

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Elintarviketekniikka

2018

Eetu Tapper & Marko Syrjälä

# KAAKAOKUORRUTTEEN TUOTEKEHITYS

Eetu Tapper & Marko Syrjälä

## KAAKAOKUORRUTTEEN TUOTEKEHITYS

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää MBakeryn suklaamoussekakussa käytettävää kaakaokuorrutetta niin, että se säilyisi konditoriaolosuhteissa kolme päivää tuottamatta kosteutta kuorrutteen pinnalle. Mahdolliset muutokset eivät saaneet vaikuttaa lopputuotteen makuun tai tekstuuriin merkittävästi. Kuorrutteen tuli myös pysyä houkuttelevan näköisenä sekä kuorrutekerroksen tarpeeksi ohuena.

Tuotekehitys aloitettiin toimeksiantajalta saadulla reseptillä, jonka pohjalta valmistettiin erilaisia koe-eriä. Tuotteesta valmistettiin erilaisia versioita muuttamalla käytettävien raaka-aineiden suhteita ja testaamalla eri lämpötiloja kuorrutteen valmistuksessa. Huomioon otettiin erityisesti koe-erien kuorrutteen paksuus, sekä tuotteen käyttäytyminen säilytysolosuhteissa.

Kaakaokuorrutteesta mitattiin koe-erien yhteydessä myös levityshetken reologisia ominaisuuksia. Tämän lisäksi tarkkailtiin kuorrutteen tekstuuria, lämpötilakäyttäytymistä ja leikattavuutta. Tuotteiden aistinvaraisen arviointi suoritettiin kolmen päivän sisällä niiden valmistuksesta.

Tuotekehityksen aikana selvitettiin hikoilun aiheuttavat tekijät sekä arvioitiin kuorrutteen viskositeetin vaikutusta kyseiseen reaktioon. Lämpötilojen muutokset valmistusprosessin aikana osoittautuivat pääsyyksi kuorrutteen hikoiluun, joten valmistuslämpötilat optimoitiin niin, että kakku säilyy kolme vuorokautta ilman kosteuden muodostumista kuorrutteen pinnalle. Kylmäsäilytyksessä kosteus pääsee kontaktiin kaakaokuorrutteen kanssa, jolloin siinä oleva vesi liuottaa sokeria, joka ilmenee kuorrutteen pinnassa hikoiluna.

### ASIASANAT:

reologia, tuotekehitys, tekstuuri, aistinvarainen arviointi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food technology

2018 | Number of pages: 58

Eetu Tapper & Marko Syrjälä

## PRODUCT DEVELOPMENT OF COCOA COATING

The objective of the thesis was to develop a cocoa coating for a chocolate mousse cake by MBakery, so that it could be preserved in patisserie conditions for three days, without producing moisture on top of the coating. The criteria were, that the possible changes must not affect the flavor or texture of the end product in any significant way. The coating was also to preserve a pleasant appearance and remain sufficiently thin.

The product development was begun by preparing various test products based on the original recipe given by the bakery. Tests were conducted by altering the amounts of ingredients and applying different temperatures during the preparation of the coating. The properties especially taken into consideration were the thickness of each product's coating and its behaviour in preservation conditions.

During the preparation of the test products, rheological properties were measured at the time of spreading. In addition, the texture, viscosity, temperature behaviour and cuttability of the coating were observed. The sensory evaluation was performed within three days of product preparation.

During the product development the causes of the sweating of the cocoa coating were determined and the effect of the viscosity on the reaction in question was estimated. The temperature changes during the production process proved to be the main cause for the sweating of the coating. Temperatures were optimized so that the cake can be preserved for three days without forming moisture onto the surface of the coating. During the refrigerating period, the moisture comes in contact with the cocoa coating. This causes the water in the coating to dissolve sugar, which is the cause of the sweating.

### KEYWORDS:

rheology, product development, texture, sensory evaluation

# SISÄLTÖ

<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>MOUSSE</b>	<b>2</b>
2.1 Raaka-aineet	2
2.1.1 Liivate	2
2.1.2 Kananmuna	3
2.1.3 Tumma suklaa	3
2.1.4 Kermavaahto	4
<b>KUORRUTE</b>	<b>5</b>
3.1 Raaka-aineet	5
3.1.1 Kaakaojauhe	5
3.1.2 Kuohukerma	5
3.1.3 Liivate	6
<b>PROTEIINIT</b>	<b>7</b>
<b>HIILIHYDRAATIT</b>	<b>9</b>
<b>TUOTEKEHITYS VAIHEITTAIN</b>	<b>11</b>
6.1 Aloitus	11
6.2 Kehittäminen	11
<b>KYLMÄSÄILYTYS</b>	<b>13</b>
<b>KUORRUTUS</b>	<b>14</b>
<b>AISTINVARAINEN ARVIOINTI</b>	<b>15</b>
<b>REOLOGIA</b>	<b>17</b>
10.1 Viskositeetti	17
10.2 Fluidien jaottelu	19
10.3 Reologia elintarviketeollisuudessa	20
<b>REOLOGISET MITTAUKSET</b>	<b>21</b>
11.1 Reometri	21
11.2 Rotaatiomittaus	21

11.3 Oskillaatiomittaus	21
11.4 Reologisten mittausten suorittaminen	22

## **KUORRUTTEEN TUOTEKEHITYS JA KOE-ERÄT** **23**

12.1 Alustavat koe-erät	23
12.2 Liivatejauheen ja veden määrien muutokset (koe-erät 1 – 3)	24
12.3 Kerman määrän muutokset (koe-erät 4, 5 & 18)	26
12.4 Kosteussulun lisäys suklaamoussekakkuaihiin (koe-erät 6 – 7)	30
12.5 Vaihtoehtoisten reseptien kokeilu (koe-erät 8 – 9)	32
12.6 Perusresepti liivatelehdellä ja lämpötilojen vaikutus (koe-erä 10 – 12)	34
12.7 Kaakaojuomajauheen ja hillosokerin kokeilu (koe-erät 13 – 14)	39
12.8 Liivatteen korvikkeiden kokeilu (koe-erät 15 – 17)	42

## **YHTEENVETO** **49**

## **LÄHTEET** **51**

### **KUVAT**

Kuva 1. Hiilihydraattien kemiallisia rakenteita (OPH 2017)	10
Kuva 2. Valmis kakku	16
Kuva 3. Esimerkki nahkoittuneesta pinnasta	16
Kuva 4. Esimerkkejä kuorrutteen hikoilusta	16
Kuva 5. Kahden levyn malli (Mezger 2011)	17
Kuva 6. Rotaatio- ja oskillaatiomittauksen liike (Anton Paar 2016)	21

### **KUVIOT**

Kuvio 1. Liivatteen aminohappo-koostumus (Mikhailov 2017)	2
Kuvio 2. Fluidien jaottelu leikkausjännityksen ja leikkausnopeuden yhtälönä (Polymer Properties Database 2015)	19
Kuvio 3. Elintarvikereologian tärkeät osa-alueet. (Muredzi 2017)	20
Kuvio 4. Kermankorvikkeesta valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 18)	29
Kuvio 5. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja kermankorvikekuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa	29
Kuvio 6. Tuoreeltaan perusreseptistä valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 10)	35
Kuvio 7. Jääkaapissa säilytetyn perusreseptikuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 11)	37
Kuvio 8. Pakastehuoneessa säilytetyn perusreseptikuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 12)	37

Kuvio 9. Tuoreeltaan tehdyn perusreseptin, sekä jääkaapissa ja pakastehuoneessa säilytettyjen perusreseptikuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa	38
Kuvio 10. Kaakaojuomajauheesta valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 13)	40
Kuvio 11. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja kaakaojuomajauheesta tehtyjen kuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa	41
Kuvio 12. Vegeelistä (18,75 g) valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 15)	43
Kuvio 13. Vegeelistä (6,25 g) valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 16)	44
Kuvio 14. Agarista valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 17)	45
Kuvio 15. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja Vegeelistä (18,75 g) tehdyn kuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa	46
Kuvio 16. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja Vegeelistä (6,25 g) tehdyn kuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa	47
Kuvio 17. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja agarista tehdyn kuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa	48

## TAULUKOT

Taulukko 1. Reometrin mittaussuureet ja parametrit (Anton Paar 2016)	22
Taulukko 2. Vaihtoehtoisen kuorrutteen resepti	33

# JOHDANTO

Opinnäytetyössä tehtävän tuotekehityksen tavoitteena oli kehittää MBakeryn tuotteessa käytettävää kuorrutetta ja erityisesti ehkäistä sen hikoilua säilytyksen aikana. Kuorrutetta ja kuorrutusta kehitettiin pinnoittamalla MBakeryn tuotteisiin kuuluvaa suklaamoussekakua. Kuorrutteen pinnan tuli säilyä kiiltävänä kolme vuorokautta ilman hikoilua. Lisäksi kuorrutuksen reologisia ominaisuuksia tutkittiin, sekä niiden vaikutusta tuotteeseen.

