopputuloksen saamiseksi. Tyypillisesti maidon rasvaprosenttia muutetaan separoimalla maidon rasva sekä kurri eli rasvaton maito erikseen. Näitä komponentteja yhdistelemällä maito voidaan vakioida haluttuun rasvaprosenttiin, jotta saadaan eri käyttötarkoituksiin sopivia maitoja. Kahvimaito on Suomessa tyypillisesti 2,0 – 3,0 % rasvaa ja yli 3,0 % proteiinia sisältävä maito (Valio 2019; Arla 2019).

2.2 Baristamaito

Barista on kahvinvalmistuksen ammattilainen. Baristojen suosimat maidot kahvijuomien valmistukseen ovat yleensä täysmaitoja rasvan tuoman maun ja rakenteen vuoksi (Nieminen ja Puustinen 2014; Hoffmann 2014). Rasvaton maito ei tuo kahvijuomaan yhtä kermaisen pehmeää makua kuin rasvainen maito. Baristamaito on tässä tutkimuksessa kaupallinen UHT-käsitelty maitojuoma, jossa on rasvaa 2,0 %, hiilihydraatteja 4,8 % ja proteiinia 3,5 %. Tuote on homogenoitu ja laktoositon. Baristamaidolle on tehty UHT – käsittely eli se on iskukuumennettu vähintään +135 °C lämpötilaan vähintään sekunnin ajaksi. UHT – käsittely

sekä aseptinen pakkaaminen antavat maidolle pitkän, kuukausien mittaisen säilyvyysajan (Tetra Pak 2003).

2.2.1 Maitovaahdon muodostuminen

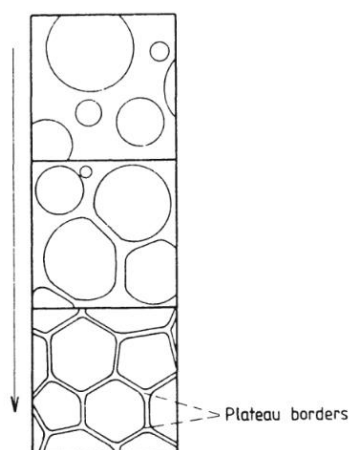
Vaahto on tärkeä osa monia elintarvikkeita, kuten jäätelöitä, virvoitusjuomia tai cappuccino – tyyppisiä kahvijuomia (Campbell ja Mougeot 2000). Vaahdon muodostuminen elintarvikkeeseen vaatii vettä, kaasua, pinta-aktiivisen aineen ja energiaa (Hubbertz 2010). Vaahto muodostuu nesteestä ja kaasusta, joka on kuplina pakotettu nesteen sisään (Kinsella 1981). Kaasukuplia nesteen sisässä pitää kasassa pinta-aktiivinen aine, joka elintarvikkeissa on useimmiten proteiini. Maidossa pinta-aktiivisena aineena toimivat maidon proteiinit, joilla voi olla hydrofiilisiä ja hydrofobisia osia samassa molekyyllisessä (Hubbertz 2010). Pinta-aktiivisia aineita tarvitaan vähentämään pintajännitystä kaasun ja nesteen välillä, jotta nesteeseen voi muodostua pieniä kaasukuplia. Proteiinit imeytyvät ilman ja nesteen rajapintaan ja alentavat pintajännitystä. Proteiineilla on lisäksi kyky orientoitua pinnoissa molekyylin hydrofobisuuden ja hydrofiilisyyden mukaan sekä avautua denaturoitumisen vuoksi kuplien pinnalle kattavasti. Siten proteiinit tukevoittavat vaahdon rakennetta pitämällä ilmakuplia koossa. Toisaalta maidon rasvat voivat estää vaahdon muodostumista ja heikentää sen pysyvyyttä. Vaahdon muodostuminen riippuu raaka-aineista sekä olosuhteista, ja vaahto on aina epästabiili riippumatta valmistustavasta, joten sen analysoiminen kuvaa vain hetkellistä tilannetta.

Vaahto on yhden määritelmän mukaan kaksiosainen kolloidaalinen systeemi, jossa ilmakuplat ovat liuenneena nestemäiseen jatkuvaan faasiin (Walstra 1989). Vaahdon muodostuminen alkaa kaasukuplien muodostumisella. Suurin osa kuplista on aluksi liian isoja ja toisaalta pienimmät kuplat alkavat joko hajota tai yhdistyä isompien kuplien kanssa kaasun diffuusion vuoksi (kuva 1). Tätä kutsutaan Ostwaldin kypsymiseksi. Vaahdon kuplat alkavat hyvin nopeasti nousta nesteen pinnalle. Painovoiman vuoksi neste alkaa puristua pois kuplien välistä ja kaasukuplat lähentyvät toisiaan painaen toisensa monitahokkaaseen muotoon. Kaasukuplien väliset proteiinikalvot voivat revetä ja kuplat hajota. Näitä vaiheita tapahtuu toistensa lomassa, ei pelkästään peräkkäin. Vaahto voi samaan aikaan muodostua ja hajota.

Energiaa maitoon voidaan vaahdotustarkoituksessa tuoda sekoittamalla tai vispaamalla maitoa voimakkaasti tai työntämällä höyryä tai ilmaa maidon sekaan paineella (Goh ym. 2010). Kahvijuomia valmistetaan tyypillisesti työntämällä kuumaa vesihöyryä paineella maitoon,

jolloin maitovaahdon lämpötila nousee vaahdotuksen yhteydessä (Hubbertz 2010). Huomiointavaa on, että kuuman vesihöyryn käyttö vaahdotuksessa lisää myös vaahtoon jonkin verran vettä ja vaahdotettavan nesteen tilavuus kasvaa (Deeth ja Smith 1983). Kahviloissa vaahdottaminen höyryinjektiolla tehdään työntekijän, usein koulutetun baristan, toimesta. Menetelmä on kuitenkin vaikeasti hallittava ja lopputulos vaihtelee tekijän mukaan. Ho ym. (2019) totesivat maidon vaahtoavan parhaiten mekaanisella vispaamisella. Goh ym. (2010) taas totesivat höyryn tai ilman työntämisen vaahtoon tuottavan tasaisemmat vaahdotustulokset kaiken tyyppisillä maidoilla verrattuna mekaaniseen vispaamiseen. Toisaalta jotkin tutkimukset eivät löytäneet eroja eri vaahdotusmenetelmien välillä (Kamath ym. 2008b).

Maidon vaahtoutumisominaisuuksia on tutkittu laajasti. Maidossa säilytyksen aikana mahdollisesti tapahtuvat biokemialliset muutokset, kuten lipolyysi ja proteolyysi voivat heikentää maidon vaahtoutumiskykyä (Deeth ja Smith 1983; Kamath ym. 2008b; Ho ym. 2019). Lisäksi säilytys voi vaikuttaa negatiivisesti maidon makuun esimerkiksi proteolyysissä syntyneiden lyhytketjuisten, karvaalta maistuvien peptidien vuoksi (Datta ja Deeth 2003). Kahvijuoimiin käytettävää maitoa vaahdotetaan monista muista vaahtoista poiketen puskemalla jääkaappikylmään (+5 °C) maitoon kuumaa vesihöyryä paineella (Campbell ja Mougeot 2000). Vaahdotettavan maidon lämpötilan nosto vaahdotuksen aikana vähintään +45 °C lämpötilan nostaa selkeästi syntyvän maitovaahdon määrää (Kamath ym. 2008a). Tämä johtuu maidon heraproteiinien osittaisesta denaturoitumisesta lämpötilan vaikutuksen vuoksi. Proteiinien rakenteen aukeaminen tukee paremmin syntyvän vaahton rakennetta.



Kuva 1. Vaahdon muodostumisen vaiheita Walstra (1989) mukaan. Pienimmät kuplat joko häviävät tai sulautuvat isompiin, neste valuu kuplien välistä pois ja lopulta vaahtokerroksessa ilmakuplien välissä on vaahton rakennetta tukeva kalvo, jonka puhjetessa kuplat yhdistyvät ja vaahto hajoaa.

Pastöroitu lehmänmaito tuottaa kestäväää ja tilavuudeltaan suurta vaahtoa vaahdotettuna vähintään +50 °C lämpötilassa (Borcherding ym. 2008). Myös maidon rasvat ovat korkeammissa lämpötiloissa nestemäisessä olomuodossa, mikä tuo vaahtoon makua ja tukee sen rakennetta (Hatakeyama ym. 2019).

Maitovaahdotus tarvitsee muodostuakseen proteiinia (Borcherding ym. 2009). Rasvattoman maidon proteiinipitoisuuden nosto 4 %:n tasolle konsentroimalla maitoa paransi vaahtonsaantia sekä auttoi tuottamaan pienikuplaisempaa ja pysyvämpää vaahtoa verrattuna vähemmän proteiinia sisältäviin maitoihin. Hubbertzin (2010) mukaan joissain aiemmissä tutkimuksissa oli havaittu kaseiinin lisäämisen nostavan maidon kykyä vaahtoutua. Kuitenkin Borcherding ym. (2009) mukaan maidon kaikkien proteiinien säilyttäminen oikeassa suhteessa ja konsentraation nosto on tehokkaampi keino vaikuttaa vaahtoutuvuuden parantamiseen. Rasvaton maito vaahtoa paremmin kuin rasvapitoinen (Kamath ym. 2008a). Maidon luonnostaan isot rasvapalloset saattavat haitata vaahtonsaantia ja pysyvyyttä (Borcherding ym. 2008; Kamath ym. 2008a). Voimakas homogenointi (14–25 MPa) voi parantaa maidon vaahtoutumiskykyä ja vaahtonsaantia pilkkomalla rasvapalloja pienemmiksi (Hatakeyama ym. 2019). Toisaalta voimakas homogenointi tai muu mekaaninen rasitus rikkooraidon rasvapallosten rakennetta ja altistaa niitä helpommin lipolyysille (Deeth 2006).

Vaahtotuslämpötilalla on iso vaikutus erityisesti täysmaidon vaahtoutuvuuteen, mutta myös rasvaton maito vaahtoa parhaiten yli +45 °C lämpötilassa (Kamath ym. 2008a). Maito vaahtoa kuitenkin huonosti alle +25 °C vaahtotuslämpötilassa riippumatta maidon koostumuksesta tai sille tehdyistä lämpökäsittelyistä. Maidon rasva on alle + 40 °C lämpötiloissa osittain kiteisenä (Ho ym. 2019; Hatakeyama ym. 2019). Kun maitoa rasitetaan esimerkiksi vaahtotamalla, rasvakiteet voivat puhkoa maidon rasvapallosten pintaa ja nestemäisessä muodossa oleva rasva pääsee rasvapallosten ja ilmakuplien pinnoille. Tämä saattaa estää ilmakuplien pysyvyyttä vaahtossa ja maito sekä vaahtoa huonosti että tuottaa heikosti pysyvää vaahtoa. Monissa tutkimuksissa maidon prosessoinnin aikaisella lämpökäsittelyllä ei ole suurta vaikutusta maidon vaahtoutuvuuteen (Ho ym. 2019; Kamath ym. 2008a). Ho ym. (2019) havaitsivat raakamaidon vaahtoutuvan huonommin kuin pastöroidun, mutta totesivat sen todennäköisesti johtuvan enemmän homogenoimattomuudesta kuin lämpökäsittelyn puutteesta. Toisaalta Oetjen ym. (2014) toteavat, että voimakas lämpökäsittely, kuten UHT – käsittely voi heikentää maidon vaahtoutumiskykyä.

Vapaiden rasvahappojen muodostuminen vähentää maidon vaahtoutumista (Kamath ym. 2008b; Deeth ja Smith 1983). Vapaita rasvahappoja muodostuu maitoon luonnostaan siinä esiintyvien lipaasi – entsyymien vuoksi tai raakamaidossa esiintyvien mikrobien tuottamana. Erityisesti *Pseudomonas* – lajien bakteerit voivat tuottaa raakamaitoon lipaaseja ennen maidon lämpökäsittelyvaihetta meijerillä (Deeth 2006). Lämpökäsittelyssä mikrobit sekä maidon luontainen lipoproteiini lipaasi tuhoutuvat, mutta osa lipaasientsyymeistä voi jäädä aktiiviseksi. Lipoproteiini lipaasin tuhoutumisen vuoksi lämpökäsitelty maito vaahtoa yleensä paremmin kuin raakamaito. Pitkä säilytysaika sekä erilaiset käsittelytavat vaikuttavat syntyvien vapaiden rasvahappojen määrään ja täten myös maidon vaahtoutumiskykyyn (Deeth ja Smith 1983). Maidon vaahtoavuus on todennäköisesti riippuvaista ainakin sekä maidon prosessointitavasta, rasvapitoisuudesta, säilytysajasta että vaahtotuslämpötilasta.

2.2.2 Maitovaahdon pysyvyys

Vaahdon pysyvyys riippuu sisäisestä paineesta, pinta-aktiivisen kalvon viskoelastisuudesta ja pintojen välisestä jännityksestä (Damodaran 2005). Vaahdon muodostumisen jälkeen tapahtuu nesteen ja vaahdon erottumista sekä Ostwaldin kypsymistä (Walstra 1989). Vaahdossa olevien ilmakuplien yhdistyminen tapahtuu, koska kuplien välinen neste puristuu paineen vuoksi kohti suurempaa nestemäärää. Kuplien puristuessa liikaa toisiinsa ne voivat yhdistyä ja lopulta puhjeta ilman rajapinnassa. Ostwaldin kypsymisessä ilma diffusioituu pienemmistä ilmakuplista isompiin. Lopulta ilmakuplat puhkeavat ilma-vaahtorajapinnassa ja kuplien yhdistymistä tapahtuu merkittävän paljon. Kun näitä fysikaalisia ilmiöitä tapahtuu tarpeeksi, vaahdon pinta laskee ja jäljelle jäävien kuplien keskikoko kasvaa.

Vaahdon rakennetta ja sen pysyvyyttä voidaan tutkia monilla menetelmillä. Vaahdotettavista juomista voidaan mitata vaahdon tilavuus heti vaahdotuksen jälkeen sekä vaahdon kestävyys (Kamath ym. 2008a). Lisäksi vaahdosta voidaan kuvaamisen avulla tutkia kuplien kokoa. Vaahdon kuplien kokoa voidaan mitata kuvaamalla ohutta kerrosta vaahtoa tasaista taustaa vasten (Borcherding ym. 2008; Kamath ym. 2008a). Kuplien kokoa voidaan analysoida myös videokuvaamalla (Münchow ym. 2015). Tyypillinen kuplakoon analysointitapa on laskea niiden keskimääräistä halkaisijaa. Keskimääräinen kuplien koko voi kuitenkin vääristää tulosta, jos kuplien kokohajonta on todella suurta (Cheng ja Lemlich 1983). Vaahdon valmistukseen ja sen koostumuksen analysointiin on myös tarjolla kaupallisia analyysointilaitteita (Oetjen ym. 2014; Hatakeyama ym. 2019). Vaahtoanalysointilaitteilla voidaan sekä tuottaa

vaahtoja että analysoida vaahdon ominaisuuksia, kuten pysyvyyttä ja kuplakoon hajontaa tarkasti ja toistettavasti.

Maidolle valmistuksen aikana tehdyillä lämpökäsittelyillä ei ole juurikaan vaikutusta maidon vaahdon määrään, mutta vaahdon pysyvyyteen on. UHT – käsitellyn maidon vaahdon kestävyys on parempi kuin pastöroidun (Kamath ym. 2008a). Ilmiö johtuu luultavasti kovemman lämpökäsittelyn aiheuttamasta maidon hera- ja kaseiiniproteiinien linkittymisestä rasvapallosten pinnoille. Lisäksi maidon rasvan olomuoto on yli +40 °C lämpötiloissa nestemäinen, mikä auttaa sekä vaahtoutumisessa että vaahdon pysyvyydessä. Vaahdotuslämpötilassa +45 °C sekä pastöroidun että UHT – käsitellyn maidon vaahdon pysyvyys oli korkeimmillaan. Vaahdon kestävyys kuitenkin alkaa laskea, kun vaahdotuslämpötilaa nostetaan yli + 60 °C.

Vaahdon kestävyys vaikuttaa myös vaahdottamismenetelmä. Ilmakuplien työntäminen maitoon tuottaa vähemmän kestävästä vaahtoa kuin kuuman höyryn injektio tai mekaaninen vispaaminen (Goh ym. 2009). Toisaalta Huppertz toteaa katsausartikkelissaan (2010), että menetelmillä ei ole merkittävää eroa.

Maidon koostumuksella on myös merkitystä vaahdon kestävyys. Goh ym. (2009) totesivat tutkimuksessaan, että rasvattoman maidon vaahto pysyy koossa pisimpään verrattuna rasvaisempiin maitoihin riippumatta vaahdotusmenetelmästä. Rasvaisen maidon homogenointi tai maidon rasvan korvaaminen kasvivasvoilla lisäävät maitovaahdon pysyvyyttä verrattuna käsittelemättömään rasvaiseen maitoon (Hubbertz 2014).

2.2.3 Säilytyksen vaikutus UHT – maidon ominaisuuksiin

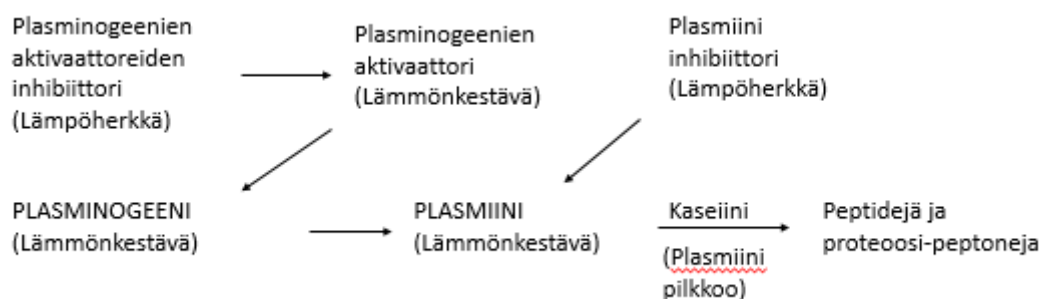
UHT- käsitellylle ja aseptisesti pakatulle maidolle voidaan antaa jopa 6 – 9 kuukauden säilyvyysaika huoneenlämmössä (Perkins ym. 2005; Richards ym. 2014). Säilyvyysaika voi olla sitä pidempi, mitä vähemmän vaatimuksia maidon aistinvaraisille ominaisuuksille asetetaan (Datta ja Deeth 2003; Tetra Pak 2003). Aistinvaraisesti UHT – käsitelty maito eroaa ominaisuuksiltaan usein jo tuoreena pastöroidusta maidosta (Tetra Pak 2003). Tyypillisiä UHT – maidon aistinvaraisesti havaittavia muuttuvia ominaisuuksia on keitetyn maku, karvauuden lisääntyminen sekä rakenteen paksuuntuminen ja värimuutokset säilytyksen aikana. Maidon UHT – käsittely voi olla joko suora, kuten höyryinjektio, tai epäsuora, kuten läm-

mönvaihdin -menetelmä. Yleisesti ottaen suora UHT – käsittely aiheuttaa vähemmän kemiallisia ja aistinvaraisia muutoksia maitoon kuin epäsuorat käsittelyt (Tetra Pak 2003; Elliot ym. 2003).

Mikrobiologisesti UHT – käsitelty maito säilyy hyvin jopa kuukausia huoneenlämmössä (Richards ym. 2014). UHT – käsitellyssä maidossa voi tapahtua säilytyksen aikana entsyymaattisia muutoksia, kuten proteolyysiä tai lipolyysiä sekä kemiallisia muutoksia, kuten Maillardin reaktiota tai valon katalysoimaa hapettumista (Datta ja Deeth 2003). Tyypillisiä entsyymaattisia muutoksia maidossa sen säilytyksen aikana ovat proteolyysi ja lipolyysi. Nämä muutokset voivat näkyä heikentyneenä aistinvaraisena ja / tai ravitsemuksellisena laatuuna.

Proteolyysi

Proteolyysissä maidon omat tai mikrobien tuottamat proteaasientsyymit pilkkovat maidon proteiineja (Datta ja Deeth 2001). Maidon omista entsyymeistä kestävin on maidon alkaalinen proteaasi, plasmiini. Plasmiini esiintyy maidossa joko valmiina entsyyminä plasmiinina tai sen esiasteena plasminogeenina. Plasminogeenin muutosta plasmiiniksi kontrolloi useiden aktivaattoreiden sekä inhibiittoreiden järjestelmä (kuva 2). Plasmiini, plasminogeeni ja plasminogeenien aktivaattorit ovat erittäin lämmönkestäviä (Alichanidis ym. 1986; Rauh ym. 2014b). Lämpökäsittely sekä UHT – maidon säilytys huoneenlämmössä saattaa sen sijaan jopa inaktivoida plasmiinin inhibiittoreita ja auttaa aktivaattoreita tuottamaan lisää plasmiinia UHT-käsiteltyyn maitoon. UHT – käsitellyssä maidossa plasmiini aiheuttaa proteolyysiä pilkkomalla erityisesti β – kaseiinia γ – kaseiiniksi sekä lyhemmiksi peptidiketjuiksi (Datta ja Deeth 2001).



Kuva 2. Plasmiini ja sen syntymiseen maidossa vaikuttavat aktivaattoreina toimivat entsyymit sekä toimintaa estävät inhibiittorit ja niiden vaikutus toisiinsa (piirretty Datta ja Deeth 2001 mukaan).

Proteolyysin seurauksena proteiinien rakenne hajoaa ja niistä voi syntyä eripituisia peptidiketjuja ja jopa vapaita aminohappoja (Datta ja Deeth 2001). Osa proteolyysissä maidon kaseiinista syntyvistä lyhytketjuisista peptideista maistuu karvailta (Rauh ym. 2014a). Karvas maku onkin yksi UHT – maidon säilyvyysaikaan rajaava tekijä. Proteolyysin aiheuttaman karvaiden peptidien nousu voi tapahtua jo 3 kuukauden säilytyksen aikana, mutta muutokset riippuvat ainakin maidon laadusta ja sille tehdyistä lämpökäsittelyistä (Datta ja Deeth 2001).

Proteolyysin voimakkuuteen vaikuttavat prosessoinnin ja maidon laadun lisäksi maidon säilytysaika sekä lämpötila (Tossavainen ja Kallioinen 2007). Kun laktoositonta UHT – käsiteltyä maitoa säilytettiin +45 °C 12 viikkoa, sen kaseiini oli lähes kokonaan pilkkoutunut proteolyysin vaikutuksesta. Sen sijaan, kun samaa maitoa säilytettiin +22 °C ja +30 °C, oli proteolyysi selkeästi hitaampaa. Jääkaappilämpötilassa +5 °C säilytetyssä maidossa proteolyysiä ei tapahtunut käytännössä ollenkaan. Laktoosia pilkkovat kaupalliset laktaasientsyymit voivat sivuvaikutuksena lisätä proteolyysin määrää maidossa (Jansson ym. 2014b). Tämän vuoksi maito, josta laktoosia on pilkottu entsyymaattisesti, voi olla alttiimpi proteolyysille kuin tavanomainen maito.

Proteolyysi voi aiheuttaa karvaan maun lisäksi UHT-käsitellyn maidon viskositeetin kasvua ja pahimmillaan maidon geeliytymistä (Datta ja Deeth 2001). UHT – maidon geeliytyminen säilytyksen aikana (*age gelation*) on yleensä merkittävin maidon säilyvyyttä rajoittava muutos. Maidon iän tuoma viskositeetin nousu johtuu erityisesti kaseiinin proteolyysistä (McMahon 1996; Rauh 2014a). Kaseiinin β – laktoglobuliini denaturoituu jo yli + 50 °C lämpötiloissa, joten sen rakenne heikkenee aina maidon lämpökäsittelyn aikana. Lisäksi UHT – käsittelyn jälkeen aktivoitunut plasminogeeni auttaa muodostamaan maitoon runsaasti plasmiinia (Rauh ym 2014a). Plasmiini pilkkoo kaseiinin sidoksia ja auttaa muodostamaan ja vapauttamaan erityisesti β – laktoglobuliini – κ – kaseiini – komplekseja kaseiinimiselleistä (McMahon 1996). Muodostuneet $\beta\kappa$ – kompleksit irtautuvat ensin kaseiinimiselleistä ja sen jälkeen alkavat kerääntyä yhteen kolmiulotteisiksi verkoiksi. Kun verkon koko laajenee tarpeeksi, se aiheuttaa maidon viskositeetin nopean kasvun ja maidon rakenne geeliiytyy.

