

Saana Paananen

Suklaanvalmistuslaitteen käyttöönotto ja maito- pohjaisten ingredienttien vaikutus suklaan har- maantumiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

14.8.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Saana Paananen Suklaanvalmistuslaitteen käyttöönotto ja maitopohjaisten ingredienttien vaikutus suklaan harmaantumiseen 48 sivua + 3 liitettä 14.8.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	kehityspäällikkö Terhi Aaltonen, TKT vastaava tutkija Marko Outinen, TKT lehtori Pia-Tuulia Laine
<p>Tämä insinööryö tehtiin Valio Oy:n Tutkimus- ja tuotekehityskeskukseen. Työn tavoitteena oli käyttöönottaa laboratoriomittakaavan suklaanvalmistuslaite ja tutkia maitopohjaisten ingredienttien vaikutusta suklaan harmaantumiseen.</p> <p>Työn kokeellinen osa oli kolmivaiheinen: suklaan temperointi, suklaanvalmistuslaitteen käyttöönotto sekä suklaan harmaantumisen ehkäisy maitopohjaisia ingredienttejä käyttäen. Temperointitapaa valitessa kiinnitettiin huomiota temperoinnin onnistumiseen ja sujuvuuteen sekä arvioitiin aistinvaraisesti valmiin suklaan rakennetta. Suklaan harmaantumisen ehkäisyn tutkimisessa suklaalevynäytteissä käytettyjä maitopohjaisia ingredienttejä olivat Fast Track ja Pro Age, niiden geelinmuodostusominaisuuksien takia, sekä WPC sen heraproteiinin määrästä johtuen. Suklaalevynäytteen muut ainesosat olivat suklaa (Fazer Taloussuklaa) ja hasselpähkinä-kaakaolevite. Suklaan harmaantumista seurattiin 28 vuorokautta, ja levynäytteen värin muutosta mitattiin kolorimetrillä viikon välein. Valssaus- ja konssauslaitteen (Spectra 11 Stone Melanger) käyttöönotossa maitosuklaan valmistuksessa käytetty ingredientti oli SMP (skimmed milk powder eli rasvaton maitojauhe), joka on ns. tavallinen maitojauhe. Pää tavoite oli laitteen ylösajo, ei tutkia ingredienttien vaikutusta suklaaseen. Valssaus- ja konssauslaitteella valmistettua suklaata arvioitiin aistinvaraisesti, kuten maistamalla ja ulkonäön perusteella, sekä mittaamalla partikkelikokoa mikrometrillä valssauksen ja konssauksen aikana.</p> <p>Pienetkin lämpötilan vaihtelut sekä muotin materiaali vaikuttivat temperoinnin onnistumiseen, mutta sopivan temperointitavan löydyttyä tulokset paranivat. Maitopohjaisten ingredienttien välillä ei havaittu suuria eroja suklaan harmaantumisen ehkäisemisessä. Tämä saattoi johtua täytteestä ja ingredientin olomuodosta siinä. Spectra 11 Stone Melangerin käyttöönotto ja ylösajo onnistuivat hyvin sopivan suklaareseptin löydyttyä.</p> <p>Suklaan harmaantumisen ehkäisyn tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä saatiin harmaantumisen hyvin esille. Tätä tutkimusmenetelmää voidaan käyttää pohjana jatkokäytöksille. Spectra 11 Stone Melanger oli sopiva laite pienimuotoiseen suklaan valmistukseen ja sillä onnistuttiin valmistamaan laadukasta suklaata.</p>	
Avainsanat	suklaa, maitopohjainen ingredientti, temperointi, harmaantuminen

Author Title	Saana Paananen Commissioning of the chocolate making machine and effects milk-based ingredients on chocolate blooming.
Number of Pages Date	48 pages + 3 appendices 14 August 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Terhi Aaltonen, D.Sc. (Tech.), Development Manager Marko Outinen, D.Sc. (Tech.), Senior Research Scientist Pia-Tuulia Laine, Lecturer
<p>This thesis project was done by Valio Ltd, Valio's R&D. The aim of the thesis was on commission a laboratory scale chocolate making machine and research effects of milk-based ingredients on chocolate blooming.</p> <p>The empirical part of this work had three stages: tempering of chocolate, commissioning of a chocolate making machine and prevention of chocolate blooming using milk-based ingredients. When choosing tempering way, paying attention to the success and fluency of tempering as well as the estimates of the organoleptic structure in chocolate. The milk-based ingredients used in the research on preventing chocolate blooming were Fast Track and Pro Age because of the feature of gel forming as well as WPC because of its whey protein content. Other ingredient in the sample of chocolate were chocolate (Fazer Taloussuklaa) and hazelnut-cocoa spread. Blooming of chocolate was observed for 28 days and the color change of the bar sample measured by colorimetry once a week. The ingredient which was used making milk chocolate at the commissioning of the rolling and conching machine (Spectra 11 Stone Melanger) was SMP (skimmed milk powder) which is so called ordinary milk powder. The principal aim was to commission the machine not to research effects of ingredients on chocolate. Chocolate made the rolling and conching machine was evaluated organoleptically by tasting and based on appearance and particle size was measured in micrometers during rolling and conching.</p> <p>Even slight changes in temperature and mold material affected the success of tempering but results improved after finding a suitable way of tempering. There were no significant differences in the prevention of chocolate blooming between the milk-based ingredients. This could be attributed to the filling and to the state of the ingredient in it. The commissioning and start-up of Spectra 11 Stone Melanger succeeded well after finding a suitable chocolate recipe. The method used for researching the prevention of chocolate blooming elicited chocolate blooming well. This research method can be used as a base for continuation researches. Spectra 11 Stone Melanger is a suitable machine for small-scale chocolate making and can be used for manufacturing good quality chocolate.</p>	
Keywords	chocolate, milk-based ingredient, tempering, fat bloom

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suklaa	2
2.1	Maitosuklaan määritelmä	2
2.2	Suklaan raaka-aineet	2
2.2.1	Kaakao	2
2.2.2	Kaakaovoi	3
2.2.3	Sokeri	5
2.2.4	Maitopohjaiset raaka-aineet	6
2.2.5	Lesitiini	8
2.3	Suklaan valmistusprosessi	10
2.3.1	Kaakaomassan ja -voin valmistus	10
2.3.2	Valssaus	11
2.3.3	Konssaus	12
2.3.4	Temperointi ja muotteihin valaminen	12
2.4	Suklaan harmaantuminen	14
3	Materiaalit ja menetelmät	17
3.1	Yleistä koeasetelmasta	17
3.2	Maitopohjaiset ingredientit	17
3.3	Temperointitapa	19
3.3.1	Suklaat	19
3.3.2	Laitteet	19
3.4	Suklaan harmaantumisen ehkäisy	22
3.4.1	Maitopohjaiset ingredientit	22
3.4.2	Suklaalevynäytteet	22
3.4.3	Laitteet	23
3.4.4	Menetelmä	23
3.4.5	Mittausmenetelmät	24
3.5	Spectra 11 Stone Melanger -laitteen ylösajo	26
3.5.1	Raaka-aineet	26
3.5.2	Reseptit	27
3.5.3	Laitteet	27
3.5.4	Menetelmä	29

3.5.5	Mittausmenetelmät	29
4	Tulokset ja tulosten tarkastelu	30
4.1	Tulokset ja havainnot suklaan temperoinnista	30
4.2	Maitopohjaisten ingredienttien vaikutus suklaan harmaantumiseen	34
4.3	Spectra 11 Stone Melanger -laitteen ylösajon tulokset	41
5	Yhteenveto ja päätelmät	45
	Lähteet	46
	Liitteet	
	Liite 1. Temperointiohjeet	
	Liite 2. Spectra 11 Stone Melanger -laitteen käyttöohje	
	Liite 3. Suklaan harmaantumisen ehkäisyn värimittauksen tulokset (a* ja b*)	

Lyhenteet

Eila[®] WPC Eila[®] *Whey protein concentrate* eli laktoositon heraproteiiniiviste

rpm *Revolutions Per Minute* eli kierrosta minuutissa

SBS Styreeni-blokkikopolymeeri

SMP Skimmed milk powder eli rasvaton maitojauhe

1 Johdanto

Suklaan valmistus on monimutkainen prosessi, johon kuuluvat vaiheet kaakaopapujen sadonkorjuusta suklaan temperointiin. Sadonkorjuun jälkeen pavut fermentoidaan, kuivataan ja puhdistetaan, jolloin suklaalle ominainen maku muodostuu ja ylimääräiset aineet poistuvat. Puhdistetut pavut paahdetaan ja jauhetaan, jolloin papuihin muodostuu lisää makuun vaikuttavia yhdisteitä. Jauhettuihin papuihin eli kaakaojauheeseen yhdistetään muut suklaan raaka-aineet. Tämän jälkeen suklaamassa valssataan eli hienonnetaan ja konssataan. Kun suklaa on saavuttanut oikean partikkelikoon ja rakenteen, se temperoidaan ja valetaan muotteihin. Suklaan raaka-aineita ovat kaakao, kaakao voi, sokeri ja lesitiini. Maitosuklaassa on myös maitoa, joka voi olla nesteenä tai jauheena.

Suklaan vanhetessa sen ulkonäkö muuttuu usein harmahtavaksi, mikä johtuu esimerkiksi kaakaovoin työntymisestä suklaan pintaan säilytyksen aikana tai temperoinnin epäonnistumisesta. Harmaantuminen ei vaikuta suklaan makuun, mutta muut aistinvaraiset ominaisuudet, kuten ulkonäkö ja rakenne, muuttuvat epämiellyttäväksi. Ulkonäöstä tulee harmahtava, usein pilkullinen ja rakenteesta jauhomainen. Harmaantumista voidaan estää huolehtimalla oikeista säilytyslämpötiloista ja onnistuneesta temperoinnista sekä käyttämällä emulgointiaineita. Maidon rasva voi myös hidastaa suklaan harmaantumista (Beckett 2008: 112–114).

Tässä insinööriyössä tavoitteena oli tutkia, voidaanko suklaan harmaantumista ehkäistä käyttämällä maitopohjaisia ingredienttejä, joita olivat Eila[®] WPC eli heraproteiiniitivistite, Fast Track ja Pro Age. Toinen tavoite oli käyttöönottaa ja ylösajaa suklaanvalmistuslaitte Spectra 11 Stone Melanger, jolla onnistuu suklaan valssaus ja konssaus. Laitteella valmistettiin maitosuklaata neljä erää (2 kg/erä) käyttämällä Valio Oy:n rasvaton maitojauhetta (SMP). Työn molemmissa tutkimuksissa suklaa täytyi temperoida, joten oikea temperointitapa selvitettiin ensimmäiseksi.

2 Suklaa

2.1 Maitosuklaan määritelmä

Suklaan raaka-aineiden vähimmäismäärät säädetään direktiivin 2000/36/EY liitteessä 1. Suklaan tulee määritelmän mukaisesti sisältää kaakaotuotteita ja sokeria. Kaakaon kokonaispitoisuuden tulee olla vähintään 35 %, josta vähintään 18 % on oltava kaakaovoita ja 14 % rasvatonta kaakaokuiva-ainetta. Maitosuklaassa on edellisten lisäksi maitoa tai maitotuotteita, maidon kuiva-aineen määrän tulee olla vähintään 14 % ja maitorasvan 3,5 %. Kaakaokuiva-aineen pitoisuus maitosuklaassa on oltava vähintään 25 %. Vaaleassa maitosuklaassa maidon kuiva-ainetta pitää olla enemmän, vähintään 20 %, jolloin kaakaokuiva-aineen pitoisuus laskee 20 prosenttiin. Maitorasvan pitoisuus on oltava vaaleassa maitosuklaassa viisi prosenttia. Täytesuklaassa tuotteen kokonaispainosta suklaata täytyy olla vähintään 25 %. Myös suklaakonvehdin tulee sisältää vähintään 25 % suklaata, ja sen määritellään olevan yhden suupalan kokoinen täytesuklaa tai suklaan ja muiden aineiden yhdistelmä. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/36/EY elintarvikkeena käytettävistä kaakao- ja suklaatuotteista. 2000)

2.2 Suklaan raaka-aineet

Suklaan pääraaka-aine on kaakao. Kaakaopavuista saadaan kaakaojauhe ja kaakaovoi, eli suklaan rasva. Kaakaovoi on kallein raaka-aine suklaassa, ja sen tilalla käytetään usein kasvirasvoja. Suklaassa sokeria on noin 50 %, ja se on useimmiten sakkaroosia (Beckett 2008: 23). Mitä tummempaa suklaa on, sitä enemmän se sisältää kaakaota ja vähemmän sokeria. Maitosuklaassa käytetään maitoa tai maitojauhetta, mikä vaikuttaa suklaan rakenteeseen ja makuun pehmentäen kaakaovoita ja parantaen virtausominaisuuksia (Beckett 2008: 33). Emulgointiaineena suklaassa yleisesti käytetään soijasta tai auringonkukasta saatavaa lesitiiniä (Beckett 2008: 94).

2.2.1 Kaakao

Kaakaopuista yleisimpiä ovat neljä lajiketta: Criollo, Forastero, Trinitario ja Nacional. Criollosta saatava sato on suhteellisen pieni, ja sen pavut ovat miedon makuisia mutta

aromikkaita. Suurin osa käytetystä kaakaosta on Forasteroa. Forasteron kaakaopavut ovat tuhdin makuisia ja sitä kasvatetaan lähinnä pientiloilla Länsi-Afrikassa. Trinitariota on yleensä pidetty Criollon ja Forasteron risteymänä. Trinitarion papu maistuu hyvin samalta kuin Criollon pavut, eli miedolta ja aromikkaalta, mutta sen kestävyys ja hyvä satotuotto ovat Forasterolta peräisin. Nacionalia kasvaa vain Ecuadorissa, mistä se on todennäköisesti myös peräisin. Sen pavut ovat täyteläisiä, mausteisia ja hedelmäisen makuisia. (Beckett 2008: 11–12; Kaakaolajikkeet 2018.)

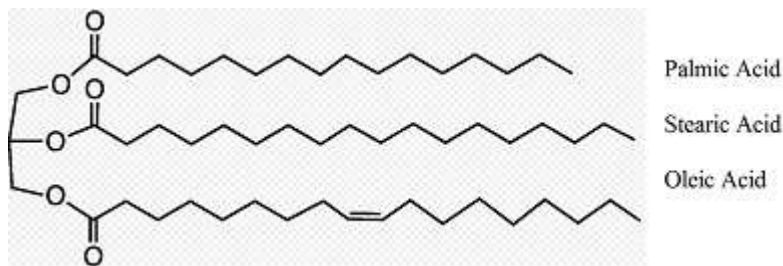
Kaakaopuun rungosta ja oksista kasvavat soikeat palot kypsyvät suunnilleen puolessa vuodessa ja sisältävät noin 30–45 hedelmälihan peittämää papua. Papua ympäröivät kuori ja sirkkalehdet. Kypsä palko avataan ja pavut erotellaan valkoisesta hedelmälihasta. Yli puolet pavun kuivapainosta on kaakaovoita, ja sen kosteuspitoisuus ennen fermentointia ja kuivausta on noin 65 %. Fermentoinnin aikana kaakaossa muodostuu yhdisteitä, jotka antavat sille sen ominaisen maun. On olemassa kaksi eri fermentointitapaa, kasafermentointi tai laatikkofermentointi. Fermentoinnissa lämpötila nousee aikaisessa vaiheessa korkeaksi, jolloin pavut kuolevat eivätkä pilaannu itämällä. Lämmön nousun aikana pavuissa olevat entsyymit vapautuvat, ja katalysoivat sen orgaanisten aineiden, kuten sokerin, aminohappojen ja peptidien, hajoamista. Fermentoinnissa käytetään apuna kaakaon hedelmälihaa, jonka sokeri muodostaa etanolia ja happoja reagoimalla hiivan kanssa. Etanoli aktivoi bakteereja, muun muassa etikka- ja maitohappobakteereja. (Beckett 2008: 14–16.)

Kaakaopavut täytyy kuivata ennen jatkojalostusta. Kuivaus estää homeen muodostumista ja vahvan, kitkerän maun syntymistä. Papujen painosta noin puolet häviää kuivauksessa veden poistuessa, ja fermentoinnissa vapautuneet entsyymit jatkavat toimintaansa. Pavun kosteuspitoisuuden ollessa 7–8 % home ei enää pysty kasvamaan siinä, eli papu on valmis jatkojalostukseen. Valmistusprosessi vaikeutuu, jos papujen kosteuspitoisuus laskee alle 6 %:n. Tällöin pavuista tulee kuivia ja hauraita, mikä vaikeuttaa jatkokäsittelyä. (Coe 2005: 18; Beckett 2008: 20–21.)

2.2.2 Kaakaovo

Kaakaovoin rasvojen rakenteet ovat yksinkertaisia. Tämän vuoksi kaakaovo sulaa suhteellisen nopeasti suussa, eli pienikin lämpötilan muutos muuttaa rakennetta. Kaakaovo koostuu useista triglyserideistä, eli glyserolista, johon on kiinnittynyt kolme rasvahappoa (kuva 1). Rasvahappoja ovat pääasiassa oleiini-, steariini- ja palmitiinihappo.