Tuotekehitystä varten saatiin tuotteen perusresepti, jota muokattiin tuotekehityksen aikana lukuisin tavoin, jotta muutosten vaikutus tuotteen tekstuuriin, sekä aistinvaraisiin ja reologisiin ominaisuuksiin nähtäisiin. Pyrittiin myös pohtimaan ja selvittämään säilytysolosuhteiden, aistivaraisten tuloksien ja reologisten ominaisuuksien yhteyksiä toisiinsa. Tuotteesta valmistettiin yhteensä 18 koe-erää, joista kahdeksalle tehtiin reologiset mittaukset. Reologisissa mittauksissa tutkittiin koe-erien viskositeettia 25 – 35 °C:n kuorrutuslämpötiloissa, sillä kuorrutukset tehtiin n. 28 °C:ssa, joka oli tavoitelämpötila levitykselle, sekä tarkasteltiin reseptiin tehtyjen muutosten vaikutusta kuorrutteeseen.

Tuotekehitys sekä reologiset tutkimukset suoritettiin Turun Ammattikorkeakoulun Lemminkäisenkadun toimipisteen tuotekehityskeittiössä ja laboratorioissa. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi MBakery ja Turun Ammattikorkeakoulu.

MBakery on suomalainen leipomo, joka valittiin vuonna 2015 Suomen parhaaksi leipomoksi. MBakeryn tuotteet ovat tunnettuja niiden korkeasta laadusta, sekä vaikuttavasta ulkonäöstään.

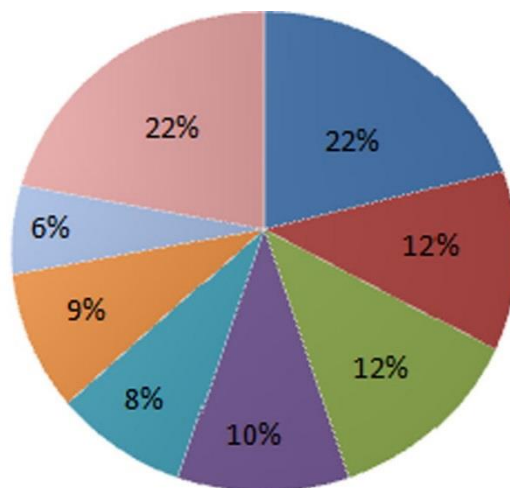
# MOUSSE

## 2.1 Raaka-aineet

Opinnäytetyössä käytetty moussekakkupohja koostui liivateesta, kananmunasta, tummasuklaasta (44 %), sekä kermavaahdosta (vispikerma).

### 2.1.1 Liivate

Liivate tai toiselta nimeltään gelatiini on pääosin proteiineista koostuva hyytelöimisaine. Liivatetta valmistetaan yleensä keittämällä pitkään sian tai naudan nahkaa, luuytimiä, suolia tai jäniteitä. Liivate on elintarviketeollisuudessa yleisesti joko ohuina levyinä tai jauheena. (Djagnya ym. 2010) Liivatetta liotetaan ennen käyttöä kylmässä vedessä, jossa se alkaa turvota. Tämän jälkeen se lisätään kuumaan nesteeseen, jonka vaikutuksesta se muodostaa kolloidisen liuoksen ja jäähtyessään alkaa jähmettyä. (Ward & Courts 1977) Liivatteen aminohappokoostumus vaihtelee eri laatuojen mukaan, mutta pääsääntöisesti ne ovat seuraavat:



■ GLY ■ PRO ■ HYP ■ GLU ■ ARG ■ ALA ■ ASP ■ OTHER

Kuvio 1. Liivatteen aminohappo-koostumus (Mikhailov 2017)

Gly = Glysiini, Arg = Arginiini, Ala = Alaniini, Pro = Prolini

Asp = Aspartinihappo, Hyp = Hydroksiprolini, Other = Muut aineet,

Glu = Glutamiinihappo

Opinnäytetyössä liivatetta käytettiin moussessa tuomaan sille kiinteämpi rakenne, jotta se pysyisi muodossaan.

### 2.1.2 Kananmuna

Kananmunaa ympäröi suojakuori, joka koostuu suurimmaksi osaksi kalsiumkarbonaattista. Kuoren pinnassa on myös ilma-aukkoja, joiden tarkoituksena on mahdollistaa kosteuden haihtuminen kananmunan sisemmissä osissa.

Valkuainen on 10 % proteiiniliuos, joka koostuu neljästä eri kerroksesta. Kerrokset koostuvat kuoresta keltuaiseen niin, että joka toinen kerros on nestemäinen ja joka toinen sakea. Valkuainen sisältää monia tärkeitä proteiineja, joista oleellimmat ovat ovotransferiini, ovomusiini, lysotsyymi, avidiini, ovoglobuliinit G1, G2 ja G3, sekä ovoinhibiittori ja flavoproteiini.

Kananmunan keltuainen koostuu pääasiassa proteiinista ja rasvasta. Keltuaista ympäröi keltuaiskalvo, joka pitää sen kasassa.

Koska kananmunalla on monipuoliset ominaisuudet elintarvikkeiden valmistuksessa, sitä käytettiin opinnäytetyön reseptissä sen vaahtoutumis- ja hyytymiskykyjen takia tuomaan rakennetta tuotteeseen, sekä sitomaan muita käytettäviä raaka-aineiden komponentteja. (Stadelman 1995)

### 2.1.3 Tumma suklaa

Aito suklaa on valmistettu kaakaomassasta, johon on lisätty tarpeen ja suklaatyypistä riippuen vaihtelevat määrät vaniljaa tai vanilliinia ja lesitiiniä. Vaniljaa lisätään suklaaseen tasoittamaan sen makua ja lesitiiniä pääsääntöisesti parantamaan tuotteen viskositeettia ja käsiteltävyyttä. Suklaita on monia eri vahvuuksia, joka vaikuttaa suuresti sen makuun. Tuotteen makua usein miedonnetaan lisäämällä sokeripitoisuutta ja maitoa, jolloin kaakaomassalle ominainen kitkeryys ja karvaus vähenevät.

Työssä käytettiin tummaa taloussuklaata, jonka kaakaokuiva-aineen kokonaispitoisuus oli 44 % ja sen pääasiallisena tarkoituksena reseptissä on luoda suklaamoussepohjalle sen ominainen maku. (Beckett 2000)

Opinnäytteen aikana käytetyn suklaan ravintosisältö per 100 g:

- Rasvaa 30 g, josta tyydyttyneitä rasvoja on 18 g
- Hiilihydraatteja 59 g, joista sokereita 54 g
- Proteiinia 3,9 g
- Vettä on arviolta 1,4 g

#### 2.1.4 Kermavaahto

Kerma valmistetaan separoimalla se maidosta. Separoinnissa keskipakovoimaa hyväksi käyttämällä raakamaidosta saadaan erotettua maito ja kerma erillisiin faaseihin separaattorissa olevien metallilevyjen erikokoisten reikien läpi. (Milk Works 2017) Kerman muuttuminen vaahdoksi vatkauksen aikana tapahtuu niin, että prosessin aikana kermaan sekoittuu ilmaa, jonka johdosta sen rakenne muuttuu kiinteämmäksi. Tällöin vaahdon ilma-vesi-rajapinnoissa rasvapallot sulautuvat yhteen ja samalla stabiloivat vatkauksessa ilmestyvät ilmakuplat ja näin jäykentävät niitä. (Turtia 2009)

Opinnäytetyössä moussekakkupohjaa valmistettaessa käytettiin iskukuumennettua vispikermaa, joka sisältää 38 % rasvaa. Sen tarkoituksena oli antaa tuotteelle makua, ulkonäköä sekä rakennetta.

Opinnäytteen aikana käytetyn vispikerman ravintosisältö per 100 g:

- Rasvaa 38 g, josta tyydyttyneitä rasvoja on 21 g
- Hiilihydraatteja 3 g, joista sokereita 2 g
- Proteiinia 2 g
- Suola 0,1 g

# KUORRUTE

## 3.1 Raaka-aineet

Kehitettävä kaakaokuorrute koostui vedestä, sokerista, kaakaojauheesta, kuohukermasta ja liivateesta.