Geeliytymisen aiheuttamaa maidon laadun heikkenemistä voidaan ehkäistä mahdollisimman laadukkaalla raakamaidolla ja prosessointitekniikalla (Datta ja Deeth 2001). Epäsuora UHT-käsittely ja korkeampi esilämmitys vähentävät UHT-maidon geeliytymistä säilytyksen aikana. McMahon (1996) havaitsi, että epäsuora UHT – käsittely hidasti $\beta\kappa$ – kompleksien

irtoamista kaseiinimiselleistä ja täten hidasti geelytymistä. Samoin Manji ym. (1986) havaitsivat, että epäsuora lämpökäsittelyn jälkeen kaikki maidon plasmiini oli inaktivoitunut ja vain pieni osa plasminogeenistä oli säilynyt aktiivisena. Suora UHT-käsittely taas jätti pienen osan plasmiinista ja suuremman osan plasminogeenistä aktiiviseksi, altistaen täten maitoa enemmän proteolyysille ja geelytymiselle. UHT – käsittelyn kannattaa siis geelytymisen ehkäisyssä olla epäsuora, vaikka yleisesti ottaen suora lämpökäsittely aiheuttaa maidolle vähemmän laatua heikentäviä muutoksia (Manji ym. 1986; Elliot ym. 2003). Myös UHT-käsittelyn esilämmityksen kestoa nostamalla ja itse UHT – käsittelyn lämpötilaa nostamalla voidaan geelytymistä jossain määrin ehkäistä (Datta ja Deeth 2001). Imeisesti sekä esilämmitys että korkea UHT – lämpökäsittely auttavat $\beta\kappa$ – komplekseja sitoutumaan lujemmin kaseiinimiselleihin ja täten niiden verkottuminen hidastuu.

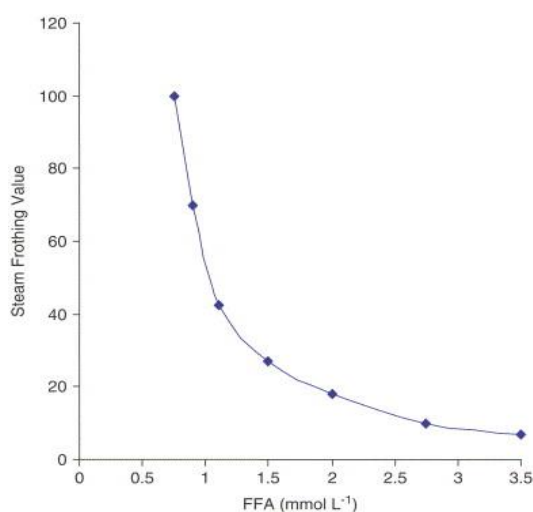
Myös maidon säilytyslämpötila vaikuttaa geelytymiseen. UHT -maidon geelytyminen tapahtuu nopeimmin, jos maitoa säilytetään +20–25 °C (Manji ym. 1986). Maidon säilytyksen aikainen geelytyminen taas hidastuu, jos maitoa säilytetään joko viileässä (+4 °C) tai lämpimämmässä kuin huoneenlämpö (+35–40 °C). Geelytyminen ei siis johdu pelkästään proteolyysista, eikä kaikkia geelytymiseen liittyviä tekijöitä ole vielä selvitetty (Datta ja Deeth 2001).

Lipolyysi

Lipolyysissä maidon triasyyliglyserolit (TAG) pilkkoutuvat vapaiksi rasvahapoiksi, mono- tai diasyyliglyserideiksi ja joissain tapauksissa jopa glyseroliksi (Deeth 2006). Maidossa luontaisesti esiintyvä lipoproteiini lipaasi – entsyymi aiheuttaa pääasiassa maidossa tapahtuvan lipolyysin. Lipolyysiä estää luonnostaan maidon rasvan olomuoto: rasva on maidossa pääasiassa rasvapallosina, joita päällystää suojaava membraani. Jos suojaava membraanikerros kuitenkin vahingoittuu esimerkiksi mekaanisessa sekoituksessa tai maidon homogenoinnissa, ovat maidon rasvat alttiita lipolyysille.

Lipolyysin tuottamat vapaat rasvahapot voivat aiheuttaa maitoon karvaita tai eltaantuneita makuja sekä heikentää maidon vaahtoutumiskykyä. Kamathin ym. (2008b) tutkimuksessa havaittiin selkeä vapaiden rasvahappojen pitoisuusraja, jonka ylittyessä maidon vaahtoutuminen heikkeni selkeästi. Korkea vapaiden rasvahappojen pitoisuus (yli 3,0 $\mu\text{Ekv} / \text{ml}$) haittaa sekä vaahtoutumista että vaahdon pysyvyyttä riippumatta jopa vaahdotuslämpötilasta

(Kamath ym. 2008b). Myös Deeth ja Smith (1983) havaitsivat tutkimuksessaan, että korkeampi vapaiden rasvahappojen pitoisuus haittasi merkittävästi maidon vaahtoutumista valmistettaessa maitovaahtoa höyryinjektiolla (kuva 3). Jo yli 1 mM pitoisuus heikensi vaahtoutumista ja 1,5 mM pitoisuuden on todettu maistuvan maidossa niin voimakkaasti, että kuluttajat eivät pidä maidon makua enää hyväksyttävänä. Vaahdotuslämpötilalla on myös merkitystä lipolyysin vaikutuksessa maidon vaahtoutumiseen. Pieni vapaiden rasvahappojen pitoisuuden nousu ei merkittävästi haittaa maidon vaahdottamista korkeassa (+ 65 °C) lämpötilassa, mutta kylmässä (+5 °C) vaahdotettaessa vaikutus näkyy selkeästi (Kamath ym. 2008b).



Kuva 3. Maidon vaahtoutumiskyky suhteessa vapaiden rasvahappojen määrään. Maidon vaahtoutumiskyky on laskettu vaahton tilavuus x 100 / maidon alkuperäisellä tilavuudella (Deeth ja Smith 1983).

Maillardin reaktio

Maillardin reaktio on sarja ei-entsymaattisia kemiallisia reaktioita, joissa proteiinien tietyt aminohapot reagoivat pelkistävien sokereiden kanssa (van Boekel 1998). Maidossa Maillardin reaktio tapahtuu, kun laktoosin aldehydyryhmä sitoutuu maidon proteiineista peräisin olevan aminoryhmän, tyypillisesti lysiinin, kanssa. Useiden reaktiosarjojen tuloksena syntyy ruskeita pigmenttejä tuottavia pyralysiineja, melanoidiineja ja/tai polymeereja kuten laktoosi-lysiinia tai fruktoosi-lysiinia (Popov-Raljić ym. 2008). Näistä yhdisteistä erityisesti melanoidiinit tuottavat maitoon vähitellen säilytyksen aikana ruskeaa väriä (van Boekel 1998). Yhdisteet saattavat myös muuttaa maidon makua. Maillardin reaktion aiheuttamia muutoksia maidossa kutsutaan maidon ei-entsymaattiseksi pilaantumiseksi.

Laktoositon maito on tavallista maitoa herkempi Maillardin reaktiolle (Jansson ym. 2014a). Laktoositonta maitoa voidaan tuottaa poistamalla ensin osa laktoosista suodattamalla ja tämän jälkeen pilkkomalla loput laktoosista entsyymaattisesti glukoosiksi ja galaktoosiksi (Jansson ym. 2014a; Tossavainen ja Kallioinen 2007). Laktoosi, glukoosi ja galaktoosi ovat pelkistäviä sokereita ja ne reagoivat helposti myös aminohappojen kuten lysiinin kanssa aiheuttaen Maillardin reaktiota. Laktoosin pilkkominen glukoosiksi ja galaktoosiksi lisää pelkistävien sokerimolekyylien määrää maidossa huomattavasti ja näin myös Maillardin reaktio nopeutuu (Jansson ym. 2014a). Lisääntynyt Maillardin reaktiotuotteiden määrä laktoositossa maidossa voi lyhentää sen hyväksyttävää säilytysaikaa nopeammin kuin tavallisella maidolla.

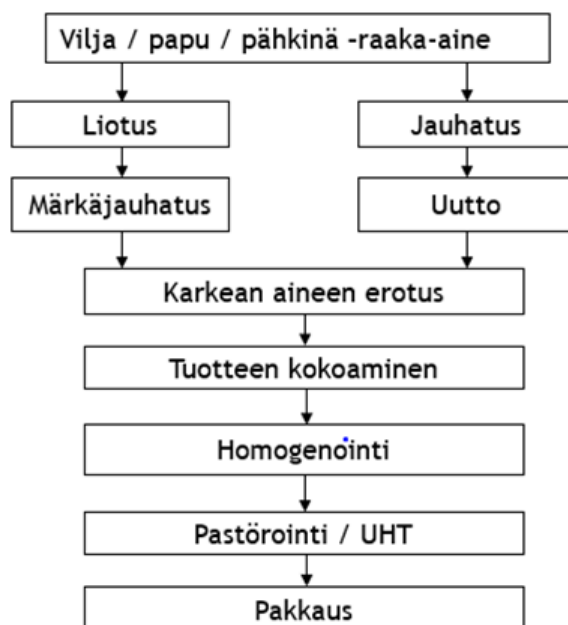
2.3 Maidonkaltaiset kasviuomat

Maidonkaltaisissa kasviuomissa on pääasiassa vettä ja siihen liuenneita aineita kasvipölystä raaka-aineesta kuten kaurasta tai soijasta (Mäkinen ym. 2016). Kasviuomia ei voi käsitellä yhtenä juomana, koska ainesosat ja ravintosisällöt vaihtelevat voimakkaasti (Jeske ym. 2017). Kasviuomat valmistetaan useimmiten jauhamalla kasvimateriaali hienoksi ja uuttamalla tai liottamalla se veteen (Sethi ym. 2016). Kasvimateriaalin partikkelikoko on yleensä jauhatuksen jälkeen hyvin epätasainen, mikä aiheuttaa juoman rakenteen epätasaisuutta. Suurin osa kasvimateriaalista pitää siis suodattaa pois. Juomat usein myös homogeenoidaan sekä lämpökäsitellään säilyvyyden pidentämiseksi sekä rakenteen parantamiseksi. Rakenteen koossa pysymiseen vaikuttaa prosessoinnin lisäksi myös säilytysolosuhteet. Lämpökäsittely voi lisätä myös juoman funktionalisuutta. Esimerkiksi UHT – käsittely denaturoi soijan proteiineja ja parantaa niiden sulavuutta (Tetra Pak 2018). Juomat käsitellään usein muistuttamaan ulkonäöltään ja koostumukseltaan maitoa ja niitä usein ajatellaan myös maidonkorvikkeena maitoallergikoille tai eettisistä syistä maitoa välttäville (Mäkinen ym. 2016).

Kasviuomat voidaan jakaa karkeasti ryhmiin: 1) Viljapohjaiset: kaura-, riisi-, maissi- ja spelttijuomat; 2) Palkokasvipohjaiset: soija-, maapähkinä-, lupiini- ja pitkäpajujuomat; 3) Pähkinäpohjaiset: manteli-, kookos-, hasselpähkinä-, pistaasi- ja saksanpähkinäjuomat; 4) Siemenpohjaiset: seesamin-, pellavan-, hampun- ja auringonkukansiemenjuomat; 5) Pseudoviljat: quinoa-, tefheinä- ja amaranttijuomat (Sethi ym. 2016).

Kasvijuomien ravintosisältö on yleensä luonnostaan suppeampi kuin maidon (Chalupa-Krebdak ym. 2018). Kasvijuomiin lisätäänkin kasviöljyjä, vitamiineja ja/tai kivennäisaineita, jotta ne korvaisivat maidon ruokavaliossa myös ravitsemuksellisesta näkökulmasta. Maito sisältää runsaasti kalsiumia, fosforia ja B12 – vitamiinia verrattuna soijajuomaan (Hajirostamloo 2009). Soijajuoma sisältää taas kymmenkertaisen määrän rautaa maitoon verrattuna. Lisäksi kasvijuomissa on yleensä ravintokuitua, jota maidossa ei ole. Ne ovat myös varsin vähäkalorisia, mikä lihavuuden kanssa kamppailevissa länsimaissa voi toimia hyvänä myyntiargumenttina (Sethi ym. 2016). Toisaalta köyhemmillä alueilla, joissa ravitsevasta ruuasta on pulaa, on ravintoaineiden ja kalorien vähyys negatiivinen asia. Toisaalta kasvijuomilla voi olla sellaisia positiivisia terveysvaikutuksia, joita maidolla ei ole. Kasvijuomat eivät sisällä kolesterolia. Sen sijaan esimerkiksi soijan proteiinien ja kauran β -glukaanin on todettu alentavan kolesterolia ihmisillä. Kasvijuomien maku tulee yleensä suoraan käytettävästä kasvi-raaka-aineesta ja juomien maullinen hyväksyttävyys kuluttajilla voi olla haasteellista (Mäkinen ym. 2015).

Maidonkaltaiset kasvijuomat valmistetaan pääasiassa kuvan 4 prosessikaavion mukaisesti, mutta jotkin vaiheet voivat vaihdella valmistajan mukaan.



Kuva 4. Kasvijuoman valmistuksen peruskaavio Mäkinen ym. 2016 mukaan.

2.3.1 Soijajuoma

Soijapapu (*Glycine max*) on proteiinipitoista (jopa 40 % kuiva-aineesta) ja sen proteiini sisältää kaikkia ihmiselle välttämättömiä aminohappoja (Thrane ym. 2017). Valmis kaupallinen soijajuoma sisältää usein noin 3-3,5 % proteiinia (Tetra Pak 2018). Monet Aasian valtiot ovat asettaneet soijajuoman proteiinipitoisuudelle alarajan, jotta jopa halvimmat juomat olisivat tarpeeksi ravitsevia. Soijapapu sisältää myös noin 20 % (kuiva-aine) rasvaa, joka on kolesterolitonta, runsaasti tyydyttymättömiä rasvahappoja sisältävää. Soijapavun prosessointi juomaksi vaatii papujen liottamista ravinteiden irrottamiseen. Lämpökäsittelyllä parannetaan ravitsemuksellista laatua sekä inaktivoidaan soijapavun luontaisia entsyymejä, jotka muuten aiheuttaisivat proteolyysiä ja lipolyysiä valmiissa juomassa. Liottaminen ja lämpökäsittely myös vähentävät soijajuoman karvasta, papumaista makua ja lisäävät näin juoman hyväksyttävyyttä kuluttajilla. Karkea aines suodatetaan pois, jotta juomasta saadaan miellyttävän tasaista ja ehkäistään erottumista. Myös juoman homogenointi estää juoman erottumista säilytyksen aikana. Juomat usein vitaminoidaan ja niihin lisätään esimerkiksi kasviöljyä, kalsiumia ravitsemuksellisen laadun parantamiseksi. Juoma joko pastöroidaan tai UHT – käsitellään säilyvyyden parantamiseksi. UHT – käsitelty soijajuoma voi säilyä jopa 8 kk.

2.3.2 Kaurajuoma

Kaura (*Avena sativa*) on hyvä juoman raaka-aine sen korkean proteiinipitoisuuden ja viljalle korkean rasvapitoisuuden ansiosta (Mäkinen ym. 2017). Kaurassa on enemmän ihmiselle välttämättömiä aminohappoja kuin muissa viljoissa. Kaura myös soveltuu useimmille vilja-allergikoille. Kaurajuomat ovat selkeästi pohjoismainen trendi, mutta kaurajuomien suosio on nousussa ympäri maailmaa (Roux 2018). Pohjoismaissa kaura on suosittu raaka-aine ja erityisesti Pohjois-Amerikassa se on herättänyt kiinnostusta mahdollisten terveysvaikutustensa vuoksi. Pelkästään kahviin tarkoitettuja kaurajuomia on Suomessa markkinoilla 7 erilaista tuotetta kesällä 2019 (Liite 1). Kaurajuomien valmistuksessa on hyvin todennäköisesti käytetty ainakin joko entsyymaattista tai kemiallista prosessointia, jotta juomien ravitsemuksellinen sekä toiminnallinen laatu olisivat mahdollisimman hyvä (Nivala ym. 2017). Valmistajista Oatly kertoo käyttävänsä entsyymaattista prosessointia kaurajuomien valmistuksessa (Oatly 2019).

2.3.3 Pähkinä- ja siemenpohjaiset juomat

Mantelipohjaiset juomat ovat hyvin suosittuja erityisesti Pohjois-Amerikassa (Roux 2018). Mantelijuoman valmistuksessa kuumennus jopa +90 °C liotuksen aikana parantaa ravintoaineiden liukoisuutta juomaan (Berger ym. 1997) Myös kookospohjaisia juomia on markkinoilla. Juomien ainesosaluettelo on hyvä lukea tarkkaan, sillä monissa juomissa on lisätty proteiinia esimerkiksi soijasta tai herneestä (Alpro 2018). Pähkinöissä ja siemenissä on luontaisesti runsaasti rasvaa sekä jonkin verran proteiinia, mutta ravintoaineiden liukoisuus juomaan on haasteellista. Juomien maku voi olla myös haasteellinen kuluttajien hyväksynnän kannalta.

2.3.4 Lisäaineet kasviuomissa

Monissa kasviuomissa käytetään lisäaineita toivotun koostumuksen takaamiseksi. Kasviuomat erottuvat voimakkaasti säilytyksen aikana (Mäkinen ym. 2015). Lisäaineilla voi olla myös merkitystä juoman vaahtoavuuden kannalta. Suomessa kaupallisesti myytävissä erityisesti kahviin tarkoitetuissa kasviuomissa käytetään emulgointi-, stabilointi- ja sakeuttamisaineita sekä happamuudensäätöaineita (liite 1).

Emulgointiaineiden tarkoitus on mahdollistaa ja säilyttää tasainen seos, vaikka raaka-aineina käytetään toisiinsa sekoittumattomia olomuotoja (Ruokavirasto 2019). Tyypillisin esimerkki on veden ja öljyn seos, joka saadaan pysymään tasaisena ja erottumattomana emulgointiaineen avulla. Kasviuomissakin käytetyt lisäaineryhmät ovat rasvahappojen mono- ja diglyserideistä (E471) ja etikka-, maito-, sitruuna- ja viinihapoista (E 260, 270, 330 ja 334) valmistetut emulgointiaineet. Näillä lisäaineilla ei ole käyttörajoituksia.

Stabilointiaineet auttavat sekä pitämään elintarvikkeen rakenteen yhtenäisenä ja lisäksi ne voivat stabiloida, ylläpitää tai vahvistaa elintarvikkeen omaa väriä (Ruokavirasto 2019). Stabilointiaineet voivat myös lisätä elintarvikkeen sitoutumiskykyä, mikä edesauttaa rakenteen pysyvyyttä. Kasviuomissa tyypillisesti käytetty stabilointiaine on gellaanikumi (E418), joka valmistetaan sokerista käymisprosessilla. Stabilointiaineena käytetään myös natriumalgiinaattia (E401), joka on algiinihapon suola. Aineita saa käyttää lähes kaikkiin elintarvikkeisiin, paitsi minipikareihin pakattuihin hyytelömakeisiin. Näille lisäaineille ei ole määritelty korkeinta hyväksyttyä päivittäistä enimmäissaantimäärää. Myös kalsiumkarbonaattia

(E170), jota esiintyy kalkkikivessä ja liidussa, käytetään stabilointiaineena. Lisäksi se tuottaa elintarvikkeeseen valkoista väriä ja se voidaan luokitella myös elintarvikeväriksi.

Happamuudensäätöaineilla voidaan säädellä elintarvikkeen happamuutta tai emäksisyyttä (Ruokavirasto 2019). Hapettumisenestoaineet voivat suojata elintarviketta hapettumisen aiheuttamalta pilaantumiselta, kuten rasvojen härskiintymiseltä tai värimuutoksilta. Kasvijuomissa esiintyvät kalium- ja kalsiumfosfaatit (E340-341) ovat fosfaatteja, jotka voivat toimia sekä happamuudensäätöaineina että stabilointiaineina. Lisäksi ne voivat vahvistaa hapettumisenestoaineiden toimintaa metalleja sitomalla. Fosforille on määritelty päivittäinen enimmäissaanti 70 mg / kg / vrk.

2.3.5 Kasvijuomien käyttö Suomessa

Kasvijuomien kulutuksen kasvu on kansainvälinen trendi. USA:n markkinoilla kasvijuomia on ostanut jo 53 % kuluttajista ja markkinoiden arvo on 2,1 miljardia dollaria kun taas nestemäisten maitotuotteiden markkinoiden arvo noin 16 miljardia dollaria (Roux 2018). Kasvijuomien myynti kasvoi Yhdysvalloissa edelleen 7,6 % vuonna 2017 edelliseen vuoteen verrattuna. Myös Suomessa maidonkaltaisten kasvijuomien suosio ja valikoima ovat lisääntyneet viime vuosina huomattavasti. Vuodesta 2017 vuoteen 2018 kasvijuomien myynti Suomen vähittäiskaupoissa kasvoi jopa 50 - 60 % (Kallunki 2018). Keskon maitovalmisteet valikoimasta noin 10 % tuotteista on jo kasvipohjaisia (Kesko 2019). Maito ollut pitkään ravitsemuksellisesti merkittävä elintarvike Suomessa, mutta sen kulutus on ollut jo 1960 – luvulta asti pienessä laskussa (Luonnonvarakeskus 2019). Mediassa ja politiikassa käydään kovaa keskustelua maidon sekä lihan kulutuksen vähentämisestä ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Helsingin kaupunginvaltuusto on esittänyt jopa, että kulutus pitäisi puolittaa vuoteen 2025 mennessä (Helsingin Sanomat 2019). Suomessa kauran kulutus on kasvanut 1 kg / per henkilö vuodesta 2016 vuoteen 2017 (Luonnonvarakeskus 2019), tästä osa luultavasti selittyy kaurajuomien kehityksellä.

2.3.6 Maidonkaltaisten kasvijuomien vaahdon muodostuminen

Maidonkaltaisten kasvijuomien vaahtoutumisesta sekä toimivuudesta kasvijuomissa on löydettävissä hyvin vähän tutkimusta. Sen sijaan kasviproteiinien toiminnallisia ominaisuuksia on tutkittu. Soijaproteiini-isolaatteja käytetään monipuolisesti korvaamaan maidon proteiineja elintarvikkeissa, myös vaahtoutuvissa tuotteissa (Thrane ym. 2017). Soijaproteiini

vaahtoa hyvin (Yasumatsu ym. 1972). Soijaproteiinivalmisteita käytetään elintarvikkeissa muun muassa kananmunan korvikkeena, kun haluttua emulgoida tai lisätä elintarvikkeen vaahtoamiskykyä. Soijaproteiinin vaahtoamiskykyä sekä vaahdon pysyvyyttä voidaan vielä lisätä poistamalla soijaproteiinivalmisteesta soijan luonnolliset rasvat sekä käsittelemällä soijaproteiinia entsyymaattisesti, jotta proteiinit pilkkoutuvat valmiiksi.

Kauran proteiini-isolaateilla hieman heikompi vaahtoutumiskyky kuin soijaproteiini-isolaateilla, erityisesti happamissa olosuhteissa (Mäkinen ym. 2017). Kauran proteiinit ovat huonosti veteen liukenevia, erityisesti hieman happamissa olosuhteissa (Konak ym. 2014). Tämä tekee kauran käytöstä stabilointiin, emulgointiin tai vaahdon muodostukseen elintarvikkeissa haastavaa. Kauran proteiinien liukoisuutta ja samalla niiden toiminnallisia ominaisuuksia, kuten vaahtoutumiskykyä, voidaan kuitenkin parantaa. Hyviä tuloksia on saatu ainakin kaurajauhon hiilidioksidikäsittelyllä, joka tutkitusti auttaa kauran proteiineja liukemaan veteen. Lisäksi poistamalla kauran omia lipidejä, voidaan sen vesiliuoksen toiminnallisia ominaisuuksia parantaa. Näin saatu liuos on myös vaahtoutumis- ja stabiloimisominaisuuksiltaan hyvä, etenkin hieman emäksisissä olosuhteissa (pH 8,5). Kauran proteiinia voidaan käsitellä entsyymaattisesti parantamaan sen ominaisuuksia (Nivala ym. 2017). Kauran proteiinien käsittely transglutaminaasientsyymillä paransi kauran proteiinein liukoisuutta ja täten paransi kauraisolaatin vaahtoutumiskykyä.

Erityisesti kahviin tarkoitettujen kasvijuomien proteiinimäärä vaihtelee 0,3 – 3,3 % ja lähteenä on yleensä soja tai kaura (liite 1). Proteiinin määrä kasvijuomissa on pienempi kuin maidossa, mutta kasviproteiinien hyvä vaahtoutumiskyky voi hyvin auttaa tuottamaan juomiin toivotut ominaisuudet kahvijuomien kannalta. Kahviin tarkoitettuihin kasvijuomiin on lisätty happamuudensäätöaineita ja stabilointiaineita. Kahvi on hapokas juoma, jonka pH on noin 5 (Mills ym. 2013; Moon ym. 2009). Kasvijuomien lisäaineiden tarkoitus on luultavasti pitää juoman rakenne kasassa, kun juomia kuumennetaan, vaahdotetaan ja lisätään kuumaan ja kasvijuomia happamampaan kahviin (Oatly 2019; Alpro 2019). Valmistajat myös suosittelvat hieman matalampaa vaahdotuksen loppulämpötilaa (+60 °C) kasvijuomille kuin maidolle suositellaan.