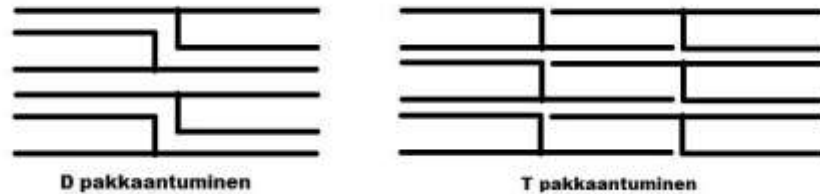
Oleiinihapon määrä on noin 33,1 %, steariinihapon 37,1 % ja palmitiinihapon 24,8 %, ja ne kattavat yhteensä 95 % kaakaovoin rasvahapoista. Steariini- ja palmitiinihappo ovat tyydyttyneitä rasvahappoja, eli niiden hiilivetyketjussa ei ole kaksoissidoksia. Oleiinihappolla on yksi kaksoissidos, joten se on kertatyydyttymätön. Triglyseridin rakentuessa nämä kolme rasvahappoa voivat järjestäytyä eri tavoilla. Noin 80 % kaakaovoista on TOT-muodossa, mikä tarkoittaa, että tyydyttyneiden rasvahappojen keskellä on oleiinihappo. Triglyserideistä 1–2 % muodostuu pelkästään tyydyttyneistä rasvahapoista, jolloin ne ovat TTT-muodossa. Näiden TTT-muodossa olevien rasvojen sulamispiste on huomattavasti korkeampi kuin TOT-muotoisten rasvojen. Huoneenlämmössä pääasiassa nestemäisenä oleva TOO-muoto sisältää kaksi oleiinihappoa, ja sen osuus kaakaovoin rasvoista on 5–20 %. Kaakaovoissa nämä eri muodot yhdistyvät, ja tekevät rasvasta osittain nestemäisen huoneenlämmössä. (Beckett 2008: 104–105; Gunstone 2008: 129.)



Kuva 1. Kaakaovoin triglyseridi (Nanci 2016d).

Kaakaovoin rasva on polymorfista, eli se voi esiintyä useissa erilaisissa kiteisissä muodoissa. Suklaanvalmistajat käyttävät suklaan kuudesta eri kidemuodosta roomalaisia numeroita I–VI. Triglyseridit voivat pakkaantua tuplaketju- (=D-) tai triplaketju- (=T-) järjestykseksi (kuva 2). Kiderakenteet I–IV ovat D-järjestyksessä, V ja VI T-järjestyksessä. T-järjestyksessä rakenne on tiiviimpi, jolloin se on myös stabiilimpi ja korkeamman sulamispisteen omaava. Kidemuoto I on hyvin epästabiili ja sen sulamispiste on noin 17 °C, joten sen muutos muotoon II tapahtuu nopeasti. IV- muodossa suklaa on pehmeää, eikä se napsahda katketessa. Säilytyksessä voi tapahtua muutos muodosta IV muotoon V, ja lämpötilan noustessa tämä tapahtuu nopeammin. Jos tämä muutos tapahtuu kontrolloimattomasti, seurauksena voi olla suklaan harmaantuminen. Siksi on tärkeää, että säilytyksen alussa suklaalla on V- kidemuoto. Tässä muodossa vastustuskyky harmaantumiselle on hyvä, rakenne kova ja napsahtava sekä ulkonäkö kiiltävä. Suklaan haluttu kidemuoto on V, jossa edellä mainitut ominaisuudet tulevat esille. Säilytettäessä suklaata joitakin kuukausia tai vuosia se alkaa harmaantua, eli

muuttua muotoon VI. Tässä tapahtuu sama reaktio kuin muutoksessa IV \rightarrow V, mutta vain hitaammin. Suklaan rasvojen saattamisesta oikeaan muotoon eli temperoinnista kerrotaan enemmän luvussa 2.3.4. (Beckett 2008: 107–110; Haatainen 2014: 17.)



Kuva 2. Kaakaovoin triglyseridien pakkaantuminen D- ja T-järjestyksiksi (Haatainen 2014, 17).

2.2.3 Sokeri

Suklaasta perinteisesti noin 50 % on sokeria, enimmäkseen sakkaroosia. Maitosuklaaseen makeutta tuo myös laktoosi, josta kerrotaan tarkemmin seuraavassa luvussa 2.2.4. Sokerilla on monia partikkelikokoja, suklaan valmistuksessa käytetään yleisimmin 5–100 μm :n kokoista tomusokeria, mutta myös 600–1000 μm :n kokoista sokeria käytetään. Suklaassa amorfisessa muodossa oleva sokeri vaikuttaa makuun ja juoksevuuteen, ja sen reaktiivinen pinta imee helposti makuja ympäristöstä. Kaakaon kanssa yhdessä jauhettu sokeri voi tästä johtuen imeä itseensä kaakaon helposti haihtuvia makuja. Tätä halutaan erityisesti silloin, kun valmistetaan voimakkaan makuista suklaata. Veden läsnäollessa epävakaa amorfinen muoto pyrkii muuttumaan kiteiseksi. Kiteinen sokeri on käytännössä vedetön, joten tämä muutos poistaisi suklaasta tarpeellisen kosteuden. Sokerit ovat suklaassa hyvin lähellä toisiaan, ja partikkeleiden pinnan kosteus tartuttaa ne toisiinsa. Tämän takia sokerit pysyvät yhdessä, vaikka rasva sulaisi ja häviäisi suklaasta. Kiteinen sokeri voi myös imeä kosteutta ympäriltään, esimerkiksi varastoinnissa. Sokerin kosteuspitoisuus nousee suhteellisen ilmankosteuden noustessa, mikä voi aiheuttaa suklaan harmaantumista ja mikrobiologista pilaantumista. (Beckett 2008: 23–26.)

Fruktoosia käytetään valmistettaessa suklaata esimerkiksi diabeetikoille. Matalakalorisessa tai sokerittomassa suklaassa sokeri korvataan usein sokerialkoholeilla, kuten maltitolilla ja ksylitolilla. Sokerialkoholeilla on laksatiivisia vaikutuksia sekä eroavaisuuksia makeuden suhteen. (Beckett 2008: 28–29.)

2.2.4 Maitopohjaiset raaka-aineet

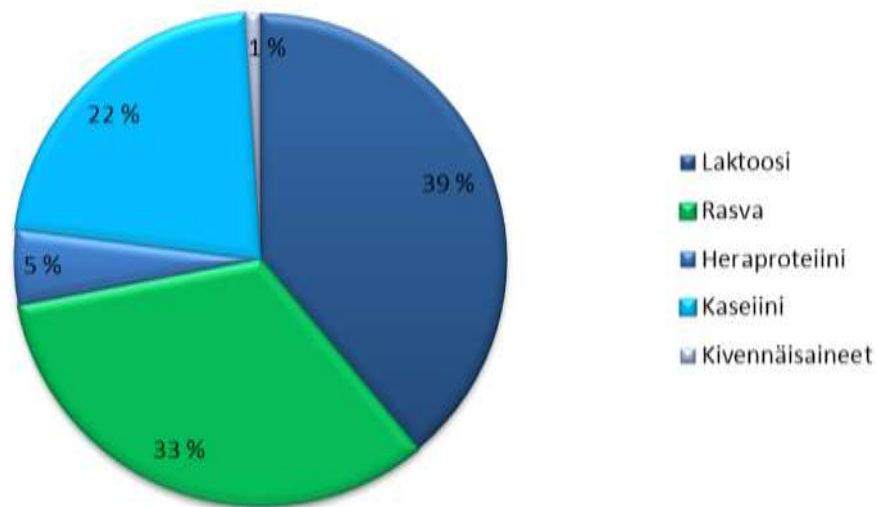
Suklaan valmistuksessa käytetään maitoa, rasvatonta maitojauhetta ja täysmaitojauhetta sekä hera- ja kirnumaitojauheita ja maitorasvaa (taulukko 1). Maitojauheen rasvapitoisuudella ja kuivausprosessin lämpökäsittelyllä on vaikutusta suklaan rakenteeseen, makuun ja virtausominaisuuksiin. Rasvattoman maitojauheen pieni määrä rasvaa reagoi vapaasti kaakaovoin ja muiden suklaan partikkeleiden kanssa, kun taas täysmaitojauheessa rasva on sitoutunut maidon muihin yksittäisiin partikkeleihin tiukasti. Tämän takia täysmaitojauheella on vähemmän rasvaa käytettävänä kaakaovoin pehmentämiseen ja suklaan virtausominaisuuksien parantamiseen. (Beckett 2008: 33.)

Taulukko 1. Joidenkin markkinoilla olevien suklaiden sisältämät maitokomponentit (Foodie.fi).

Tuote	Valmistaja /valmistuttaja	Valmistusmaa	Maitokomponentit
Karl Fazer Maitosuklaa	Fazer Makeiset Oy	Suomi	maito
Panda Maitosuklaa	Orkla confectionery snacks Finland	Suomi	täysmaitojauhe
Marabou Maitosuklaa	Mondelez Finland Oy	Ruotsi	herajauhe, rasvaton maitojauhe, heratuote
Brunberg Laktoositon maitosuklaa	Brunberg Oy	Suomi	laktoositon maitojauhe, laktoositon maitorasva
Royal Maitosuklaa	Cloetta Suomi Oy	Ruotsi	täysmaitojauhe, herajauhe, rasvaton maitojauhe, maitorasva
X-tra Milk Chocolate	-	Ranska	maitojauhe
Karl Fazer Vaalea maitosuklaa	Fazer Makeiset Oy	Suomi	täysmaitojauhe, herajauhe, rasvaton maitojauhe
Panda Valkosuklaa	Orkla confectionery snacks Finland	Suomi	täysmaitojauhe
Fazer Talousuklaa	Fazer Makeiset Oy	Suomi	maitorasva

Maidosta 87 % on vettä, johon kuiva-aineet ovat lienneet tai suspendoituneet. Näistä kuiva-aineista laktoosia eli maitosokeria on noin 39 %, rasvaa 33 %, proteiineja 27 % ja kivennäisaineita noin 1 % (Smith & Campbell 2007: 60) (kuva 3). Rasvattomassa ja täysrasvaisessa maitojauheessa rasvan määrää on säädetty vakioimalla. Maidon rasvalla on tärkeä tehtävä maitosuklaalle ominaisen rakenteen ja maun saavuttamisessa. Se vähentää myös kovien rasvojen aiheuttamaa vahamaisuutta suussa. Suurin osa (98 %) maidon sisältämästä rasvasta on triglyseridejä. Muita maidon tärkeitä rasvoja ovat diglyseridit, sterolit sekä fosfolipidit, pääasiassa lesitiini. Maitorasvan pilaantumisen voi aiheuttaa lipolyysi tai hapettuminen. Lipolyysissä entsyymit nopeuttavat rasvojen hajoamista, mikä aiheuttaa härskiintymistä ja sivumakuja suklaaseen. (Beckett 2008: 31–33.) Kahta rasvaa, kuten maitorasvaa ja kaakaovoita, sekoittaessa on huolehdittava,

että suklaan rakenne ja suussasulavuus pysyvät hyvänä. Yksi tapa määrittellä tämä on mitata kiinteän rasvan indeksi (solid fat content). Indeksä on perinteisesti mitattu NMR-spektroskopiolla eli ydinmagneettisella resonanssispektroskopiolla. Toinen mittaustapa on FTIR-spektroskopia eli Fourier-muunnosspektroskopia (van de Voort ym. 1996: 411). Maidon rasva voi myös estää suklaan harmaantumista hidastamalla kidemuutosta V → VI. Lisätessä suklaaseen maitorasvaa, sen rasvaasi pehmenee, jolloin kaa-kaovoin muutos muodosta V muotoon VI hidastuu. (Beckett 2008: 112–114.)



Kuva 3. Maidon kuiva-ainekoostumus (Smith & Campbell 2007: 60).

Suklaan laatuun, makuun ja virtausominaisuuksiin vaikuttavasti maidon proteiinit, jotka lisäävät maidon, ja sitä myötä suklaan, ravitsemuksellista arvoa. Proteiineja on kahta erilaista, kaseiini ja heraproteiini. Kaseiinia on noin 80 % maidon proteiinista, ja se sisältää α_{s2} -, α_{s1} -, β - ja κ -kaseiinia. Kaseiinit muodostavat kalsiumionien kanssa misellejä, jotka antavat maidolle, varsinkin rasvattomalle, sen valkoisen ja si- nertävän värin (Bylund 2003: 23–24). Kaseiini toimii suklaassa kuten emulgointiaine, mutta sen pääasiallista tehtävää ei ole ymmärretty. Se sitoo vettä ja rasvaa, vaikuttaa lämpöstabiliuteen ja tuottaa avoketjuisia rakenteita. Heraproteiinia on neljä kertaa vähemmän kuin kaseiinia, eli noin 20 % proteiinista, ja se muodostuu pääasiassa α -laktalbumiinista ja β -laktoglobuliinista. Heraproteiini denaturoituu lämmön vaikutuksesta yli 70 °C:ssa. Alle 90 °C:ssa denaturoitumisnopeus on riippuvainen lämpötilasta. Heraproteiinin denaturoituessa sen liukoisuus vähenee, eli maito saostuu. (Beckett 2008: 30–33; Smith & Campbell 2007: 63–67.)

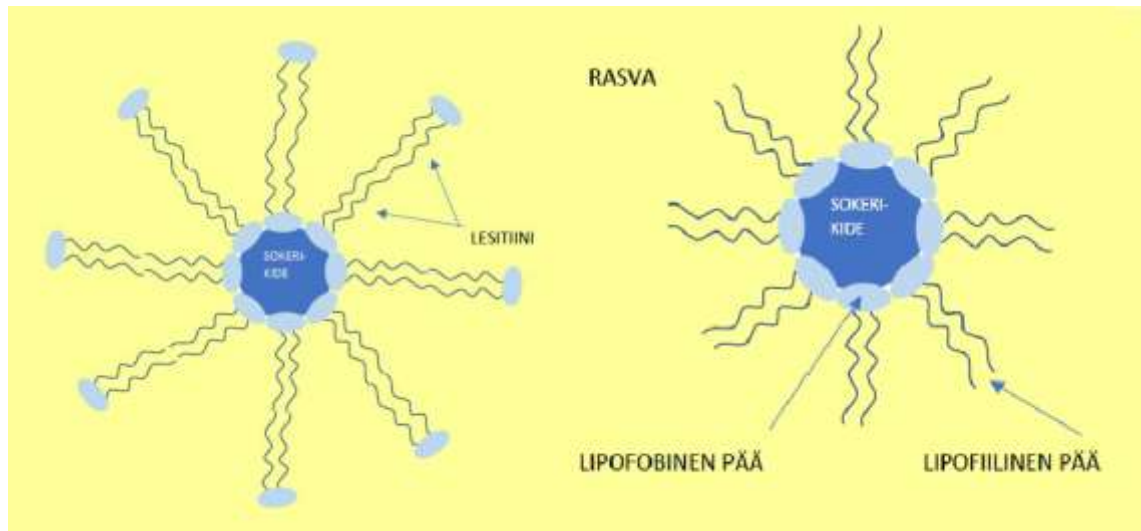
Laktoosi on disakkaridi, joka koostuu kahdesta monosakkaridista, glukoosista ja galaktoosista. Sakkarooosi eli tavallinen sokeri on 2,5-kertaa makeampi kuin laktoosi, joten laktoosin vaikutus suklaan makeuteen on pienempi kuin sakkaroosin (Sokerilajit, soke-rituotteet ja sokerialkoholit 2018). Laktoosia ovat α - ja β -laktoosi, jotka voivat olla kiteisessä tai amorfisessa muodossa. Amorfisessa muodossa oleva laktoosi on hyvin hygroskooppinen, eli se imee kosteutta ympäriltään. Maitojauheessa laktoosi on tavallisesti amorfisessa muodossa. Lämpötilan kohotessa laktoosi osallistuu aminohappojen kanssa Maillardin reaktioon, jossa muodostuu makua ja väriä. (Beckett 2008: 26–27.)

Laktoositon maitojauhe valmistetaan maidosta, josta laktoosi on erotettu kromatografisesti tai kalvosuodatusmenetelmällä. Laktoosittomassa maidossa laktoosin määrän pitää olla pienempi kuin 0,01 %. Vähälaktoosinen maito valmistetaan hydrolysoimalla laktoosi glukoosiksi ja galaktoosiksi laktaasientsyymin avulla. Tämän takia maidon maku muuttuu kuitenkin makeammaksi. Kromatografisessa menetelmässä laktoosi sidotaan kromatografiapylvään hartsiin, jolloin laktoosi saadaan tehokkaasti ja tarkasti poistettua. Suodatusmenetelmää käytettäessä laktoosi saadaan erotettua maidon proteiineista ja rasvasta, mutta suodatuksessa poistuvat myös maidon suolat. (Tossavainen 2003.) Maitotuotteeseen voidaan kuitenkin palauttaa nämä suolat menetelmällä, jossa maidosta erotettu laktoosi ja suolajae suodatetaan käyttämällä nanosuodatusta ja kalvon läpi päässyt suolajae konsentroidaan käyttämällä käänteisosmoosisuodatusta. Loppu laktoosista muutetaan monosakkarideiksi hydrolysoimalla. (Menetelmä laktoosittoman maitotuotteen valmistamiseksi.)