### 3.1.1 Kaakaojauhe

Kaakaojauhetta saadaan puristamalla teollisesti kaakaomassasta suurin osa rasvasta pois. Tätä pois puristettua rasvaa nimitetään kaakaovoiksi. Ennen kuin varsinainen puristus aloitetaan, kaakaon pavut alkaloidaan maun ja puristusprosessin tehostamista varten. Prosessin tuloksena on niin sanottu kaakaokakku, joka jauhetaan ja jäädytetään. (Lima 2012)

Tavallisesti kaakaojauhe sisältää noin 10 % rasvaa ja näin oli myös opinnäytetyössä käytetyn kaakaojauheen kohdalla. Kaakaojauhe sisältää yleensä myös erilaisia flavonoideja, sekä piristäviä alkaloideja, kuten kofeiinia, teobromiinia ja teofylliiniä. (Apgar & Tarka 1997)

Opinnäytetyön tuotteen reseptissä kaakaojauheen päällimmäisenä tarkoituksena oli luoda kuorrutteeseen sen ominainen kaakaon maku.

### 3.1.2 Kuohukerma

Kuohukerman tehtävänä kuorrutteessa oli antaa sille tekstuuria ja makua. Toisin kuin vispikerma moussepohjassa, kuohukermää ei kuorrutteen valmistuksen aikana vaahdotettu.

Opinnäytteen aikana käytetyn kuohukerman ravintosisältö per 100 g:

- Rasvaa 36 g, josta tyydyttyneitä rasvoja on 20 g
- Hiilihydraatteja 3 g, joista sokereita 3 g
- Proteiinia 2 g

### 3.1.3 Liivate

Liivatteen tehtävänä kuorrutteen reseptissä on luoda kuorrutteeseen tekstuuria, sekä luoda seoksen jäähtymisen aikana tarvittava hyytymisreaktio. Perusreseptin mous- sessa ja kuorrutteessa käytettiin liivatelehteä, vaikka vaihtoehtoisia hyytelöimisaineitakin kokeiltiin. (Liivatteen ominaisuudet on selitetty tarkemmin kappaleessa 2.1.1)

# PROTEIINIT

Proteiinit ovat aminohappoketjuista koostuvia orgaanisia yhdisteitä tai joskus myös toisiinsa liittyneiden ketjujen kompleksi. Ne luetaan perusravintoaineiksi yhdessä rasvojen ja hiilihydraattien kanssa. Muun muassa entsyymit ovat proteiineja, jotka katalysoivat erilaisia kemiallisia reaktioita. (Whitford 2005)

Proteiinien pääsääntöinen tehtävä on toimia kaikkien eri solujen rakennusaineena ja toimintojen suorittajina, josta johtuen ne ovat välttämättömiä elintoimintojen kannalta. Solujen kuivamassasta jopa 50 % on usein proteiinia. Proteiinien muodostuminen tapahtuu transkriptiossa ja translaatiossa DNA:n koodaamana aminohapoista. (Whitford 2005)

Ravintoaineina proteiinit myös ylläpitävät muun muassa ihmisen lihasmassaa, sekä estää mahdollisia proteiinien puutostiloista johtuvia sairauksia, kuten esimerkiksi marasmia. Proteiinia imeytyy kehoon kerrallaan noin 20 – 40 grammaa ja ylimääräiseksi jäänyt proteiini muuttuu sokeriksi, jota varastoituu kehoon rasvana. Proteiinin ravitsemuksellinen laatu on riippuvainen sen aminohapposisällöstä. Eläinperäiset tuotteet sisältävät yleensä aina niin sanottuja välttämättömiä aminohappoja. (Whitford 2005)

Proteiinin rakenteen voi karkeasti luokitella neljälle eri tasolle:

- Primaarirakenne, joka on aminohappojen järjestys polypeptidiketjussa
- Sekundaarirakenne, joka tarkoittaa proteiinin rikkisiltoja ja vetysidoksia
- Tertiäärirakenne, jolla viitataan proteiinin avaruudelliseen rakenteeseen
- Kvaternäärirakenne, joka tarkoittaa aminohappoketjujen ryhmittymää

Proteiinit saattavat myös denaturoitua eli menettää rakenteensa, mikäli ne joutuvat liian kuumaan lämpötilaan tai erityisen happamiin tai emäksisiin olosuhteisiin. Denaturoinnin tapahtuessa proteiini menettää funktionsa ja toimintakykynsä. Vastareaktionä tälle toimii renaturaatio, jossa proteiini saa rakenteensa takaisin, jota tapahtuu esimerkiksi elintarvikkeiden valmistuksen aikana, kun proteiinit kuumennettaessa denaturoituvat ja jäädytyksen johdosta renaturoivat valmistusprosessin aikana. (Whitford 2005)

Proteiinit tuovat elintarvikkeissa myös tekstuuria tuotteisiin. Esimerkiksi proteiinit saavat aikaan vaahtoutumista denaturoitumisen ja voimakkaan sekoittamisen aikana. Tällä tavalla muun muassa kananmunan valkuaisen rakenne muuttuu kiinteämmäksi. Proteiinien taas renaturoituessa niiden denaturoituessa syntynyt tekstuuri säilyy ja antaa elintarvikkeelle rakennetta. (Whitford 2005)

# HIILIHYDRAATIT

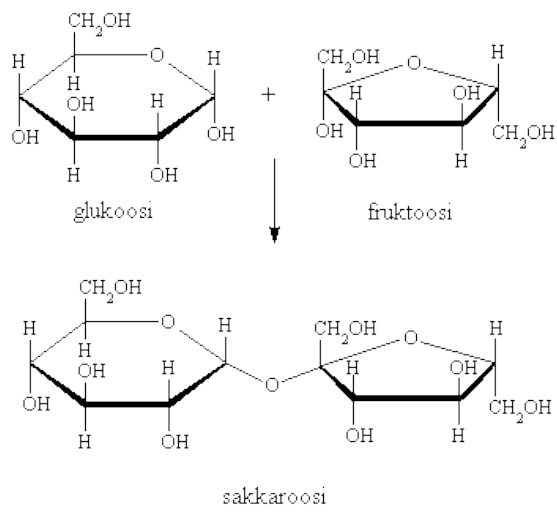
Hiilihydraatit ovat hiilestä, vedystä ja hapesta koostuvia orgaanisia yhdisteitä ja niistä olennaisimpia ovat muun muassa sokerit, tärkkelys sekä selluloosa.

Sokerit ovat hiilihydraatteja ja niiden molekyylit koostuvat joko yhdestä tai kahdesta sokeriyksiköstä. Sokerit liukenevat hyvin veteen, mutta ne voidaan myös kiteyttää. Sokerit voidaan jakaa karkeasti kahteen erilaiseen aineryhmään: monosakkarideihin ja disakkarideihin. Sokerin tehtävän kuorutteessa oli antaa sille makeutta. (Jenkins & Jenkins 1986)

Monosakkaridit ovat koostumukseltaan yksinkertaisempia, sillä niissä on vain yksi sakkariidirengas, johon muut ryhmät ovat liitettynä. Monosakkarideissa on yleensä viisi- (pentooseja) tai kuusi hiiliatomia (heksoosit). Heksooseista oleellimmat ovat muun muassa glukoosi ( $C_6H_{12}O_6$ ), fruktoosi ( $C_6H_{12}O_6$ ) ja galaktoosi ( $C_6H_{12}O_6$ ), sekä pentooseista riboosi ( $C_5H_{10}O_5$ ) ja deoksiriboosi ( $C_5H_{10}O_4$ ). (Westman 2002)

Disakkaridit ovat koostumukseltaan monimutkaisempia ja muodostuvat kahdesta sakkariidista. Kun vesimolekyyli lohkeaa, nämä sakkariidit yhdistyvät glykosididoksella ja sidoksessa on happiatomin muodostama silta. Tärkeimpiä disakkarideja ovat sakkaroosi ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), Maltoosi ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), Laktoosi ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) ja trehaloosi ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ).

Opinnäytetyössä hiilihydraatteja ovat muun muassa tärkkelys ja sokeri, joita reseptissä käytetyt suklaa ja kaakaojauhe sisältävät. Tärkkelys ei liukene kylmään veteen, joka on yksi syistä, miksi valmistusprosessin aikana seoksia pitää kuumentaa määrättyihin lämpötiloihin. Korkea lämpötila parantaa myös sokerin liukenemista veteen, sekä suklaan ja liiviatteen nesteytymisessä. (Jenkins & Jenkins 1986)



Kuva 1. Hiilihydraattien kemiallisia rakenteita (OPH 2017)

# TUOTEKEHITYS VAIHEITTAIN

Tuotekehityksellä yleisesti katsoen tarkoitetaan toimeksiantoa tai prosessia, jonka tarkoituksena on joko kehittää täysin uusi tuote tai parantaa jo jonkin olemassa olevan tuotteen ominaisuuksia ja/tai laatua, joista jälkimmäiseen pyrittiin opinnäytetyön projektin kautta. Näiden ehtojen toteuttamiseksi suoritetaan lukuisia tutkimuksia ja niiden kautta saatujen tulosten sekä kokemusten kautta saatuja tietoja ja havaintoja sovelletaan kehitettävään kohteeseen sen kehittymisen edistämiseksi.