2.4 Kahvi

Kaupallinen kahvi on *Coffea arabica* ja *Coffea canephora* kahvipuiden marjojen siemeniä (Hoffmann 2014). Kahvi kasvaa päiväntasaajan ympärillä ja sitä tuotetaan vuosittain

10 milj. tn (ICO 2019). EU:n alueelle tuodaan 2,6 milj. tn raakakahvia vuosittain. Arabica kahvi eli *Coffea arabica* -puiden kahvilajikkeet ovat kaupallisesti arvokkaimpia ja maultaan arvostetuimpia kahveja (Nieminen ja Puustinen 2014). Arabica kahvien osuus kaikesta kahvintuotannosta on noin 60 %. Loput 40 % koostuu *Coffea canephora* eli robusta kahvilajikkeiden tuotannosta. Robusta kahvi ei ole kasvuolosuhteiltaan yhtä vaativa kuin arabica, mutta sen voimakas maku on vähemmän arvostettu.

Suomessa kahvia kulutetaan noin 10 kg henkilöä kohden vuodessa, mikä on eniten koko maailmassa (Nieminen ja Puustinen 2014). Suomalaiset itse kertovat juovansa keskimäärin 3-5 kupillista kahvia päivässä (Juomien Suomi 2018). Kahvipuut kasvavat parhaiten 1000–2000 metrin korkeudessa merenpinnasta ja vaikeakulkuisilta, vuorten rinteillä sijaitsevilta kahviviljelmiltä marjat kerätään yleensä käsin (Hoffmann 2014). Kahvipuiden marjat poimitaan marjojen ollessa kypsiä ja käsitellään niin, että vain niiden sisällä olevat kaksi papua jäävät jäljelle. Toisinaan marjassa on vain yksi papu, jolloin sitä kutsutaan helmipavuksi (*peaberry*). Pavut puhdistetaan kaikesta marjasta joko kuiva- tai märkäkäsittelyllä. Käsitellyn jälkeen pavut kuivataan ja pakataan kuljetusta varten. Kuljetukset tehdään pääasiassa laivoilla rahtikonteissa, joissa kahvipavut on pakattu joko 60 kg kahvisäkkeihin tai 20 tonnin konttisäkkeihin.

Kahvi prosessoidaan paahtamalla sitä korkeassa lämpötilassa, noin 200 °C:ssa, kuuman ilman avulla (Hoffmann 2014). Paahtossa papu laajenee tilavuudeltaan, kevenee veden haihtuessa ja Maillardin reaktion ansiosta papu ruskistuu ja aromit kehittyvät (Nieminen ja Puustinen 2014). Teollinen paahto kestää noin 5-20 minuuttia, riippuen paahtokoneen tyypistä. Pavun sisälämpötilan tulee nousta vähintään 180 °C:n lämpötilaan, jotta se paahtuu kunnolla ja maku kehittyy. Eri kahvituotteita tehdään sekoittamalla eri kahvilaatuja eri tuottajamaista ja paahtamalla niitä eri paahtoasteisiin.

Jauhatusaste eli kahvin karkeusaste valitaan kahvin valmistustavan mukaan (Nieminen ja Puustinen 2014). Karkeammaksi jauhettu kahvi uuttuu kuumassa vedessä hitaammin ja sopii esimerkiksi pannukahviksi tai perkolaattorikeittimiin. Suodatinjauhettu kahvi on hienompaa kuin karkeajauhettu kahvi ja se on valmistettu sopivaksi kotikäyttöisiin suodatinkeittimiin. Suodatinjauhatusta hienommaksi jauhettu kahvi on sopiva mutteripannukeittimiin tai ravintolakäyttöön tarkoitettuihin automaattikeittimiin. Erittäin hienoksi jauhettu espressojauhatus vaatii laitteen, joka tuottaa lämmön lisäksi kovan paineen, jotta kahvi ehtii uuttua tarpeeksi nopean, noin 30 sekunnin uuttamisen aikana. Hyvän kahvin valmistaminen on yhdistelmä

sopivaa annostusta, lämpötilaa, uuttoaikaa sekä laadukasta kahvia (Hoffmann 2014; Nieminen ja Puustinen 2014).

Paahdon jälkeen kahvipavuista vapautuu hiilidioksidia ja muita kaasuja (Hoffmann 2014). Tästä syystä kahvi täytyy joko pakata pusseihin, joissa on kaasuja läpäisevä venttiili tai antaa kahvin kaasuuntua ennen pakkausta. Jauhettu kahvi kaasuuntuu nopeammin isomman kaasua vapauttavan pinta-alan ansiosta kuin papukahvi. Jauhamisen jälkeen kahvia seisotetaan yleensä muutamia tunteja, minkä jälkeen sen voi pakata suojakaasu- tai vakuumpakkaukseen. Kahvi on hyvin säilyvä elintarvike (Nicoli ja Savonitti 2005). Paahdon aikana pavun kosteus laskee merkittävästi ja korkea lämpötila tappaa mikrobit. Hyvin pakattuna kahville ei käytännössä tapahdu ollenkaan entsyymaattista tai mikrobiologista pilaantumista. Kahvi voi pilaantua kuitenkin kemiallisten ja / tai fysikaalisten muutosten, kuten hapettumisen, vuoksi. Kahvin säilyvyydelle on tärkeää hapettomuus, suojaaminen kosteudelta ja valolta sekä haihtuvien yhdisteiden haihtumisen estäminen kahvimateriaalista, jotta sen maku ei muutu (Nicoli ym. 2009).

2.4.1 Kahvin kemialliset ominaisuudet

Kahvin kemiallinen koostumus vaihtelee kahvilajikkeen ja käsittelyn vuoksi (Ludwig ym. 2014). Raakakahvipapu koostuu pääosin hiilihydraateista (60 % kuiva-aineesta), 9 – 16 % (ka) proteiineista ja vapaista aminohapoista sekä 8 – 18 % (ka) rasvoista. Juomaksi valmistettuna paahdettu kahvi sisältää hyvin vähän ihmiselle ravitsemuksellisesti merkittäviä ravintoaineita. Kofeiini on yksi merkittävimpiä tekijöitä, miksi ihmiset nauttivat kahvia. Arabica kahvipavut sisältävät keskimäärin 0,9 – 1,3 % kofeiinia kuiva-aineestaan ja robusta vastaavasti 1,5 – 2,5 %. Hiilihydraattien sekä aminohappojen määrä putoaa selkeästi kahvin paahdossa. Kofeiinin määrä taas ei juurikaan vähene paahdossa ja kupillinen kahvia sisältää yleensä 50 – 250 mg kofeiinia riippuen valmistustavasta ja kahvilaadusta (Nieminen ja Puustinen 2014). Ihmisen kehossa kofeiini ainakin nostaa hetkellisesti verenpainetta ja lisää dopamiinin tuotantoa aivoissa. Kofeiini lisää täten hetkellisesti ihmisen vireystilaa ja parantaa suorituskykyä.

Kahvipavut sisältävät pelkistäviä sokereita sekä proteiinien aminohappoja, kuten asparagiinia ja lysiiniä, jotka mahdollistavat Maillardin reaktion tapahtumisen papuja paahdettaessa (Ludwig ym. 2014). Maillardin reaktion ansiosta kahviin syntyy monia yhdisteitä, mukaan

lukien väriä tuottavia melanoidiineja, haihtuvia aromaattisia yhdisteitä sekä orgaanisia happoja. Vapaat aminohapot sekä suuri osa hiilihydraateista tuhoutuvat paahdossa lähes kokonaan. Kahvipapu sisältää luonnostaan runsaasti klorogeenihappoa, josta iso osa kuitenkin pilkkoutuu paahdossa (Mills ym. 2013; Moon ym. 2009). Tummemmaksi paahdettu kahvi sisältää vähemmän happoja kuin vaaleapaahdotettu kahvi. Veteen uutetun kahviuoman pH on noin 5, mutta tummapaahdotus voi nostaa kahviuoman pH jopa yli 6 (Moon ym. 2009). Klorogeenihappoja tutkitaan osana kahvin mahdollisia positiivisia terveysvaikutuksia, joten niiden täydellinen tuhoutuminen paahdossa ei ole kuluttajan kannalta toivottavaa (Ludwig ym. 2014). Happojen lisäksi kahviuomaan uuttuu runsaasti haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, jotka luovat kahviin sen maun ja hajun. Kahvin maun ja hajun muodostaa jopa yli tuhat erilaista yhdistettä.

2.4.2 Kahvi ja maito

Suomessa kahvin kanssa maitoa käyttää noin 40 – 50 % kahvia juovista kuluttajista ainakin toisinaan (Ikonen 2013; Lassfolk-Feodoroff 2019). Suomessa maidon kulutus on suurta, vuosittain noin 112 l per henkilö Suomessa (Luke 2018). Tottumus maidon juontiin voi selittää osan suomalaisten kiinnostuksesta myös maitokahviin. Monia kahviuomia on kehitetty erityisesti maidon ja kahvin yhdistelmäksi (Parat-Wilhelms ym. 2005). Kahviuomat voivat olla monille kuluttajille helpommin nautittavia kuin musta kahvi. Osa kuluttajista luultavasti kaippaa kylmän maidon lisäämisen tuomaa kahvin lämpötilan laskua, jotta kahvin voi nauttia välittömästi (Lee ja O'Mahony 2002). Maito muuttaa kahvin tuoksua ja makua (Hoffmann 2014; Bücking ja Steinhart 2002; Parat-Wilhelms ym. 2005). Maidon makeus ja rasvaisuus ovat hyvä keino peittää kahvin hapokkuutta ja mahdollista karvautta tai palanutta makua. Maito tuo juomaan myös lisää kermaisuutta. Lämmitettynä maidon makeus vielä korostuu (Hoffmann 2014). Lämmitetty maito ei myöskään heti jäähdytä kahvia, kun maitoa lisätään paljon.

2.4.3 Kahviuomat

Monet kahviuomat perustuvat espressokahviin sekä lämmitettyyn tai vaahdotettuun ja lämmitettyyn maitoon (Paulig Barista Institute 2018). Espresso on kovalla paineella erittäin hienoksi jauhetusta kahvista uutettu lyhyt, noin 40 ml, kahviuoma (Nieminen ja Puustinen 2014). Maitovaahdotus on olennainen osa espressoon perustuvia erikoiskahviuomia, kuten cappuccino, cafe latte tai flat white (Valio 2018). Maitoa ei kannata lämmittää kahviuomien

valmistusta varten yli +68 °C lämpötilaan, sillä sitä korkeammissa lämpötiloissa maidon maku heikkenee (Hoffmann 2014). Kuumuus tekee maidosta keitetyn ja toisinaan rikkimäisen hajuista ja makuista. Vaahdotettaessa maitoa kahvijuomia varten, on tarkoituksena saada aikaan pienikuplaista sileää, pehmeää ja kiiltävää vaahtoa (Valio 2018; Paulig Barista Institute 2018). Nykyään kahvijuomien päälle kaadetaan maitovaahdolla kuvioita eli tehdään ns. latte art – kuviointia, johon juuri pehmeä vaahto sopii paremmin kuin kova vaahto. Kahvijuomien valmistus on kahviloissa usein käsityötä, joten juomia on vaikea standardoida. Kaikissa näissä juomissa maito on mahdollista korvata vaahtoutuvalla kasvijuomalla ja useissa kahviloissa kasvijuomat kuuluvat nykyään vakiovalikoimaan. Alla on esiteltyä vain tyypillisimpiä kahvijuomia. Kahviloilla voi olla juomista määrättömästi erilaisia versioita.

Cappuccino valmistetaan tyypillisesti espressojuomasta, höyrytetystä lämpimästä maidosta ja maitovaahdosta (Paulig Barista Institute 2018). Juoman kokonaistilavuus on tyypillisesti 150–180 ml ja ainesosien suhteet ovat lähteen mukaan 1:1:1 (Paulig Barista Institute 2018) tai 1:2:2 (Hoffmann 2014).

Caffé latte valmistetaan tyypillisesti kahdesta espressojuomasta ja runsaasta määrästä (noin 2 dl) kevyesti vaahdotettua, lämmitettyä maitoa (Paulig Barista Institute 2018). Juoman voi viimeistellä pienellä määrällä maitovaahtoa. Tämä pitkä maitokahvi tarjoillaan tyypillisesti korkeasta lasista.

Café au lait on ranskalainen maitokahviuoma, johon tulee tummapaahtoista suodatinkahvia sekä lämmitettyä maitoa (Paulig Barista Institute 2018). Kahvina voi olla myös pressopannulla tai muulla suodatusmenetelmällä valmistettu kahvi. Maito kuumennetaan noin +60 °C, mutta sitä ei vaahdoteta. Kahvia ja maitoa laitetaan juomaan tyypillisesti yhtä paljon.

Flat White on espressopohjainen maitokahviuoma (Paulig Barista Institute 2018). Sen voi valmistaa yhdestä tai kahdesta espressosta, jonka sekaan kaadetaan löysästi vaahdotettua maitoa. Juoman tilavuus on tyypillisesti 150 – 240 ml, josta espressokahvia joko 30 tai 60 ml ja loput maitovaahtoa.

Espresso Macchiato on espressokahvi, jonka päälle kaadetaan vähän, vain noin 15 ml, maitovaahtoa (Paulig Barista Institute 2018).

Latte Macchiato on kuin caffè latte toisinpäin, ensin kaadetaan lasiin runsaasti, noin 2dl, maitovaahtoa ja sen päälle yksi espressokahvi (Paulig Barista Institute 2018). Juomassa voidaan käyttää enemmän maitovaahtoa kuin tyypillisessä caffè lattessa.

2.5 Aistinvarainen arviointi nestemäisistä elintarvikkeista

Elintarvikkeiden aistinvarainen tutkimus yrittää saada aikaan, mitata ja tulkita aistien välityksellä syntyviä vasteita elintarvikenäytteisiin (Lawless ja Heymann 2010). Aistinvaraisissa arvioinneissa voidaan käyttää kaikkia ihmisen aisteja (Tuorila ja Appelbye 2006). Tätä tutkimusmenetelmää voidaan käyttää teollisuudessa elintarvikkeiden aistinvaraisen hyväksyttävyyden, laadun, säilyvyyden ja mahdollisten virhearomien tutkimiseen. Aistinvaraista arviointia käytetään silloin, kun mitataan elintarvikkeista asioita, joita ei voi laitteilla mitata. Aistinvaraisin menetelmin kerättyä tietoa on hyvä analysoida tilastollisesti, jotta tulosten vaihtelu johtuen esimerkiksi arvioijien yksilöllisistä ominaisuuksista ja kokemuksista tai aisteikon tulkintaeroista voidaan minimoida. Tilastollisella analysoinnilla voidaan päätellä, mitkä erot havainnoissa ovat merkitseviä ja mitkä sattumaa.

2.5.1 Kahvijuomien aistittava hyväksyttävyys

Kahvijuomissa käytettävän maitovaahdon halutaan olevan pienikuplaista ja hyvin kestävä, mutta notkeaa (Paulig Barista Institute 2018; Khezri ym. 2017). Cappuccinoissa vaahdon koostumus määrittelee pitkälti kahvijuoman laadun kuluttajan aistiessa sen ulkonäköä, kahvin aromia, lämpötilaa ja suutuntumaa. (Khezri ym. 2017). Vaahto myös sulkee kahvin aromia juomaan ja ne vapautuvat sieltä hitaammin kuin mustasta kahvista. Maito- tai muilla juomavaahdoilla on taipumus romahtaa eli vaahdon tilavuus pienenee joskus nopeastikin valmistuksen jälkeen, jos kuplat pääsevät yhdistymään laajasti ja nopeasti. Cappuccino – tyyppisten kahvijuomien vaahdon olisi suotavaa pysyä koossa juoman nauttimisen ajan eli optimaalisesti noin 10 – 15 minuuttia valmistuksesta (Hubbertz 2010). Kuumien kahvijuomien tarjoilulämpötilan tavoite on +55 – +65 °C, joten maito pyritään vaahdottaessa kuumentamaan noin + 65 °C:een (Valio 2018; Paulig Barista Institute 2018). Vaahdon ei kuitenkaan pidä olla kovaa ja ”kuivaa”, jotta se tuntuu ja maistuu miellyttävälle juodessa ja siitä on helppo valmistaa kahvijuoma. Osittain vaahdon rakenteen ja osittain paremmaksi koetun maun vuoksi kahvijuomissa käytetään yleensä rasvaista (2 – 3 %) maitoa.

2.5.2 Säilyvyyden arviointi aistinvaraisen arvioinnin keinoin

Elintarvikkeen säilyvyyden tutkiminen aistinvaraisella arvioinnilla voidaan tehdä monella tavalla (Lapveteläinen ja Appelbye 2006). Teollisuudessa usein käytetään päivittäisessä laatu-työssä hyvin yksinkertaisia menetelmiä. Tuotteiden arviointi voidaan toteuttaa yksinkertaisimmillaan antamalla niille arviointi asteikolla hyväksytty / hylätty. Arvioinnit voidaan toteuttaa myös miellyttävyys- ja kuvailuarviointina. Näytteet annetaan jokaiselle arvioijalle erikseen ja pyydetään arvioimaan kunkin näytteen ominaisuuksia esimerkiksi asteikolla 1 – 7. Ominaisuudet on valittava niin, että erot tuoreiden ja säilytettyjen näytteiden välillä voidaan havaita. Yleinen kuvaileva analyysi (*Generic Descriptive Analysis*) soveltuu näytteiden erojen etsimiseen eri ominaisuuksissa koulutetun raadin avulla. Menetelmä vaatii koulutetun raadin, jossa tulisi olla 8 -12 osallistujaa. Menetelmä vaatii sitoutuneen raadin, joka koulutetaan tehtävänsä. Raati joko luo näytteitä parhaiten kuvailevat termit koulutusvaiheessa tai valitsee ne valmiiksi annetuista listoista. Raadin valitsemia termejä käytetään lopulta itse arvioinnissa. Kuvaileva analyysi mahdollistaa laajan ominaisuuksien arvioinnin ja tuloksia voidaan analysoida tilastollisesti (varianssianalyysi, pääkomponenttianalyysi) sekä esittää visuaalisesti esimerkiksi tähtikuvion avulla. (Roininen ym. 2006)

Säilyvyyden arvioimiseksi tutkimus voidaan tehdä valitsemalla joukko ominaisuuksia, kuten makeus tai tunkkaisuus, ja vertaamalla niiden voimakkuutta tutkittavissa näytteissä tuoreeseen referenssinäytteeseen (Lapveteläinen ja Appelbye 2006). UHT – maidon tyypillisiä makumuutoksia voivat olla karvauuden voimistuminen proteolyysin vuoksi (Datta ja Deeth 2003), makeuden väheneminen sekä keitetyn maun ja kuivaavan suutuntuman lisääntyminen (Richards ym. 2016).

Tässä tutkielmassa arvioitaessa kahvimaidoksi tarkoitettua maitoa arvioidaan aistinvaraisesti sekä sellaisenaan että kahviuomassa. Molemmat arvioinnit ovat tärkeitä, jotta voidaan löytää mahdollisia maitoon muodostuneita virhemakuja ilman kahvia ja kahvin kanssa. Kahvin aromien ja haihtuvien yhdisteiden voimakkuuden aistiminen vaihtelee kahviin lisätyn maidon tai kasvijuomatuotteen vuoksi (Bücking ja Steinhart 2002). Lisätty maito- tai kasvijuomatuote voi heikentää aromien ja makujen, kuten kahvin karvauuden ja paahteisuuden aistimista ja toisaalta tuoda oman erityisen arominsa, kuten kermaisuuden, mukaan kahviuomaan. Tavoitteena on varmistaa, etteivät jotkut maidon virhemaut korostu kahvin kanssa, vaikka niitä ei pelkästä maidosta aina havaitakaan. Toisaalta näytteitä ei maisteta pelkästään kahviuomina, jotta jokin maidon mahdollinen virhemaku ei jää huomaamatta.

3 KOKEELLINEN TUTKIMUS

3.1 Työn tavoite

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää valituilla menetelmillä ammattikäyttöön tarkoitetun baristamaidon säilyvyyttä ja mahdollisuutta pidentää pakkaukseen merkittävää käyttöaikaa neljästä kuukaudesta kuuteen kuukauteen. Baristamaito tulee myyntiin Pauligin Out of Home – myyntikanavaan ja on tarkoitettu sekä kahviautomaatteihin että baristojen käyttöön kahvijuomien valmistuksessa ravintoloissa ja kahviloissa. Säilyvyys mitattiin maidon aistinvaraisen hyväksyttävyyden sekä vaahtoutumisen perusteella. Aistinvarainen hyväksyttävyyttä testattiin vertaamalla samalla ajan hetkellä eri-ikäisiä baristamaitoja maitoina sekä kahvijuomina maistettuna. Maidon toimivuus kahvijuomissa testattiin vaahtoutumiskojeilla. Tutkimuksessa verrattiin myös kahvijuomiin tarkoitettuja kasvipohjaisia juomia baristamaitoon. Maitoa ja kasvijuomia verrattiin tutkimalla vaahtoutumista sekä makua kahvin kanssa kahvijuomaksi valmistettuna.

3.2 Materiaalit ja menetelmät

3.2.1 Esikokeet

Esikokeissa testattiin sopivia tutkimusmenetelmiä sekä vaahtoutumisen tutkimiselle että aistinvaraisille arvioinneille. Esikokeissa käytetyt näytteet on esitetty liitteessä 1.

Esikokeissa kokeiltiin vaahdotusta sekä vaahdon mittaamista baristamaito- sekä kasvijuomanäytteille. Maidot ja kasvijuomat olivat eri-ikäisiä ja testiin otettiin aina tuoreinta, mitä kaupasta testien ajankohtana sai. Vaahdotus tehtiin automaattisella espressokoneen vaahdottimella (Nuova Simonelli Aurelia II T3, Italia). Kokeessa käytettiin kolmea vaahdotusasetusta: 1) vaahdotuslämpötila +40 °C, loppulämpötila +51 °C; 2) vaahdotuslämpötila +45 °C, loppulämpötila +60 °C; 3) vaahdotuslämpötila +45 °C, loppulämpötila +65 °C. Vaahdotuksen asetettu viiveaika oli jokaisessa ohjelmassa 1,5 s. Lämpötilat valittiin, koska koneen alin loppulämpötila on +50 °C ja toisaalta maitoa ei suositella lämmitettäväksi yli +65 asteiseksi (Valio 2018; Paulig Barista Institute 2018). Eniten eroa oli ohjelman 1 ja 3 välisissä tuloksissa. Varsinaiisiin kokeisiin valittiin ohjelmat 1 ja 3.

Näytteet maistettiin esikokeessa kuuden hengen ammattilaisraadilla. Maistossa pyrittiin keräämään sanallisesti ominaisuuksia, joilla näytteiden eroja voitaisiin testata varsinaisissa maistoissa. Tuoreen ja 9 kuukauden ikäisen kahvimaidon kanssa maistettiin UHT – käsitellyt rasvaton- ja kevytmaito, jotta saataisiin esiin UHT – maidoille tyypillisiä ominaisuuksia. Maidot maistettiin sellaisenaan sekä kahvinkeitinillä (Technivorm Moccamaster KB, HOLLANTI) keitetyn Juhla Mokka- sekä Parisien -suodatinkahvien kanssa (Paulig). Kasvijuomat maistettiin sellaisenaan sekä Juhla Mokka -suodatinkahvin kanssa. Kahvia laitettiin näytekupilliseen 80g ja maitoa tai kasvijuomaa 40g. Kahvi valmistettiin 30 min ennen maistoa ja kaadettiin kuppiin 10 min ennen maistoa yhdessä huoneenlämpöisen kasvijuoman kanssa. Esimaistossa arvioijat antoivat avoimia kirjallisia kommentteja näytteistä. Maistojen perusteella valittiin varsinaisissa arvioinneissa käytettävät ominaisuudet.

3.2.2 Näytteet

Näytteinä varsinaisessa tutkimuksessa käytettiin kaupallista kahvijuomien valmistukseen tarkoitettua baristamaitoa. Maito on homogenoitua, laktoositonta ja UHT – käsiteltyä. Siinä on 2,0 % rasvaa, hiilihydraattia 4,8 % ja lisättyä heraproteiinia vakioituun proteiini määrään 3,5 %. Baristamaitoa säilytettiin koetta varten huoneenlämmössä alkuperäisissä kaupallisissa pakkauksissa. Valmistajan antama säilyvyysaika on 4 kuukautta valmistuksesta ja näytteiden parasta ennen -päivämäärä on maaliskuussa 2019. Tutkimukset tehtiin tutkittavan maidon ollessa 4, 5, 6 ja 7,5 kuukauden ikäisiä valmistuksesta. Referenssinä käytettiin jokaisena testin ajankohtana tuoreinta mahdollista baristamaitoa. Käytännössä referenssimaito oli noin 1 kuukauden ikäistä valmistuksesta ja se hankittiin ruokakaupasta, jossa sitä oli säilytetty huoneenlämmössä. Tutkittaville sekä referenssimaidoille tehtiin kaikissa säilyvyysajan kohdissa vaahdotuskokeet sekä aistinvaraiset arvioinnit.