2.2.5 Lesitiini

Lesitiini on väriltään vaalean ruskeahkoa, ja se toimii suklaassa emulgointiaineena. Asetuksen 752/2007 liitteen 1b mukaan lesitiiniä saa käyttää yleisesti elintarvikkeisiin *quantum satis* -periaatteella, ellei asetuksessa erityisesti toisin määrätä. Tämän periaatteen mukaan enimmäispitoisuutta ei ole määritetty. Suklaassa käytetty lesitiini on yleensä eristetty soijasta, muita lähteitä on esimerkiksi auringonkukka. Soijalesitiinistä 53 % on erilaisia fosfolipidejä, 35 % soijaöljyä ja 12 % hiilihydraatteja (Minifie 1980: 111). Suklaassa kiinteät aineet virtaavat toistensa ohitse, ja viskositeetti on riippuvainen tästä virtauksesta. Pinta-aktiivisen aineen, kuten lesitiinin, lisäämisellä on suuri vaikutus suklaan virtausominaisuuksiin. Lesitiinissä on lipofiilinen ja lipofobinen pää. Lipofobinen pää tarttuu sokerin vettä hylkivään pintaan, jolloin rasvasta pitävä lipofiilinen häntä on suklaan rasvaa kohti (kuva 4). Eli lesitiini muodostaa kerroksen sokerin ja

rasvan välille, jolloin suspension muodostuminen nopeutuu. Jos lisättävä määrä on liian suuri, virtaus voi hidastua ja viskositeetti nousta. Tämä johtuu siitä, että ylimääräinen lesitiini muodostaa misellejä tai toisen lesitiinikerroksen sokerin pintaan, ja sen lipofobinen häntä hidastaa rasvassa liikkumista. Yleensä alle 0,5 %:n lisäys lesitiiniä kaakaovoihin on sopiva määrä suklaan virtausominaisuuksien kannalta. Konssauksessa suklaamassaa sekoitetaan telojen välissä, jolloin siihen saadaan haluttu aromi ja suklaan kiinteiden partikkelien määrä kasvaa (Beckett 2008: 73). Tämän takia lesitiiniä voi lisätä enemmän suuremman tarttumispinta-alan vuoksi. Lesitiinin ansiosta suklaan kosteudensietokyky kasvaa, mikä on tärkeää veden haitallisuuden vuoksi. (Beckett 2008: 93–97; Minifie 1980: 117.) Valssauksen ja konssauksen aikana suklaamassaan päässyt liiallinen kosteus voi tehdä massasta paksun ja kokkareisen.

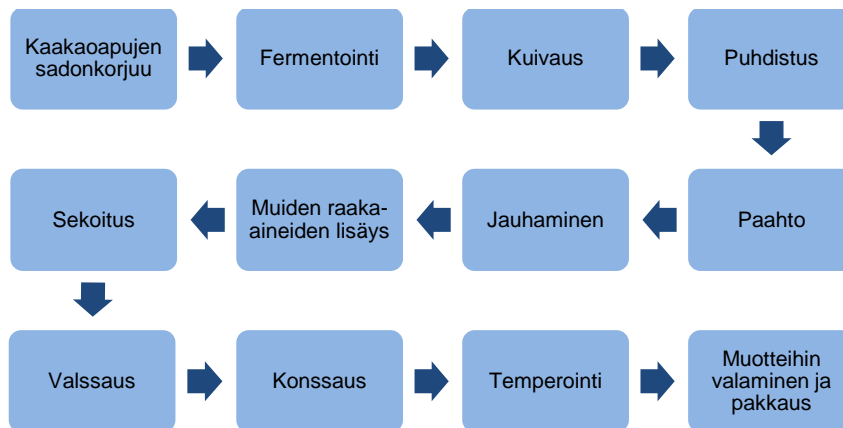


Kuva 4. Sokerikide, jonka ympärille lesitiini on muodostanut misellin. Kaksikerroksisen misellin lesitiinin lipofobiset päät hidastavat sokerin liikkumista rasvassa.

Lesitiinin ansiosta suklaan valmistuksen kriittiset lämpötilat voivat olla korkeampia ilman viskositeetin muutosta. Esimerkiksi maitosuklaan lämpötilan voi nostaa jopa 80 °C:seen, ilman että suklaa muuttuu konssauksen aikana rakeiseksi. Rakeiseksi muuttuminen on mahdollista erityisesti täysmaitojauhetta käytettäessä. Lesitiinin määrä vaikuttaa myös temperointiolosuhteisiin. Jos lisättävä määrä on paljon yli 0,5 %, temperoinnissa tarvittavat lämpötilat laskevat. (Minifie 1980: 120.)

2.3 Suklaan valmistusprosessi

Suklaan valmistusprosessi kattaa monta vaihetta kaakaopavun jauhamisesta temperointiin ja muotteihin valamiseen. Kuvassa 5 on esitetty valmistusprosessin eri vaiheet papujen sadonkorjuusta saakka.



Kuva 5. Suklaan valmistusprosessin vaiheet

2.3.1 Kaakaomassan ja –voin valmistus

Kun kaakaopavut on kuivattu, ne täytyy puhdistaa. Pavuissa olevat vierasesineet voivat vahingoittaa laitteita ja eloperäisten aineiden kontaminoituminen kaakaon voi pilata sen maun. Puhdistuksen jälkeen pavut paahdetaan, jolloin kaakaolle syntyy kemiallisten reaktioiden avulla sille ominainen maku ja väri (Roasting the Cocoa Beans 2018). Ylimääräinen kosteus poistuu ja mikrobiologiset epäpuhtaudet kuolevat paahton korkeassa lämpötilassa. Kaakaopapujen koko vaihtelee riippuen alkuperämaasta, ilmastosta tai vuodenajasta. Pavut paahdetaan tavallisesti muutaman sadan kilon erissä, jolloin liian suuret tai pienet pavut poistetaan. Liian pienet pavut ylipaahduvat ja suuret eivät paahtu keskeltä, mitkä voivat vaikuttaa kaakaon makuun. Pavuista erotellaan kuoret seulomalla, jonka jälkeen ne voidaan paahtaa osina tai kokonaisina useimmiten rumpumuotoisessa paahtimessa. Lämmitys tapahtuu rummun seinän kautta tai puhaltamalla rummun läpi kuumaa ilmaa. Paahtossa lämpötila nousee 110–140 °C:n välille ja papujen kosteuspitoisuus laskee alle 3 %:iin. Paahton aikana pavuista poistuu haihtuvia yhdisteitä, jolloin kaakaon happamuus laskee.

Paahtossa syntyvän akryyliamidin määrä vaihteli kaakaossa paljon FDA:n, eli Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkeviraston, vuonna 2002 tehdyssä tutkimuksessa. Hershey'n

kaakaossa akryyliamidin määrä oli 909 µg/kg, mutta suurimassa osassa näytteistä määrä oli alle 100 µg/kg. (Survey Data on Acrylamide in Food: Individual Food Products 2002.) Maillardin reaktion avulla kaakao saa sille ominaisia makuaineita sekä värin. Tässä ei-entsyymaattisessa ruskettumisessa pelkistävät sokerit ja aminohapot reagoivat keskenään monien yksittäisten reaktioiden muodostamassa prosessissa. (Beckett 2008: 40–48.)

Kaakaopapujen jauhamisen tarkoitus on tuottaa mahdollisimman pieniä kaakaopartikkeleita, jotka soveltuvat suklaan valmistukseen, sekä poistaa pavun sirkkalehdistä rasvaa. Vapautunut rasva ja kaakaon kiinteät partikkelit muodostavat vesi öljyssä (water-in-oil) emulsion, eli rasva ympäröi kiinteät partikkelit joka puolelta. Emulsion muodostumisessa käytetään usein apuna emulgointiaineita, suklaassa pääasiassa lesitiiniä. Jauhamisen aikana kaakaon partikkelit pienentyvät, jolloin kaakaomassasta tulee ohuempaa. Jauhamiseen on olemassa kolme erilaista myllyä, isku-, levy- ja pallomylly. (Beckett 2008: 49–51.) Kaakaovo erotetaan kaakaopavusta puristamalla. Kuuma, nestemäinen ja jauhettu kaakaomassa syötetään kattilaan, jossa siitä erotetaan kaakaovo hydraulisesti puristamalla. Tämän prosessin avulla saadaan kaakaojauhe ja kaakaovo. (Beckett 2008: 55–56; Gunstone 2008: 127–128.)

2.3.2 Valssaus

Valssaus tarkoittaa suklaan raaka-aineiden hienontamista alle 30 µm:n kokoisiksi partikkeleiksi. Liian suurikokoiset partikkelit tekevät suklaaseen rakeisen ja hiekkaisen suuntuntuman. Kaakaomassan hienontaminen liian pieneksi tekee kuitenkin suklaasta liian paksua. Sopiva partikkelikoko on 15–35 µm (Beckett 2008: 65). Toisen lähteen mukaan suklaamassan sopiva partikkelikoko on 15–25 µm:n välillä (Nanci 2016b). Valssaukseen on kaksi eri tapaa, suklaan ainesosien hienontaminen erikseen tai yhdessä. Toisessa tavassa kiinteät ja rasvattomat ainesosat, kuten sokeri ja maitojauhe, hienonnetaan, jonka jälkeen massaan lisätään valssauksen aikana kaakaomassa ja -voi sekä muut nestemäiset aineet. Yhdessä hienonnettaessa raaka-aineet on sekoitettu valmiiksi. Hienontamistavalla on vaikutusta myös suklaan makuun. Jauhettu sokeri kerää helposti kaakaon aromit, kun raaka-aineet hienonnetaan yhdessä. (Beckett 2008: 61). Valmiiksi sekoitetut raaka-aineet hienonnetaan valssilla suurten pyörivien telojen välissä. Valssissa on kaksi osaa, joista ensimmäisessä on kaksi telaa ja toisessa viisi. Tasalaatuinen suklaamassa syötetään kahden pyörivän telan väliin kalvoksi, ja suklaapartikkelit pienentyvät 100–150 µm:n kokoon. Sen jälkeen suklaa hienonnetaan

suuremmissa, viisitelaisissa valssissa. Partikkelit jauhautuvat valssauksen aikana 15–35 µm:n kokoon. Valssauksessa suklaan lämpötila vaikuttaa viskositeettiin ja rakenteeseen. Jos rasvan lämpötila on liian matala, rasvat vapautuvat telojen välissä hienontuvasta kalvosta, ja kalvon rakenne hajoaa. (Beckett 2008: 65–68.)

2.3.3 Konssaus

Valssattu suklaamassa on kuivaa ja murenevaa eikä vielä sovellu suklaan valmistukseen. Fermentoinnin ja paahdon aikana suklaaseen tullut hapen ja astringoiva eli suuta kuivaava ja kutistava maku poistuu konssauksen aikana. Suklaan rakenteesta tulee suussa sulavampaa ja sileämpää. Konssauksen avulla suklaamassa saadaan neste-mäiseksi, eli sen aikana tapahtuu kemiallisia ja fysikaalisia muutoksia. Suklaan maku tasoittuu kaakaopartikkeleiden ja rasvan siirtyessä sokerin pintaan. Konssauksen pää-tarkoituksena on päällystää kiinteät partikkelit mahdollisimman ohuella rasvakuorella, mikä alentaa suklaan viskositeettia. Helposti haihtuvista makuun vaikuttavista yhdis-teistä häviää noin 80 % muutaman ensimmäisen tunnin aikana. Käytetty aika ja lämpö-tila vaikuttavat suklaan makuun, konssauksen kestäessä liian kauan suklaan maku vähenee huomattavasti. Kun maitosuklaan lämpötila ylittää 70 °C:n, siihen alkaa ilmes-tyä paahdetun makua. Haluttaessa suklaaseen paahteista makua, jotkut suklaanval-mistajat konssaavat suklaan yli 100 °C:ssa. Korkeammassa lämpötilassa konssauk-seen tarvittava aika lyhenee. (Beckett 2008: 68–70.)

2.3.4 Temperointi ja muotteihin valaminen

Temperointi on tärkeässä osassa valmistettaessa suklaamassasta konvehteja, levyjä tai koristeita. Temperoinnin ansiosta suklaa saa sille ominaisen kiillon ja rakenteen, kuten napsautavuuden katketessa, eikä se sula huoneenlämmössä. Kidemuoto V mahdollistaa edellä kuvatut ominaisuudet ja näin ollen kaakaovo on tarkoitus saada tähän muotoon. Yksi syy suklaan harmaantumiseen on epäonnistunut temperointi.

Konssauksen jälkeen suklaan lämpötila on tavallisesti yli 40 °C. Ennen temperointia suklaan lämpötila on pidettävä noin 45 °C:ssa ja sekoittamalla estetään rasvan nousu pintaan. Liian pitkä säilytysaika voi vaikuttaa makuun, ja matalassa lämpötilassa suklaa alkaa kiteytyä. Temperoinnin voi tehdä koneella tai käsin, suurissa suklaatehtaissa siihen käytetään koneita. (Beckett 2008: 126.)

Temperointi on kolmivaiheinen prosessi. Ensimmäisessä askeleessa suklaa sulatetaan yli 37 °C:n lämpötilaan, jolloin kaikki siinä olevat kidemuodot tuhoutuvat. Seuraavassa vaiheessa tapahtuu hidas jäädyttäminen, jonka seurauksena viisi ensimmäistä kidemuotoa ilmestyvät suklaaseen. Kolmannessa vaiheessa eli uudelleenlämmittämisessä kidemuodot I–IV sulavat, jolloin jäljelle jää vain muoto V. Eri kidemuodossa olevien suklaiden sulamispisteet ovat taulukossa 2. Maitosuklaassa kidemuoto V saavutetaan lämpötilan ollessa 30 °C siihen lisättyjen muiden raaka-aineiden vuoksi. Lämmittämisessä on huolehdittava siitä, ettei myös kidemuoto V pääse sulamaan. (Nanci 2016a.)

Taulukko 2. Kidemuotojen sulamispisteet (Nanci 2016a).

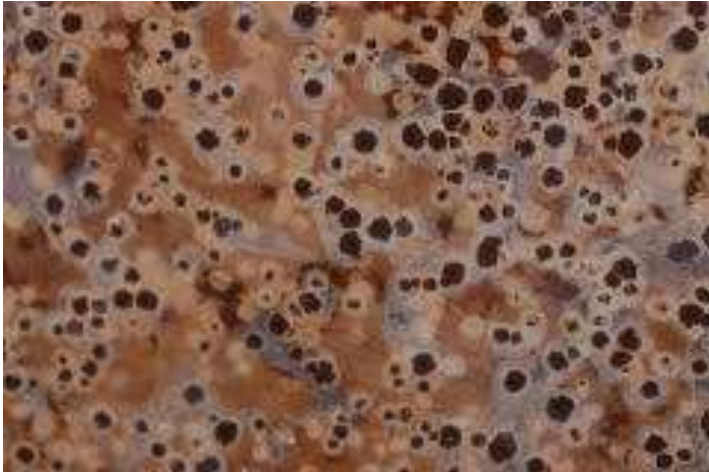
Kidemuoto	Sulamispiste (°C)
I	17,3
II	23,3
III	25,5
IV	27,3
V	33,8
VI	36,3

Temperoinnin jälkeen suklaa valetaan muotteihin. Muotit voivat olla konvehti- tai levymuotteja, joko kovamuovisia tai silikonista valmistettuja. Muotti täytetään suklaalla, pinta tasoitetaan ja ilmakuplien poistamiseksi sitä täytyy hiukan ravistella. Täytesuklaata valmistaessa muottiin valetaan ensin kuori, ylimääräinen suklaa ravistellaan pois ja lisätään täyte. Täyteen jähmetyttyä valetaan pinta, eli konvehdin pohja. (Konvehtien valmistus 2012.) Valamisen jälkeen suklaat jäädytetään ja pakataan.

2.4 Suklaan harmaantuminen

Rasvan aiheuttama harmaantuminen

Suklaan harmaantuminen eli kukkimisilmiö, ”fat bloom”, voi tapahtua monella eri tavalla (Beckett 2008: 116) (kuva 6). Harmaantuminen tapahtuu nopeammin lämpötilan heilahdella tai temperoimattomana säilyttäessä (Lonchamp & Hartel 2004: 225).



Kuva 6. Suklaan harmaantuminen, ”fat bloom” (Fat bloom 2014).

Kaksi harmaantumistapaa liittyy kiderakenteen muutokseen. Jos lämpötila temperoinnissa nousee liian korkeaksi tai tarvittavaa lämpötilaa ei saavuteta, temperointi epäonnistuu ja suklaa harmaantuu. Temperoinnissa kaakaovoin rakenne muuttuu muodosta IV muotoon V, eli pysyvämmäksi ja tiiviimmäksi. Nestemäisenä suklaassa oleva kaakaovoin eli rasvan kiderakenteen muutoksessa vapautuu energiaa, jolloin energiatila madaltuu. Tämän vaikutuksesta kiinteiden partikkelien välistä työnny rasvaa suklaan pintaan, joka näkyy suurten rasvakiteiden muodostamana valkoisena pintana suklaassa. Kidemuoto V voi muuttua esimerkiksi säilytyksen aikana muotoon VI. Tässä muutoksessa tapahtuu sama kuin edellisessä, mutta kuukausien tai vuosien kuluessa, eli hitaammin. (Beckett 2008: 109–110.)

Harmaantumista voi aiheuttaa myös korkea säilytyslämpötila. Jos suklaata säilytetään lämpimässä paikassa, se sulaa ja kiteytyy uudelleen ilman temperointia. Tämän vaikutusta voidaan estää lisäämällä suklaaseen kaakaovoin kanssa samassa muodossa olevaa, mutta korkeamman sulamispisteen omaavaa rasvaa. Yhtenä harmaantumisen aiheuttajana on pehmeiden rasvatäytteiden migraatio suklaaseen, jolloin pähkinätäyt-

teiset suklaat harmaantuvat nopeasti. Tämä johtuu siitä, että lähes kaikki rasva pähkinässä on huoneenlämmössä nestemäistä, ja pähkinätäytteen suklaan nestemäinen ja kiinteä rasvafaasi yrittävät saavuttaa tasapainotilan. Nestemäiset rasvat siirtyvät täyttestä suklaakuoreen ja suklaan pehmetessä tarpeeksi kaakaovoitu muuttuu nestemäiseksi. Pehmeä rasva siirtyy pintaan, jossa se kiteytyy suuriksi rasvakiteiksi ja aiheuttaa harmaantumista. Myös rakenteen muutos V → VI voi nopeutua migraation ansiosta. (Beckett 2008: 116–118.)