## 6.1 Aloitus

Tuotekehityksen aloittamiseksi pitää selvittää muun muassa seuraavat asiat:

- Tuotepaketti, johon kuuluu esimerkiksi brändi, muotoilu hinta/laatusuhde yms.
- Tuotetuki eli toimitus, takuu jne.
- Kierrätys ja elinkaarikustannukset

Koska opinnäytetyön tuotekehitys tapahtui pitkälti yrityksen näkökulmasta, tällöin toimeksiantaja resursoi tuotekehitystoiminnan ja siihen liittyvän suunnittelun, sekä asetti niille tarpeelliset tavoitteet. Näiden pohjalta luotiin tuotestrategia, josta selviää projektin luonne ja se millaista tuotetta kehitetään. Tämän lisäksi huomioon on otettava verotukseen ja ympäristöön liittyvät lait. (PDMA 2017)

## 6.2 Kehittäminen

Aloitusvaiheiden jälkeen voidaan toimeksiantoa rajata ja tarkentaa. Tätä varten yrityksen on tehtävä markkinaselvitys muun muassa kehityksen tavoitteellisista hyödyistä. Opinnäytetyön luonteen takia näistä olivat oleellisimpia asiakkaan mieltymykset, sekä miten tuotekehityksestä seuraavat tulokset auttavat markkinoinnissa kilpailijoihin nähden. Rajauksen ja tarkennuksen aikana luodaan myös vaatimuslista, joka asettaa projektille parametrit, joiden mukaan tuotekehitystä tulisi viedä eteenpäin. Vaatimuslista sisältää yleensä tuotteen ulkonäköön, lainsäädäntään ja käyttöön liittyviä asioita. Elintarvikkeiden tuotekehityksessä voidaan myös määrittää esimerkiksi kehitettävän tuotteen reseptiin

liittyvät rajat, joista selviää, mitkä kriteerit tuotekehityksen tulisi vähintään täyttää. (PDMA 2017)

Ideoinnin aikana ja konseptia mietittäessä pyritään etsimään systemaattisella tavalla kaikkia mahdollisia ratkaisuja kehityksen toteuttamiseksi. Mahdollisia ratkaisuiideoita voidaan saada myös esimerkiksi asiakaskyselyillä tai patenteista. Tärkeää tässä vaiheessa on myös yleinen ongelman analysointi. Mikäli tuotteella on ulkonäöllisiä tai tekstuurillisia vaatimuksia niiden parametrit määritetään yrityksen toimesta. Tämä on erityisen tärkeää elintarviketeollisuudessa, sillä tuotteen ulkonäkö voi vaikuttaa ratkaisevasti kuluttajan ostopäätökseen. (Petroski 1996)

# KYLMÄSÄILYTYS

Elintarviketeollisuudessa kylmäsäilytyksellä pyritään estämään erilaisten pieneliöiden toimintaa ja näin pidentämään tuotteiden säilyvyyttä. Tuotteet, jotka vaativat kylmäsäilytystä voidaan karkeasti jakaa pilaantuviin ja helposti pilaantuviin. Normaalisti niin sanottuja tuoretuotteita kylmäsäilytetään 0 - 8 °C:ssa, sillä tämän tyyppiset tuotteet eivät usein saa jäätyä. (Saarela ym. 2010)

Pakastuksessa tuote säilytetään usein paljon alhaisemmissa -18 - -20 °C lämpötiloissa, jonka ansiosta tuotteen säilyvyys kasvaa huomattavasti. Tämä johtuu siitä, että pakastaessa pieneliöiden kasvu ja leviäminen pysähtyvät käytännössä kokonaan. Pakastaminen säilyttää myös usein ruoka-aineet melko tuoreena, muun muassa ravintoarvot pysyvät pakastaessa hyvin samoina. Pakastaminen vaikuttaa kuitenkin aina elintarvikkeiden tekstuureihin riippuen niiden ominaisuuksista. (Tampereen koulutietokanta 2017)

Pakastukseen käytetään teollisuudessa lukuisia erilaisia menetelmiä, joista yleisimpiä ovat:

- Leijupakastus: käytetään usein esimerkiksi marjojen tai kasvien pakastukseen. Prosessin aikana tuotteet pakastuvat erillään kylmän ilmavirtauksen avulla.
- Kaappipakastus: Pakastettavat tuotteet pinotaan kylmäkaappiin, jossa käytetään usein jäähdytysaineina nestemäistä tyyppiä ja hiilidioksidia.
- Kontaktipakastus: Pakastusprosessi tapahtuu käyttämällä jäädetyttyjä metallilevyjä ja muotteja.
- Kryogeeninen pakastus: Elintarvikkeiden pintoihin suihkutetaan suoraan nestemäistä kaasua, kuten tyyppiä tai hiilidioksidia.

Opinnäytetyön kylmäsäilytyksessä huomiota piti kiinnittää erityisesti suklaan ja kaakaokuorrutteen ominaisuuksiin ja siihen, miten ne muuttuvat eri lämpötiloissa. Suklaa on luonnostaan erittäin herkkä keräämään vieraita makuja ja hajuja. Tämän lisäksi suklaatuotteissa saattaa ilmetä alhaisissa lämpötiloissa ”sokerin kukintaa” (engl. sugar bloom), jolloin sokerit nousevat pintaan ja aiheuttavat mattapintaisuutta, kosteutta ja väri vaihtelua tuotteessa. Myös kananmuna reagoi pakastuslämpötiloihin, jolloin sen valkuaisen tekstuuri muuttuu paksummaksi ja sen viskositeetti nousee. (Saarela ym. 2010)

# KUORRUTUS

Kuorruttamisella tarkoitetaan teollista prosessia, jossa lisäämällä nestemäistä tai pulverimaista pinnoitetta tuotteeseen pyritään antamaan sille uusia, useimmiten aistinvaraisia, ominaisuuksia.

Pääsääntöisesti kuorrutusprosessi on riippuvainen siinä esiintyvistä mekaanisista voimista. Yleisesti kuorruttamisen aikana kuorrutteen partikkelit pyritään saamaan hallitusti liikkeelle, jotta se saataisiin levittymään tasaisesti halutulla levitysvoimalla ja -nopeudella. Kuorruttamisen aikana ilmenee useita elintarviketeknologisia ilmiöitä, kuten adheesiota, kitkautumista, viskoosiutta, pintajännitystä ja kiteytymistä. Kuorruttaminen tai pinnoittaminen on pitkälti kiinni käytettävien raaka-aineiden kemiallisista koostumuksista, sillä se voi aiheuttaa tuotteiden välillä erilaisia reaktiota. (Debeaufort & Voilley 2009)

Tyypillinen pinnoittamisprosessi voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen:

- Lisäys: Kuorrute lisätään pinnoitettavalle tuotteelle erissä, riippuen sen pinta-alasta ja siitä riippuvasta kuorrutteen määrästä. Mikäli tuotteeseen pitää lisätä suuria määriä kuorrutetta, suositaan levitys- tai dippausmenetelmiä.
- Adheesio: Pinnoitetun tuotteen ja kuorrutteen välillä tulisi tapahtua sitoutumista, jotta niiden välille voi syntyä kemiallisilta ominaisuuksiltaan mahdollisimman vahva sidos
- Yhdistyminen: Nestemäisten tuotteiden tapauksessa erilliset ”pisarat” voivat yhdistyä ja muodostaa yhtenäisen kerroksen.
- Stabilointi eli vakauttaminen: Riippuen pinnoitteen raaka-aineista, sekä pinnoitettavasta tuotteesta, pinnoite saadaan stabiloitua poistamalla liuotin (veden kuivuminen tai höyrystyminen), kiteytymällä (sokeri kiteytyy veden höyrystyessä ja rasva jäähtymällä) tai lämpökäsittelyllä (proteiinien koagulaatio eli hyytyminen kuumennuksessa). (Shively & Tarka 1984)

## AISTINVARAINEN ARVIOINTI

Opinnäytetyössä suoritettussa tuotekehityksessä huomioon otetaan erityisesti koe-erien kuorrutteen paksuus, sekä tuotteen käyttäytyminen säilytysolosuhteissa.