Vaahdotustestien esikokeissa käytettiin laajaa valikoimaa kasvijuomia (liite 1). Varsinaisiin säilyvyyden aikana tehtyihin vaahdotuskokeisiin valikoitiin kaksi kaurajuomaa: tuotekehitysnäyte ja kaupallinen referenssinäyte iKaffe (Oatly). Kaurajuomat olivat UHT – käsiteltyjä. Näytteitä säilytettiin kokeen ajan omilla kaupallisissa pakkauksissaan huoneenlämmössä (noin + 23 °C), jääkaapissa (noin + 6 °C) sekä inkubaattorissa (+ 30 °C). Tuotekehitysnäytteen valmistuspäivä on 27.4.2019 ja referenssinä käytetyn kaurajuoman (Oatly) 1.5.2019. Vaahdotuskokeet ja aistinvaraiset arvioinnit tehtiin kaurajuomien ollessa 4, 8 ja 10 kuukauden ikäisiä valmistuksesta.

3.2.3 Vaahtojen valmistus

Vaahdot valmistettiin ammattikäyttöön tarkoitettulla espressokoneella (Nuova Simonelli Aurelia II T3, Italia), jossa on lisäosana automaattinen maidonvaahdotin lämpötilasensorilla. Maidonvaahdotin tuottaa kuumaa vesihöyryä vakiopaineella. Testejä varten koneeseen asetettiin vakiopaine 1,2 bar. Lisäksi vaahdotuksessa kone työntää mekaanisella pumpulla vesihöyryn sekaan ilmaa, jotta neste lämpiämisen yhteydessä vaahtoutuisi. Vaahdottimeen on mahdollista asettaa 1) vaahdotuksen viive sekunteina, jolloin laite aluksi vain lämmittää nestettä vesihöyryllä 2) lämpötila, johon asti nestettä vaahdotetaan työntämällä siihen ilmaa samalla lämmittäen ja 3) loppulämpötila, johon asti nestettä lämmitetään vesihöyryllä vielä vaahdotuksen jälkeen. Tällöin koneen mitaama nesteen lämpötila määrittelee vaahdotuksen kokonaiskeston. Vaahdotusaikaa ei kontrolloitu.

Näytteet valmistettiin samalla vaahdotustekniikalla juuri ennen mittausta tai arviointia. Baristamaitonäytteet vaahdotettiin 4, 5, 6 ja 7,5 kuukauden säilyvyyden kohdalla ja samalla tehtiin vaahdotuskoe tuoreelle referenssimaidolle. Näytteinä käytettiin samoja näytteitä kuin kunkin ajankohdan aistinvaraisissa arvioinneissa. Kaurajuomille vaahdotuskokeet tehtiin 1, 4 ja 8 kuukauden säilyvyyden kohdalla ja samalla tehtiin vaahdotuskokeet referenssikaurajuomille. Kaurajuomia oli säilytetty kokeen aikana jääkaapissa (+4° – +8 °C), huoneenlämmössä (+21° – 25 °C), sekä lämpökaapissa (+30 °C). Kaikille eri lämpötiloissa säilytetyille näytteille tehtiin samat vaahdotuskokeet.

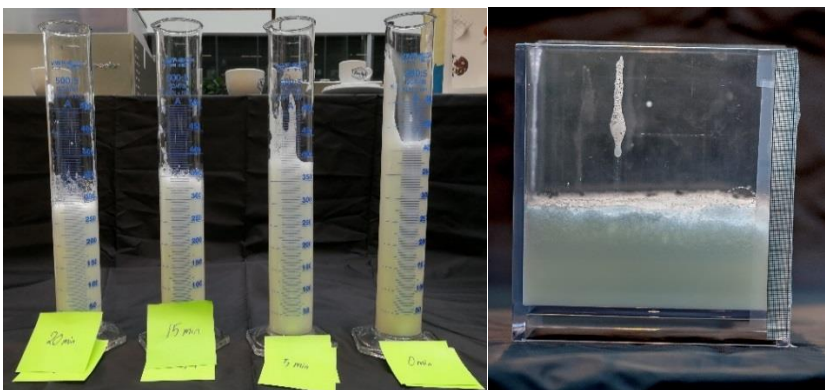
Kahvijuomissa suositeltava maitovaahdon loppulämpötila on +68 °C (Paulig Barista Institute 2018). Kasvijuomilla loppulämpötilan suositus on hieman matalampi +60 °C (Alpro 2019). Kokeessa käytettiin kahta vaahdotusasetusta: 1) vaahdotuslämpötila +40 °C, loppulämpötila +51 °C; 2) vaahdotuslämpötila +45 °C, loppulämpötila +65 °C. Vaahdotuksen asetettu viiveaika oli molemmissa ohjelmissa 1,5 s. Vaahdotukseen käytettiin metallista 350 ml vetoista maidon vaahdotukseen tarkoitettua metallista vaahdotusastiaa (Motta, Italia). Näytettä mitattiin astiaan 200 ml. Astia asetettiin samaan kohtaan ja vaahdotettiin samassa kulmassa suhteessa vaahdotusnokkaan. Näytteet olivat jäädytettynä jääkaappilämpötilaan (+4 – +8 °C) vähintään vuorokauden ajan. Näytemäärä maitoa mitattiin mittalaseilla ja kaadettiin huoneenlämpöisiin vaahdotusastioihin vasta juuri ennen vaahdotusta. Lämpötila mitattiin digitaalisella lämpömittarilla (Testo 112, Saksa) näytepurkista jääkaapista ottamisen jälkeen

sekä vaahdotetusta näytteestä heti vaahdottamisen jälkeen. Vaahto kaadettiin 500 ml mittalasiin (VWR) tai vaahdon kuvaukseen tarkoitettuun astiaan heti lämpötilan mittauksen jälkeen. Vaahdotukset tehtiin huoneenlämmössä.

3.2.4 Vaahdon mittaus

Vaahdotettavista juomista mitattiin vaahdon ja nestepinnan tilavuus millilitroina heti vaahdotuksen jälkeen ja siitä lähtien viiden minuutin välein aina 40 minuuttiin asti, jotta voitiin seurata vaahdon kestävyyttä (kuva 5). Lisäksi vaahdosta tutkittiin kuvaamisen avulla kuplien kokoa. Vaahdotuksessa syntyvän vaahdon määrää mitattiin läpinäkyvällä 500 ml mittalasilla (VWR, Belgia), jonka kyljessä on tilavuuden mitta-asteikko. Koko vaahdotettu nestemäärä kaadettiin mitta-astiaan ja mittalaseista otettiin kuvat 5 minuutin välein mittauksen alusta, kunnes vaahdotuksesta oli kulunut 40 minuuttia kunkin näytteen kohdalla. Kuvista tarkistettiin vaahdon määrä (ml) sekä nestepinnan korkeus (ml). Vaahdon mittaus tehtiin huoneenlämmössä. Nestepinta näkyy joissain juomissa välittömästi vaahdotuksen jälkeen ja toisissa nestepinnan selkeytymistä pitää odottaa jopa minuutteja. Kokonaistilavuuden ja nestepinnan erotuksesta laskettiin vaahdon määrä millilitroina. Vaahdon pysyvyyttä mitattiin tilavuuden laskuna millilitroina suhteessa aikaan vaahdon valmistuksesta. Vaahdon pysyvyyden mitaksi laskettiin puoliintumisaika eli aika, joka kuluu vaahdon tilavuuden laskiessa puoleen mittauksen aloituksesta.

Vaahdon kuplien kokoa mitattiin kuvaamalla ohutta kerrosta vaahtoa tasaista taustaa vasten. Vaahto ja neste kaadettiin vaahdotuksen jälkeen läpinäkyvään akryylimuoviastiaan (Palaset Oy, Suomi). Kuvaan asetettiin millimetriasteikko kuplien läpimitan mittausta varten (kuva 5).



Kuva 5. Vaahdon mittaus 500 ml mittalaseissa sekä läpinäkyvässä tasasivuisessa astiassa.

Kuvaamiseen käytettiin täyskennodigikameraa (Nikon D700, Japani) ja kuvankäsittelyohjelmalla korjattiin valaistus (Adobe Lighthouse Classic, Yhdysvallat). Vaahdosta määriteltiin millimetriasteikon avulla kuplien keskimääräinen koko. Kuplien kokohajontaa voidaan myös laskea ja luokitella vaahtoja, sillä perusteella onko niissä runsaasti pientä, keskikoista tai isoa kuplaa.

3.2.5 Käsinvaahtotus

Baristamaitoa vaahdotettiin automaatin lisäksi käsin espressokoneen (Nuova Simonelli Aurelia II T3, Italia) avulla. Vaahdotuksen suoritti Pauligilla työskentelevä kokenut baristakouluttaja. Käsinvaahtotuksessa baristakouluttaja vaahdotti kylmän maidon metallisessa kannussa (Motta, Italia) espressokoneen vaahtonokan avulla kuumaksi maitovaahdoksi. Vaahdotuksen loppulämpötilaa ei mitattu vaahdotuksen aikana, vaan baristakouluttaja arvioi maidon loppulämpötilan pitämällä metallista kannua kädessään. Loppulämpötila mitattiin heti vaahdotuksen jälkeen. Vaahtonokka tuottaa 1,2 baarin paineella vesihöyryä, joka sekä vaahdottaa että kuumentaa maidon.

Käsinvaahtotuksessa baristakouluttaja vaahdotti referenssimaidon sekä tutkittavan baristamaidon rinnakkain. Baristakouluttaja sekä kaksi Pauligin ammattilaismaistajaa arvioivat maidon vaahtoutuvuutta tutkimalla maidon käyttäytymistä vaahdotusprosessissa sekä arvioimalla kahvijuomien ulkonäköä. Lisäksi vaahtoista valmistettujen kahvijuomien makua ja vaahton koostumusta arvioitiin aistinvaraisesti.

3.2.6 Kahvijuomien valmistus

Arvioitavat cappuccino – tyyppiset kahvijuomat valmistettiin kahviautomaatilla (Thermoplan Black & White 3c, Sveitsi). Laite valmistaa halutun reseptin mukaisen juoman automaattisesti. Automaatti jauhaa kahvin pavuista ja valmistaa reseptin mukaisen espresson. Laitteeseen asetettiin ohjelmoinniksi 45 ml espressojuoma, joka valuu 25 sekunnissa. Kahvin päälle tulee kuumennettua maitoa sekä maitovaahtoa suhteessa 1:1 niin, että valmiin juoman kokonaistilavuus on 180 ml.

Kahvina kokeissa käytettiin Espresso Originale – kahvipapuja (Paulig). Papujen valmistuspäivä oli kolmessa ensimmäisessä maistossa 15.1.2019 ja neljännessä maistossa 28.5.2019.

Kahvi on Pauligin tumminta paahtoastetta 5 ja tarkoitettu erityisesti espressojuomien valmistukseen.

Laitte valmistaa kahvijuomat nestemäisestä maidosta, jolle on koneessa oma jäähdytetty säiliö. Kahviautomaattiin asennettiin kokeita varten kaksi maidonsyöttöä, joka mahdollisti kahden eri maidon käytön samaan aikaan. Juomien reseptiin ohjelmoitiin, otettiin maito säiliöstä 1 vai säiliöstä 2. Kahvi valmistettiin juomille aina samalla reseptillä, mutta maitoa vaihdettiin, kun haluttiin tehdä juoma joko referenssimaidosta tai tutkittavasta maidosta. Juomat täytyi valmistaa peräkkäin, koska automaatista saa vain yhden juoman kerrallaan.

Juomat pyrittiin tarjoilemaan arvioijille välittömästi valmistamisen jälkeen. Ensimmäisenä ja toisena valmistettujen juomien päällä pidettiin suojamuovia estämään juomien jäähtymistä. Arvioijat arvioivat ensin maidot huoneenlämpöisinä ja pyysivät uudet näytteet, kun ensimmäinen arviointi oli valmis (Kuva 6). Tästä johtuen oli vaikea tarkkaan arvioida, milloin kahvi juomat pitäisi olla valmiina ja pientä heittoa tarjoiluajoissa tuli kokeeseen. Juomia ei siis saanut kaikille arvioijille aina täysin saman lämpöisinä.

Kasvi juomille automaattilaitteet eivät sovellu toistaiseksi järjestelmän tukkeutumisvaaran vuoksi (Helminen 2019). Laittevalmistajat eivät myöskään myönnä takuuta laitteille, joihin on laitettu kasvi juomaa maidon sijaan. Tämän vuoksi kaurajuomia ei arvioitu aistinvaraisesti samalla tavoin kuin maitoja.



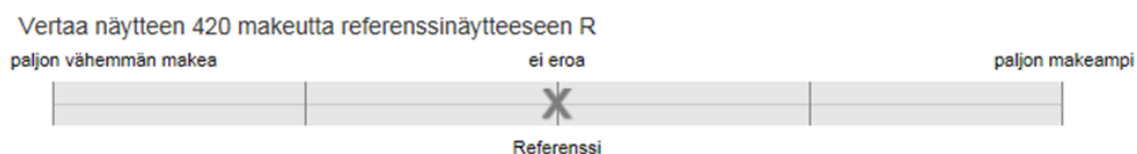
Kuva 6. Maitojen (vasemmalla) ja kahvi juomien (oikealla) näytteiden tarjoilu arvioijille aistinvaraisissa arvioinneissa.

3.2.7 Aistinvarainen arviointi

Säilyvyysarvioinnit toteutettiin arvioimalla näytteitä verrattuna tuoreeseen näytteeseen. Eri-ikäisiä maitoja maistettiin samassa maistossa ja vertailtiin keskenään. Raatina käytettiin Pauligin sisäistä asiantuntijaraatia (n=4 – 7). Maidot maistettiin sekä pelkkänä huoneenlämpöisenä maitona että kahviuomina, maitovaahtona yhdessä kahvin kanssa. Menetelmänä käytettiin vertailua referenssiin eli tuoreeseen maitoon ja tuoreesta maidosta valmistettuun kahviuomaan. Arviointiohjelmana käytettiin EyeQuestion – ohjelmistoa (Logic8 BV, Alankomaat). Kaikki näytteet olivat satunnaistettuja sekä merkitty kolminumeroisilla satunnaistetuilla koodeilla. Arvioinneissa käytettiin asteikkoa 1 – 9, jossa referenssi R oli asetettu kohtaan 5. Arvioijille ei näytetty asteikon numerointia, vaan arvioijat asettivat arvonsa asteikolle suhteessa referenssiin. Asteikon päissä oli kuvalliset sanailut tutkittavasta ominaisuudesta (kuva 7). Referenssi (R) asetetaan maistoon myös piilotettuna referenssinä, joten jokaisessa maistossa on kolme näytettä; R, tuore maito (sama kuin referenssi) ja tutkittava maito.

Säilyvyyskokeet toteutettiin maitonäytteiden olleessa iältään 4, 5, 6 ja 7,5 kuukautta valmistuspäivästä. Arvioitavat ominaisuudet olivat: makeus, karvaus, keitetyn maun voimakkuus sekä täyteläisyys. Ensimmäisessä maistossa oli mukana myös eltaantuneisuus. Eltaantuneisuus koettiin kuitenkin vaikeaksi termiksi maidosta arvioitavaksi. Arvioijat ovat tottuneet arvioimaan kahvin eltaantuneisuutta, joten muissa maistoissa ominaisuutta ei enää arvioitu.

Arviointikerrat alkoivat aina aistilaboratoriosta, jossa tarjolla oli UHT – maidon ominaisuuksien verrokinäytteitä. Ominaisuuksien verrokinäytteinä olivat rasvaton hyla – maito, joka kuvasi maidon makeutta; mahdollisimman tuore UHT – baristamaito, joka kuvasi maidon keitetyn makua sekä parasta ennen – päiväyksen jo ohittanut UHT – baristamaito, joka kuvasi maidon karvautta. Arvioijat saivat halutessaan käydä läpi kaikki verrokinäytteet ja siirtyä sitten maistokoppiin tekemään varsinaista arviointia. Arvioijat saivat koppeihin ensin tarjottimella kolme huoneenlämpöistä maitonäytettä posliinikupeissa (kuva 6).



Kuva 7. Esimerkki aistinvaraisessa arvioinnissa käytetystä asteikosta EyeQuestion -ohjelmassa.

Suun neutraloimiseen oli tarjolla vettä. Näytteiden mukana annettiin myös lusikat, joilla näytteitä sai maistaa. Näytteiden sylkemisestä ei ohjeistettu, mutta Pauligilla ammattiraatit olivat normaalisti sylkevät maistamansa näytteet. Kun ensimmäiset näytteet oli arvioitu, arvioijat oli ohjeistettu sekä kirjallisesti että suullisesti pyytämään uudet näytteet, kahviuomat. Kahviuomat tarjoiltiin kaikki kolme näytettä samalla tarjottimella sekä lusikka jokaiselle näytteelle (kuva 6). Kahviuoman sekoittamisesta ei ohjeistettu erikseen. Vertailu tehtiin arvioimalla maidolle tyyppilisiä ominaisuuksia, kuten makeus tai tunkkaisuus ja vertaamalla maistamalla niiden voimakkuutta tutkittavissa näytteissä tuoreeseen referenssinäytteeseen. (Lapveteläinen & Appelbye 2006). Asteikko oli vertailuasteikko, jossa referenssin on keskikohdassa. Ominaisuudet olivat karvaus, makeus, keitetyn maun voimakkuus sekä täyteläisyys. Ominaisuudet päätettiin esimaistoissa yhdessä ammattimaistajien kanssa. Ominaisuuksien arvioinnin lisäksi arvioijat pystyivät kirjoittamaan avoimia kommentteja näytteistä.

3.3 Tulokset

3.3.1 Esikokeet

Vaahdotuskokeissa neste ja vaahto erottuivat useimmissa näytteissä vasta muutaman minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Tulosten kuvat on esitetty liitteessä 2. Vaahtoavuus eli tilavuuden kokonaiskasvu oli kaikilla näytejuomilla pienempi matalammalla vaahdotuslämpötilalla (vaahdotuslämpötila + 40 °C ja loppulämpötila +51 °C) kuin korkeammalla (vaahdotuslämpötila +45 °C ja loppulämpötila +60 °C tai +65 °C). Ero oli pienimmillään 25 ml mantelijuomalla (Almond Breeze) ja suurimmillaan 100 ml iKaffe kaurajuomalla (Oatly). Kokonaistilavuuden lasku ajan kuluessa oli nopeinta maidoilla kaikissa vaahdotuslämpötiloissa verrattuna kaikkiin kasviuomanäytteisiin. Maidon kokonaistilavuus sekä vaahdon pysyvyys kasvoivat vaahdotuslämpötilan noustessa. Kasviuomilla lämpötilan nosto ei välttämättä johtanut korkeampaan vaahdon kokonaistilavuuteen. Muissa kasviuomissa kuin kaurajuomissa vaahdotuslämpötilan nosto +51 °C asteesta + 60 °C asteeseen vaikutti hieman vaahdon määrää lisäävästi, erotus näytteissä välillä 25 – 50 ml.

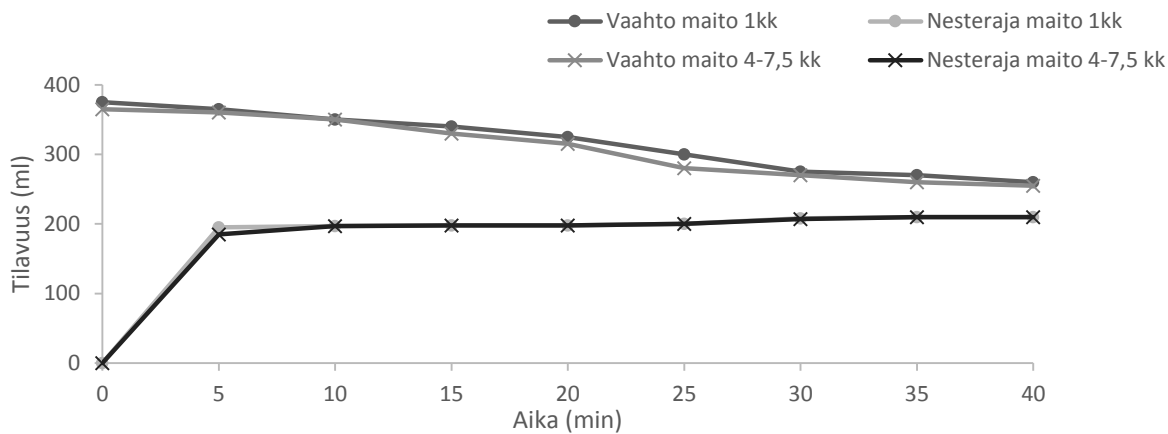
Soijajuomassa (Alpro) nesteen rajapinta oli nähtävissä heti vaahdotuksen jälkeen, mutta muissa näytteissä sen selkiytyminen kesti muutaman minuutin. Kaikissa vaahdotuslämpötiloissa vaahto oli varsin pysyvää, eikä 30 minuutin koeaikana näkynyt selkeää romahdusta, vain noin 15 – 30 ml lasku vaahdon tilavuudessa. Kaurajuomissa vaahdotuslämpötilan nosto +51 °C:sta +60 °C:n lämpötilaan lisäsi selkeästi vaahdon tilavuutta, mutta eroa eri näytteiden

tilavuuden kasvun välillä oli 35 – 100 ml. Vaahdotuslämpötilan nosto +60 °C:sta +65 °C:n lämpötilaan vaikutti kaurajuomissa kokonaistilavuuden määrään laskevasti. Kaikki kaurajuomien vaahdot olivat pysyvämpiä kuin vastaavissa lämpötiloissa vaahdotetut maitovaahdot. Nesterajapinnan selkiytyminen kesti sekä kaurajuomissa että maidossa muutaman minuutin vaahdotuksesta. Lisäksi kaurajuomissa oli havaittavissa nesteen jakautumista useampiin fraktioihin kokeen aikana.

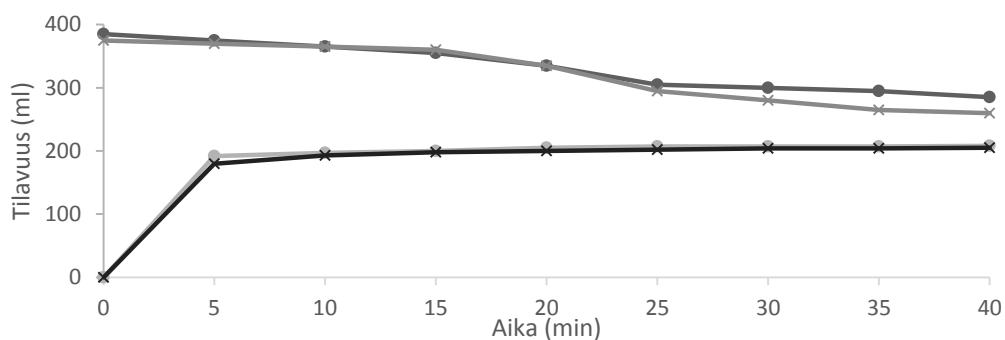
3.3.2 Vaahdon määrä ja pysyvyys

Kaikki baristamaitonäytteet vaahtosivat vähemmän matalammassa (loppulämpötila + 51 °C) vaahdotuslämpötilassa (kuva 8a-d) verrattuna korkeampaan (loppulämpötila +65 °C) vaahdotuslämpötilaan (kuva 9a-d). Matalammassa vaahdotuslämpötilassa nesteen ja vaahdon kokonaistilavuus vaihteli välillä 365 – 385 ml (kuva 8a-d) heti vaahdotuksen jälkeen. Rajapinnan selkiytyminen nesteen ja vaahdon välillä kesti maitonäytteissä noin kaksi minuuttia, joten ajan hetkellä 0 vaahdotuksesta nesteen tilavuus oli kaikilla näytteillä 0 ml. Nestepinnan selkiytyttyä varsinaisen vaahdon määrä, eli kokonaisvolyymien ja nesteen erotus, oli ajan kohdassa 5 minuuttia vaahdotuksesta matalammalla lämpötilalla vaahdotetuissa näytteissä välillä 160 – 200 ml (kuva 8a-d).

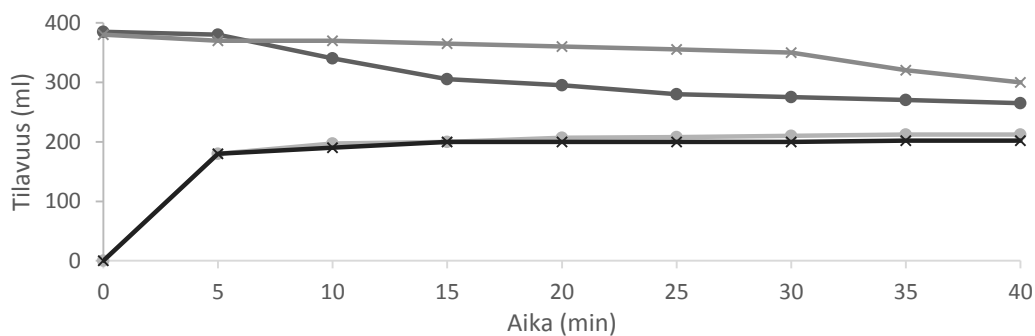
Tutkittava baristamaidon vaahto laski nopeimmin 7,5 kuukauden ikäisenä matalammalla vaahdotuslämpötilalla verrattuna muihin näytteisiin ja aikapisteisiin (kuva 8d). Sen puoliintumisaika oli alle 15 minuuttia ja vaahdon kokonaistilavuuden lasku 40 minuuttiin mennessä 165 ml. Toisaalta saman baristamaidon vaahto pysyi pisimpään 6 kuukauden ikäisenä sen puoliintumisaikan ollessa yli 30 minuuttia ja vaahdon kokonaistilavuuden lasku vain 92 ml (kuva 8c). Maidon iällä ei ollut vaikutusta vaahdon määrään Maidon iällä oli hyvin vähän vaikutusta vaahdon kestävyysasteeseen tässä koeasetelmassa. Matalammalla vaahdotuslämpötilalla vaahdotettujen näytteiden keskinäinen vaihtelu oli suurempi (kuva 8a-d) kuin korkeammalla vaahdotuslämpötilalla vaahdotettujen näytteiden vaahdon kestävyysasteen vaihtelu (kuva 9a-d).