Sokerin aiheuttama harmaantuminen

Suklaa voi harmaantua myös sokerin vaikutuksesta, eli tapahtuu ns. ”sugar bloom”. Jos suklaan pinnalle pääsee kosteutta, kuten vettä, suklaasta työntyy pintaan pieniä sokeripartikkeleita, jotka liukenevat veteen. Kun tämä vesiliuos kuivuu, siinä ovat sokeripartikkelit kiteytyvät ja jäävät pintaan aiheuttaen harmaantumista. Kylmässä säilytyksen jälkeen suklaan pitäisi antaa lämmitä ennen avaamista, koska lämpimässä ilmassa sen pinnalle tiivistyy vettä. Myös ilman suhteellinen kosteus voi lisätä suklaan harmaantumista. (Sugar Bloom 2014.)

Harmaantumisen ehkäisy

Suklaan harmaantumisen ehkäisyyn löytyy useita tapoja. Parempi vastustuskyky suklaan harmaantumiselle saadaan, kun siinä olevan kiinteän rasvan osuutta kasvatetaan. Kiinteän rasvan osuutta voi kasvattaa vain sen verran, että suklaan sulamispiste nousee yhdellä asteella. Jos kiinteää rasvaa on liikaa, vaikuttaa se aistinvaraisiin ominaisuuksiin. Kaakaovoissa olevan steariinihapon korkean sulamispisteen ansiosta sen osuuden lisääminen voi myös vähentää suklaan harmaantumista. Myös kaakaovoihin sekoitetun maitorasvan on havaittu ehkäisevän suklaan harmaantumista. Hydrattua eli kovetettua maitorasvaa käyttämällä on huomattu hyviä tuloksia suklaan säilymisessä. Se suojaa suklaata harmaantumiselta paremmin kuin muokkaamaton maitorasva. Hydrattua maitorasvaa käyttämällä suklaalla havaittiin olevan neljä kertaa parempi vastustuskyky harmaantumiselle kuin käytettäessä hydraamatonta maitorasvaa. Kuutta erilaista täysmaidon rasvafraktiota vertailemalla huomattiin, että korkeimman sulamispisteen omaavaa rasvaa käytettäessä harmaantuminen viivästyi eniten. Harmaantumisen estämiseksi on myös kehitelty erilaisia yhdisteitä, kuten 1,3-oleyyli-2-stearyylyglyseroli (OSO), 1,3-behenyyli-2-oleyylyglyseroli (BOB) ja Prestine®. Seoksella, joka sisältää 50 % OSO-rasvaa ja 50 % kaakaovoita, on huomattu olevan vaikutusta suklaan harmaan-

tumisen hidastumiseen. OSO-rasvan ja kaakaovoin rasvakiteet ovat pysyvässä β -muodossa (III-IV) tuplajärjestykseen pakkautuneina. BOB-rasvalla on korkeampi sulamispiste kuin kaakaovoin triglyserideillä, jolloin se hidastaa suklaan sulamista. Prestine® (Loders Crokiaan) on muunnettu kasvirasva, joka voi estää harmaantumista säilytyksen aikana. Kaakaovoi sisältää SOS (steariini-oleiini-steariini) -triglyseridejä, joiden oleiinihapon rakenne on eri rasvan V- ja VI-muodossa. V-muodossa rakenne on suora ja VI-muodossa taipunut. Estämällä tämän rakenteen muutosta myös harmaantuminen estyy, koska Prestine®:n on havaittu pitävän SOS-triglyseridien oleiinihappojen rakenteen suorana, jos niiden pitoisuus rasvassa on alle 5 %. Prestine® toimii myös täyte-tyssä suklaassa, erityisesti pähkinätäytteisissä. Harmaantumista voi vähentää käyttämällä emulgointiaineita ja huolehtimalla temperoinnin onnistumisesta. Temperoinnin vaatimia lämpötiloja on noudatettava tarkasti, jotta kiderakenteet eivät katoa. Ennen varastointia suklaa on temperoitava oikeaan kidemuotoon. Varastointilämpötilan pitäisi mieluiten olla alle 18 °C, ja lämpötilan pysyttävä tasaisena. (Lonchamp & Hartel 2004: 258–264.)

3 Materiaalit ja menetelmät

3.1 Yleistä koeasetelmasta

Työssä oli kaksi pääasiallista tavoitetta, suklaanvalmistuslaitteen ylösajo sekä maitopohjaisten ingredienttien käyttö suklaan harmaantumisen ehkäisyssä. Kolmantena tavoitteena oli sopivan temperointitavan löytäminen suklaalle, koska temperointi on osa suklaan valmistusprosessia. Temperointitavan valinnan jälkeen valmistettiin suklaalevynäytteet, joiden avulla selvitettiin maitopohjaisten ingredienttien vaikutusta suklaan harmaantumiseen. Näytteet eli suklaalevyt valmistettiin tummasta suklaasta. Suklaalevyn täytteeksi tuli hasselpähkinä-kaakaolevitettä sekä maitopohjaista ingredienttiä. Näytteitä säilytettiin neljä viikkoa huoneenlämmössä (~22,5 °C) ja jääkaapissa (5 °C). Sen aikana seurattiin värin muuttumista kolorimetrillä ja aistinvaraisesti. Suklaanvalmistuslaitteen Spectra 11 Stone Melangerin ylösajossa valmistettiin maitosuklaata ja laitteen käyttöön tehtiin ohje ylösajon ohessa.

3.2 Maitopohjaiset ingredientit

Käytetyt maitopohjaiset ingredientit olivat Valio Oy:n valmistamia (taulukko 3). Osa ingredienteista oli koejauheita, joten niillä ei ollut eränumeroa.

Taulukko 3. Työssä käytetyt maitopohjaiset ingredientit

Nimi	Eränumero	Valmistaja	Valmistusmaa
Eila [®] WPC (whey protein concentrate)	(koejauhe, ei eränro)	Valio Oy	Suomi
Pro Age	(koejauhe, ei eränro)	Valio Oy	Suomi
Fast Track	6260766112	Valio Oy	Suomi
SMP (skimmed milk powder)	7261766211	Valio Oy	Suomi

Käytettyjen maitopohjaisten ingredienttien koostumuksesta ei ollut saatavilla kaikkia tietoja, kuten Eila[®] WPC:n monosakkaridien ja muiden sokerien määrää (taulukko 4). Harmaantumisen ehkäisyn tutkimisessa käytettyjen ingredienttien, eli Eila[®] WPC:n, Pro Agen ja Fast Trackin proteiinipitoisuudet olivat selvästi suurempia kuin esimerkiksi SMP:n. Eila[®] WPC valittiin sen sisältämän korkean heraproteiinin määrän takia, Pro Age ja Fast Track niiden hyvien geelinmuodostusominaisuuksien takia. Spectra 11 Stone Melanger laitteen ylösajossa suklaan valmistuksessa käytetty ingredientti oli

SMP. SMP valittiin koska se on ns. tavallinen maitojauhe, eikä työssä keskitytty tutki-
maan ingredienttien vaikutuksia vaan ylösajamaan laite.

Taulukko 4. Työssä käytettyjen maitopohjaisten ingredienttien (Eila[®] WPC, Pro Age, Fast Track, SMP) koostumus.

	Eila[®] WPC	Pro Age	Fast Track	SMP
Vesi (%)	5,5	3,0	3,0	3,7
Proteiini (%)	76,0	50,0	61,0	35,0
Laktoosi (%)	0,06	7,9	22,0	53,0
Monosakkaridit (%)	-	23,0	22,0	0
Muut sokerit (%)	-	0	0	0
Kok. hiilihydraatit (%)	9,5	31,0	22,0	53,0
Rasva (%)	6,0	3,6	1,0	0,6

3.3 Temperointitapa

3.3.1 Suklaat

Temperoinnissa käytettyjä suklaita olivat Marabou Maitosuklaa, Fazer Taloussuklaa, Karl Fazer Maitosuklaa ja Karl Fazer Vaalea maitosuklaa (taulukko 5). Kaikki suklaalevyt painoivat 200 grammaa.

Taulukko 5. Temperoinnissa käytettyjen suklaiden ainesosat, valmistaja/valmistuttaja ja valmistusmaa.

Suklaa	Valmistaja /valmistuttaja	Valmistusmaa	Ainesosat
Marabou Maitosuklaa 200 g	Mondelez Finland Oy	Ruotsi	sokeri, kaakaovoi, kaakaomassa, herajauhe (maito) , rasvaton maitojauhe , voiöljy , heratuote (maito) , soijalesitiini, aromi
Fazer Taloussuklaa 200 g	Fazer Makeiset Oy	Suomi	sokeri, kaakaovoi, kaakaojauhe, maitorasva , lesitiini mm. soja, aromi
Karl Fazer Maitosuklaa 200 g	Fazer Makeiset Oy	Suomi	maito , sokeri, kaakaovoi, kaakaomassa, lesitiini mm. soja, suola, aromi
Karl Fazer Vaalea maitosuklaa 200 g	Fazer Makeiset Oy	Suomi	sokeri, täysmaitojauhe, kaakaovoi, kaakaomassa, herajauhe , rasvaton maitojauhe , lesitiini mm. soja, aromi

3.3.2 Laitteet

Temperointi suoritettiin lämpöhauteen (Grant, Englanti) avulla. Lämpöhauteen veden lämpötilaa saatiin säädettyä 0,1 °C:n tarkkuudella. Yhden temperointierän koko oli 400 grammaa suklaata. Temperointi tapahtui muovisessa astiassa, joka vaihdettiin dekantterilasiin paremman lämmönjohtavuuden takia (kuva 7). Temperoinnin aikana astiassa oli foliokansi.



Kuva 7. Suklaan temperointi lämpöhauteessa

Temperoitu suklaa valettiin levy- ja konvehtimuottiin. Suklaiden muottina käytettiin kolme erilaista muottia (kuva 8). Konvehtien valmistuksessa kokeissa 1–5 ja 12 käytettiin punaista SBS (styreeni-blokkikopolymeeri) -muovista muottia ja loppuissa pehmeämpää silikonista muottia. SBS-muovista muottia käytettäessä suklaan pinnasta tuli jauhomainen, eikä haluttua kiiltoa saavutettu. Levyn valmistukseen käytettiin silikonista levy-muottia.



Kuva 8. Suklaakonvehtien ja -levyn valmistuksessa käytetyt muotit.

Menetelmät

Työssä testattiin neljää erilaista temperointitapaa (liite 1). Haluttiin selvittää mikä temperointi soveltuu parhaiten työssä käytettäväksi, ja nämä neljä valikoituivat niiden keskenään erilaisten menetelmien takia. Temperoinnin lämpötilat eri suklaalaaduille (tumma suklaa, maitosuklaa, valkosuklaa) löytyvät taulukosta 6. Neljässä seuraavassa temperoinnissa lämpötilaa laskettaessa tavoitteena oli saavuttaa II-vaiheen lämpötila, ja lämpötilaa nostettaessa III-vaiheen lämpötila. Käytetyt lämpötilat riippuivat suklaalaadusta. Ensimmäisessä ohjeessa (temperointitapa 1) temperointi tapahtui lisäysmenetelmällä, eli sulaan suklaaseen lisättiin sulattamatonta suklaata pienissä erissä, jolloin suklaan lämpötila laski. Kun lämpötila oli tarpeeksi matala, lämmitettiin suklaa uudelleen työskentelylämpötilaan. (Tempering chocolate 2016.) Toisen temperointiohjeen (temperointitapa 2) mukaan sulatetusta suklaasta otettiin kolmasosa erilleen ja pidettiin lämpimänä. Loput suklaasta jäähdytettiin, ja siihen lisättiin lämpimänä pidetty suklaa lopullisen työskentelylämpötilan saavuttamiseksi. (Nanci 2016b.) Perinteisellä menetelmällä (temperointitapa 3) tapahtuva temperointi vaati eniten työtä. Osa sulatetusta suklaasta jäähdytettiin kylmän ja kuivan marmorilevyn tai muun pöytäpinnan avulla, ja loput pidettiin lämpimässä. Suklaata liikuteltiin pöydällä edestakaisin tasaisen jäähtymisen takaamiseksi. Jäähdytetty suklaa lisättiin lämpimänä pidettyyn suklaaseen, jolloin

haluttu lämpötila saavutettiin. (Leffer 2018.) Yksinkertaisin tapa temperoida (liite 1) oli sulattaa suklaa kokonaan, jäädyttää se kylmävesihauteen avulla ja lämmittää taas haluttuun lämpötilaan (Outinen 2018).

Taulukko 6. Temperointivaiheiden lämpötilat eri suklaalaaduille (Tempering chocolate 2016).

	II-vaihe (°C)	III-vaihe (°C)
Tumma suklaa	29	32
Maitosuklaa	27	30
Valkosuklaa	26	28

Kahdessa ensimmäisessä temperointikokeessa suklaa jäädytettiin huoneenlämmössä (22,5 °C) noin kolmen tunnin ajan. Liian hitaan jäähdytyksen huomattiin aiheuttavan harmaantumista, joten seuraavissa kokeissa suklaata jäädytettiin jääkaapissa 5 °C:ssa 10–60 minuuttia. Jäähdytysaikaa vaihdeltiin selvitetäessä sopivaa aikaa. Taulukossa 7 on kaikkien tehtyjen temperointikokeiden olosuhteet. Ensimmäisissä temperoinneissa olosuhteet valittiin temperointiohjeen perusteella, missä kerrottiin myös muista käytettävistä jäähdytyslämpötiloista ja –ajoista (Nanci 2016b). Seuraavissa temperoinneissa vaihdeltiin olosuhteita parhaimman tuloksen selvittämiseksi. Tutkimuksen tekijä arvioi tuloksia aistinvaraisesti.

Taulukko 7. Suklaiden temperointikokeiden olosuhteet.

Koe	Temperointitapa	Suklaa	Jäähdytysaika (min)	Jäähdytyslämpötila (°C)
1	1	Marabou Maitosuklaa	180	22,5
2	2	Marabou Maitosuklaa	180	22,5
3	4	Marabou Maitosuklaa	30–45	5
4	1	Fazer Taloussuklaa	30–45	5
5	4	Marabou Maitosuklaa	60	5
6	4	Marabou Maitosuklaa	60	5
7	4	Fazer Taloussuklaa	60	5
8	4	Karl Fazer Maitosuklaa	180	22,5
9	4	Karl Fazer Maitosuklaa	100/yön yli	22,5/5
10	4	Karl Fazer Vaalea maitosuklaa	40/25	5/22,5
11	4	Karl Fazer Maitosuklaa	10	5
12	3	Karl Fazer Maitosuklaa	10	5

3.4 Suklaan harmaantumisen ehkäisy

3.4.1 Maitopohjaiset ingredientit

Käytettyjä ingredienttejä olivat Eila[®] WPC, Pro Age ja Fast Track (taulukko 4). Eila[®] WPC valittiin sen sisältämän heraproteiinin määrän takia. Pro Age ja Fast Track valittiin niiden hyvien geelinmuodostusominaisuuksien takia.

3.4.2 Suklaalevynäytteet

Valmiista suklaasta, hasselpähkinä-kaakaolevitteestä eli Nutellasta (kuva 9) ja maitopohjaisesta ingredientistä valmistettiin täytesuklaalevyjä (~100 g). Taulukossa 8 on käytettyjen raaka-aineiden ainesosat, valmistusmaat ja valmistajat/valmistuttajat.

Taulukko 8. Suklaalevynäytteen raaka-aineet suklaan harmaantumisen ehkäisyssä

Raaka-aine	Nimi	Ainesosat	Valmistaja /valmistuttaja	Valmistusmaa
Suklaa	Taloussuklaa	sokeri, kaakaovoi, kaakaojauhe, maitorasva, lesitiini mm. soja, aromi	Fazer Oy	Suomi
Hasselpähkinä-kaakaolevite	Nutella	sokeri, palmuöljy, hasselpähkinä (13 %), rasvaton maitojauhe (8,7 %), vähärasvainen kaakao (7,4 %), emulgointiaine: lesitiinit (soija), vanilliini	Ferrero Scandinavia Ab	Puola
Maitopohjainen ingredientti	Eila [®] WPC /Pro Age /Fast Track	(taulukko 4)	Valio Oy	Suomi

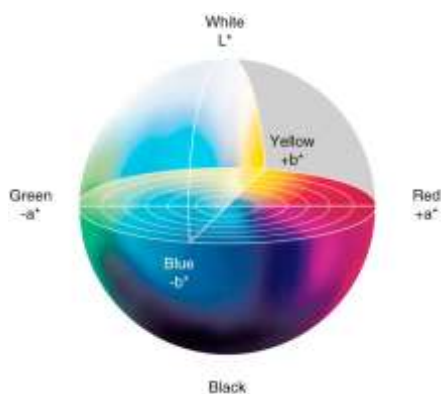
Näytesuklaalevyjen täyte valmistettiin sekoittamalla 95 g hasselpähkinä-kaakaolevitettä ja 5 g maitopohjaista ingredienttiä. Kontrollinäytteen täyte oli 100 g hasselpähkinä-kaakaolevitettä ilman ingredienttiä. Täytettä lämmitettiin kuumavesihauteessa 70 °C:ssa noin 10 minuuttia ingredientin ja hasselpähkinä-kaakaolevitteen sekoittumisen varmistamiseksi. Lämmityksen jälkeen täyte jäähdytettiin kylmävesihauteessa noin 30 °C:seen. Täytteen ainesosaksi valittiin hasselpähkinä-kaakaolevite, koska pähkinää sisältävä suklaa harmaantuu nopeasti (ks. kpl 2.4). Haluttiin, että suklaat harmaantuvat, jolloin maitopohjaisten ingredienttien vaikutus harmaantumisen ehkäisyyn saataisiin selville.