Säilytysolosuhteissa kuorrutteen reagointia alhaisiin lämpötiloihin seurattiin 2 – 3 vuorokautta, jonka aikana huomioitiin pääsääntöisesti sitä, miten paljon se kerää tarkkailujakson aikana kosteutta pinnalleen.

Tarkkailujakson jälkeen suoritettiin pelkistetty aistinvarainen arviointi, jossa pyrittiin huomioimaan reseptiin tehtyjen muutosten, valmistuksessa käytettyjen lämpötilojen sekä kylmäsäilytyksen aiheuttamia mahdollisia maku- ja tekstuurieroja alkuperäiseen reseptiin nähden. Mikäli valmistusprosessiin oli testausta varten tehty muutoksia, myös niiden vaikutukset pyrittiin huomioimaan aistinvaraisessa arvioinnissa.

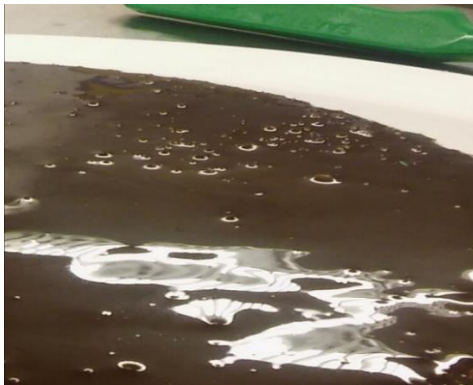
Aistinvaraisessa arvioinnissa arvioitiin tuotteen maku, ulkonäkö ja tekstuuri, sekä mahdollisten resepti tai valmistusprosessiin tehtyjen muutosten vaikutusta tuotteeseen verrattuna perusreseptiin.



Kuva 2. Valmis kakku



Kuva 3. Esimerkki nahkoittuneesta pinnasta



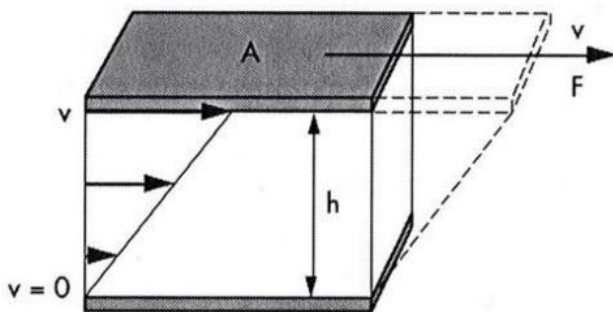
Kuva 4. Esimerkkejä kuorutteen hikoilusta

# REOLOGIA

Reologia on fysiikan ja fysikaalisen kemian tieteenala, joka tutkii aineiden virtaus- ja muodonmuutosominaisuuksia. Vaikka termi reologia juontaa juurensa kreikankielisistä sanoista "rhein" ja "logia", jotka tarkoittavat virtaustiedettä, se tutkii nesteiden virtausominaisuuksien lisäksi myös kiinteiden aineiden muodonmuutosta. Nämä liittyvät toisiinsa, sillä leikkausvoimien tuottamat suuret muodonmuutokset aiheuttavat useissa materiaaleissa virtauksen. (Mezger 2011)

## 10.1 Viskositeetti

Fluidit eli nesteet ja kaasut ovat virtaavia materiaaleja. Kaikissa virtaavissa fluideissa molekyylien liike suhteessa toisiin molekyyliin aiheuttaa niiden välille aineen sisäistä kitkaa. Tätä virtauksessa esiintyvää vastusta voidaan kuvata viskositeetin avulla. (Mezger 2011)



Kuva 5. Kahden levyn malli (Mezger 2011)

Kuvan 5. kahden levyn mallia käytetään reologisten arvojen kuvaamiseen. Ylempi leikkauspinta-alan  $A$  omaava levy liikkuu leikkausvoimalla  $F$ , joiden avulla voidaan määrittää näytteen pinnalla esiintyvä leikkausjännitys  $\tau$  kaavan 1 mukaisesti. (Mezger 2011)

$$\tau = \frac{F}{A}, \quad (1)$$

jossa  $\tau$  on leikkausjännitys [Pa]

$F$  on leikkausvoima [N]

$A$  on tason pinta-ala [m<sup>2</sup>]

Kahden levyn mallissa oleva ylemmän levyn liike aiheuttaa mitattavalle fluidille laminaarivirtauksen, jonka nopeuden  $v$  ja levyjen välisen korkeuden  $h$  avulla voidaan määrittää leikkausnopeus  $\dot{\gamma}$  kaavan 2. mukaisesti. (Mezger 2011)

$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h}, \quad (2)$$

jossa  $\dot{\gamma}$  on leikkausnopeus [1/s]

$v$  on nopeus [m/s]

$h$  on levyjen välinen etäisyys [m]

Viskositeettimittauksissa käytetään dynaamista ja kinemaattista viskositeettia näytteen käyttäytymisen mukaisesti. Dynaamista viskositeettia mitataan tyypillisesti näytteen ollessa ei-newtoninen ja kinemaattista sen ollessa newtoninen. (Mezger 2011)

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}, \quad (3)$$

jossa  $\eta$  on dynaaminen viskositeetti [Pas]

$\tau$  on leikkausjännitys [Pa]

$\dot{\gamma}$  on leikkausnopeus [1/s]

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}, \quad (4)$$

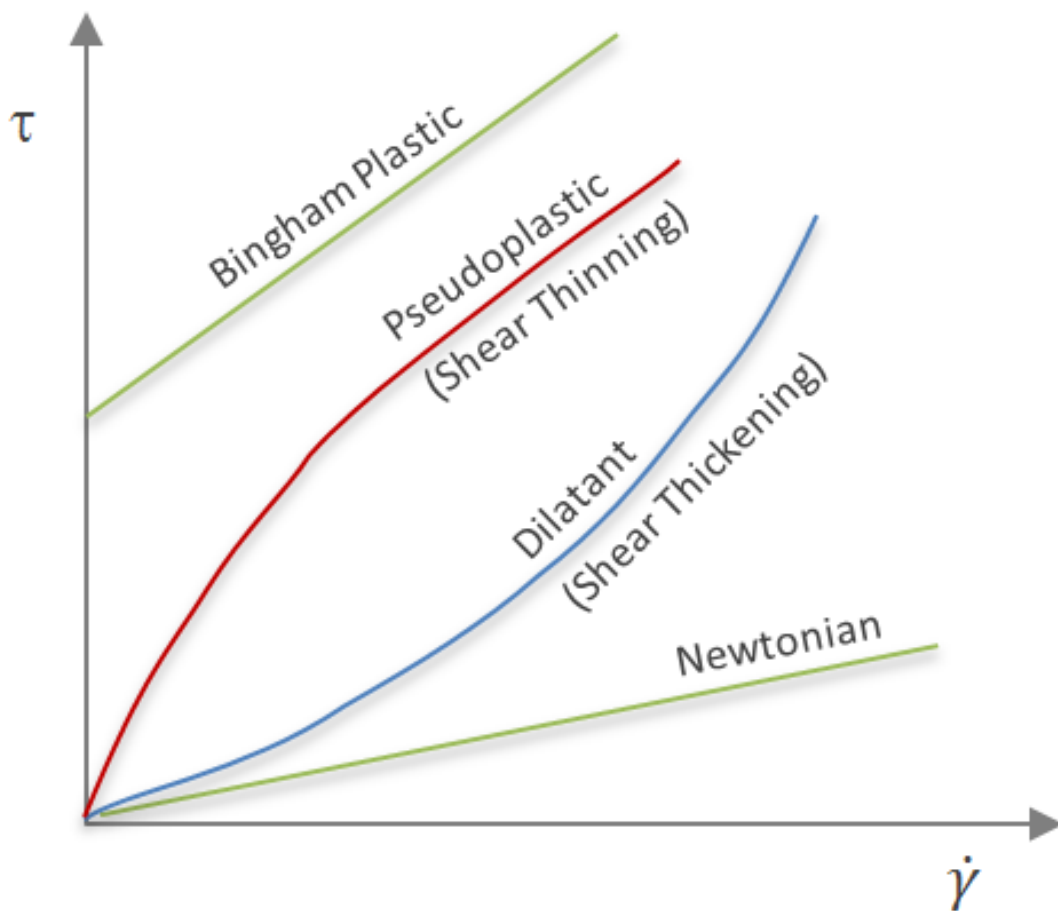
jossa  $\nu$  on kinemaattinen viskositeetti [mm<sup>2</sup>/s]