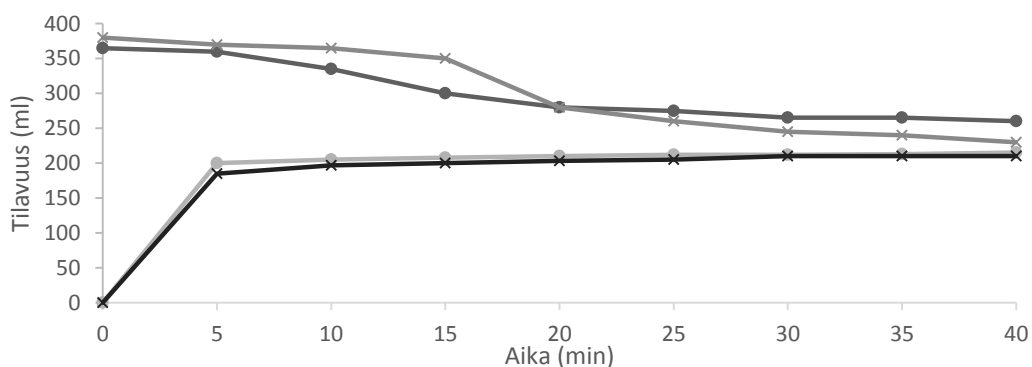
Kuva 8a.



Kuva 8b.

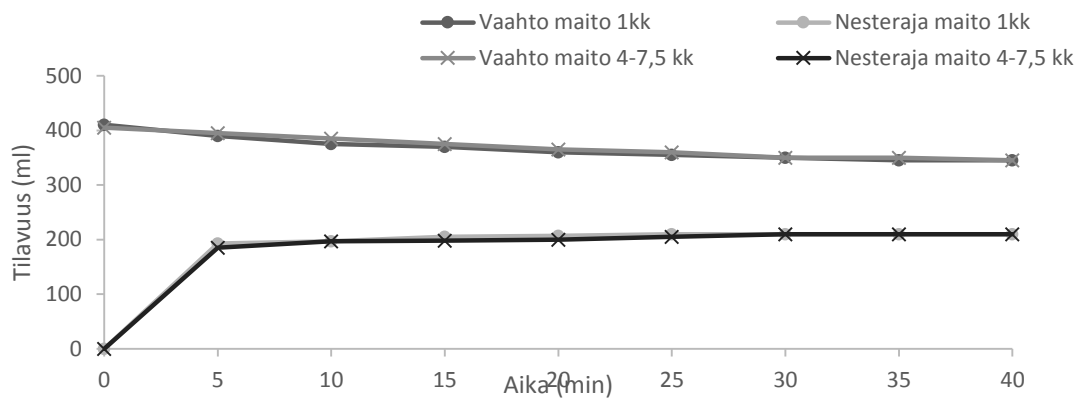


Kuva 8c.

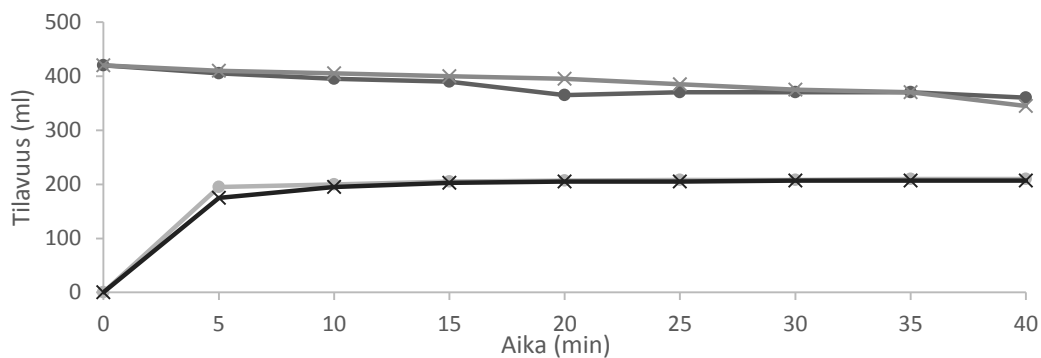


Kuva 8d.

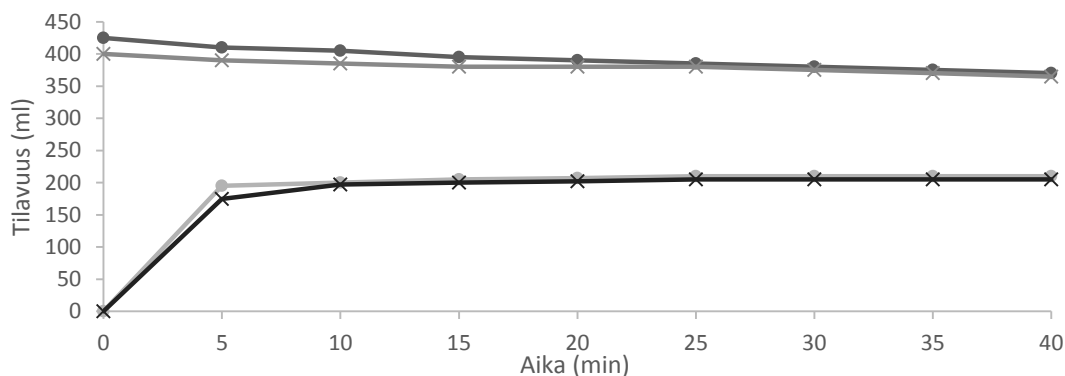
Kuva 8 a-d. Tutkittavan baristamaidon (ikä 4 – 7,5 kk) sekä referenssimaidon (ikä 1 kk) nesteen ja vaahdon tilavuudet baristamaidon iän mukaan: kuva 8a 4 kk; kuva 8b 5kk; kuva 8c 6 kk ja kuva 8d 7,5 kk. Käyrät esittävät kokonaistilavuuden määrä (ml) ja nesteen tilavuutta (ml). Näiden erotuksesta on laskettu vaahdon tilavuus (ml). Vaahdotuksen asetukset ohjelmassa 1: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötila +40 °C 3) loppulämpötila +51 °C.



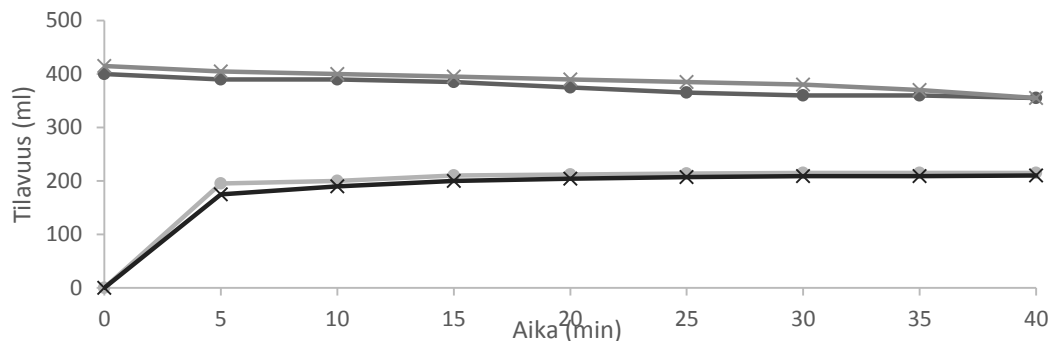
Kuva 9a.



Kuva 9b.



Kuva 9c.



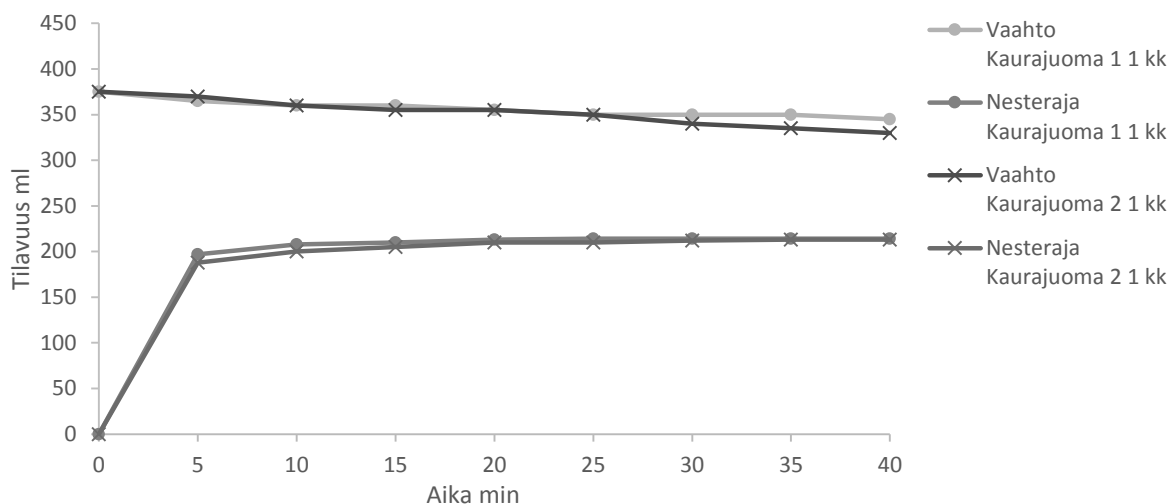
Kuva 9d.

Kuva 9 a-d. Tutkittavan baristamaidon (ikä 4 – 7,5 kk) sekä referenssimaidon (ikä 1 kk) nesteen ja vaahdon tilavuudet baristamaidon iän mukaan: kuva 8a 4 kk; kuva 8b 5kk; kuva 8c 6 kk ja kuva 8d 7,5 kk. Käyrät esittävät kokonaistilavuuden määrä (ml) ja nesteen tilavuutta (ml). Näiden erotuksesta on laskettu vaahdon tilavuus (ml). Vaahdotuksen asetukset ohjelmassa 2: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötila +50 °C 3) loppulämpötila +65 °C.

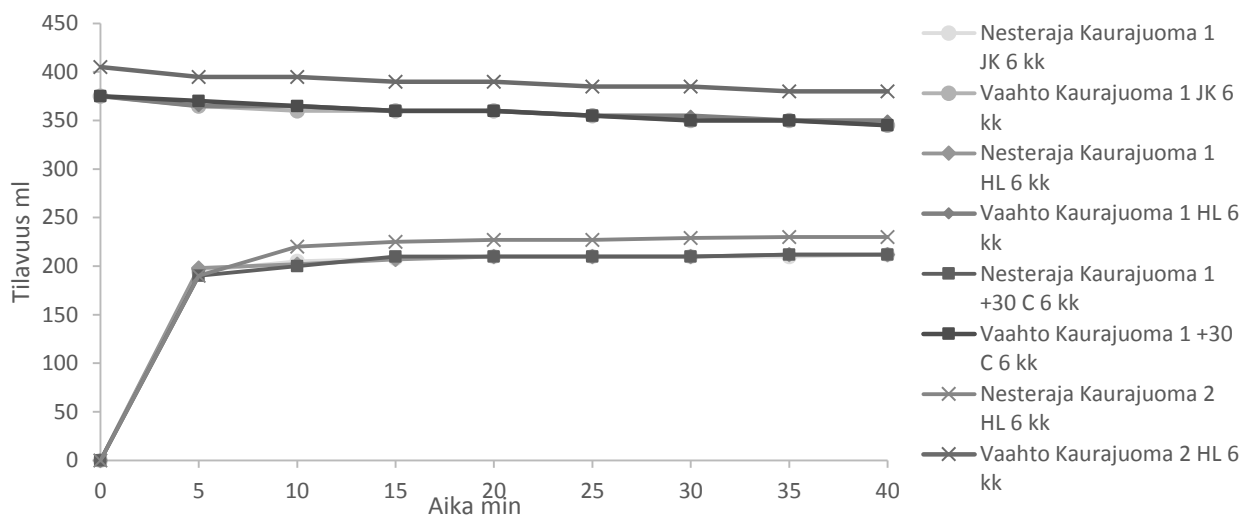
Kaikki baristamaitonäytteet vaahtosivat enemmän korkeammassa vaahdotuslämpötilassa verrattuna alempaan vaahdotuslämpötilaan. Korkeammassa vaahdotuslämpötilassa vaahdon ja nesteen kokonaistilavuudet olivat heti vaahdotuksen jälkeen 400 – 425 ml (kuva 9a- d). Nestepinnan selkiytyttyä varsinaisen vaahdon määrä, eli kokonaisvolyymien ja nesteen erotus, oli ajan kohdassa 5 minuuttia vaahdotuksesta korkeammalla lämpötilalla 195 – 235 ml (kuva 9a-d). Korkeammalla lämpötilalla vaahdotettu vaahto oli kestävämpää kuin matalammalla lämpötilalla vaahdotettu. Vaahto ei ehtinyt saavuttaa 40 minuutin kokeen aikana puoliintumisaikaansa missään korkeammalla lämpötilalla vaahdotetuissa näytteissä. Vaahdon määrän lasku oli välillä 55 – 97 ml.

Vaahdon tilavuuden laskun nopeus tai määrä ei riippunut maidon säilytyksestä. Maidon iällä ei ollut vaikutusta vaahdon määrään. Maidon iällä oli hyvin vähän vaikutusta vaahdon kestävyteen tässä koeasetelmassa. Korkeampi vaahdotuslämpötila tuotti enemmän ja kestävämpää vaahtoa kuin matalampi kaikissa maitonäytteissä.

Kaurajuomien vaahtoutuvuus oli yhtä hyvää kuin baristamaidon. Kaurajuomien vaahto kesti pidempään kuin vastaavissa lämpötiloissa vaahdotetun baristamaidon vaahto. Kaurajuomien vaahto ei ehtinyt saavuttaa 40 minuutin kokeen aikana puoliintumisaikaansa yhdessäkään näytteessä (kuvat 10a-b ja 11a-c). Vaahdon tilavuuden kokonaislasku oli matalammalla lämpötilalla vaahdotetuissa näytteissä 37 – 65 ml (kuva 10a-b). Korkeammalla lämpötilalla vaahdotetuissa kaurajuomanäytteissä tilavuuden lasku oli vastaavasti 35 – 62 ml (kuva 11a- c). Edes kuuden kuukauden säilytys +30 °C ei heikentänyt kaurajuomien vaahtoutumiskykyä tai vaahdon pysyvyyttä. Kaurajuomien vaahtoutuvuudessa tai vaahdon kestävydessä ei ollut eroja eri valmistajien eikä eri-ikäisten näytteiden välillä. Korkeammalla lämpötilalla vaahdotettu kaurajuomat vaahtosivat enemmän (kuva 11a-c) kuin matalammalla lämpötilalla vaahdotetut (kuva 10a-b).

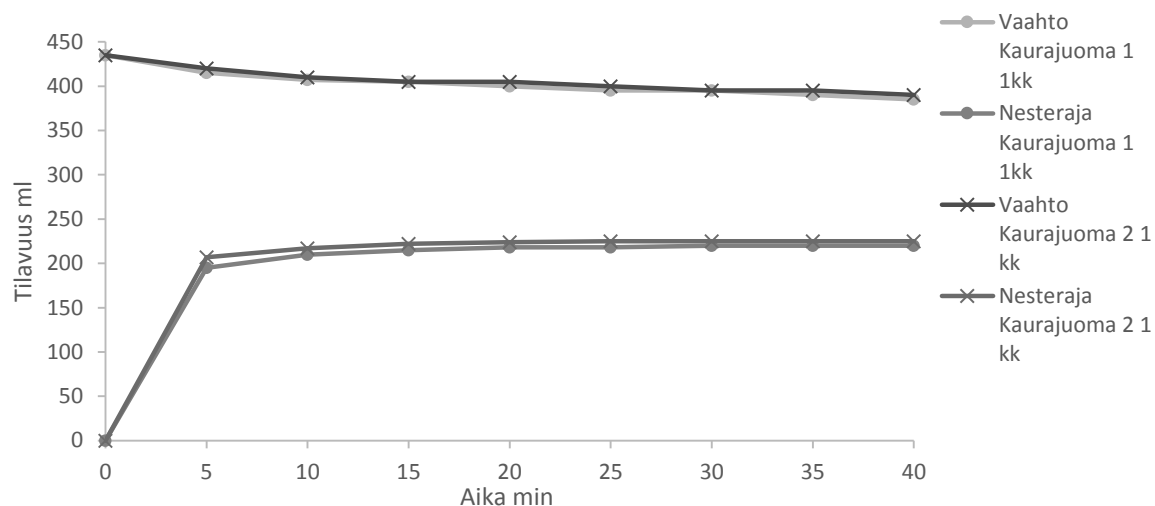


Kuva 10a.

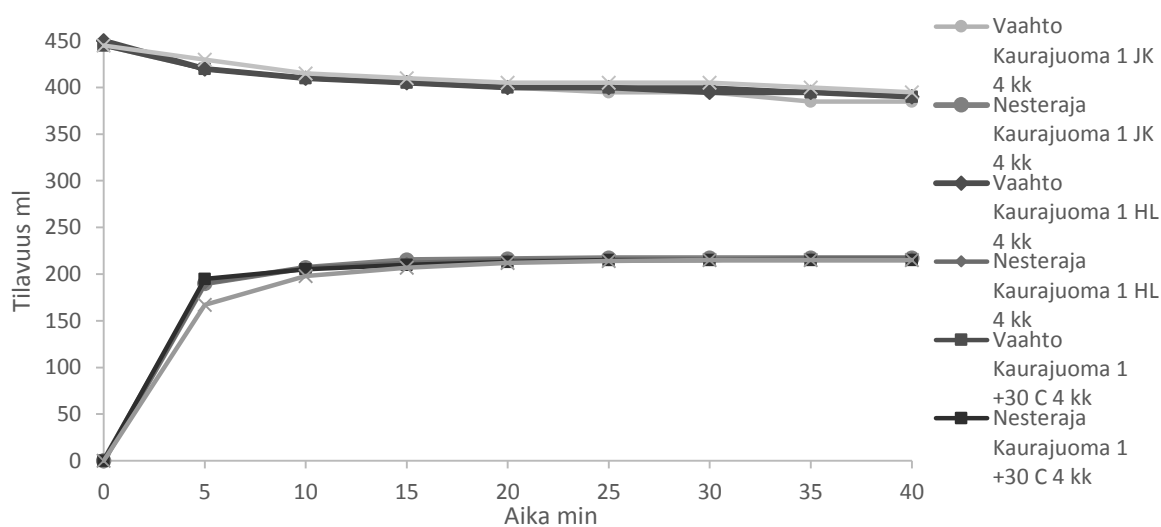


Kuva 10b.

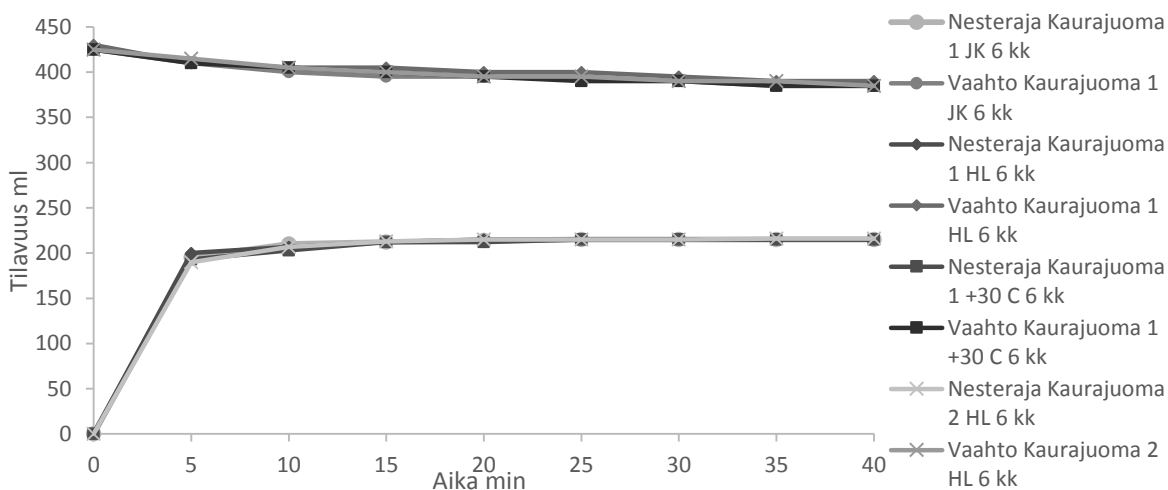
Kuva 10 a-b. Tuotekehitysvaiheessa olevan kaurajuoman 1 sekä referenssinä käytetyn iKaffe (Oatly) kaurajuoman 2 nesteen ja vaahdon tilavuudet ohjelmalla 1 eri-ikäisinä; kuva 10a 1 kk; kuva 10b 6 kk. Vaahdotuksen asetukset ohjelmassa 1: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötila +45 °C 3) loppulämpötila +51 °C.



Kuva 11a.



Kuva 11b.



Kuva 11c.

Kuva 11 a-c. Tuotekehitysvaiheessa olevan kaurajuoman 1 sekä referenssinä käytetyn iKaffe (Oatly) kaurajuoman 2 vaahtoavuus eri ajan kohdissa ohjelmalla 2 eri-ikäisinä; kuva 11a 1 kk; kuva 11b 4 kk; kuva 11c 6 kk. Vaahdotuksen asetukset ohjelmassa 2: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötila +50 °C 3) loppulämpötila +65 °C.

3.3.3 Käsinvaahtotuskokeet

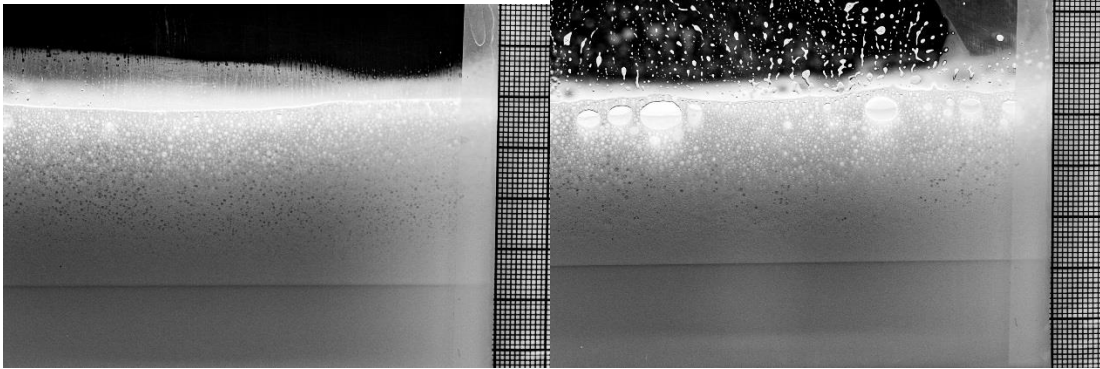
Näytteet valmistanut baristakouluttaja ei havainnut maidon käyttäytymisessä vaahtotuksessa eroa tuoreen ja säilyvyyskokeessa olleen maidon välillä. Molemmat näytteet vaahtoutuivat hyvin ja niistä pystyi valmistamaan kahvijuomat helposti kaikilla arviointikerroilla huhtikuusta elokuulle (taulukko 1). Merkittävin ero oli maidon keitetyn, rikkimäisen hajun merkittävä väheneminen, kun maito säilytysaika piteni. Lisäksi maidon värin muutos punertavan ruskeaksi tuli selkeästi esille. Näytteiden maistamisessa havaittiin pientä karvauuden lisääntymistä ja makeuden alenemista maidon säilytysajan pidetessä yli viiden kuukauden verrattuna tuoreempaan referenssimaitoon.

Taulukko 1. Säilyvyyskokeessa olevan sekä referenssinä käytetyn baristamaidon ominaisuuksien vertailu käsinvaahtotuksessa. Merkkien selitykset: ++ = hyvä, + tyydyttävä, -ei hyväksyttävä.