Kuva 9. Harmaantumisen ehkäisyn tutkimisessa käytetty hasselpähkinä-kaakaolevite

3.4.3 Laitteet

Suklaa temperoitiin lämpöhauteessa (Grant, Englanti). Värimittaus tehtiin CR-410 kolorimetrillä (Konica Minolta, Japani). Kolorimetrillä mittaus tapahtuu $L^*a^*b^*$ -menetelmällä, joka perustuu värieron mittaamiseen. $L^*a^*b^*$ (tai CIELAB) malli on kolmiulotteinen, jossa on a-akseli vihreästä (-a) punaiseen (+a) ja b-akseli sinisestä (-b) keltaiseen (+b) (kuva 10). L^* tarkoittaa mitattavan kohteen vaaleutta (lightness) ja se on aina positiivinen. Vaaleuden L -arvo suurenee mitattavan kohteen vaaletessa, eli arvon ollessa 100 kohde on valkoinen ja kohteen ollessa musta arvo on 0. (Mustonen 2012.)



Kuva 10. CIELAB-väriavaruus (Mustonen 2012).

3.4.4 Menetelmä

Suklaalevynäytteitä tehtiin seuraavalla menetelmällä kaksi kappaletta jokaista maitopohjaista ingredienttiä käyttäen, toista levyä säilytettiin valmistuksen jälkeen huoneenlämmössä (22,5 °C) ja toista jääkaapissa (5 °C). Tumma suklaa (Fazer Taloussuklaa)

temperoitiin menetelmällä 4 (liite 1). Temperoitu suklaa kaadettiin kahteen levymuottiin ja ylimääräinen suklaa valutettiin pois niin, että pohjaan ja reunoille jäi ohut suklaakerros. Valettua suklaata jäähdytettiin 5 °C:ssa 10 minuuttia. Levy täytettiin seoksella, jossa oli hasselpähkinä-kaakaolevitettä ja maitoingredienttiä (100 g täytettä/levy) (kuva 11). Jäähdytymisen jälkeen täyte levitettiin tasaisesti muottiin suklaakerroksen päälle. Levyn pohjan valamiseen tarvittava suklaa temperoitiin samalla tavalla kuin aiemmin. Temperoitu suklaa kaadettiin täyteen päälle ja tasoitettiin ravistamalla. Suklaan pintaan asetettiin muovikalvo, joka antoi sille paremman kiillon. Valmiita suklaalevyjä (200 g) jäähdytettiin 5 °C:ssa 10 minuuttia. Kontrollinäyte tehtiin samalla tavalla, mutta ilman ingredientin lisäystä.



Kuva 11. Suklaalevyn täyte hasselpähkinä-kaakaolevitteestä ja maitopohjaisesta ingredientistä (Eila® WPC)

3.4.5 Mittausmenetelmät

Maitopohjaisten ingredienttien vaikutusta suklaan harmaantumiseen seurattiin neljän viikon ajan. Valmiita levyjä säilytettiin huoneenlämmössä ~22,5 °C ja jääkaapissa 5 °C. Harmaantumista seurattiin aistinvaraisesti ja värinmittaukset tapahtuivat viikon välein.



Kuva 12. Värimittaus kokeesta 2 suklaalevyn yläpuolelta (Eila[®] WPC).

Suklaalevynäytteet valokuvattiin viikon välein ylä- ja alapuolelta. Myös värimittaus tehtiin ylä- ja alapuolelta (kuva 12). Tuloksen varmistamiseksi tehtiin kolme rinnakkaista värimittausta. Näiden kolmen mittauksen keskiarvo laskettiin käyttäen Microsoft Exceliä. Excelin avulla tuloksista koottiin viivakaaviot, joissa näkyy värin muutos 28 päivän ajalta. Ensimmäiset värimittaukset ja kuvaukset tehtiin valmistusta seuraavana päivänä, jonka jälkeen seitsemän päivän välein neljä kertaa (taulukko 9). Mittauskohta on saattanut vaihdella, joten se on huomioitava tuloksia tarkastellessa. Suklaalevyt säilytettiin alumiinifolioon käärittyinä.

Taulukko 9. Suklaan harmaantumisen ehkäisyn suklaalevynäytteiden värimittausten päivämäärät

	Valmistuspäivä					
Kontrolli	11.4.	+1	+7	+14	+21	+28
Eila[®] WPC	12.4.	+1	+7	+14	+21	+28
Pro Age	13.4.	+1	+7	+14	+21	+28
Fast Track	16.4.	+1	+7	+14	+21	+28

3.5 Spectra 11 Stone Melanger -laitteen ylösajo

3.5.1 Raaka-aineet

Suklaan valmistuksessa käytetyt raaka-aineet on esitetty taulukossa 10. Käytettyjä raaka-aineita olivat kaakaolastut, kaakaovoi, maitojauhe, sokeri ja lesitiini (kuva 13).



Kuva 13. Spectra 11 Stone Melangeri -laitteen neljännen koeajon suklaan valmistuksessa käytetyt raaka-aineet. Takana olevassa dekantterilasissa maitopohjainen ingredientti (SMP), keskellä vasemmalta oikealle pomadajauhe ja kaakaolastut, edessä kaakaovoi. Edessä pienessä dekantterilasissa lesitiini.

Taulukko 10. Suklaan valmistuksessa käytetyt raaka-aineet

Raaka-aine	Nimi	Eränumero	Valmistaja	Valmistusmaa
Kaakaolastu	DZNM 5020 LIQUOR	6734001	Olam Cocoa	Alankomaat/Saksa
Kaakaovoi	de Zaan	18029010	Olam Cocoa	Saksa
Sokeri	Pomadajauhe (10 µm)	L742776500	Nordic Sugar	Suomi
Maitojauhe	SMP (60-100 µm)	7261766211	Valio Oy	Suomi
Lesitiini	-	-	-	-

3.5.2 Reseptit

Taulukossa 11 ja 12 on suklaan valmistuksessa käytetyt reseptit, joissa on esitetty raaka-aineiden määrät prosentteina ja grammoina. Koe-ajoissa 1 ja 2 käytettiin suklaareseptiä 1 (taulukko 11), koska se oli Spectra 11 Stone Melanger -laitteen käyttöohjeessa ja sen ajateltiin soveltuvan suklaan valmistukseen kyseisellä laitteella. Suklaaresepti 2 (taulukko 12) valittiin koeajoihin 3 ja 4 suuremman rasvan eli kaakaovoin määrän takia.

Taulukko 11. Suklaaresepti 1 (Spectra 11 Stone Melanger 2017)

Raaka-aine	Määrä (%)	Määrä (g)
Kaakaolastu	20	400
Kaakaovoi	10	200
Maitojauhe	34,6	692
Sokeri	35	700
Lesitiini	0,4	8
Yhteensä:	100	2000

Taulukko 12. Suklaaresepti 2 (Nanci 2016c)

Raaka-aine	Määrä (%)	Määrä (g)
Kaakaolastu	20	400
Kaakaovoi	20	400
Maitojauhe	19,8	396
Sokeri	40	800
Lesitiini	0,2	4
Yhteensä:	100	2000

3.5.3 Laitteet

Spectra 11 Stone Melanger on intialaisen Spectran valmistama laite (kuva 14). Laitteella voidaan valmistaa suklaan lisäksi esimerkiksi pähkinävoita ja marsipaania. Kaksi graniittitelaa jauhaa suklaata graniittialustaa vasten, jolloin suklaan partikkelikooksi saadaan noin 15 mikrometriä riippuen sekoitusajasta. Laitteessa on nopeudensäädin, josta säädetään telojen pyörimisnopeutta (rpm) sekä käynnistetään laite. Rummun kapasiteetti on kahdeksan litraa, ja laitteen mitat ovat 50 x 30 x 28 cm. (Spectra 11 Stone Melanger 2017.)



Kuva 14. Spectra 11 Stone Melanger

Stephan-kattilassa (STEPHAN MACHINERY GMBH, Saksa) on vesikierto, jonka avulla kattilan lämpötilan saa säädettyä tarkasti. Lämpötila-anturi on kattilan sisäpinnalla, ja ulkopuolella on näyttö, josta lämpötilan muutosta voi seurata (kuva 15). Kattilassa on kaksi sekoitinta, joista pienemmän nopeutta voi säädellä. Isompaa sekoitinta voi käyttää kääntämällä kattilan ulkopuolella olevaa kahvaa.



Kuva 15. Stephan-kattila

Mikrometrillä (Mitutoyo Corporation, Japani) mitattiin suklaamassan partikkelikoon muuttumista ajon aikana. Temperointi tapahtui lämpöhauteen avulla.

3.5.4 Menetelmä

Suklaassa käytetty maitopohjainen ingredientti oli SMP eli rasvaton maitojauhe. Suklaata valmistettiin kahdella reseptillä, joista toinen löytyi Spectra 11 –laitteen käyttöohjeessa ja toinen internetistä (taulukko 11 ja 12). Sopivan reseptin ja työvaiheiden vakiinnin jälkeen koeajo tehtiin toisen kerran toistettavuuden varmistamiseksi.

Raaka-aineet punnittiin ja lämmitettiin 60 °C:seen Stephan-kattilassa noin 30 minuutin ajan. Kaikki raaka-aineet lämmitettiin yhdessä. Kattilassa raaka-aineet sekoittuivat tasaiseksi massaksi. Esilämmitetyt raaka-aineet lisättiin Spectra 11 Stone Melanger -laitteen sekoitusastiaan vähitellen. Spectrassa suklaan valssaus ja konssaus tapahtuu yhdistettynä. Suklaan annettiin sekoittua laitteessa noin 18–24 tuntia riippuen koeajosta (taulukko 13). Reseptissä 1 sekoitukseen tarvittavaa aikaa ei mainittu ja reseptissä 2 sekoituksen aikahaarukka oli 10 tunnista yli 36 tuntiin. Jauhamista jatkettiin, kunnes suklaan maku oli hyvä ja rakenne sileä ja kiiltävä. Jauhamisnopeutta säädettiin sopivaksi 800–1500 rpm (kierrosta minuutissa) välille. Valmis suklaa temperoitiin temperointiohjeella 4 (liite 1), valettiin muotteihin ja jäähdytettiin 5 °C:ssa viisi minuuttia.

Taulukko 13. Spectra 11 Stone Melangerin koeajot

Koeajo	Resepti	Ajoaika (h)	Ajoaika (min)
1	1	18	1080
2	1	24	1440
3	2	21	1260
4	2	21	1260

3.5.5 Mittausmenetelmät

Massasta otettiin näytteitä ajon aikana. Suklaan makua ja rakeisuutta arvioitiin itsenäisesti aistinvaraisesti, kuten maistamalla ja katsomalla. Partikkelikokoa mitattiin mikrometrillä, ja jokaisesta näytteestä otettiin viisi rinnakkaista mittausta (kuva 27–30). Mittausten perusteella tehdystä kaaviosta näkee partikkelikoon muutoksen ajon aikana (Excel, Microsoft). Valmista suklaata arvioitiin aistinvaraisesti rakenteen, maun, ulkonäön ja kiillon perusteella. Suklaasta otettiin myös valokuvat (SONY, Sony Mobile Communications, Japani).

4 Tulokset ja tulosten tarkastelu

4.1 Tulokset ja havainnot suklaan temperoinnista

Suklaiden temperointikokeita tehtiin, jotta saataisiin selville sopivin temperointitapa myöhempiä tutkimuksia varten. Hyvin temperoitunut suklaa on kiiltävä, napsahava ja suussa sulava (Nanci 2016b). Parhaimmaksi temperointitavaksi osoittautui ohje 4 (liite 1), jossa sulatettu suklaa kokonaisuudessa jäähdytettiin, jonka jälkeen sen lämmitettiin oikeaan lämpötilaan (taulukko 6). Kokeet 4 ja 5–11 temperoitiin ohjeella neljä (taulukko 7, kuva 16). Tämä temperointitapa valittiin jatkokokeisiin, eli harmaantumisen ehkäisyn tutkimiseen ja suklaan valmistukseen. Valinta tehtiin temperoinnin nopeuden ja helpouden sekä lopputuloksen perusteella.

Temperointikokeissa testattiin erilaisia jäähdytyslämpötiloja sekä -aikoja. Temperointikokeissa 1 ja 2 huomattiin (taulukko 7), että hidas jäähtyminen voi aiheuttaa harmaantumista. Ensimmäisiä temperoinnin tuloksia jäähdytettiin huoneenlämmössä, eli 22,5 °C:ssa, 180 minuuttia. Seuraavissa kokeissa jäähdyttäminen tapahtui jääkaapissa 5 °C:ssa 30–60 minuutin ajan. Temperointikokeissa testattiin myös jäähdytyslämpötilojen yhdistelmiä. Parhaaksi jäähdytystavaksi todettiin jäähdytys 5 °C:ssa 30–60 minuuttia. Tämä oli yllättävää, koska käytetyssä ohjeessa suositeltiin suklaan jäähdyttämistä huoneenlämmössä. Ohjeessa oli kuitenkin eri tapoja jäähdyttää suklaata, ja sopivin tapa löydettiin kokeilemalla. (Nanci 2016b.) Teollisuudessa suklaan jäähdyttämiseen käytetään usein jäähdytystunneleita, joissa voi olla useita lämpötila-alueita. Normaalisti kylmin vaihe jäähdytyksessä on noin 13 °C, mutta myös matalammat lämpötilat ovat mahdollisia. (Beckett 2008, 145.) Tutkimuksessa olisi voinut testata jäähdyttämistä myös 13 °C:n lämpötilassa.



Kuva 16. Temperointikokeissa 1–12 valmistetut suklaalevyt (taulukko 7). Käytettyjä suklaita Marabou Maitosuklaa, Fazer Taloussuklaa, Karl Fazer Maitosuklaa ja Karl Fazer Vaalea Maitosuklaa. Temperointi onnistui parhaiten kokeissa 4 ja 10–12.

Temperoinnissa käytettävät lämpötilat ovat hyvin tarkat, niitä pitää noudattaa onnistuneen lopputuloksen saamiseksi (Nanci 2016b). Myös jäädyttämisellä on vaikutusta lopputulokseen. Eri valmistajien suklaiden resepteissä ja raaka-aineissa on eroja, jonka myötä suklaat voivat käyttäytyä eri tavalla temperoidessa, joten onnistumiseen vaikutti myös käytetty suklaa. Karl Fazerin Maitosuklaata näillä olosuhteilla temperoidessa saatiin parempia tuloksia kuin temperoidessa Maraboun Maitosuklaata. Tämä johtui luultavasti suklaiden erilaisista koostumuksista (taulukko 5). Suklaan valmistuksessa käytetyt raaka-aineet ja niiden määrät vaikuttavat temperoinnissa käytettäviin lämpötiloihin. Temperointilämpötilat ovat kaakaovoille, mutta suklaaseen käytetyt raaka-aineet hiukan laskevat lämpötiloja. (Nanci 2016a.)



Kuva 17. Temperointikokeissa 1–12 valmistetut suklaakonvehdit (taulukko 7). Käytettyjä suklaita Marabou Maitosuklaa, Fazer Taloussuklaa, Karl Fazer Maitosuklaa ja Karl Fazer Vaalea maitosuklaa. Silikonimuotilla valmistetuista suklaista tuli kiiltäviä (koe 6–11), käytettäessä SBS-muovista muottia pinnasta tuli matta.

Suklaan pinnan kiiltoon vaikutti myös konvehtimuotin materiaali (kuva 17). Suklaanvalmistuksen ammattilaiset käyttävät kovia muovisia muotteja suklaalevyjen sekä konvehtien valmistukseen (The Making of Chocolate 2015). Huomattiin, että muotin pinnan ollessa kiiltävämpi, myös suklaasta tuli kiiltävämpää. Selkeästi kiiltävämpiä suklaita saatiin silikonimuotilla kuin SBS-muovisella muotilla (kuva 8 ja 17). Mahdollisesti kovalalla polykarbonaattimuotilla saisi vielä kiiltävämpiä, mutta sellaista ei ollut saatavilla. Polykarbonaatti on amorfinen ja läpikuultava materiaali, SBS (TPE-S) taas kuuluu elastomeereihin ja muistuttaa ominaisuuksiltaan kumia (Muovien luokitus 2018). Mahdollisesti muotin amorfisuus vaikuttaa suklaan pinnan kiiltoon. Levymuottiin liian kevyestä pestusta jääneet rasvajäämät mahdollisesti vaikuttivat suklaan ulkonäköön. Tästä johtuen muotin käsinpesu vaihdettiin konepesuun. Muotin kiillotus kankaisella liinalla edesauttoi suklaan kiillon lisääntymistä, paperi ei sopinut tähän, koska se nukkasi silikonimuottia. Temperointikokeissa 1–5 ja 12 suklaakonvehtimuottina käytettiin SBS-muottia, minkä huomaa pinnan kiillottomuudesta (kuva 17).

Taulukossa 14 esitetään aistinvaraisen arvioinnin tuloksia temperointikokeista. Suklaasta arvioitiin aistinvaraisesti näytteen ulkonäköä, makua, suuntuntumaa ja rakennetta. Kokeissa 3 ja 5–11 käytettiin temperointitapaa 4 (liite 1), ja tuloksena oli kiiltäviä ja hyvin napsahtavia suklaita. Suklaan ollessa kiiltävä se oli myös lähes aina rakenteeltaan napsahtava. Arvioinnissa kiinnitettiin eniten huomiota rakenteeseen ja ulkonäköön (taulukko 14).