$\eta$  on dynaaminen viskositeetti [Pas]

$\rho$  on tiheys [kg/m<sup>3</sup>]

## 10.2 Fluidien jaottelu

Reologiassa mitattavat näytteet jaetaan newtonisiin ja ei-newtonisiin fluideihin. Newtonisen fluidin viskositeetti ei muutu, kun siihen kohdistetaan voimaa, joten leikkausnopeus ei vaikuta sen ominaisuuksiin. Newtonisia aineita ovat mm. vesi, alkoholi, glyseroli, mineraaliöljy ja kaasut. Ei-newtonisissa fluideissa leikkausnopeus vaikuttaa materiaalin viskositeettiin ja ominaisuuksiin. Ne voidaan jakaa käyttäytymisen mukaan dilatantteihin (leikkauspaksuneva), pseudoplastisiin (leikkausoheneva) ja viskoplastisiin (Binghamplastiset). (RheoSense 2016)



Kuvio 2. Fluidien jaottelu leikkausjännityksen ja leikkausnopeuden yhtälönä (Polymer Properties Database 2015)

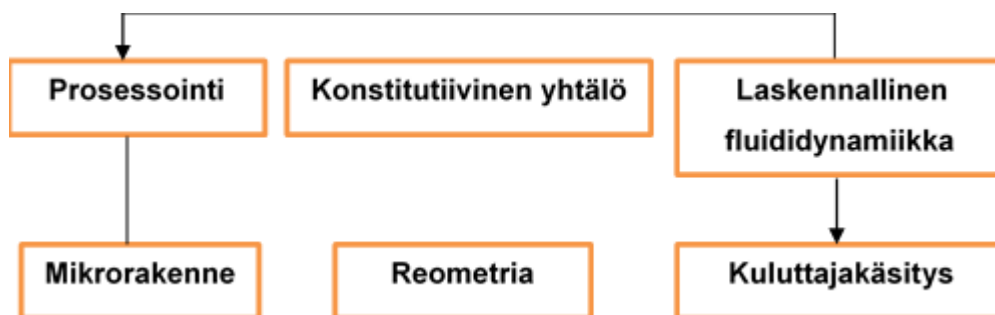
Fluidi on dilatantti, jos leikkausnopeuden kasvaessa viskositeetti nousee ja pseudoplastinen viskositeetin laskiessa. Dilantteihin fluideihin kuuluvat veden ja maissitärkkelyksen seos ja pseudoplastisiin kuuluvat ketsuppi, maalit, sekä veri. Viskoplastiset fluidit alkavat virrata minimileikkausjännityksessä, jonka jälkeen ne käyttäytyvät kuten newtoniset tai pseudoplastiset fluidit. Näistä esimerkkinä mainittakoon majoneesi. (RheoSense 2016)

### 10.3 Reologia elintarviketeollisuudessa

Reologialla on tärkeä osa elintarvikkeiden valmistuksessa ja markkinoinnissa, tuotteen käsittelyn suunnittelussa, laadunvalvonnassa, sekä aistinvaraisessa arvioinnissa. Valmistusprosessi usein määrittää tuotteen mikrorakenteen ja myös sen reologiset ominaisuudet.

Reologia vaikuttaa usein myös prosessiin, varsinkin jos tuote on erittäin viskoelastinen tai leikkausoheneva. Reologisia mittauksia voidaan käyttää muun muassa lopputuotteen laadunvalvonnassa ja ongelmien määrittämisessä. Mittaustuloksia hyödyntämällä voidaan esimerkiksi määrittää sopiva muodonmuutosnopeus (eng. deformation rate).

Reologisista mittauksista saatavilla yhtälöillä voidaan myös laskea virtausnopeuksia muissa prosessilaitteistoissa. Tuotteen reologiaa voidaan myös verrata kuluttajien subjektiiviseen havaintokykyyn aistinvaraisissa kokeissa. (Muredzi 2017)



Kuvio 3. Elintarvikereologian tärkeät osa-alueet. (Muredzi 2017)

# REOLOGISET MITTAUKSET

## 11.1 Reometri

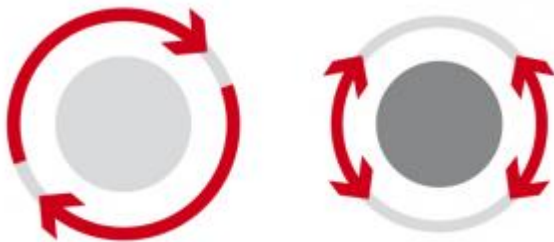
Reometriä käytetään mittaamaan reologisia parametrejä. Reometrit voidaan jakaa karkeasti kahteen erilaiseen laitetyyppiin: Vakioleikkauslaitteet, joka mittaa jännitystä ja säätää leikkausnopeutta, sekä vakiojännityslaitteet, jotka puolestaan mittaavat nopeutta ja säätävät leikkausjännitystä. (Utz 2016)

## 11.2 Rotaatiomittaus

Rotaatiomittauksia käytetään selvittämään, onko neste newtoninen vai ei-newtoninen. Tämä saadaan selville käyttämällä virtausominaisuusmittausta (eng. Flow curve). Mittaustuloksia hyödyntämällä saadaan selville dynaaminen viskositeetti, joka kuvaa mitattavan näytteen viskoosisia ominaisuuksia. (Utz 2016)

## 11.3 Oskillaatiomittaus

Oskillaatiomittauksissa käytetään menetelminä yleensä frekvenssipyyhkäisyä (amplitudi on vakio taajuutta muutettaessa), sekä amplitudipyyhkäisyä (taajuus on vakio amplitudia muutettaessa). Näillä mittauksilla saadaan selvitettyä mitattavan aineen viskoelastisuutta. (Utz 2016)



Kuva 6. Rotaatio- ja oskillaatiomittauksen liike (Anton Paar 2016)

Opinnäytetyössä käytettiin Anton Paar MCR 102-reometriä, joka mahdollistaa sekä rotaatiomittausten että oskillaatiomittauksten suorittamisen. MCR 102 sisältää myös lämpötila-anturin ja säätölaitteen. Lämpötilan tarkkailu reologisten mittausten aikana on erittäin tärkeää, sillä niiden vaihtelut vaikuttavat parametreihin hyvin paljon. Esimerkiksi kalibrointiin käytettävän öljyn parametrit muuttuvat jopa 7 %, mikäli lämpötila nousee vain 1 °C. (Utz 2016)

Taulukko 1. Reometrin mittaussuureet ja parametrit (Anton Paar 2016)

<b>Mittaussuure</b>	<b>Reologiset parametrit</b>
Vääntömomentti, $M$ (mNm)	Leikkausjännitys, $\tau$ (Pa)
Poikkeamiskulma, $\varphi$ ( $\mu\text{rad}$ )	Muodonmuutos, $\gamma$ (%)
Nopeus, $n$ ( $\text{min}^{-1}$ )	Leikkausnopeus, $\dot{\gamma}$ ( $\text{s}^{-1}$ )

#### 11.4 Reologisten mittausten suorittaminen

Opinnäytetyön reologisten mittausten aikana suoritimme näytteille lukuisia viskositeetti mittauksia 25 °C, 30 °C ja 35 °C lämpötiloissa. Mittauksessa Reometri mittaa leikkausjännitystä leikkausnopeuden funktiona ja laskee mitatuista arvoista viskositeetin. Nämä parametrit sopivat parhaiten suklaa- ja kaakaopohjaisten nestemäisten tuotteiden mittauksiin, sillä ne ovat niiden yleisimmät tuotantoprosesseissa määritetyt parametrit.

Myötöjännitys (eng. Yield stress) tarkoittaa tässä yhteydessä siirtymistä pseudokiinteään ja pseudonestemäisen käyttäytymisen välillä, joka on yhteydessä minimileikkausnopeuteen. Viskositeetti taas määrittää tuotteen ns. pumppausominaisuuksia, pinnoitusominaisuuksia sekä suklaan tai kaakaomassan aistinvaraisia ominaisuuksia.

Kaikki reologiset vertailunäytteet ovat 30 °C lämpötilassa suoritettujen mittausten tuloksia, jotta nähdään tulosten eroavaisuudet levitykseen sopivimmista optimilämpötiloista. Vertailun kohteena kaikkiin tuloksiin käytetään perusreseptin tuoreeltaan valmistetun kuorrutteen tuloksia, jotta resepteissä tehdyt muutokset kyettäisiin huomioimaan mahdollisimman hyvin.