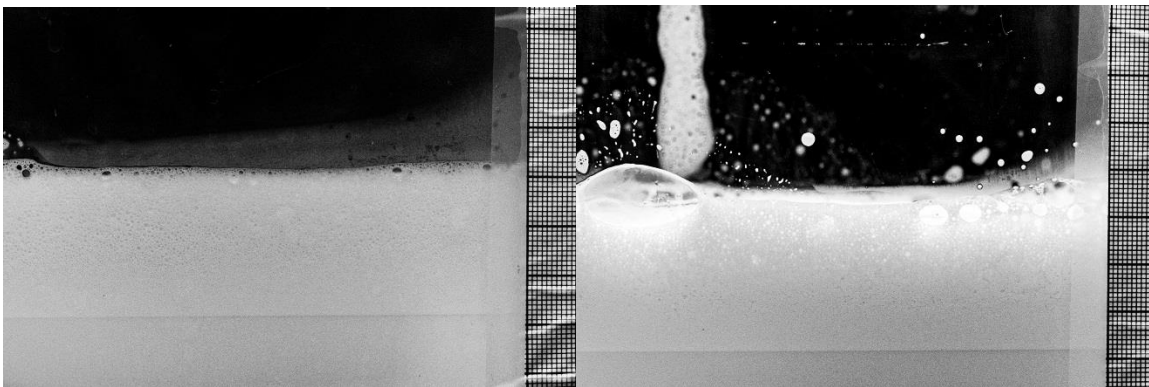
Arviointi- aika	Näyte	Vaahtoutu- vuus	Maku	Väri	Kommentit
Huhtikuu	Ref 1 kk	++	++	++	
	Näyte 4 kk	++	++	++	Ei eroa referenssimaitoon
Toukokuu	Ref 1 kk	++	++	++	
	Näyte 5 kk	++	++	++	Ei eroa referenssimaitoon
Kesäkuu	Ref 1 kk	++	++	++	
	Näyte 6 kk	++	+	+	Selkeä väriero, keitetyn maku selkeästi heikompi kuin referenssimaidossa, karvautta
Elokuu	Ref 1 kk	++	++	++	
	Näyte 7,5 kk	++	+	-	Selkeä väriero, makeus häviää ja karvaus korostuu

3.3.4 Kuplakoko

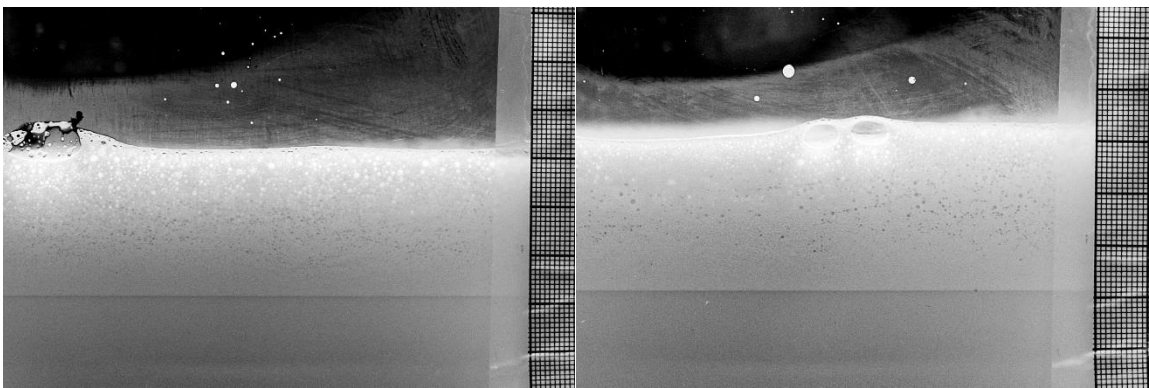
Kuplakoon hajonta suureni silmämääräisesti maidon säilyvyksiän edetessä. Tuoreen maidon kuplat ovat tasakokoisempia kuin säilyvyysikänsä vanhemman maidon kuplakoko, kuten kuvista 12–15 voidaan havaita. Vaahtokokonaishöhe oli sama kaikissa näytteissä. Myös pienimmän kuplakoon, jota ei pysty kuvista silmin erottelemaan, kerroksen paksuus oli sama (12 mm) kaikissa näytteissä.



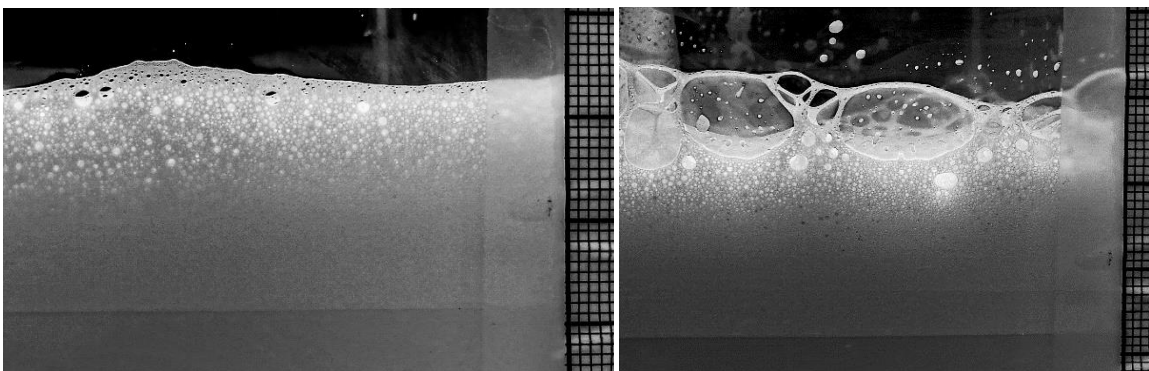
Kuva 12. Vasemmalla 1 kuukauden ja oikealla 4 kuukauden ikäinen baristamaito vaahdotettuna ohjelmalla 2.



Kuva 13. Vasemmalla 1 kuukauden ja oikealla 5 kuukauden ikäinen baristamaito vaahdotettuna ohjelmalla 2.



Kuva 14. Vasemmalla 1 kuukauden ja oikealla 6 kuukauden ikäinen baristamaito vaahdotettuna ohjelmalla 2.

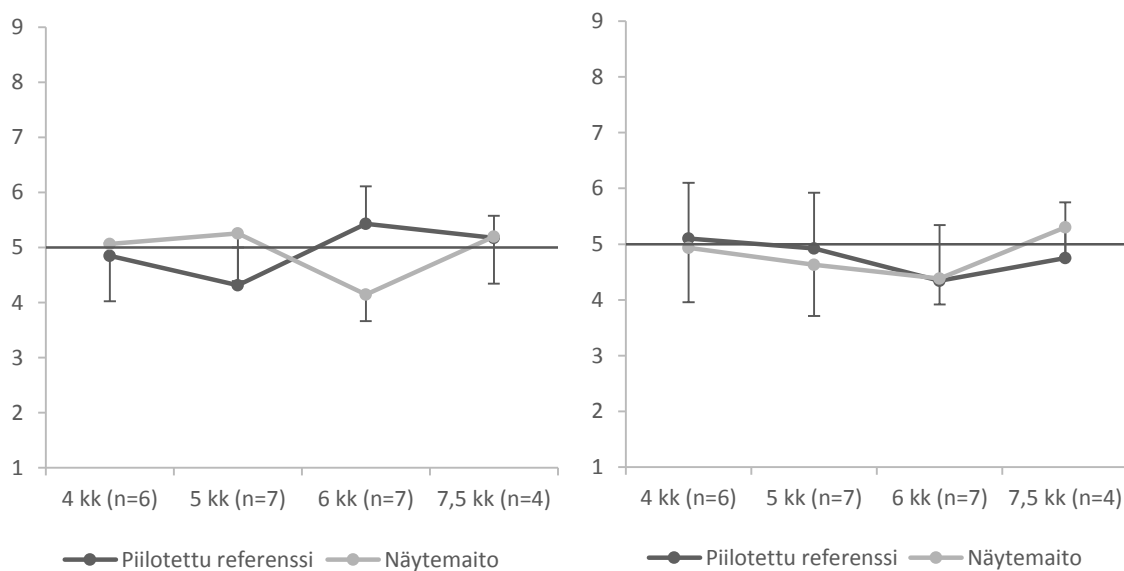


Kuva 15. Vasemmalla 1 kuukauden ja oikealla 7,5 kuukauden ikäinen baristamaito vaahdotettuna ohjelmalla 2.

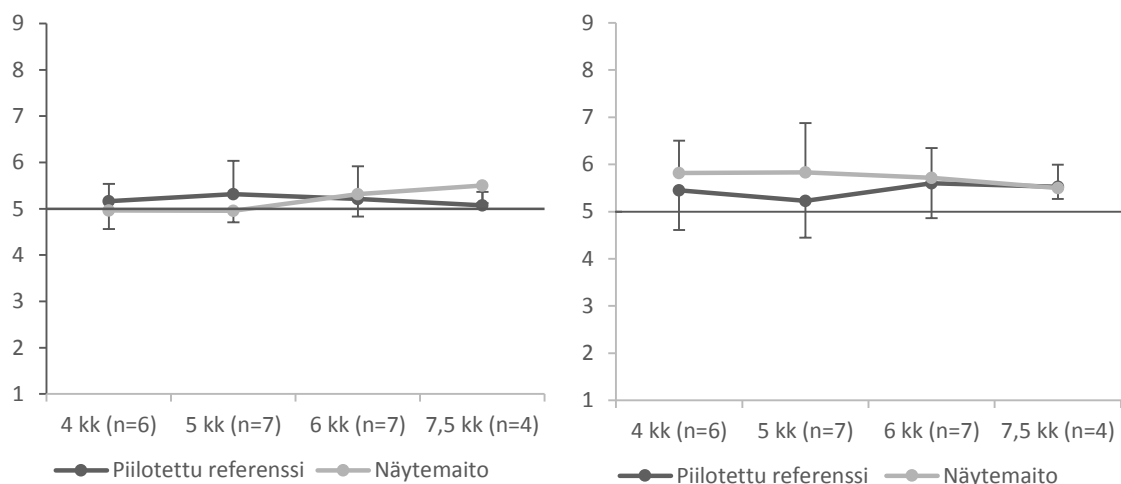
3.3.5 Aistinvarainen arviointi

Keitetyn maku oli ainoa ominaisuus, jossa oli pieni merkitsevä ero erityisesti maitoina maistettujen näytteiden välillä (kuva 18). Tässä koeasetelmassa ei tullut selkeää eroa tutkittavan maidon ja piilotetun referenssimaidon välillä missään ominaisuudessa. Kuvasta 17 voidaan kuitenkin todeta, että karvaudessa ei näytteiden välillä koettu olevan eroja. Viimeisessä maistossa 7,5 kuukauden kohdalla koettu karvaus oli hieman korkeampi ja keitetyn maku koettiin vähentyneen verrattuna piilotettuun referenssiin. Makeudessa tai täyteläisyydessä ei koettu eroja näytteiden välillä (kuvat 16 ja 19).

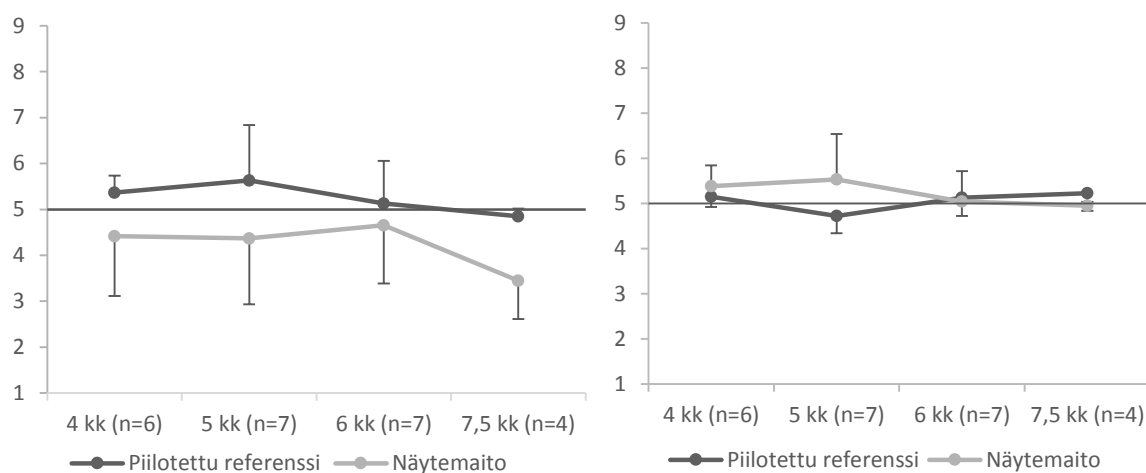
Piilotettua referenssiä ei aina arvioitu ihan samanlaiseksi kuin referenssinäytettä, mutta erot eivät olleet merkitseviä. Cappuccino -kahvijuomana maistettuna maidoissa koettiin vähemmän eroa kuin maitoina maistetuissa. Lähes kaikki ominaisuudet arvioitiin hyvin lähelle referenssiä sekä referenssinäytteessä että tutkittavassa näytteessä. Aistinvaraisten arviointien numeeriset tulokset on esitetty liitteessä 3.



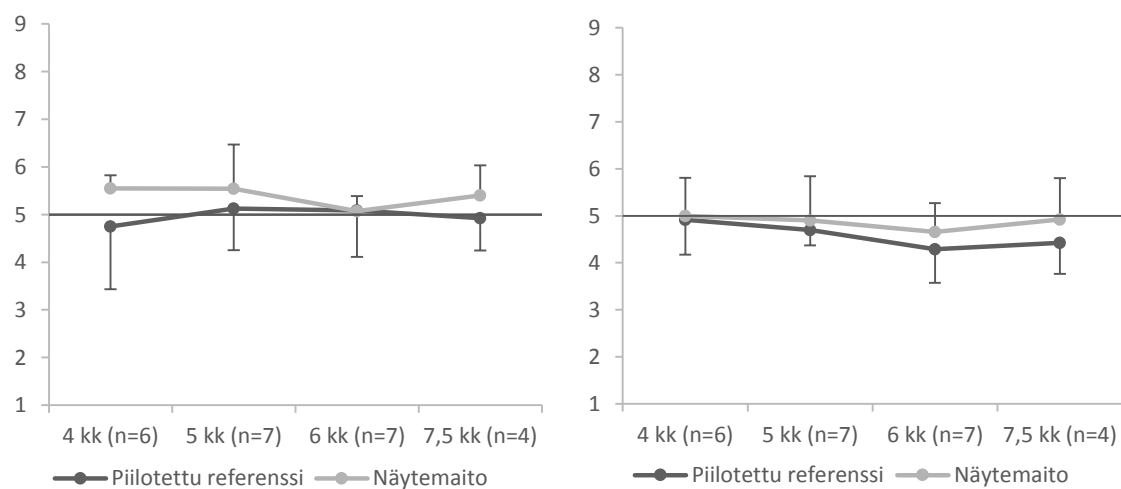
Kuva 16. Makeuden arvioinnin tulokset asteikolla 1-9: vasemmalla maitojen makeus verrattuna 1kk ikäiseen referenssimaitoon ($R = 5$), oikealla kahvijuomien makeus verrattuna referenssikahvijuomaan ($R = 5$).



Kuva 17. Karvauuden arvioinnin tulokset asteikolla 1-9: vasemmalla maitojen makeus verrattuna 1 kk ikäiseen referenssimaitoon ($R = 5$), oikealla kahvijuomien makeus verrattuna referenssikahviuomaan ($R = 5$).



Kuva 18. Keitetyn maun voimakkuuden arvioinnin tulokset asteikolla 1-9: vasemmalla maitojen makeus verrattuna 1 kk ikäiseen referenssimaitoon ($R = 5$), oikealla kahvijuomien makeus verrattuna referenssikahviuomaan ($R = 5$).



Kuva 19. Täyteläisyyden arvioinnin tulokset asteikolla 1-9: vasemmalla maitojen makeus verrattuna 1 kk ikäiseen referenssimaitoon ($R = 5$), oikealla kahvijuomien makeus verrattuna referenssikahviuomaan ($R = 5$).

Näytteiden välillä ainoa merkitsevä ero oli keitetyn maun voimakkuudessa, kun näytteet maistettiin maitoina (kuva 18). Taulukosta 2 voidaan huomata, että tutkittavien ominaisuuksien välille ei tullut muita merkitseviä eroja näytteiden ja arviointien aikapisteiden välillä. Karvauuden koettiin kasvaneen 6 kuukauden ikäisessä maidossa, mutta moni maistaja liitti sen kahviin ja kommentoi, että kahvia on varmaan näytteessä enemmän kuin referenssissä tai piilotetussa referenssissä. Muissa ominaisuuksissa näytteiden väliset erot maitoina tai kahvijuoimina arvioituna eivät olleet merkitseviä. Tutkittavan maidon väri muuttui voimakkaasti punertavan ruskeaksi 5 kuukauden säilytyksen jälkeen, mikä paljasti helposti näytteiden erilaisuuden.

Taulukko 2. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset aistinvaraisista arvioinneista.

Ominaisuus	Näytetyyppi	F	p-arvo	
Makeus	Maito	näyte	0,24	0,629
		aika	0,20	0,898
		näyte*aika	2,58	0,069
	Kahviuoma	näyte	0,00	0,963
		aika	2,06	0,118
		näyte*aika	0,31	0,816
Karvaus	Maito	näyte	0,14	0,708
		aika	0,57	0,637
		näyte*aika	1,27	0,295
	Kahviuoma	näyte	0,96	0,333
		aika	0,19	0,902
		näyte*aika	0,44	0,729
Keitetyn maku	Maito	näyte	13,57	0,001
		aika	1,37	0,263
		näyte*aika	0,44	0,723
	Kahviuoma	näyte	0,79	0,380
		aika	0,12	0,948
		näyte*aika	1,92	0,139
Täyteläisyys	Maito	näyte	2,13	0,151
		aika	0,50	0,685
		näyte*aika	0,61	0,612
	Kahviuoma	näyte	1,20	0,279
		aika	0,81	0,495
		näyte*aika	0,34	0,796

Avoimissa kommenteissa arvioijat kommentoivat maidon punertavaa värimuutosta sekä kuuden kuukauden ikäisestä maidosta tehdyn kahviuoman vahvuutta ja karvautta (taulukko 3). Lisäksi maistoissa useampi arvioija antoi suullista palautetta kesken arvioinnin kesäkuun ja heinäkuun arvioinneissa, jossa epäiltiin kahviuomien kahvien annostelun tai kahvin voimakkuuden eroja referenssinäytteen ja arvioitavan näytteen välillä.

Taulukko 3. Aistinvaraisissa arvioinneissa EyeQuestion -arviointiohjelmaan arvioijien jättämät avoimet kommentit.

Toisto	Avoimet kommentit
Maisto 1 huhtikuu	-
Maisto 2 toukokuu	Ref maito: tuhdimpi kermaisemman tuntuinen kuin R Maito 5kk: jännä, maistuu juustokeitolle; punertava väri
Maisto 3 kesäkuu	Maito 6 kk: täyteläisyys selvin ero; pohjaan palaneen makuinen; outo väri Kahviuoma 6 kk maidosta: kahvisempi juoma kuin R; terävä, pistävä maku; kulmikas, ei pehmennä kahvia
Maisto 4 heinäkuu	-

3.4 Pohdinta

3.4.1 Säilytyksen vaikutus vaahdotumisominaisuuksiin

Tässä tutkimuksessa maidon säilytys jopa seitsemän kuukautta valmistuksesta ei aiheuta maitoon sen vaahdotumiseen vaikuttavia muutoksia. Tutkittava baristamaidon vahto laski nopeimmin 7,5 kuukauden ikäisenä alemmalla vaahdotuslämpötilalla verrattuna muihin näytteisiin ja aikapisteisiin (kuva 8d). Toisaalta saman baristamaidon vahto pysyi pisimpään 6 kuukauden ikäisenä eli vahto oli pysyvämpää kuin tuoreella referenssimaidolla sinä ajan kohtana (kuva 8c). Korkeammalla vaahdotuslämpötilalla vaahdotettujen maitojen vaahdotumiskyvyssä tai vaahdon pysyvyydessä ei ollut juurikaan eroja (kuva 9a-d). Täten on vaikea sanoa, johtuuko vaahdon pysyvyys ainoastaan maidossa iän myötä tapahtuvista muutoksista vai onko myös ympäristökijöillä vaikutusta. Kirjallisuuden perusteella UHT – maidon säilyvyysaika voi hyvin olla 6 – 9 kk ilman, että maidon ominaisuudet muuttuvat liikaa (Perkins ym. 2005; Richards ym. 2014). Maidossa saattaa tapahtua erityisesti lipolyysiä sekä proteolyysiä säilytyksen aikana, joka voi heikentää maidon ominaisuuksia.

Vaahdotuslämpötilalla sen sijaan oli merkittävä vaikutus sekä maitojen että kasvijuomien vaahdotuvuuteen. Kirjallisuuden perustella vaahdotuslämpötilan tulee olla vähintään

+40 °C, jotta maito muodostaa pysyvää vaahtoa (Oetjen ym. 2014; Kamath ym. 2008a). Oetjen ym. (2014) havaitsivat myös, että UHT-maitoon muodostui pysyvin vaahto, kun vaahdotuslämpötila oli +70 °C. Toisaalta Kamath ym. (2008a) havaitsivat, että maitojen, riippumatta prosessointitavasta, muodostivat pysyvimmän vaahdon + 45 °C vaahdotettuna. Lopullinen maidon vaahtoavuus sekä vaahdon pysyvyys riippunevat monista tekijöistä, kuten maidon laadusta, prosessointitavasta sekä vaahdotusolosuhteista. Tässä tutkimuksessa korkeampi vaahdotuksen loppulämpötila (kuva 9a-d ja kuva 11a-c) tuotti kaikilla näytteillä enemmän vaahtoa kuin matalampi vaahdotuslämpötila (kuva 8a-d ja kuva 10a-b). Lisäksi vaahdot olivat pysyvämpiä korkeammalla vaahdotuksen lämpötilalla vaahdotettuna kuin matalammalla. Täten valmistajien ja kahvikouluttajien antamat lämpötilasuositukset +60 – 68 °C (Valio 2018; Paulig Barista Institute 2018) maidon vaahdotuksen loppulämpötilalle ovat toimivia. Samoin tässä tutkimuksessa käytetyille kaurajuomille lämpötilasuositus noin + 60 °C (Alpro 2019) vaikutti sopivalta vaahdon muodostuksen ja pysyvyyden kannalta.

Kasvijuomille vastaavia tutkimuksia ei ole tehty, mutta niidenkin vaahtoutumiseen vaahdotuslämpötilalla on merkitystä. Kasvijuomat kuitenkin ylipäätään vaahtosivat paremmin tässä tutkimusasetelmassa, eikä lämpötilalla ollut yhtä suurta merkitystä kuin maidolla. Vaahdon pysyvyys oli kaurajuomissa myös parempaa kuin maidossa, vaikka kaurajuomissa ei ole proteiinia kuin noin 1,0 % verrattuna maidon 3,5 % proteiinipitoisuuteen. Proteiini on tärkeä osa vaahdon muodostusta (Borcherding ym. 2009). Täysin rasvaton maito vaahtoa paremmin kuin rasvainen maito ja sen vaahdon saa aikaan pelkästään maidon proteiinit. Kasvijuomien proteiinit ovat luultavasti hyvin vaahtoavia. Lisätty kasvirasva voi rasvattomassa maidossa parantaa vaahtoutumiskykyä (Hubbertz 2014). Täten voi ajatella, että ehkä kasvirasvat eivät häiritse vaahtoutumista samalla tavalla kuin maitorasva, mikä myös voi parantaa kasvijuomien vaahtoutumiskykyä.

Kahviuomiin halutaan myös pienikuplaista ja notkeaa vaahtoa (Hubbertz 2010). On tärkeää, että vaahto ei ole liian isokuplaista tai kovaa, jotta siitä voidaan tehdä ns. latte art – kuviointia kahviuomiin. Maidon kuplakoko vaahdossa riippuu ainakin maidon lämpökäsittelystä (Ho ym. 2019) ja homogenoinnin voimakkuudesta (Hatakeyama ym. 2019). Myös maidon rasvoilla on merkitystä vaahdon koostumukseen ja maidon ikääntyminen saattaa vaikuttaa vaahdon kuplakokoon. Tässä tutkimuksessa käsin vaahdotettuna baristamaidon vaahdossa ei ollut tunnistettavaa eroa. Vaahdon kuplakokoa kuvatessa maidon kuplakoko muuttui maidon säilytyksen edetessä vähemmän tasalaatuiseksi (kuvat 12 – 15). Pienimmän kuplakokoon, jossa kuplia ei pystynyt silmillä erottamaan toisistaan, määrä ei kuitenkaan muuttunut.

Kaikkien juomien vaahdot pysyivät hyvin koossa jopa 40 minuuttia vaahdotuksesta, kun vaahdotus tehtiin korkeammalla lämpötilalla. Kahvijuomissa vaahdon ei tarvitse pysyä koossa kuin lyhyen ajan, korkeintaan 10 – 15 minuuttia (Hubbertz 2010). Kahvijuoma tarjoillaan tyypillisesti + 60 °C ja se on tarkoitus nauttia heti (Hoffmann 2014). Jatkossa olisi perusteltua kokeilla vaahdon pysyvyyttä myös korkeammassa lämpötilassa. Maitovaaho tulee noin +60 °C kahvijuomaan, joten se pysyy kuumana ainakin 10 – 15 min. Jos vaahdon pysyvyyttä tutkittaisiin tasaisessa, korkeammassa lämpötilassa kuin huoneenlämpö, kuvaisi se ehkä hieman paremmin tilannetta oikeassa kahvijuomassa.