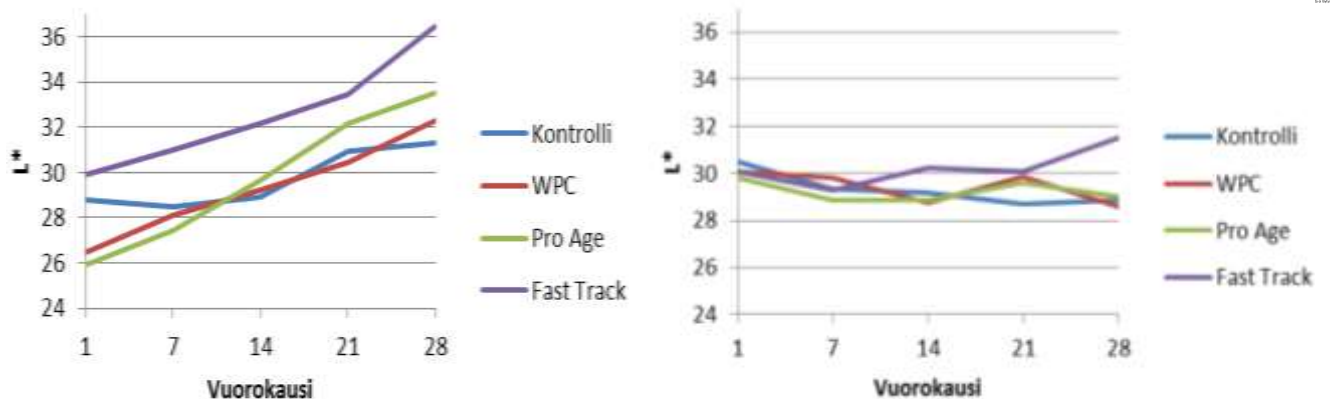
Taulukko 14. Aistinvarainen arviointi temperointikokeista 1-12 (taulukko 7).

Koe	Konvehti	Levy
1	harmaa, jauhomainen, kukkiva	kiiltävä, pieniä vaaleita raitoja
2	pehmeä, tahmea	mattapinta, pehmeä
3	hiukan kukkiva, mattapinta	mattapinta, pehmeä, napsahtava
4	kiiltävä, tasainen	kiiltävä, napsahtava
5	mattapinta	kiiltävä
6	kiiltävä, tasainen	kiiltävä, napsahtava
7	kiiltävä, tasainen	kiiltävä, napsahtava, hiukan pehmeä
8	vähän kiiltoa, valkoisia pilkkuja	kiiltävä, rakenne hyvä
9	kiiltävä	mattapinta, napsahtava
10	hiukan kiiltävä, tahmea, napsahtava, jauhomainen	mattapinta, valkoisia pilkkuja, napsahtava
11	kiiltävä, napsahtava, rakenne hyvä	kiiltävä, napsahtava
12	harmaa, jauhomainen	mattapinta, napsahtava

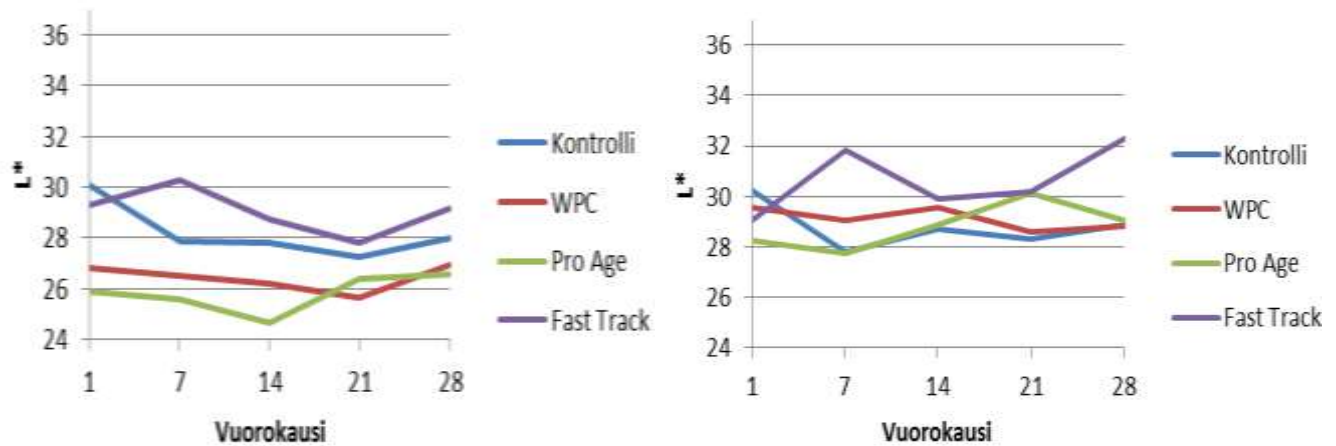
4.2 Maitopohjaisten ingredienttien vaikutus suklaan harmaantumiseen

Täytesuklaalevyt (Fazer Taloussuklaa) valmistettiin neljällä eri täytteellä, joiden koostumus erosi lisätyn maitopohjaisen ingredientin (Eila® WPC, Pro Age tai Fast Track) suhteen. Suklaalevyn pinnan värin muutosta seurattiin neljän viikon ajan, ja värimittauksia tehtiin viisi (taulukko 9). Näytteenä olevia täytesuklaalevyjä säilytettiin jääkaapissa (5 °C) ja huoneenlämmössä (22,5 °C).

Eri maitopohjaista ingredienttiä sisältävien suklaalevynäytteiden värimittaustuloksissa ei ollut huomattavia eroja (kuva 18 ja 19). Myöskään ero kontrollinäytteeseen ei ollut huomattava. Suurimmat vaihtelut näytteiden välillä olivat noin neljän L-arvon yksikön suuruisia. Tämä vaihtelu näkyi esimerkiksi 22,5 °C:ssa säilytettyjen Pro Age ja Fast Track suklaalevynäytteiden välillä ensimmäisen vuorokauden jälkeen levyn yläpuolelta mitattuna (kuva 18). L-arvo kertoo mitattavan kohteen vaaleuden, eli mitä suurempi L-arvo on, sitä vaaleampi on mitattava kohde. Huoneenlämmössä säilytettyjen näytteiden alapuoli eli pohja säilyi tummempana, se ei harmaantunut niin paljon kuin levyn yläpuoli. Tämä voi johtua pohjan paksummasta suklaakerroksesta, jolloin täytteen rasvat eivät päässeet harmaannuttamaan pohjaa.

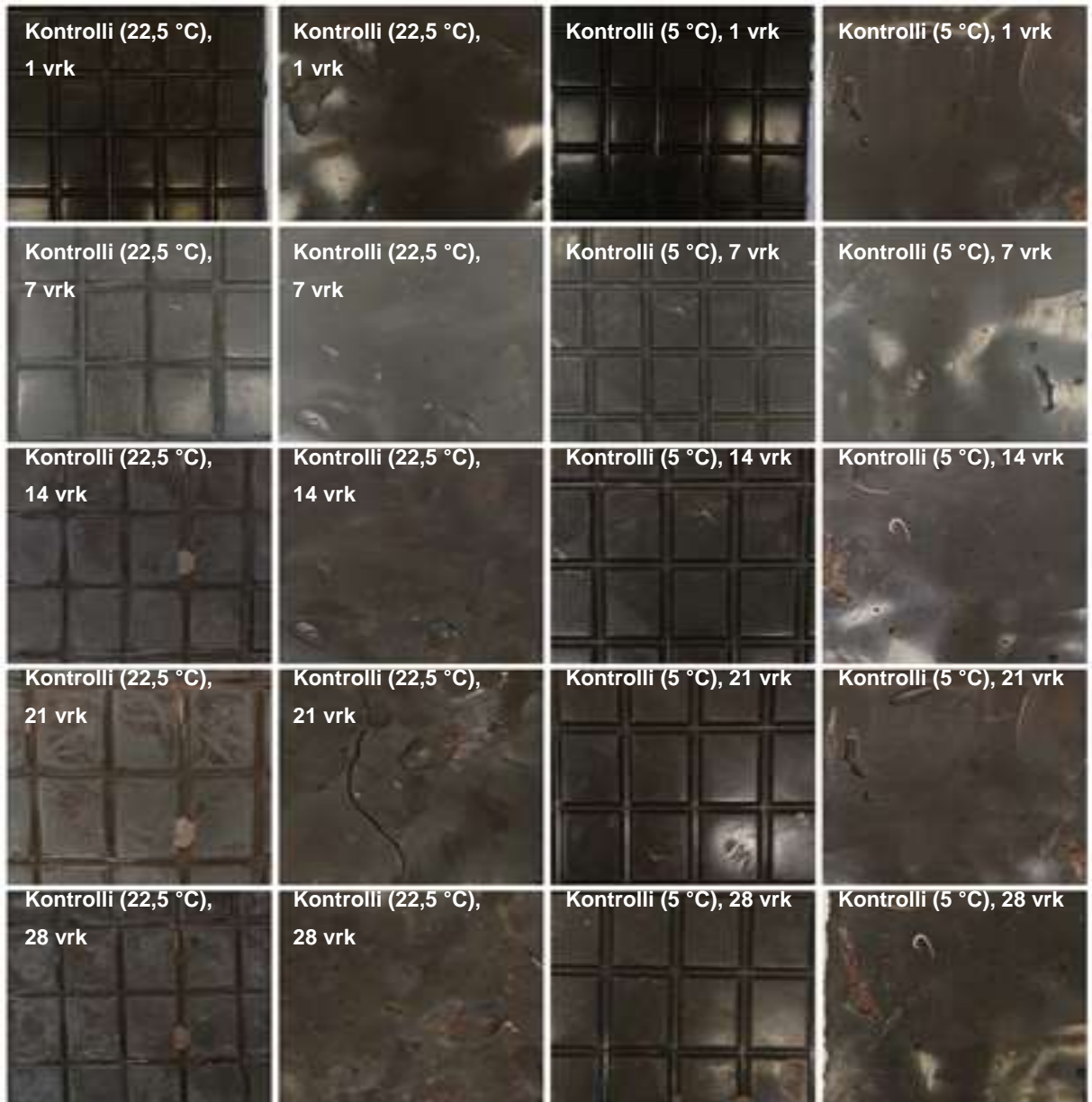


Kuva 18. Vasemmalla huoneenlämmössä (22,5 °C) säilytetyn eri maitopohjaisia igredienttejä sisältävän (Eila® WPC, Pro Age, Fast Track, kontrollissa ei maitoingredienttiä) suklaalevyn yläpuolen värinmuutos 28 vrk:n aikana, oikealla saman suklaalevyn alapuolen värinmuutos.



Kuva 19. Vasemmalla jääkaapissa (5 °C) säilytetyn eri maitopohjaisia ingredienttejä sisältävän (Eila® WPC, Pro Age, Fast Track, kontrollissa ei maitoingrediänttiä) suklaalevyn yläpuolen värinmuutos 28 vrk:n aikana, oikealla saman suklaalevyn alapuolen värinmuutos.

Jääkaapissa (5 °C) säilytetyt suklaalevynäytteet olivat säilyneet tummempina kuin huoneenlämmössä (~22,5 °C) pidetyt näytteet (kuva 18 ja 19). Eli tulosten perusteella säilytys kylmässä vähentää harmaantumista. Paras säilytyslämpötila suklaalle on alle 18 °C ja lämpötilan olisi pysyttävä tasaisena (Lonchamp & Hartel 2004: 258–264). Värinmittauksia tehtiin 28 vrk:n aikana viisi kertaa, ja suklaalevynäytteet valokuvattiin ylä- sekä alapuolelta (kuvat 20–23). Joitakin valokuvia puuttuu, mutta yleiskuvan suklaalevynäytteiden harmaantumisesta saa. Suklaalevynäytteiden a* ja b* arvojen muutokset ovat taulukoissa 31–34 (liite 3). Fast Track näytelevy harmaantui huoneenlämmössä säilytettäessä enemmän kuin muut näytteet, mutta jääkaapissa säilytetyn Fast Track –näytteen ero muihin näytteisiin oli pienempi. Pro Agea ja Eila® WPC:tä sisältävät näytelevyt harmaantuivat hyvin samalla tavalla.



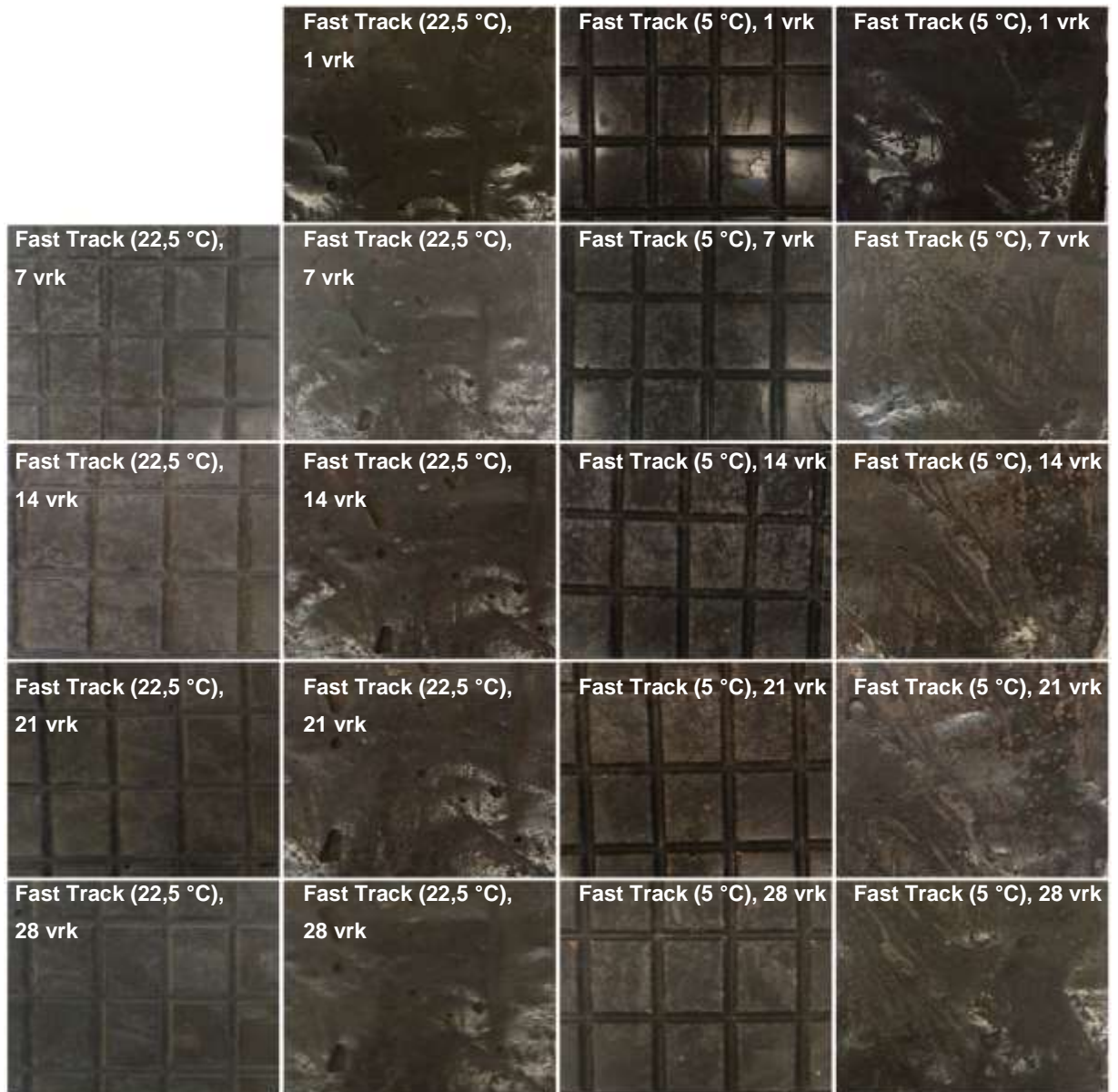
Kuva 20. Ilman maitopohjaista ingredienttiä valmistettu hasselpähkinä-kaakaolevitetytteen suklaalevynäyte eli kontrolli, valokuvattuna 28 vrk:n ajan ylä- ja alapuolelta. Suklaalevynäytteitä säilytetty huoneenlämmössä (22,5 °C) ja jääkaapissa (5 °C). Näytteestä mitattu suklaan harmaantumista kolorimetrillä.



Kuva 21. Eila® WPC ingredienttiä (5 g/100 g suklaata) käyttäen valmistettu hasselpähkinä-kaakaolevitetäytteen suklaalevynäyte, valokuvattuna 28 vrk:n ajan ylä- ja alapuolelta. Suklaale-vynäytteitä säilytetty huoneenlämmössä (22,5 °C) ja jääkaapissa (5 °C). Näytteestä mitattu suklaan harmaantumista kolorimetrillä.



Kuva 22. Pro Age ingredienttiä (5 g/100 g suklaata) käyttäen valmistettu hasselpähkinä-kaakaolevitetäyteinen suklaalevynäyte, valokuvattuna 28 vrk:n ajan ylä- ja alapuolelta. Suklaalevynäytteitä säilytetty huoneenlämmössä (22,5 °C) ja jääkaapissa (5 °C). Näytteestä mitattu suklaan harmaantumista kolorimetrillä. Kuvasta puuttuu 7 vrk:n jääkaapissa säilytetyn näytteen alapuolelta otettu valokuva.