# KUORRUTTEEN TUOTEKEHITYS JA KOE-ERÄT

Kuorrutteen tuotekehityksessä suoritettiin erilaisia kokeita, joissa muokattiin alkuperäistä reseptiä, valmistuksen aikana käytettäviä lämpötiloja, sekä säilytysolosuhteita. Kokeissa käytettiin lämpölevyä, joten lämpötilat vaihtelevat ajoittain levylämmön epätarkkuuden takia. Joissakin kokeissa lämpötilaa on optimoitu tarkoituksella, josta mainitaan koe-erien kohdalla erikseen.

Kokeiden aikana valmistetuista kuorrutteista suoritettiin reologisia mittauksia, joiden avulla tarkasteltiin näytteiden viskositeettia ja sen vaikutusta tuotteen hikoiluun. Ensimmäisten koe-erien (koe-erät 1 – 10) reologiset tulokset eivät olleet työn kannalta merkittäviä, koska niissä keskitytään moussessa tehtyihin muutoksiin.

Koe-erissä mainituilla perusreseptillä ja alkuperäisreseptillä viitataan aina MBakerylta saatuun reseptiin. Kuorrutteen levytykset tehtiin kaatamalla kuorrutetta suklaamoussekakkuaihion päälle, raapalla kevyesti avustaen, koe-erä neljää lukuun ottamatta.

## 12.1 Alustavat koe-erät

Alustavat kokeet aloitettiin osana prosessitekniikan kurssia, joka suoritettiin muiden elintarviketekniikan opiskelijoiden kanssa. Kurssiin osallistui kolme eri ryhmää.

Ensimmäisellä ryhmällä oli perusresepti liivatejauheella, jossa mousseseen tuli 20 g:n ja kuorrutteeseen 73 g:n lisäys vettä jauheen turvotusta varten.

Toisella ryhmällä oli muuten sama resepti, kuin ensimmäisellä, mutta kuorrutteesta oli vähennetty veden määrää 73 g ja kuohukerman määrää 8 g.

Kolmannella ryhmällä oli muuten sama resepti, kuin ensimmäisellä ryhmällä, mutta moussessa oli 70 % tummaa suklaata (vrt. 44 %), sekä kuorrutteeseen oli lisätty 33 g kaakaojauhetta ja 4 g liivatetta.

Alustavien koe-erien tuotteista opittiin, että lämpökäsittelyllä ja levytyksellä oli suuri merkitys. Ensimmäisen ryhmän kakusta tuli paras, sillä mousssen jäähtytys ja kuorrutteen levitys onnistuivat parhaiten. Seurannan aikana kuorrute oli myös hikoillut vähiten. Toisella ryhmällä mousse ei ehtinyt jäähtyä tarpeeksi, joka johti epätasaiseen kuorruttee-

seen ja mattapintaisuuteen. Kolmannen ryhmän kuorrutteesta taas tuli liian kiinteää lisätyn gelatiinin ja kaakaon johdosta. Kaikki versiot tehtiin liivatejauheella ja sen vaatimaa vesimäärää ei huomioitu reseptissä. Tulokset osoittivat, miten valitsemamme muutokset vaikuttivat lopputuotteeseen.

## 12.2 Liivatejauheen ja veden määrien muutokset (koe-erät 1 – 3)

Ensimmäisessä koe-erässä mousse sekä kuorrute valmistettiin käyttämällä liivatejauhetta. Liivatejauhetta käytettäessä perusreseptiin tuli mouseen 20 g ja kuorrutteeseen 73 g lisäys vettä jauheen turvotusta varten. Kyseinen versio tehtiin alustavaksi vertailukohteeksi, jotta voitaisiin tarkastella sen käyttäytymistä säilytysolosuhteissa, joihin tulevia variaatioita voidaan näin helposti verrata.

Suklaata sulatettiin liedellä 82-asteisessa vesihautteessa noin 10 minuutin ajan. Valmiin mousemassan annettiin jäähtyä huoneenlämmössä noin 15 minuuttia, jonka jälkeen se laitettiin aihiossaan -20 °C:seen pakastehuoneeseen tunnin ajaksi. Kuorrute kuumennettiin aluksi 60 °C:seen, jonka jälkeen sen annettiin jäähtyä ensin 40 °C:seen kerman lisäystä varten ja lopuksi 28 °C:n levityslämpötilaan. Suklaamousse otettiin pakkasesta huoneenlämpöön puoleksi tunniksi, jonka jälkeen kakun päälle levitettiin kuorrute tasaisesti. Valmis kakku laitettiin kylmiöön kolmeksi vuorokaudeksi tarkkailua varten.

Aistinvaraisesti arvioituna kahden päivän kuluttua kuorrutteen päälle oli muodostunut hieman pieniä vesipisaroita. Kuorrute ei kuitenkaan ollut nahkoittunut ja oli pääasiassa edelleen kelvollisen näköinen.

Toisessa koe-erässä lisättiin koe-erän 1 (liivatejauhe ja lisätty vesi) kuorrutteeseen 12 g liivatejauhetta, jotta nähtäisiin, miten se vaikuttaa kuorrutteen ominaisuuksiin.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastehuoneessa: -20 °C, 1 tunti

Kuorrutteen kuumennus: 60 °C

Jäähdytys: 60 °C → 28 °C (levityslämpötila), 10 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Valmis kakku oli säilynyt ensimmäistä koe-erää paremman näköisenä. Kakku ei ollut hikoillut kahden päivän kuluessa ja kuorrute ei ollut yhtä kiiltävä. Haittavaikutuksena verrattuna ensimmäiseen koe-erään tuotteessa ilmeni myös lievä gelatiinin maku.

Kolmannessa koe-erässä vähennettiin koe-erän 1 (liivatejauhe ja lisätty vesi) kuorrutteen veden määrää 40 grammalla, jotta nähtäisiin, miten yleinen nesteen määrä vaikuttaa lopputulokseen.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastehuoneessa: -20 °C, 1 tunti

Kuorrutteen kuumennus: 60 °C

Jäähdytys: 60 °C → 28 °C (levityslämpötila), 10 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Pintaa tarkkaillessa huomasi, että kuorrutetta oli jäänyt paksumpi kerros moussen pinnalle. Kuorrute ei pääsääntöisesti hikoillut säilytyksen aikana, paitsi yhdestä kohtaa, johon oli jäänyt vähemmän kuorrutetta.

### Johtopäätökset:

Liivatteen määrällä kuorutteessa on selkeästi vaikutus sen hikoiluun ja pinnoitteen säilyvyyteen kirkkaana. Liiallisella gelatiinin määrällä ja kuorutekerroksen paksuudella vesi ei läpäise kuorutteen muodostamaa pintaa, mutta kuorute menettää samalla kiiltävyyttä ja sen suutuntumasta tulee sitkeämpi. Veden lisäys tekee kuorutteesta juoksevampaa ja sen vähennys tekee siitä jämäkämpää ja vaikeammin levitettävää.

#### 12.3 Kerman määrän muutokset (koe-erät 4, 5 & 18)

Tässä kappaleessa käsitellään poikkeuksellisesti myös koe-erä 18, sillä se kuuluu samaan aihepiiriin.

Neljännessä koe-erässä vähennettiin koe-erän 1 (liivatejauhe ja lisätty vesi) moussen vispikerman määrää 60 grammalla, jotta saataisiin käsitys siitä, miten moussen rasvan määrä vaikuttaa tuotteen hikoiluun. Moussen annettiin olla palamuotissa pakastehuoneessa vuorokauden verran ja myös erilaista levitysmenetelmää kokeiltiin (dippausta) päälle kaatamisen sijaan. Dippauksessa kuorutettava moussepala upotettiin ja nostettiin kuorutteesta hitaasti.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastehuoneessa: -20 °C, 1 vrk

Kuorutteen kuumennus: 60 °C

Jäähdytys: 60 °C → 28 °C (levityslämpötila), 10 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Aistinvaraista arviointia ei kyetty tekemään, sillä suklaamousse ei pysynyt kuorrutteen levityksen jälkeen kasassa jääkappilämpötiloissa liian vähäisen vispikerman takia.