Tässä tutkimuksessa käytetyissä kaurajuomissa juoman rakenteen erottuminen vaahdotettaessa ei ollut merkittävä ongelma. Juomia ei kuitenkaan testattu osana kahvijuomia. Yleisesti erottuminen on kuitenkin kasvijuomien tyypillinen ominaisuus (Mäkinen ym. 2015). Erityisesti karkean aineksen sedimentoituminen juoman pohjalle on ongelma. Erottuminen haittaa juomien käytettävyyttä kahvin kanssa sekä erityisesti valmistettaessa kahvijuomia automaattilaitteilla. Pauligin kautta myytäviin kahviautomaatteihin ei tästä syystä vielä suositella käytettäväksi kasvijuomia (Helminen 2019). Vielä markkinoille ei ole tullut kasvijuomaa, jonka rakenne ei erottuisi ja jota voisi siis käyttää myös kahviautomaateissa. Toivottavasti kuitenkin valmistajat jatkavat juomien kehittämistä rakenteeltaan pysyvimmiksi.

3.4.2 Säilytyksen vaikutus baristamaidon aistinvaraisiin ominaisuuksiin

Suurimmat muutokset baristamaidossa olivat värin ruskistuminen ja maussa pieni karvouden nousu sekä makeuden ja keitetyn maun lasku. Ruskehtavan värin muodostuminen johtuu voimakkaan lämpökäsittelyn laukaisemasta Maillardin reaktiosta ja erityisesti siinä syntyvistä melanoidiineista (van Boekel 1998). Laktoosittomalla maidolla reaktio tapahtuu helpommin kuin tavallisella maidolla johtuen suuremmasta määrästä pelkistäviä sokereita, galaktoosia ja glukoosia (Jansson ym. 2014a). On siis täysin loogista, että laktoosittomalla baristamaidolla Maillardin reaktion vaikutukset näkyivät säilytyksen aikana. Jansson ym. (2014b) totesivat myös, että muutokset maussa ja värissä tapahtuvat usein jo 90 päivän säilytyksen jälkeen. Siihen nähden 5 kuukauden eli noin 180 päivän säilyvyysaika on hyvä laktoosittomalle UHT – baristamaidolle.

Keitetyn maun lasku näkyi merkitsevänä muutoksena keitetyn maussa vertailumaidon ja säilyvyyskokeessa olevan maidon välillä (taulukko 2). Toisaalta odotettu karvouden muutos ei noussut esiin varsinaisissa aistinvaraisten arviointien maistoissa (kuva 17). UHT – maidon

ikäntyessä maidon proteiinit voivat pilkkoutua lyhytketjuisiksi karvaiksi peptideiksi (Datta ja Deeth 2003). Proteolyysin aiheuttaman karvaiden peptidien nousu voi tapahtua jo 3 kuukauden säilytyksen aikana, mutta muutokset riippuvat ainakin maidon laadusta ja sille tehdyistä lämpökäsittelyistä (Datta ja Deeth 2001). Käsinvaahtotuskokeiden yhteydessä tehdyissä maistamisissa kahviuomissa koettiin pientä karvautta ja makeuden häviämistä jo 5 kuukauden ikäisen maidon kohdalla (taulukko 1). Varsinaisissa aistinvaraisissa arvioinneissa 7,5 kuukauden ikäisestä maidosta ei erotettu selkeää karvauuden nousua verrattuna tuoreeseen referenssiin. Kirjallisuudessa UHT – maidolle on esitetty jopa 9 kuukauden säilyvyysaikaa (Perkins ym. 2005; Richards ym. 2014). On siis mahdollista, että karvaus nousee esiin selkeämmin vielä pidempään säilytetyssä maidossa.

Aistinvaraisissa arvioinneissa käytetyt arvioijat ovat ammattimaisia kahvinmaistajia. Kommenttien ja suullisten arvioiden perusteella arvioija olettivat kahviuomien muutosten johtuvan lähinnä kahvista, ei maidosta (taulukko 3). Koeasetelmassa oli siis hyvin vaikea erottaa maidossa tapahtuvaa muutosta kahviuomissa. Erilainen harjaantuminen ja ohjeistus maistoissa olisivat voineet tuoda maidon muutokset paremmin esiin arvioinneissa. Nyt baristamaidon käsinvaahtotuskokeissa koetut muutokset eivät tulleet esiin varsinaisissa aistinvaraisissa arvioinneissa.

3.4.3 Tulosten luotettavuus

Vaahtotuskokeissa inhimillisen virheen mahdollisuutta pyrittiin poistamaan automatisoimalla vaahtotusmenetelmä. Lämpötilaa ei koeympäristössä kontrolloitu, joten vaahtojen seurantaolosuhteet eivät olleet toistojen välillä täysin samat. Myös jääkaappilämpötila vaihteli hieman (2 - 8 °C) näytteiden välillä. Toisaalta jokaisella vaahtotuskerralla käytettiin näytteen lisäksi referenssinäytettä. Näistä tekijöistä huolimatta vaahtotuskokeiden tulokset olivat referenssinäytteillä lähes samat eri ajankohtina, joten menetelmää voidaan pitää varsin luotettavana tähän koeasetelmaan.

Aistinvaraisissa arvioinneissa olisi ollut hyvä käyttää punaista valoa maistokopeissa alusta alkaen, jotta maitonäytteiden värimuutosta ei olisi pystynyt havaitsemaan maistoissa. Arvioijien havaitessa värimuutoksen, he voivat sortua loogisuusvirheeseen ja arvioida näytteen heti erilaiseksi kuin muut, jopa ennen maistamista (Meilgaard ym. 2006). Värin arvioimisen olisi voinut toisaalta ottaa mukaan arviointiin, mutta se olisi pitänyt tehdä erillään maun ar-

vioinneista. Odotusvirhettä pyrittiin muuten vähentämään sillä, että arvioijille ei kerrottu kokeen olevan säilyvyyskoe. Jos arvioijat saavat näytteistä paljon ennakkotietoja, voivat he tehdä odotusvirheitä (Meilgaard ym. 2006). Odotusvirheessä arvioija arvioi elintarviketta jo etukäteen, esimerkiksi olettamalla sen olevan vanhentunutta. Arviointien vaihtelua ja asteikon käyttöä pyrittiin ohjaamaan antamalla arvioijille asetettu referenssinäyte (R=5) asteikolle. Tulosten luotettavuutta olisi voitu vielä lisätä tekemällä kaikista maistoista toistot sekä käyttämällä koko ajan samaa raatia. Tällöin myös tuloksia olisi voitu analysoida tilastollisesti laajemmin. Raadin sitouttaminen oli tutkimuksen ajankohtana hyvin haastavaa tutkimuksen pitkän keston ja sille osuvien lomakausien vuoksi.

Kahvijuomien arviointi koettiin vaikeana. Kahvijuomien arvioinnissa olisi pitänyt pyytää arvioimaan vain eroa juomanäytteiden välillä. Maidon osuuden ominaisuuksien muutoksen arviointi oli liian vaikeaa ja ominaisuuksien muutos laitettiin arvioijien kommenttien mukaan kahvin syyksi. Tämä saattoi vaikuttaa siihen, että baristamaidon aistinvaraisten ominaisuuksien muutosta säilytyksen aikana ei havaittu tässä koeasetelmassa kahvijuomissa arvioituna.

4 PÄÄTELMÄT

Baristamaidon säilyvyysaika voidaan nostaa neljästä viiteen kuukauteen. Ammattimaiset maistajat eivät havainneet merkittävää eroa tuoreen ja viiden kuukauden ikäisessä maidon makeudessa, karvauudessa tai täyteläisyydessä. Täten oletetaan, että kuluttajatkään eivät havaitse juomissa eroa. Baristamaidon vaahtoutumisominaisuuksissa ei havaittu selkeää heikkenemistä. Kuitenkin maidon värin ja keitetyn maun muutos olivat kuuden kuukauden säilytyksen kohdalla jo havaittavissa. Tästä syystä tuotteelle ei haluttu antaa yli viiden kuukauden säilyvyysaikaa. Kirjallisuuden mukaan UHT - käsitellylle maidolle voidaan antaa jopa yhdeksän kuukauden säilyvyysaika. Toisaalta kirjallisuus tukee myös vahvasti tässä tutkimuksessa havaittuja muutoksia maidossa. Lisäksi UHT - maidon säilyvyys voi olla eri käytötarkoituksissa määritelty eri tavoin ja mitä enemmän voidaan joustaa aistinvaraisessa laadussa, sitä pidempi säilyvyys UHT - maidolle voidaan antaa. Saadut tulokset koskevat vain yhtä valmistuserää baristamaitoa, joten tuloksia ei voi suoraan yleistää koskemaan kaikkia baristamaitoeriä. Toisaalta teollisesti valmistettujen erien oletetaan olevan keskenään varsin tasalaatuisia. Täten viisi kuukautta koettiin hyväksi kompromissiksi säilyvyysajan pidentämiseen.

Kasvijuomien säilyvyys vaahtoutumisominaisuuksien osalta oli hyvä. Kasvijuomia voidaan hyvin suositella käytettäväksi kahvijuomien valmistuksessa. Jatkossa olisi mielenkiintoista tutkia myös useampien kasvijuomien mahdollista maun muutosta säilytyksen aikana. Yksi merkittävimmistä käyttöä hankaloittavista ominaisuuksista on joidenkin kasvijuomien rakenteen erottuminen juomien seisoessa. Kasvijuomien kiinteät partikkelit pyrkivät painumaan pohjalle, kun juoma seisoo astiassa. Kasvijuomien käyttö kaupallisissa kahviautomaateissa vaatisi rakenteen parempaa homogeenointia, jotta laitteet tuottaisivat tasalaatuisia juomia ilman tukoksen riskiä.

Kasvijuomien käyttö on tullut kahviuomiin varmasti pysyvästi ja trendi kasviperäisten juomien käytölle kasvaa todennäköisesti vielä merkittävästi. Täten olisi mielenkiintoista saada lisää tutkimusta kasvijuomien rakenteen stabiloimisesta eri raaka-aineilla. Myös kasvijuomien maun hyväksyttävyyden ja kuluttajien kokemus niiden mausta olisivat mielenkiintoisia tutkimuskohteita tulevaisuudessa. Maidon osalta olisi mielenkiintoista tutkia lisää, miten eri tavoin käsitellyt maidot, kuten UHT-maito ja pastöroitu maito, vaikuttavat kahviuomien makuun ja hyväksyttävyyteen kuluttajilla.

LÄHDELUETTELO

- Alichanidis E, Wrathall JH, Andrews AT. 1986. Heat stability of plasmin (milk proteinase) and plasminogen. *J Dairy Research* 53(2):259-69.
- Alpro. 2019. Alpro for Professionals. Cookbook. https://www.alpro.com/upload/cookbook/cookbook_recipes.pdf: <https://www.alpro.com/uk/for-professionals/cookbook>. Tulostettu: 5.2.2019.
- Arla. 2019. Arla Pro tuotteet. <https://www.arlapro.com/fi/tuotteet/arla-cafe-maito-laktoositon-1l-uhh>. Tulostettu: 3.9.2019.
- Berger J, Bravay G, Berger M: keksijät; Quartier de l'Infernet, Oraison 04700, France, hakija. 12.8.1997. Almond milk preparation process and products obtained. U.S. Patent No. 5,656,321.
- Borcherding K, Hoffmann W, Lorenzen PC, Schrader K. 2008. Effect of milk homogenisation and foaming temperature on properties and microstructure of foams from pasteurised whole milk. *LWT Food Sci and Tech* 10(4):2036-43.
- Borcherding K, Lorenzen PC, Hoffmann W. 2009. Effect of protein content, casein–whey protein ratio and pH value on the foaming properties of skimmed milk. *Int J Dairy Tech* 62(2):161-9.
- Bücking M, Steinhart H. 2002. Headspace GC and sensory analysis characterization of the influence of different milk additives on the flavor release of coffee beverages. *J Agric Food Chem* 50(6):1529-34.
- Campbell GM, Mougeot E. 1999. Creation and characterisation of aerated food products. *Trends in Food Sci & Tech* 10(9):283-96.
- Chalupa-Krebzdak S, Long CJ, Bohrer BM. 2018. Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *Int Dairy J* 87:84-92.
- Cheng HC, Lemlich R. 1983. Errors in the measurement of bubble size distribution in foam. *Ind Eng Chem Fundam* 22:105-10.
- Damodaran S. 2005. Protein stabilization of emulsions and foams. *J Food Sci* 70(3):54-66.
- Datta N, Deeth HC. 2001. Age gelation of UHT milk—A Review. *Food and Bioproducts Processing* 79(4):197-210.
- Datta N, Deeth HC. 2003. Diagnosing the cause of proteolysis in UHT milk. *LWT - Food Sci and Tech* 36(2):173-82.
- Deeth HC. 2006. Lipoprotein lipase and lipolysis in milk. *Int Dairy J* 16(6):555-62.
- Deeth HC, Smith RAD. 1983. Lipolysis and other factors affecting the steam frothing capacity of milk. *Australian J Dairy Tech* 38(1):14-9.
- Elliott AJ, Dhakal A, Datta N, Deeth HC. 2003. Heat-induced changes in UHT milks - part 1. *Australian J Dairy Tech* 58(1):3.
- Goh J, Kravchuk O, Deeth HC. 2010. Comparison of mechanical agitation, steam injection and air bubbling for foaming milk of different types. *DMZ Lebensmittelindustrie und Milchwirtschaft* 3:47-50.
- Hajirostamloo B. 2009. Comparison of nutritional and chemical parameters of soymilk and cow milk. *Int J Nutr and Food Eng* 33(9):455-7.

Hatakeyama S, Akiyama M, Yoneyama R, Watanabe K, Koizumi R, Miyaji K, Mizota Y, Ikeda M, Wakao S. 2019. Effects of manufacturing conditions on the foaming properties of milk and sensory characteristics of foamed milk. *LWT Food Sci and Tech* 99:555-61.

Helminen, J. 2019. Suullinen tiedonanto 25.1.2019.

Helsingin Sanomat. 14.12.2019. Mehevä riita valtuustossa: Helsinki aikoo puolittaa lihansyönnin ja maidonjuonnin. <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000006001012.html>. Tulostettu: 15.2.2019.

Ho TM, Le THA, Yan A, Bhandari BR, Bansal N. 2019. Foaming properties and foam structure of milk during storage. *Food Res Int* 116:379-86.

Hoffmann J. 2014. *The World Atlas of Coffee*. 1. p. New York: Firefly Books Ltd. 288s.

Huppertz T. 2010. Foaming properties of milk: A review of the influence of Composition and processing. *Int J of Dairy Tech* 63(4):477-88.

Huppertz T. 2014. Milk foam: Creating texture and stability. <https://scanews.coffee/2014/09/15/milk-foam-creating-texture-and-stability/>. Tulostettu: 1.3.2020.

ICO. 2019. World coffee consumption. <http://www.ico.org/prices/new-consumption-table.pdf>. Tulostettu: 5.12.2019.

Ikonen I. 2013. 9 faktaa kahvista: Näin moni suomalaisista kotitalouksista juo kahvia. <https://www.is.fi/ruokala/uutiset/art-2000000687858.html>. Tulostettu: 5.11.2019.

Jeske S, Zannini E & Arendt EK. 2017. Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods Hum Nutr* 72:26–33.

Jansson T, Clausen MR, Sundekilde UK, Eggers N, Nyegaard S, Larsen LB, Ray C, Sundgren A, Andersen HJ, Bertram HC. 2014a. Lactose-hydrolyzed milk is more prone to chemical changes during storage than conventional ultra-high-temperature (UHT) milk. *J Agric Food Chem* 62(31):7886-96.

Jansson T, Jensen HB, Sundekilde UK, Clausen MR, Eggers N, Larsen LB, Bertram HC. 2014b. Chemical and proteolysis-derived changes during long-term storage of lactose-hydrolyzed ultrahigh-temperature (UHT) milk. *J Agric Food Chem* 62(46):11270-8.

Juomien Suomi. 2018. Juomatilastot. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 41/2018.Toimialaraportit.http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161171/TEMjul_41_2018_Juomien_Suomi.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Tulostettu: 4.3.2019.

Kallunki E. 2018. Kauramaidon käyttö kasvaa niin, että suosikkituotteet loppuvat kaupoista – Ruokakulttuurin tutkija: kuluttaja haluaa viestiä tiedostavuudesta ja helpottaa arkea <https://yle.fi/uutiset/3-10532492>. Tulostettu 20.4.2019.

Kamath S, Huppertz T, Houlihan AV, Deeth HC. 2008a. The influence of temperature on the foaming of milk. *Int Dairy J* 10–11:994-1002.

Kamath S, Wulandewi A, Deeth H. 2008b. Relationship between surface tension, free fatty acid Concentration and foaming properties of milk. *Food Res Int* 41:623-9.

Kautiainen H. 2019. Maidon käsittely ja säilyvyys. <https://www.valio.fi/hyvinvointi/maidon-kasittely-ja-sailyvyys/>. Tulostettu: 6.2.2020.

Kesko. 2019. Ruokailmiöt 2019 [sähköinen julkaisu]. Saatavilla: https://www.kesko.fi/globalassets/pdf-tiedostot/ruokailmiot2019_final.pdf

- Khezri M, Shahriari SH, Shahsavani L. 2017. The effect of xanthan gum and temperature on foam stability. *J Biosci and Tech* 1:15-22.
- Kinsella JE. 1981. Functional properties of proteins: Possible relationships between structure and function in foams. *Food Chem* 7(4):273-88.
- Konak Üİ, Ercili-Cura D, Sibakov J, Sontag-Strohm T, Certel M, Loponen J. 2014. CO₂-defatted oats: Solubility, emulsification and foaming properties. *J Cereal Sci* 1:37-41.
- Lapveteläinen A, Appelbye U. 2006. Aistinvarainen laaduntarkkailu. Teoksessa Tuorila H, Appelbye U. 2006. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki:Gaudeamus. 286s..
- Lassfolk-Feodoroff C. 2019. Juotko kahvin maidolla vai ilman. Helsingin Uutiset. <https://www.helsingin uutiset.fi/artikkeli/745499-juotko-kahvin-maidolla-vai-ilman-nain-tiukasti-tama-kysymys-ja-kaa-suomalaiset>. Tulostettu: 5.11.2019.
- Lawless HT, Heymann H. 2010. Sensory evaluation of food. Principles and practices. New York: Chapman & Hall. 587 s
- Lee HS, O'Mahony M. 2002. At what temperatures do consumers like to drink coffee?: Mixing methods. *J Food Sci* 67(7):2774-7.
- Ludwig IA, Clifford MN, Lean MEJ, Ashiharad H, Crozier A. 2014. Coffee: biochemistry and potential impact on health. *Food Funct* 8:1695-717.
- Luonnonvarakeskus. 2019. Ravintotase 2018 ennakko ja 2017 lopulliset tiedot. https://stat.luke.fi/ravintotase-2018-ennakko-ja-2017-lopulliset-tiedot_fi. Tulostettu: 20.11.2019.
- Manji B, Kakuda Y, Arnott DR. 1986. Effect of storage temperature on age gelation of ultra-high temperature milk processed by direct and indirect heating systems. *J Dairy Sci* 69(12):2994-3001.
- McCarthy KS, Parker M, Ameerally A, Drake SL, Drake MA. 2017. Drivers of Choice for fluid milk versus plant-based alternatives: What are Consumer perceptions of fluid milk? *J Dairy Sci* 8:6125-38.
- McMahon DJ. 1996. Age-gelation of UHT milk: changes that occur during storage, their effect on shelf life and the mechanism by which age-gelation occurs. In Heat treatments and alternative methods. IDF Symposium, Vienna (Austria), 6-8 Sep 1995. Int Dairy Federation.
- Meilgaard MC, Carr BT, Civille GV. 2016. Sensory evaluation techniques. 5. p. Boca Raton, Florida: CRC press. 589 s.
- Mills CE, Oruna-Concha MJ, Mottram DS, Gibson GR, Spencer JPE. 2013. The effect of processing on Chlorogenic acid Content of Commercially available Coffee. *Food Chem* 4:3335-40.
- Moon J-K, Yoo HS, Shibamoto T. 2009. Role of roasting conditions in the level of chlorogenic acid content in coffee beans: Correlation with coffee acidity. *J Agric Food Chem* 12:5365-9.
- Münchow M, Jørgensen L, Amigo JM, Sørensen K, Ipsen R. 2015. Steam-frothing of milk for Coffee: Evaluation for foam properties using video analysis and feature extraction. *Int Dairy J* 51:84-91.
- Mäkinen OE, Sozer N, Ercili-Cura D, Poutanen K. 2017. Protein from Oat: Structure, Processes, Functionality and Nutrition. Teoksessa Sustainable Protein Sources. Elsevier: Lontoo s112-4.

- Mäkinen OE, Uniacke-Lowe T, O'Mahony JA, Arendt EK. 2015. Physicochemical and acid gelation properties of Commercial UHT-treated plant-based milk substitutes and lactose free bovine milk. *Food Chem* 168:630-8.
- Mäkinen OE, Wanhalinna V, Zannini E, Arendt EK. 2016. Foods for Special Dietary Needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Crit Rev Food Sci Nutr* 3:339-49.
- Nicoli MC, Manzocco L, Calligaris S. Packaging and the shelf life of coffee. Teoksessa: Robertson GL. 2009. *Food Packaging and Shelf Life: A Practical Guide*. Boca Raton: CRC Press. 382s.
- Nicoli MC, Savonitti O. 2005. Storage and Packaging. Teoksessa: Illy, A, Viani R. 2005. *Espresso Coffee. The Science of Quality*. 2.painos. Lontoo: Elsevier. 389s.
- Nieminen P, Puustinen T. 2014. *Kahvi. Suuri suomalainen intohimo*. Helsinki: Tammi. 272s.
- Nivala O, Mäkinen OE, Kruus K, Nordlund E, Ercili-Cura D. Structuring colloidal oat and faba bean protein particles via enzymatic modification. *Food Chem* 231:87-95.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.114>
- Oatly. 2019. The Oatly process. <https://www.oatly.com/fi/our-process>. Tulostettu: 5.11.2019
- Oetjen K, Bilke-Krause C, Madani M, Willers T. 2014. Temperature effect on foamability, foam stability, and foam structure of milk. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 460:280-5.
- Parat-Wilhelms M, Denker M, Borchering K, Hoffmann W, Luger A, Steinhart H. 2005. Influence of defined milk products on the flavour of white coffee beverages using static headspace gas chromatography–mass spectrometry/olfactometry and sensory analysis. *Eur Food Res and Tech* 3:265-73.
- Paulig Barista Institute. 2018. *Kupponen. Pieni opas kahviin hurautaneille ammattilaisille*. Helsinki: Gustav Paulig Oy. 30 s.
- Perkins ML, D'Arcy BR, Lisle AT, Deeth HC. Solid phase microextraction of stale flavour volatiles from the headspace of UHT milk. *J Sci Food and Agric* 14:2421-8.
- Popov-Raljić JV, Lakić NS, Laličić-Petronijević JG, Barać MB, Sikimić VM. 2008. Color changes of UHT milk during storage. *Sensors* 9:5961–74.
- Rauh VM, Johansen LB, Ipsen R, Paulsson M, Larsen LB, Hammershøj M. 2014a. Plasmin activity in UHT milk: relationship between proteolysis, age gelation, and bitterness. *J Agricultural Food Chem* 62(28):6852-60.
- Rauh VM, Sundgren A, Bakman M, Ipsen R, Paulsson M, Larsen LB, Hammershøj M. 2014b. Plasmin activity as a possible cause for age gelation in UHT milk produced by direct steam infusion. *Int Dairy J* 38(2):199-207.
- Richards M, Buys EM, De Kock HL. 2016. Survival analysis, Consumer perception and physico-chemical analysis of low fat UHT milk stored for different time periods. *Int Dairy J* 57:56-61.
- Richards M, De Kock HL, Buys EM. 2014. Multivariate accelerated shelf-life test of low fat UHT milk. *Int Dairy J* 1:38-45.
- Roininen K, Heiniö R-L, Vehkalahti K. 2006. *Kuvailevat menetelmät*. Teoksessa Tuorila H, Appelbye U. 2006. *Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät*. Helsinki: Gaudeamus. 286s.