Kuva 23. Fast Track ingredienttiä (5 g/100 g suklaata) käyttäen valmistettu hasselpähkinä-kaakaolevitetytteinen suklaalevynäyte eli kontrolli, valokuvattuna 28 vrk:n ajan ylä- ja alapuolelta. Suklaalevynäytteitä säilytetty huoneenlämmössä (22,5 °C) ja jääkaapissa (5 °C). Näytteestä mitattu suklaan harmaantumista kolorimetrillä. Kuvasta puuttuu 1 vrk:n huoneenlämmössä säilytetyn näytteen yläpuolelta otettu valokuva.

Mahdollisia virhetekijöitä tässä tutkimuksessa voi olla esimerkiksi epäonnistunut temperointi, joka itsessään aiheuttaa harmaantumista (Beckett 2008: 109–110) sekä mahdollinen maitopohjaisen ingredientin epätasainen levittyminen näytteeseen. Maitopohjainen ingredientti sekoitettiin ennen suklaalevyyn lisäämistä hasselpähkinä-kaakaolevitteeseen. Tämä seos ei ollut täysin homogeeninen, joten on mahdollista, että ingredientti oli levittänyt näytteeseen epätasaisesti. Näytteitä olisi voinut tehdä

muutaman rinnakkaisen, jolloin tulokset olisivat olleet luotettavampia. Mikään maitopohjainen ingredientti ei tässä kokeessa huomattavasti ehkäissyt suklaan harmaantumista. Liitteessä 3 on arvojen a^* ja b^* muutokset 28 päivän aikana sekä kuvat näytteistä. Tässä tutkimuksessa suklaan harmaantuminen saatiin selkeästi esille, joten menetelmää voidaan hyödyntää jatkossa harmaantumisen tutkimisessa (kuva 24).



Kuva 24. Eri tavoilla harmaantuneita sukklaita. Vasemmalla Spectra 11 Stone Melanger –laitteella valmistettu temperoinaton maitosuklaa, keskellä Spectra 11 Stone Melanger –laitteella valmistettu ja ylitemperoitu maitosuklaa, oikealla säilytyksen aikana harmaantunut tumma suklaa, jonka täytteenä hasselpähkinä-kaakaolevitettä sekä Fast Track ingredienttiä.

4.3 Spectra 11 Stone Melanger -laitteen ylösajon tulokset

Suklaanvalmistukseen tarkoitettuna Spectra 11 Stone Melangerin koeajojen tarkoituksena oli selvittää, saadaanko laitteella valmistettua laadukasta suklaata. Ensimmäinen ja toinen koeajo olivat pätkittäisiä, koska suklaamassa otettiin yön ajaksi pois laitteesta (taulukko 13). Kahdessa ensimmäisessä koeajossa valmistetun maitosuklaan (taulukko 11) temperointi ei onnistunut, koska suklaa ei sulanut. Sulattamista kokeiltiin lämpöhauteessa, liedellä sekä Stephan-kattilassa (kuva 15), mutta massa pysyi rakeisena. Rakenne oli pehmeä ja jauhomainen, mikä saattoi johtua suklaamassan liian pienestä partikkelikoosta tai siihen joutuneesta kosteudesta. Jokaisen koeajon alussa massa lämmitettiin 60 °C:seen Stephan-kattilassa. Ensimmäinen koeajo kesti 18 tuntia eli 1080 minuuttia. Toisessa koeajossa massan jauhamisaikaa päätettiin pidentää hieman, ja ajo kesti 24 tuntia (1440 min). Mahdollisesti kahden ensimmäisen ajon suklaamassaan oli päässyt jostain kosteutta, mikä aiheutti rakeisuuden (Beckett 2008: 126). Toisessa koeajossa suklaamassa hienontui luultavasti liikaa. Massasta tuli paksuhkoa ja tahmeaa, jolloin se ei myöskään sulanut. Kun suklaamassan partikkelikoko menee alle 10 mikrometrin, se voi muuttua tahmeaksi (Nanci 2016c). Ensimmäisessä ja toisessa koeajossa Stephan-kattilassa lämmityksen jälkeen massa oli jähmeää.

Kolmannessa koeajossa käytettiin eri reseptiä, johon tuli enemmän kaakaovoita ja vähemmän maitojauhetta sekä lesitiiniä (taulukko 12). Massasta tuli juoksevaa jo Stephan-kattilassa lämmityksen aikana. Suklaamassan yhdistetty valssaus- ja konsausaika Spectrassa oli 21 tuntia, eli 1260 minuuttia. Spectra oli käynnissä yön yli, jolloin kierrosnopeudeksi säädettiin noin 800 rpm mahdollisen massan roiskumisen estämiseksi. Tässä ajassa massasta tuli kiiltävää ja tasaista, jolloin se voitiin temperoida ja valaa muotteihin. Kolmannessa koeajossa valmistettujen suklaalevyjen ja -konvehtien temperointi onnistui ja pinnasta tuli kiiltävä (kuva 25). Suklaan rakenne oli napsahtava, mutta se sisälsi hiukan ilmakuplia. Ilmakuplat saattavat johtua siitä, että suklaamassan lämpötila oli liian matala, viskositeetti liian korkea tai sekoituksen määrä tai voimakkuus ei ollut sopiva (Bubbles 2014).



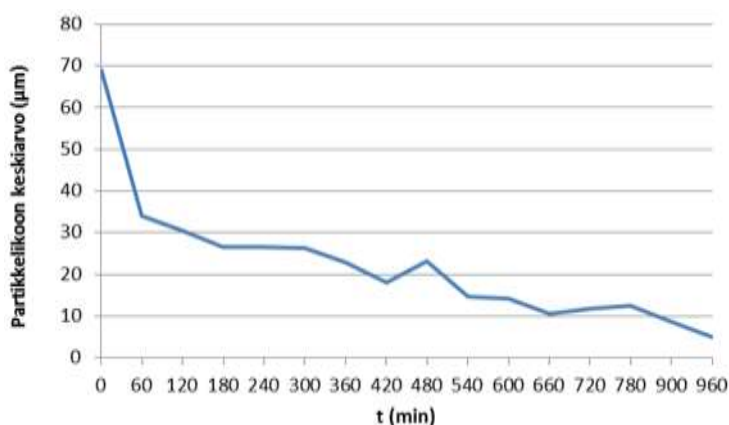
Kuva 25. Spectra 11 Stone Melanger -laitteen kolmannessa koeajossa rasvattomasta maitojauheesta (19,8 % suklaasta) valmistettuja suklaalevyjä ja -konvehteja

Neljäs koeajo oli toisto kolmannelta koeajosta. Ajo toistettiin, koska ylösajon onnistuminen haluttiin varmistaa. Ajoaika oli 21 tuntia (1260 min), ja aistinvaraisesti arvioitaessa suklaa vaikutti hyvin samanlaiselta kuin edellisessä koeajossa. Valmis suklaa temperoitiin kahdessa erässä, ja ensimmäinen temperointierä epäonnistui hiukan. Suklaassa oli pieniä vaaleahkoja raitoja, mutta rakenne oli napsahtava ja suussa sulava, kuten pitääkin (kuva 26). Toisessa temperoinnissa oli hiukan eri lämpötilat kuin ensimmäisessä temperoinnissa, mutta lopputulos oli samanlainen. Suklaan pinnassa oli vaaleita raitoja, mutta se oli kiiltävä. Tämä johtui luultavasti ylitemperoitumisesta, eli suklaan rasvakiteet olivat liian suuria (Chocolate is Gray or has Gray Streaks 2014.)

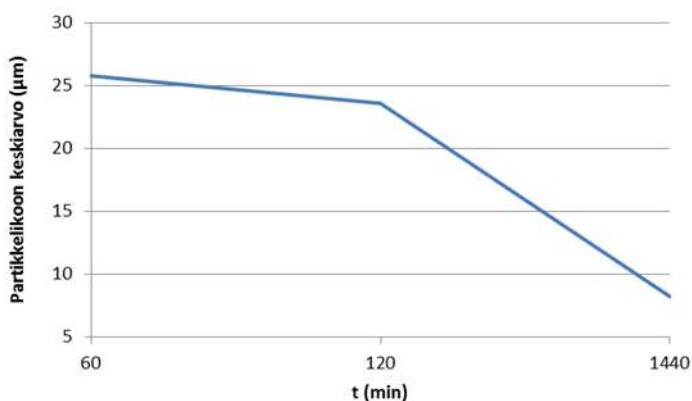


Kuva 26. Spectra 11 Stone Melanger -laitteen neljännessä koeajossa rasvattomasta maitojauheesta (19,8 % suklaasta) valmistettua suklaata.

Spectra 11 Stone Melangerin neljässä koeajossa valmistetuista suklaamassoista mitattiin partikkelikoko mikrometrillä. Ensimmäisessä koeajossa partikkelikoko mitattiin tunnin välein ja huomattiin, kuinka partikkelikoko odotusten mukaisesti ajon edetessä pieneni (kuva 27). Tämä koeajo kesti 1080 minuuttia, mutta partikkelikoko mitattiin vain 960 minuuttiin saakka. Partikkelikoko oli jo silloin alle 10 μm , mikä tekee massasta tahmaisen (Nanci 2016c). Tavoitteena oli saavuttaa 15–25 μm :n partikkelikoko (Nanci 2016b). Koeajossa 2 suklaamassan partikkelikoko mitattiin vain kolme kertaa, kaksi mittausta ajon alussa ja yksi lopussa (kuva 28). Myös tässä koeajossa partikkelikoko pienentyi alle 10 μm :n, mikä teki massasta tahmaisen.



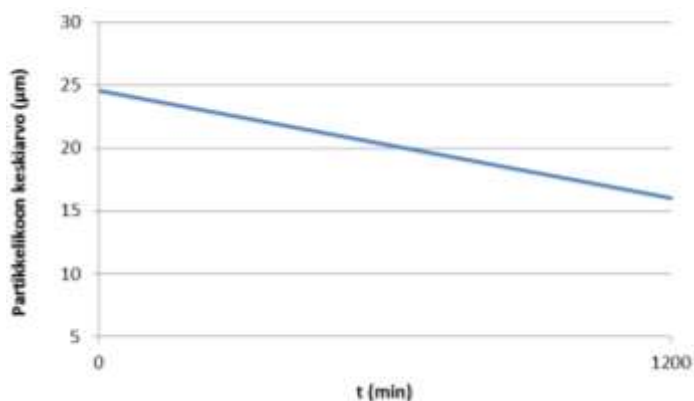
Kuva 27. Spectra 11 Stone Melanger –laitteen ensimmäisen koe-ajon suklaamassan partikkelikoon keskiarvo (μm) 60 minuutin välein mitattuna.



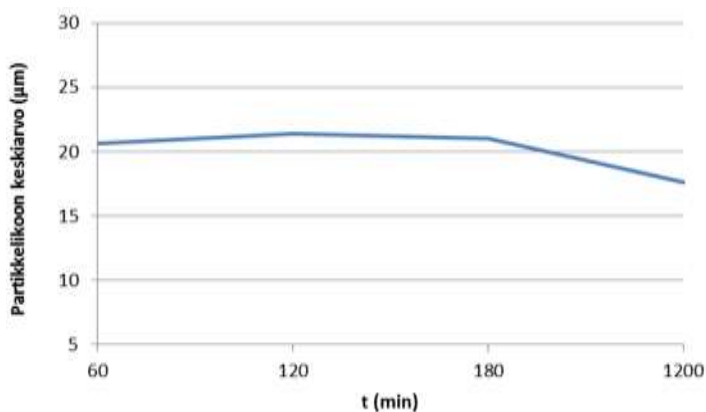
Kuva 28. Spectra 11 Stone Melanger –laitteen toisen koe-ajon suklaamassan partikkelikoon keskiarvo (μm) kolme kertaa ajon aikana mitattuna.

Kolmannessa koeajossa mittauksia tehtiin vain kaksi, yksi alussa ja yksi lopussa (kuva 29). Tämä johtui siitä, että suklaamassaa konsattiin yön yli, jolloin ei ollut mahdollisuutta olla mittaamassa. Suklaamassasta tuli sileää ja kiiltävää, ja sen partikkelikoko oli

lopussa yli 15 mikrometriä. Tavoite suklaan valmistuksessa on saavuttaa partikkelikoko, joka on 15–25 μm :n välillä (Nanci 2016b). Kolmannessa ja neljännessä koeajossa tämä partikkelikokoalue saavutettiin. Neljännessä koeajossa tehtiin neljä mittausta, kolme ajon alussa ja yksi ajon lopussa (kuva 30). Mittausten mukaan partikkelikoko pienentyi vain hiukan ajon aikana, mutta mahdollisesti mitattavassa näytteessä ei ole ollut massassa olleita suurempia partikkeleita. Spectra 11 Stone Melangerille laadittiin ylösajon ohessa ohje tulevaa käyttöä varten (liite 2).



Kuva 29. Spectra 11 Stone Melanger –laitteen kolmannen koe-ajon suklaamassan partikkelikoon keskiarvo (μm) kaksi kertaa ajon aikana mitattuna.



Kuva 30. Spectra 11 Stone Melanger –laitteen neljännen koe-ajon suklaamassan partikkelikoon keskiarvo (μm) neljä kertaa ajon aikana mitattuna.

5 Yhteenveto ja päätelmät

Tavoitteena tässä työssä oli ylösajaa ja ottaa käyttöön laboratoriomittakaavan suklaan valmistuslaite Spectra 11 Stone Melanger. Tällä laitteella on mahdollista valssata ja konssata suklaata, mikä on välttämätöntä suklaan valmistusprosessissa. Työn toisena tavoitteena oli tutkia, voiko maitopohjaisten ingredienttien (Eila® WPC, Pro Age, Fast Track) avulla ehkäistä suklaassa tapahtuvaa harmaantumista. Temperointi on olennainen osa suklaan valmistusta, joten ensimmäiseksi selvitettiin työssä käytettävä temperointitapa.

Suklaan temperointi oli työn hankalin osuus. Temperoinnin onnistumiseksi oikeat lämpötilat ovat tärkeitä, ja pienikin virhe lämpötilassa voi aiheuttaa temperoinnin epäonnistumisen. Tutkittaessa maitopohjaisten ingredienttien vaikutusta suklaan harmaantumiseen, eri ingredienttien kesken ei havaittu suurta eroa. Pro Agea ja Eila® WPC:tä sisältävät näytteet harmaantuivat hieman vähemmän kuin Fast Trackia sisältävä näyte. Suklaan säilytys kylmässä ehkäisi selkeästi harmaantumista verrattaessa huoneenlämmössä säilytettyyn suklaaseen. Suklaanvalmistuslaitteen Spectra 11 Stone Melangerin ylösajo onnistui hyvin rasvatonta maitojauhetta sisältävän suklaan valmistuksessa. Kahdessa ensimmäisessä koeajossa resepti ja liian pitkä suklaamassan jauhamisaika vaikuttivat tuloksiin, joten suklaasta ei saatu kiiltävää ja napsahtavaa. Näissä koeajoissa suklaamassa ei ollut tarpeeksi juoksevaa ja partikkelien koko pienentyi liikaa, jolloin massasta tuli tahmeaa. Kahta viimeistä koeajoa varten suklaaresepti vaihdettiin, ja uudessa reseptissä oli enemmän rasvaa ja vähemmän maitojauhetta. Tällöin suklaasta tuli kiiltävää, napsahtavaa ja suussasulavaa.

Temperoinnin helpottamiseksi voisi tulevaisuudessa mahdollisesti käyttää erilaista kaakaovoita, jonka sisältämät kiteet auttavat saamaan suklaan rasvakiteet oikeaan muotoon. Tässä tutkimuksessa ei onnistuttu ehkäisemään suklaan harmaantumista käytetyillä maitopohjaisilla ingredienteillä, mutta tämä on hyvä pohja tuleville tutkimuksille. Tulevissa tutkimuksissa maitopohjaista ingredienttiä sisältävän suklaalevyn täyteen voisi mahdollisesti valmistaa eri reseptillä ja eri menetelmällä. Suklaanvalmistuslaitteen ylösajossa saatiin valmistettua laadukasta suklaata rasvattomalla maitojauheella, jolloin sitä voi jatkossa käyttää erilaisiin tutkimuksiin ja suklaanvalmistuskokeisiin. Mahdollisesti laitteella voisi valmistaa suklaata muillakin yrityksen maitopohjaisilla ingredienteillä, ja tutkia niiden vaikutusta muun muassa suklaan ulkonäköön, rakenteeseen ja makuun.

Lähteet

Beckett, Stephen T. 2008. The Science of Chocolate. 2nd ed. Cambridge: RSC Publishing.

Bubbles. 2014. Verkkoaineisto. Amano Artisan Chocolate. <<http://www.amanochocolate.com/chocolate-trouble-shooting-guide-molding-problems/>>. Luettu 28.5.2018.

Bylund, Gösta. 2003. Dairy Processing Handbook. Lund: Tetra Pak Processing systems AB.

Chocolate is Gray or has Gray Streaks. 2014. Verkkoaineisto. Amano Artisan Chocolate. <<http://www.amanochocolate.com/chocolate-trouble-shooting-guide-appearance/>>. Luettu 7.6.18.

Coe, Sophie D. & Michael D. 2005. Suklaan historia. Kerava: Sitruuna.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/36/EY elintarvikkeena käytettävistä kaakao- ja suklaatuotteista. 23.6.2000. EYVL N:o 197, 3.8.2000.

Fat Bloom. 2014. Verkkoaineisto. Amano Artisan Chocolate. <<http://www.amanochocolate.com/sugar-and-fat-bloom-part-1/>>. Viitattu 4.6.2018.