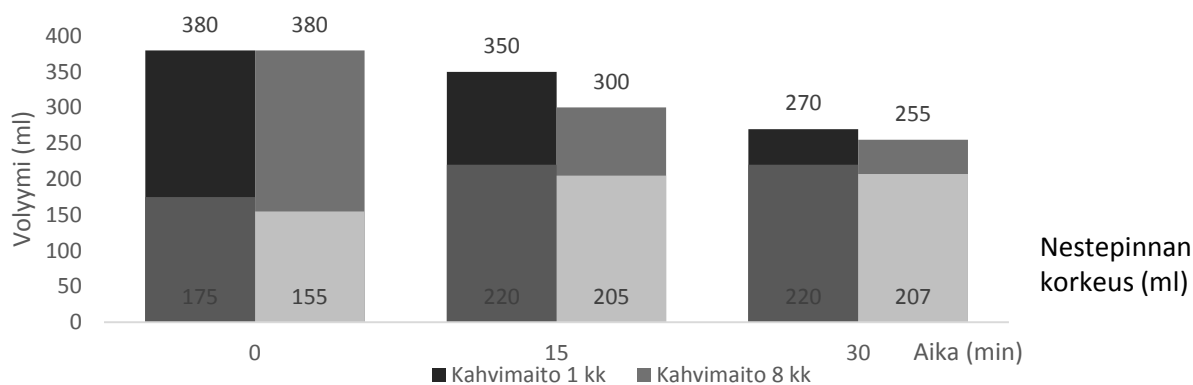
- Roux, C. 2018. Keeping enthusiasm up for non-dairy drinks. Mintel Food & Drink.
- Ruokavirasto. 2019. Elintarvikelisääaineryhmät. <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/elintarvike-ala/valmistus/yhteiset-koostumusvaatimukset/elintarvikeparanteet/lisaineet/lisaineryhmat/>. Tulostettu: 5.4.2019.
- Schiano AN, Harwood WS, Drake MA. 2017. A 100-Year Review: Sensory analysis of milk. *J Dairy Sci* 12:9966-86.
- Sethi S, Tyagi SK, Anurag RK. 2016. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *J Food Sci Technol* 9:3408-23.
- Suomen Baristayhdistys ry. 2019. Erikoiskahvit. <https://www.baristat.fi/kahvitieto/erikoiskahvit/>. Tulostettu: 21.5.2019.
- Thrane M, Paulsen PV, Orcutt MW, Krieger TM. 2017. Soy Protein: Impacts, Production and Applications. *Kirjasta Sustainable Protein Sources*. Elsevier: Lontoo s39-40.
- Tetra Pak. 2018. Soya Handbook. Lund, Ruotsi: Tetra Pak International S.A. 149 s.
- Tetra Pak. 2003. Dairy Processing Handbook. Lund, Ruotsi: Tetra Pak Processing Systems AB; 482 s.
- Tossavainen O, Kallioinen H. 2007. Proteolytic Changes in lactose hydrolysed UHT milks during storage. *Milchwissenschaft* 4:410-5.
- Tuorila H, Appelbye U. 2006. Aistinvarainen tutkimus: tieteenala ja käyttöalueet. Teoksessa Tuorila H, Appelbye U. 2006. Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki:Gaudeamus. 286s.
- Valio. 2019. Valio kahvimaito laktoositon UHT. <https://www.valio.fi/tuotteet/maidot/valio-kahvimaito-laktoositon-uht/>. Tulostettu: 3.1.2020
- Valio. 2018. Täydellinen maitovaaho kahviin baristan neuvoilla. <https://www.valio.fi/ammattilaiset/artikkelit/taydellinen-maitovaaho-kahviin-baristan-neuvoilla/>. Tulostettu 1.9.2018.
- van Boekel MAJS. 1998. Effect of heating on Maillard reactions in milk. *Food Chem* 4:403-14.
- Walstra P. 1989. Principals of foam formation and stability. Teoksessa Wilson AJ. 1989. Foams: Physics, Chemistry and structure. Springer. Berliini s 1-2.
- Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T. 1972. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric and Biol Chem* 5:719-27.

Liite 1. Esikokeissa käytettyjä kasviuomia

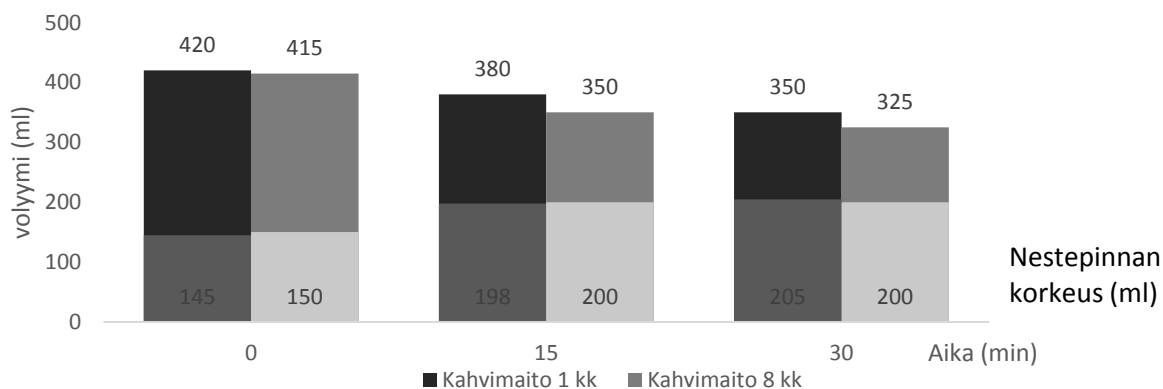
Taulukossa esikokeissa käytettyjä kasviuomia. Pääkaupunkiseudulla ruokakauppojen valikoimista kesällä 2019 löytyvät erityisesti kahviin tarkoitettut kasviuomat.

Juoma	Kaura	Soija	Pähkinä /kookos	Rasvaa	Protei- iinia	Lisäaineet
Valio Oddlygood Kaurajuoma 1l	x			1,0	2,0	kalsium
Oatly iKaffe kaura- juoma 1l	x			3,0	1,0	happamuudensäätöaine (dikaliumfosfaatti), kalsiumkarbonaatti, kalsiumfosfaatteja
Kaslink Aito Kaura- juoma Barista 1l	x			3,0	0,6	kalsiumkarbonaatti, emulgointiaine (E472e), stabilointiaine (gellaanikumi)
Fazer Yosa Täyteläinen Kaurajuoma 1l	x			3,0	1,0	kalsium
Planti Kaurajuoma kahviin 0,75l	x			2,8	1,1	sakeuttamisaine (E401, E472e), happamuudensäätöaine (dikaliumfosfaatti), kalsiumfosfaatti
Juustoportti Kaurajuoma Barista 1l	x			3,0	0,6	
Alpro Oat Organic 'For Professionals' kaurajuoma 1l	x			1,3	0,3	agavekuitu
Alpro Soya For Professionals soijajuoma 1l		x		1,9	3,3	happamuudensäätöaineet (monokaliumfosfaatti, dikaliumfosfaatti, kalsiumkarbonaatti, stabilointiaine (gellaanikumi))
Alpro Coconut For Professionals kookossoijajuoma 1l		x	x	1,4	1,5	happamuudensäätöaineet (dikaliumfosfaatti, monokaliumfosfaatti), kalsium (kalsiumkarbonaatti), stabilointiaine (gellaanikumi)
Almond Breeze Barista Blend mantelijuoma 1l			x	1,9	0,6	happamuudensäätöaineet (kaliumfosfaatti, kaliumsitraatti), tapiokatärkkelys, stabilointiaineet (karrageeni, guarikumi), emulgointiaine (lesiini aurin-gonkukasta)

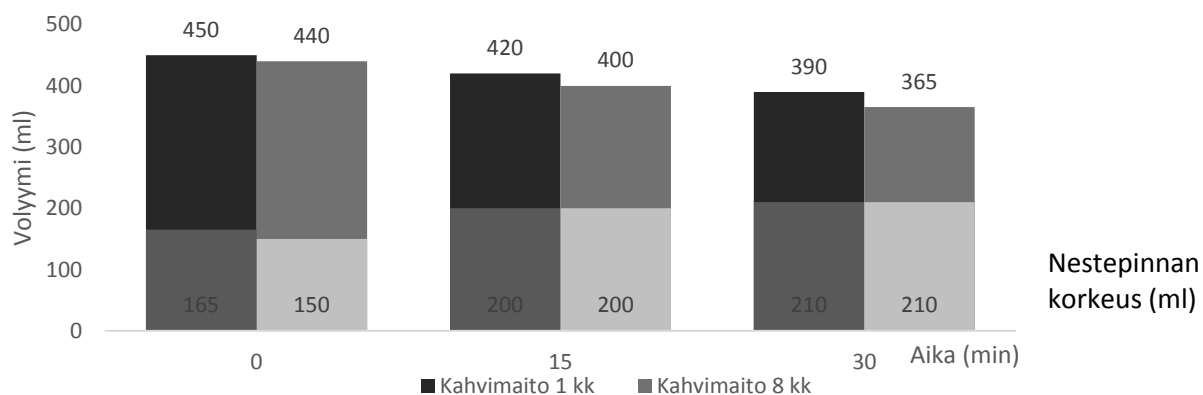
Liite 2. Esikokeiden vaahdotuskokeiden tulokset



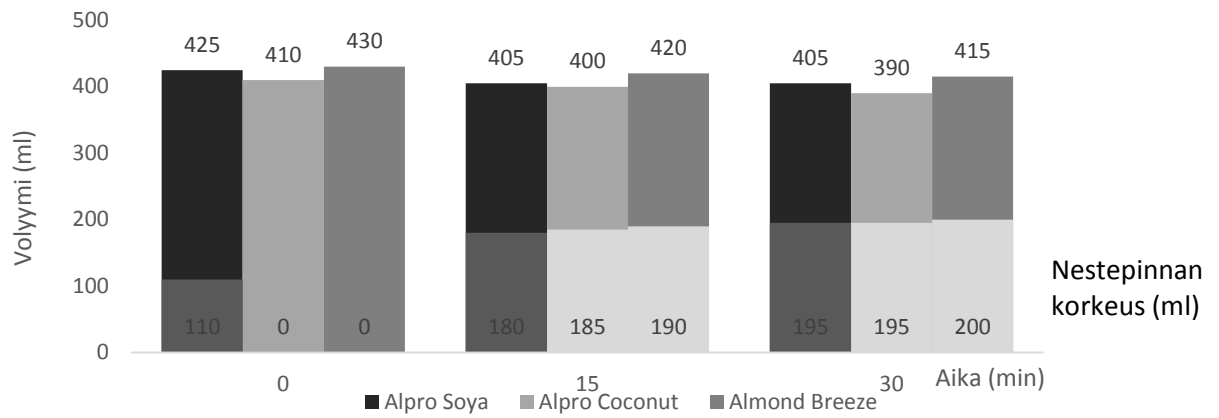
Kuva 1. Kahvimaidon vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Kahvimaitojen ikä 1 kk ja 8 kk valmistuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötila +40 °C 3) loppulämpötila +51 °C.



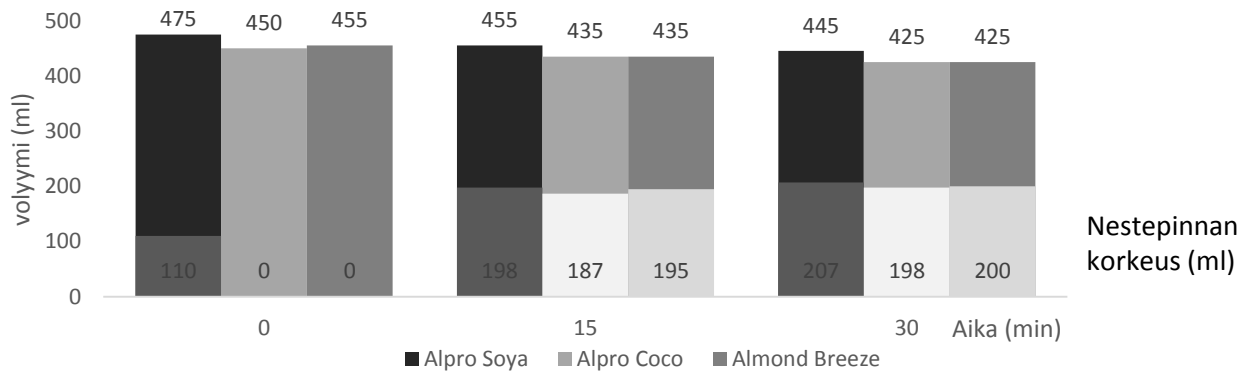
Kuva 2. Kahvimaidon vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Kahvimaitojen ikä 1 kk ja 8 kk valmistuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötila +45 °C 3) loppulämpötila +60 °C.



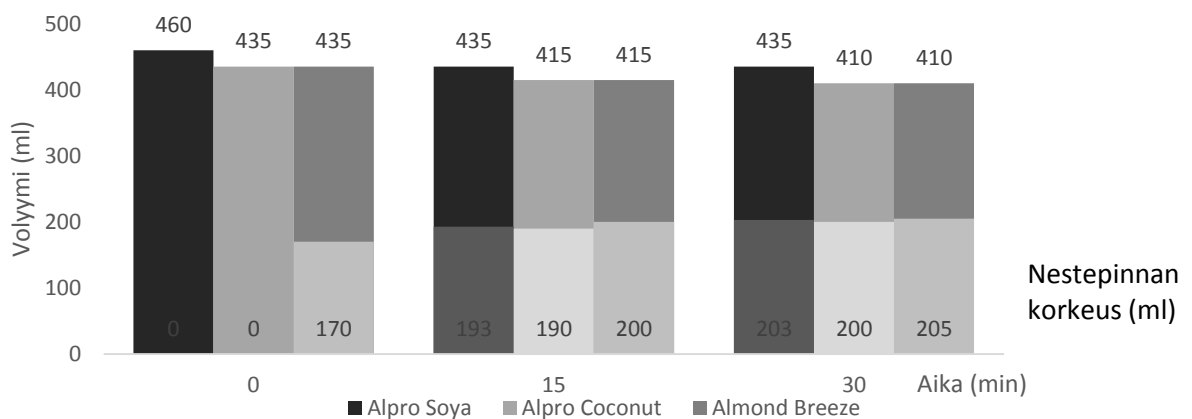
Kuva 3. Kahvimaidon vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Kahvimaitojen ikä 1 kk ja 8 kk valmistuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötila +50 °C 3) loppulämpötila +65 °C.



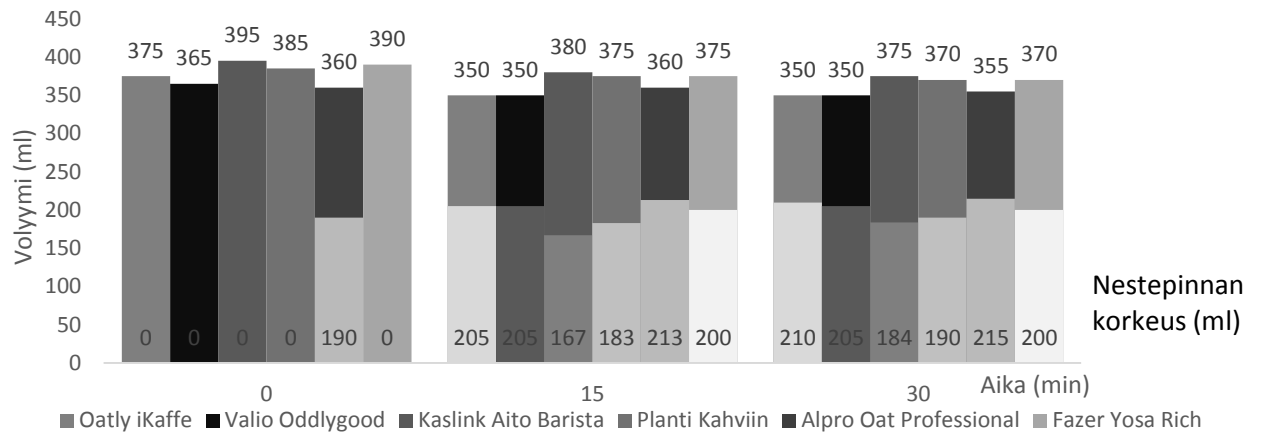
Kuva 4. Kasviuomien vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötilä +40 °C 3) loppulämpötilä +51 °C.



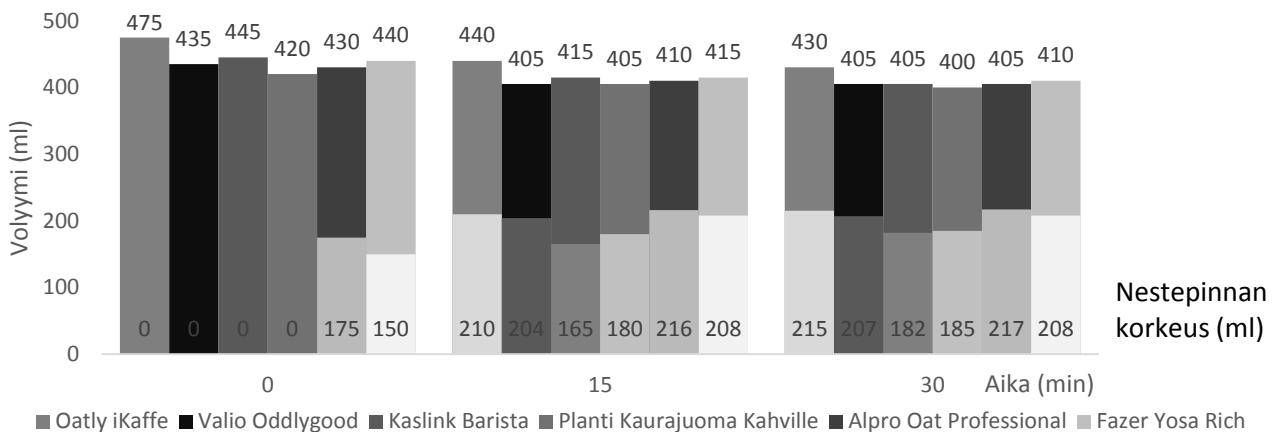
Kuva 5. Kasviuomien vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötilä +45 °C 3) loppulämpötilä +60 °C.



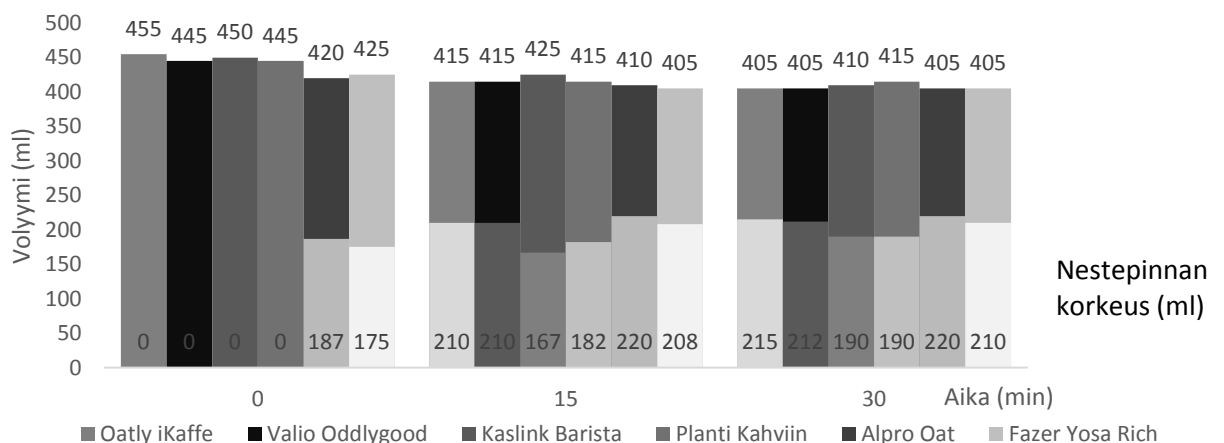
Kuva 6. Kasviuomien vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötilä +45 °C 3) loppulämpötilä +65 °C.



Kuva 8. Kaurajuomien vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötilä +40 °C 3) loppulämpötilä +51 °C.



Kuva 9. Kaurajuomien vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötilä +45 °C 3) loppulämpötilä +60 °C.



Kuva 10. Kaurajuomien vaahdon määrä heti vaahdotuksen jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua vaahdotuksesta. Vaahdotuksen asetukset: 1) vaahdotusviive 1,5 s 2) vaahdotuslämpötilä +50 °C 3) loppulämpötilä +65 °C.

Liite 3. Aistinvaraisten arviointien tulokset

Arvioija	Näyte	Sessio	Makeus	Karvaus	Keitetyn maku	Täyteläisyys
J01	P01	1	5,0	5,8	5,8	4,5
J01	P02	1	4,6	5,6	5,6	3,0
J03	P02	1	3,5	5,0	3,0	5,4
J03	P01	1	5,0	5,0	5,6	5,0
J04	P02	1	6,3	5,0	5,7	7,4
J04	P01	1	5,0	5,5	5,8	5,0
J05	P01	1	4,7	4,7	5,0	4,7
J05	P02	1	6,2	4,2	2,5	6,1
J06	P01	1	5,0	5,0	5,0	5,0
J06	P02	1	5,6	5,0	5,6	5,5
J07	P02	1	4,2	5,0	4,1	5,9
J07	P01	1	4,4	5,0	5,0	4,3
J01	P03	1	3,9	7,0	5,0	4,0
J01	P04	1	3,0	7,0	6,2	3,8
J03	P03	1	6,3	5,0	5,0	5,0
J03	P04	1	5,0	5,8	5,0	5,7
J04	P03	1	5,8	5,7	5,6	5,0
J04	P04	1	5,0	6,2	5,3	5,0
J05	P04	1	4,8	4,8	5,0	5,4
J05	P03	1	5,4	5,3	5,0	6,1
J06	P04	1	6,1	5,3	5,0	6,0
J06	P03	1	5,0	5,5	5,3	5,4
J07	P03	1	4,2	4,2	5,0	4,0
J07	P04	1	5,7	5,8	5,8	4,1
J01	P01	2	4,1	4,7	5,8	4,1
J01	P02	2	5,7	4,4	3,0	4,5
J03	P01	2	3,8	5,0	4,0	5,7
J03	P02	2	5,7	5,0	3,0	6,6
J04	P02	2	5,3	5,3	4,3	4,8
J04	P01	2	5,1	5,0	5,0	5,0
J05	P02	2	6,1	5,0	3,7	6,9
J05	P01	2	4,6	5,0	5,4	5,0
J06	P02	2	6,1	5,0	5,0	5,0
J06	P01	2	3,0	7,0	8,2	4,1
J07	P01	2	4,6	5,5	6,0	7,0
J07	P02	2	3,9	5,0	7,5	6,0
J08	P02	2	4,0	5,0	4,1	5,0
J08	P01	2	5,0	5,0	5,0	5,0
J01	P04	2	5,8	5,8	4,5	4,5
J01	P03	2	4,5	4,4	5,0	4,4
J03	P03	2	6,0	6,0	4,1	4,2
J03	P04	2	3,6	5,8	5,0	3,8
J04	P03	2	4,6	5,2	5,0	4,7
J04	P04	2	5,1	5,0	5,0	5,2
J05	P04	2	5,3	5,0	5,0	5,9
J05	P03	2	5,6	5,0	5,0	5,0

J06	P03	2	5,0	6,1	5,0	5,0
J06	P04	2	3,0	8,2	7,0	3,9
J07	P03	2	4,3	6,2	4,6	5,0
J07	P04	2	4,6	5,0	7,2	6,5
J08	P04	2	5,0	6,0	5,0	4,5
J08	P03	2	5,0	5,0	5,0	5,0
J01	P02	3	4,5	5,5	4,0	4,8
J01	P01	3	5,0	5,0	5,4	5,0
J02	P01	3	5,7	6,3	5,0	5,0
J02	P02	3	4,8	4,4	3,6	5,6
J03	P02	3	4,0	6,1	6,0	3,9
J03	P01	3	5,0	5,0	5,0	5,0
J04	P02	3	4,5	5,5	4,7	4,7
J04	P01	3	5,4	4,4	4,5	4,6
J05	P02	3	3,3	5,3	7,0	7,0
J05	P01	3	6,9	6,2	7,2	5,0
J07	P01	3	5,4	4,5	4,1	5,7
J07	P02	3	4,2	5,0	4,1	4,1
J08	P01	3	4,6	5,1	4,7	5,3
J08	P02	3	3,7	5,4	3,2	5,4
J01	P04	3	5,0	5,0	5,0	5,0
J01	P03	3	4,5	5,7	5,0	4,2
J02	P03	3	5,0	5,3	5,0	5,0
J02	P04	3	5,0	5,0	5,0	5,9
J03	P04	3	4,3	6,0	6,1	4,1
J03	P03	3	3,0	7,0	6,1	4,1
J04	P04	3	4,5	5,5	5,0	4,6
J04	P03	3	4,5	4,5	5,0	4,4
J05	P04	3	3,6	7,0	3,7	4,1
J05	P03	3	3,9	6,0	4,8	2,9
J07	P03	3	5,0	5,7	5,0	4,1
J07	P04	3	4,1	5,7	5,5	4,1
J08	P03	3	4,5	5,0	5,0	5,3
J08	P04	3	4,2	5,8	5,0	4,8
J01	P02	4	5,7	5,3	3,6	4,7
J01	P01	4	4,8	5,1	5,0	5,2
J02	P01	4	5,9	5,5	5,0	3,9
J02	P02	4	4,1	6,0	3,1	5,0
J03	P02	4	6,3	5,7	2,4	6,5
J03	P01	4	4,4	5,0	4,6	5,6
J04	P01	4	5,6	4,7	4,8	5,0
J04	P02	4	4,7	5,0	4,7	5,4
J01	P04	4	4,4	5,8	5,0	4,1
J01	P03	4	4,4	5,2	5,0	4,7
J02	P03	4	5,5	5,9	5,9	3,3
J02	P04	4	5,5	6,0	4,8	4,6
J03	P04	4	5,9	5,5	5,0	6,4
J03	P03	4	4,4	5,6	5,0	5,0
J04	P03	4	4,7	5,4	5,0	4,7
J04	P04	4	5,4	4,7	5,0	4,6