FI/EP 1503630 T3. 2007. Menetelmä laktoosittoman maitotuotteen valmistamiseksi. Valio Ltd, Helsinki, Suomi. (Tossavainen, O & Sahlstein, J.) EP03725236.8, 13.05.2003. Julk. 09.02.20015. s. 4.

Foodie.fi. 2017. Verkkoaineisto. Prisma. <<https://www.foodie.fi/products/search2?term=maitosuklaa>>. Luettu 3.4.2018.

Gunstone, Frank D. 2008. Oils and Fats in the Food Industry. Wiley-Blackwell.

Haatainen, Outi. 2014. Suklaan kemiaa. Kandidaatin tutkielma. Helsingin yliopisto.

Kaakaolajikkeet. 2018. Verkkoaineisto. Suklaayhdistys. <<http://www.suklaayhdistys.com/kaakaostasuklaaksi.php>>. Luettu 17.3.2018.

Kauppa- ja teollisuusministeriön asetus elintarvikkeissa ja alkoholijuomissa käytettävistä muista lisäaineista kuin makeutusaineista ja väreistä. 752/2007. 20.6.2007

Konvehtien valmistus. 2012. Verkkoaineisto. Kermaruusu. <<http://www.kermaruusu.com/2012/10/konvehtien-valmistus.html>>. 14.10.2012. Luettu 21.3.2018.

Leffer, Steve. 2018. Methods of tempering chocolate: Classic method. Verkkoaineisto. Chocoley. <<https://www.chocoley.com/blog/resources/about-tempering-chocolate/>>. Luettu 16.3.2018.

Lonchamp, Pierre & Hartel, Richard W. 2004. Fat bloom in chocolate and compound coatings. *European Journal of Lipid Science and Technology* 21.4.2004, s. 241-274.

Minifie, Bernard W. 1980. *Chocolate, cocoa & confectionery*. 2nd ed. Westport Connecticut: The AVI Publishing Company, INC.

Muovien luokitus. 2018. Verkkoaineisto. Muoviteollisuus ry. <http://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/>. Luettu 5.6.2018.

Mustonen, Vesa. 2012. Värihallinnan vakiointi graafisen alan standardien mukaiseksi. Insinööriö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Nanci, John. 2016a. Tempering - Deconstruction and Reconstruction & Illustrated Tempering. Verkkoaineisto. Chocolate Alchemy. <<http://chocolatealchemy.com/tempering-deconstruction-and-reconstruction-illustrated-tempering/>>. Luettu 16.3.2018.

Nanci, John. 2016b. How to Temper Chocolate. Verkkoaineisto. Chocolate Alchemy. <<http://chocolatealchemy.com/how-to-make-chocolate-the-complete-text-guide/#tempering-and-molding>>. Luettu 16.3.2018.

Nanci, John. 2016c. Conching & Refining. Verkkoaineisto. Chocolate Alchemy. <<http://chocolatealchemy.com/how-to-make-chocolate-the-complete-text-guide/#conching-and-refining>>. Luettu 20.3.2018.

Nanci, John. 2016d. Ask the Alchemist #129. Verkkoaineisto. Chocolate Alchemy. <<http://chocolatealchemy.com/blog/2015/08/27/ask-the-chemist-129>>. Viitattu 4.4.2018.

Outinen, Marko. 2018. Vastaava tutkija, Valio Oy, Helsinki. Keskustelu. 15.3.2018.

Roasting the Cocoa Beans. 2018. Verkkoaineisto. Ritter Sport. <https://www.ritter-sport.de/en_US/cultivation_preparation/Cultivation-preparation-Roasting-the-cocoa-beans-RITTER-SPORT-00003/>. Luettu 4.4.2018.

Smith, A.K. & Campbell, B.E. 2007. Microstructure of Milk Components. Teoksessa Tamime, A. Y. (ed.) *Structure of Dairy Products*. s. 59-71. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.

Sokerilajit, sokerituotteet ja sokerialkoholit. 2018. Verkkoaineisto. Dansukker. <<https://www.dansukker.fi/fi/tietoa-sokerista/sokerilajit.aspx>>. Luettu 4.4.2018.

Spectra 11 Stone Melanger. 2017. Verkkoaineisto. Spectra.
<<http://spectraplaza.com/melanger.html?spectra-11-stone-melanger>>. Luettu 26.3.2018.

Sugar Bloom. 2014. Verkkoaineisto. Amano Artisan Chocolate.
<<http://www.amanochocolate.com/sugar-and-fat-bloom-part-1/>>. Luettu 23.3.2018.

Survey Data on Acrylamide in Food: Individual Food Products. 2002. Verkkoaineisto. U.S. Food and Drug Administration. 15.11.2002.
<<https://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ChemicalContaminants/ucm053549.htm#u1102>>. Luettu 4.4.2018.

Tempering chocolate. 2016. Verkkoaineisto. Valrhona. <<https://www.valrhona-chocolate.com/tips-for-baking/tempering-chocolate>>. Luettu 16.3.2018.

The Making of Chocolate. 2015. Verkkoaineisto. JST Channel.
<<https://www.youtube.com/watch?v=8wpAvXR6wI0>>. Viitattu 5.6.2018.

Tossavainen, Olli. 2003. Uusi teknologia mahdollisti uuden maitotuotteen. Verkkoaineisto. Kehittyvä elintarvike. <<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/32-uusi-teknologia-mahdollisti-uuden-maitotuotteen>>. Luettu 26.3.2018.

van de Voort, F.R.; Memon, K.P.; Sedman, J. & Ismail, A.A. 1996. Determination of solid fat index by fourier transform infrared spectroscopy. Journal of the American Oil Chemists' Society. 13.12.1995, s.411–416.

Temperointi 1

Raaka-aineet ja työvälineet

- 300 g sulatettua suklaata
- 100 g suklaata
- Nuolija
- Lämpömittari

1. Sulatetaan suklaa ohjeen mukaan.
2. Sekoitetaan sulatettua suklaata jatkuvasti, lisätään pilkottu sulamaton suklaa useissa erissä. Huolehditaan lämpötilan pysymisestä oikeanlaisena.
3. Jäähdyttämisessä saavutettava seuraava lämpötila:
 - Tumma suklaa 29 °C
 - Maitosuklaa 27 °C
 - Valkosuklaa 26 °C
4. Suklaan lämpötilaa nostetaan vesihauteen avulla.
5. Suklaan lämpötilasta huolehdittava tarkasti, poistetaan kulho hauteesta pari astetta ennen tarvittavaa lämpötilaa.
 - Tumma suklaa 32 °C
 - Maitosuklaa 30 °C
 - Valkosuklaa 28 °C
6. Testataan temperoitu erä: Kastetaan kuivan ja puhtaan veitsen pää suklaaseen ja jätetään se pari minuutiksi seisomaan. Jos temperointi on onnistunut, suklaalla on sopivan kova ja kiiltävä olomuoto. (Tempering chocolate 2016.)

Temperointi 2

Työvälineet

- 4 kulhoa, jotka sopivat sisäkkäin
 - Nuolija
 - Muotti
 - Vesihaude/kattila
 - Lämpömittari (0,5 °C tarkkuus)
1. Sulatetaan suklaa vesihauteessa, kunnes suklaan lämpötila on vähintään 40,5 °C. Suklaan lämpötila pitää pysyä 40,5 – 54 °C.

2. Kaadetaan suklaasta 2/3 toiseen kulhoon ja jäähdytetään se kylmävesihautteessa (15–21 °C).
3. Laitetaan 1/3 sivuun ja pidetään lämpimänä lämminvesihautteessa (32–35 °C).
4. Sekoitetaan (2/3) suklaata, kunnes se alkaa sakeutua. Tämä tapahtuu 26–27 °C:ssa. Jos suklaa jäähtyy liikaa, laitetaan se lämpimään vesihautteeseen ja annetaan lämmitä, sen jälkeen toimitaan normaalisti.
5. Lisätään lämmin (1/3) suklaa jäähdytettyyn (2/3) suklaaseen.
6. Lämmitetään suklaa seuraavaan lämpötilaan:
 - Tumma suklaa 31 °C
 - Maitosuklaa 30 °C
7. Kaadetaan suklaa muottiin ja annetaan jähmettyä.
8. Kopautetaan muottia pöytään suklaan asettumiseksi. Vältetään suklaan pinnan kaapimista.
9. Odotetaan muutamia tunteja, että suklaa on täysin jäähtynyt. Poistetaan suklaa muotista, josta sen pitäisi pulpahtaa pois. (Nanci 2016b.)

Temperointi 3

1. Sulatetaan suklaa vesihautteessa. Tarkkaillaan lämpötilaa lämpömittarilla, lämpötila ei saisi ylittyä:
 - Tumma suklaa 49 °C
 - Maitosuklaa 46 °C
 - Valkosuklaa 43 °C
2. Kaadetaan sulatetusta suklaasta 2/3 jäähdytetylle pöydälle tai marmoripinnalle. Pidetään 1/3 suklaasta lämpimänä.
3. Käytetään lastaa ja kulmapalettiveistä suklaan levittämiseen. Levittämistä jatketaan, kunnes suklaa saavuttaa seuraavan lämpötilan:
 - Tumma suklaa 28 °C
 - Maitosuklaa 26,5 °C
 - Valkosuklaa 25,5 °C
4. Lisätään jäähdytetty suklaa lämpimässä pidettyyn suklaaseen. Huolehditaan ettei suklaaseen muodostu ilmakuplia sekoittaessa. Lämmitetään suklaa uudelleen sekoittamalla jatkuvasti, kunnes haluttu lämpötila saavutetaan:
 - Tumma suklaa 32 °C

- Maitosuklaa 30 °C
 - Valkosuklaa 28 °C
5. Tarkistetaan temperoinnin onnistuminen ennen käyttöä. Kun työskennellään, sekoitetaan suklaata ja tarkistetaan sen temperoinnin pysyvyys
- Tumma suklaa 31–32 °C
 - Maitosuklaa 30–31 °C
 - Valkosuklaa 28–29 °C (Leffer 2018.)

Temperointi 4

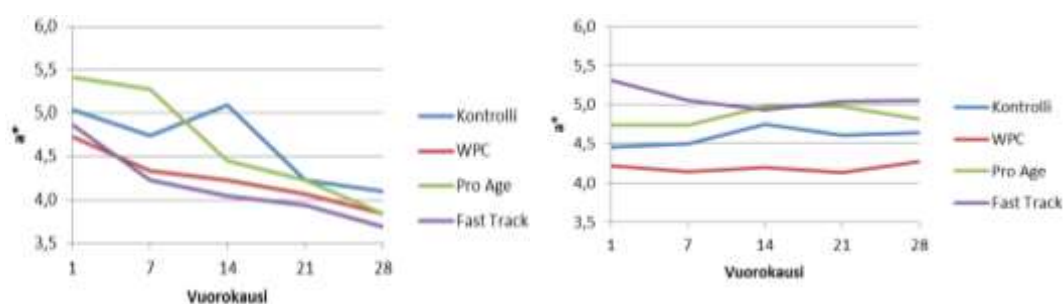
1. Sulatetaan suklaa lämminvesihauteessa, kunnes se saavuttaa 45 °C:een lämpötilan.
2. Jäähdytetään suklaa kylmävesihauteessa jatkuvasti sekoittaen, kunnes se saavuttaa seuraavan lämpötilan:
 - Tumma suklaa 29 °C
 - Maitosuklaa 27 °C
 - Valkosuklaa 26 °C
3. Lämmitetään jäähdytetty suklaa uudelleen:
 - Tumma suklaa 32 °C
 - Maitosuklaa 30 °C
 - Valkosuklaa 28 °C
4. Suklaan saavutettua oikean lämpötilan, se kaadetaan muotteihin jäähmetty-mään. (Outinen 2018.)

Spectra 11 Stone Melanger –laitteen käyttöohje

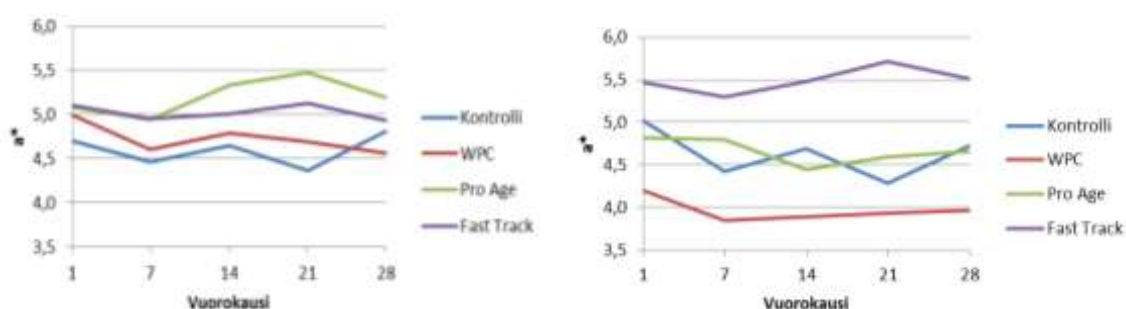
1. Varmista, että koneen osat ovat ehjiä, puhtaita ja täysin kuivia.
2. Aseta sekoituskulho ja graniittitelat paikoilleen ja ruuvaa nuppi kiinni.
3. Kiinnitä johto koneeseen ja seinään. Yhdistä Spectra 11 ja Speed Controller johdolla.
4. Laitetta säädetään Speed Controllerista;
 - Kytke laitteen päävirta (MAINS) päälle kahdesta kytkimestä (ON).
 - Käynnistä laite (ON) vihreästä nupista (MACHINE).
5. Lisää massaa kulhoon (nopeuden säätö vasta kun kulhossa on massaa).
6. Säädä tarvittava nopeus.
 - Nopeus näkyy näytössä (DISPLAY).
7. Huolehdi massan pysymisestä kulhossa nopeutta säätelemällä.
8. Kantta voi liikutella koneen ollessa käynnissä.
 - Massan ollessa lämmin kansi kerää kosteutta.
9. Lopettaessa käännä nopeus nolnaan, laite pois päältä (OFF), laitteen päävirta pois (OFF) kahdesta kytkimestä.
10. Irrota johto seinästä, ruuvaa nuppi irti, nosta kulho ja graniittitelat pois laitteesta.
11. Pese irtoavat osat lämpimällä vedellä, harjalla ja käsitiskiaineella.
12. Pyyhi laite puhtaaksi kostealla liinalla.



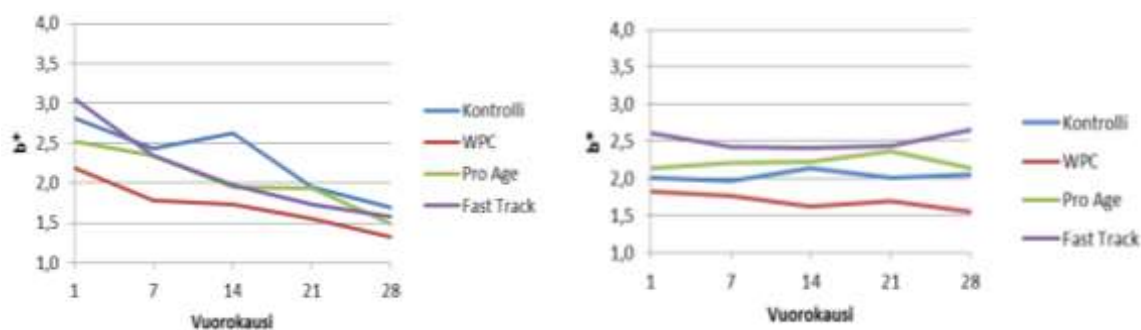
Suklaan harmaantumisen ehkäisyvärimittauksen tulokset (a* ja b*)



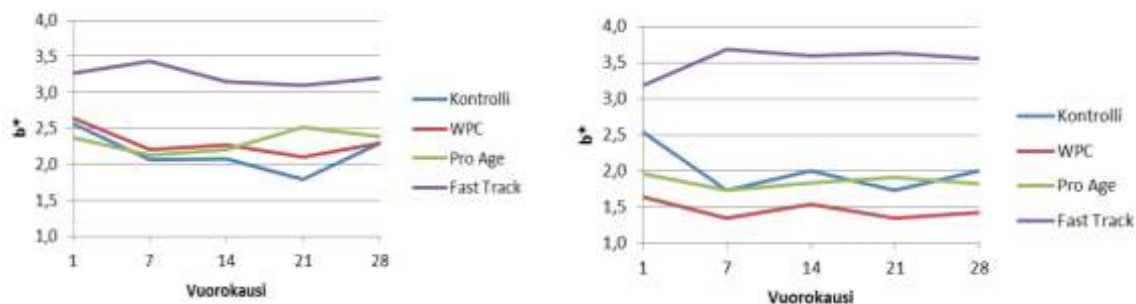
Kuva 31. Suklaalevynäytteestä mitattu a* arvo 28 vrk:n ajalta, vasemmalla levyn yläpuolelta ja oikealla alapuolelta. Levyä säilytetty 22,5 °C:ssa.



Kuva 32. Suklaalevynäytteestä mitattu a* arvo 28 vrk:n ajalta, vasemmalla levyn yläpuolelta ja oikealla alapuolelta. Levyä säilytetty 5 °C:ssa.



Kuva 33. Suklaalevynäytteestä mitattu b* arvo 28 vrk:n ajalta, vasemmalla levyn yläpuolelta ja oikealla alapuolelta. Levyä säilytetty 22,5 °C:ssa.



Kuva 34. Suklaalevynäytteestä mitattu b* arvo 28 vrk:n ajalta, vasemmalla levyn yläpuolelta ja oikealla alapuolelta. Levyä säilytetty 5 °C:ssa.