Viidennessä koe-erässä lisättiin koe-erän 1 (liivatejauhe ja lisätty vesi) moussen vispikerman määrää 100 grammalla ja pyrittiin saamaan tuotteesta vankempaa (vrt. koe-erä neljän 60 g:n vähennys). Testattiin myös, miten kuorrutteen pakastus ja uudelleenlämmitys vaikuttavat sen ominaisuuksiin.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastuhuoneessa: -20 °C, 1 vrk

Kuorrutteen kuumennus: 60 °C

Jäähdytys: 60 °C → 20 °C (huoneenlämpö), 10 min

Kuorrutteen pakastus pakastuhuoneessa: -20 °C, 1 vrk

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kuorrutteen lämmitys levityslämpötilaan: -20 °C → 28 °C, 10 min

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Koe-erän 18 kuorrutteessa testattiin itse tehtyä kuohukerman korviketta, johon tuli 150 g maitoa ja 67 g voita verrataksemme sen ominaisuuksia kaupallisen kuohukermaan.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastuhuoneessa: -19,6 °C, 1 t 30 min

Kuorrutteen kuumennus: 64,8 °C

Jäähdytys: 64,8 °C → 28,9 °C (levityslämpötila), 19 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20,4 °C, 17 min

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7,3 °C — 7,1 °C, 2 vrk 23 t 10 min

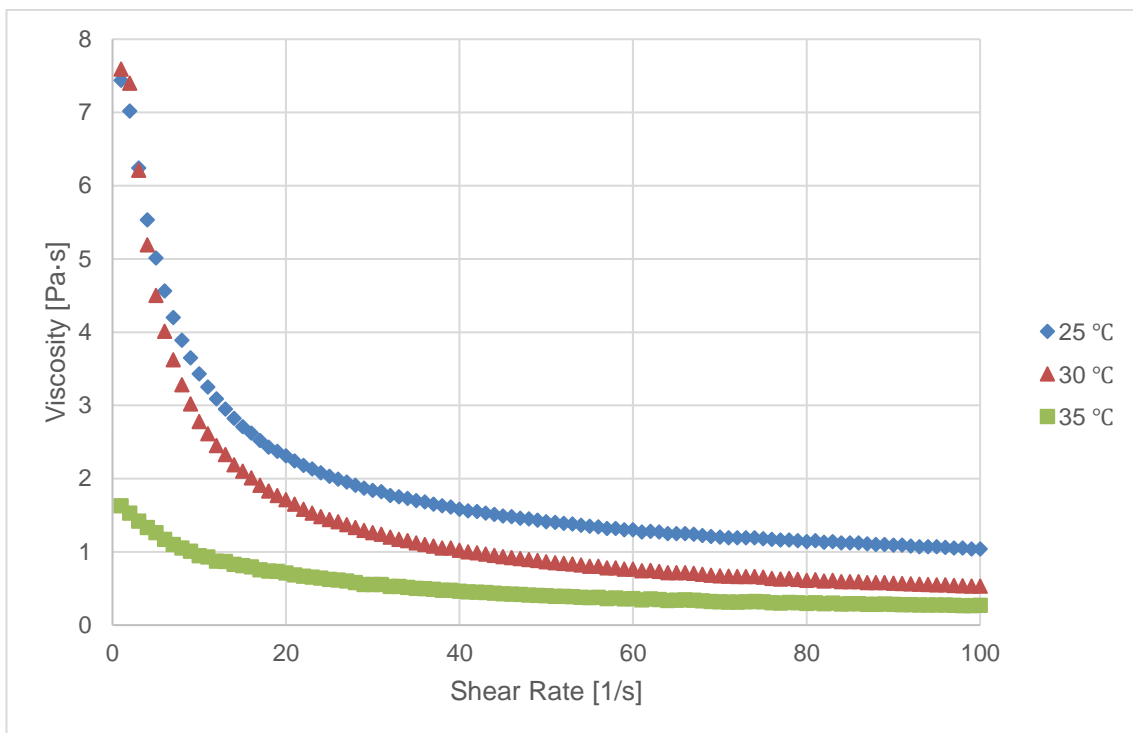
Aistinvaraisesti arvioituna kuorrute, jossa käytimme korviketta, ei eronnut kaupan kuohukermasta paljoakaan. Tuotteen maku, tekstuuri ja ulkonäkö säilyivät samanlaisina kuin perusreseptissä.

### **Johtopäätökset:**

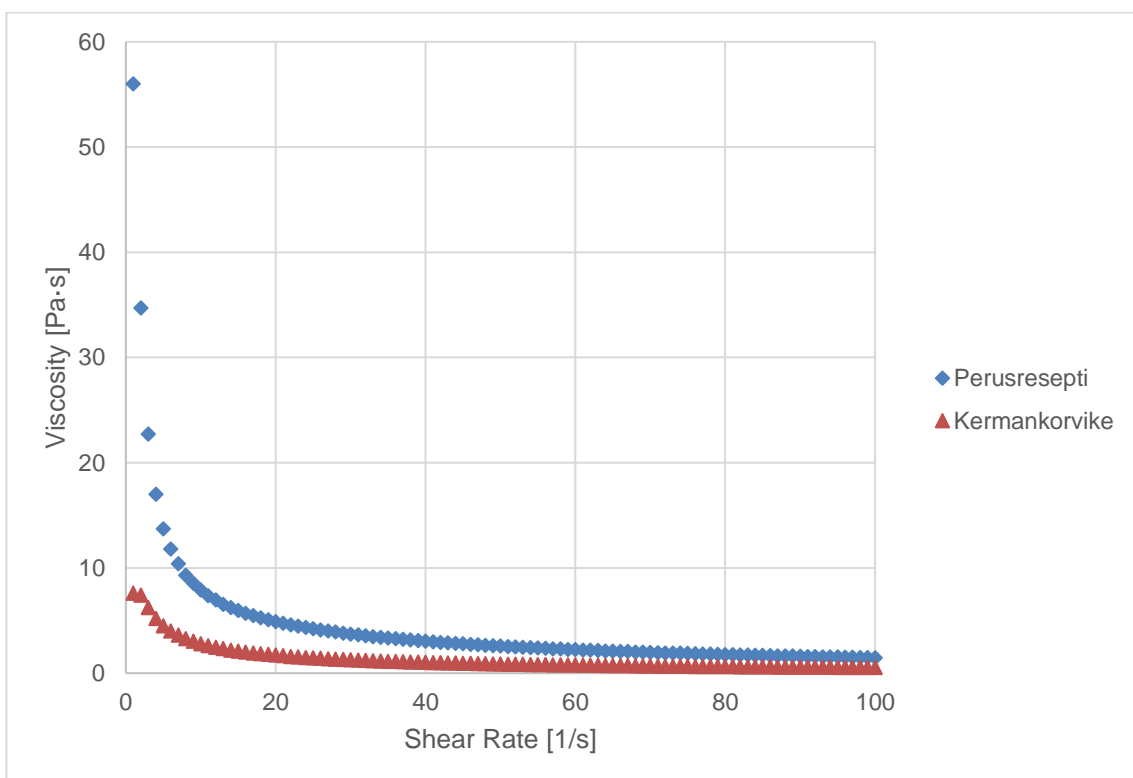
Kuten neljännessä koe-erässä mainittiin, vaahdotettu vispikerma antaa mousselle rakennetta, joten jos sitä vähennetään liikaa, suklaamousse ei enää pysy koossa. Kerman määrän lisääminen johti moussen rasva- ja vesipitoisuuden nousuun.

Dippaus kuorrutteen levitysmenetelmänä toimii moussen ollessa pakastettuna pala-muottiin (vrt. jääkaapissa säilytettyyn kakkuun).

Valmistamamme kuohukerman korvike toimi lähes yhtä hyvin, kuin kaupasta hankkimamme kuohukerma. Valmistusvaiheessa kuorrutteesta ei kuitenkaan tullut yhtä homogeenistä.



Kuvio 4. Kermankorvikkeesta valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 18)



Kuvio 5. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja kermankorvikekuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa

Kuorrute, jossa käytettiin kermankorviketta, vastasin muilta osin tuoreeltaan tehtyä perusreseptiä, jota käsitellään enemmän kappaleessa 12.6 (ks. kuvio 5).

#### 12.4 Kosteussulun lisäys suklaamoussekakuaihioon (koe-erät 6 – 7)

Koe-erässä 6 pyrittiin luomaan gelatiinista eräänlainen kosteussulku koe-erän 1 (liivatejauhe ja lisätty vesi) kuorrutteen ja moussepohjan väliin. Valmistettiin liivatejauheesta ja vedestä hyytelömäinen seos, jota siveltiin ohut kerros moussepohjan pintaan ennen kuorrutteen levitystä. Seosta varten 3 g liivatejauhetta turvotettiin 14,6 g:aan vettä. Liivateseos levitettiin moussen pinnalle sudilla, jonka päälle lisättiin kuorrute normaalilla levitysmenetelmällä.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastehuoneessa: -20 °C, 1 vrk

Kuorrutteen kuumennus: 60 °C

Jäähdytys: 60 °C → 28 °C (levityslämpötila), 10 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Lopputuloksena kuorrute ei ollut hikoillut yhtään kolmen päivän seurannan aikana. Kuorrute oli tosin hieman kuivunut ja gelatiinista valmistettu sulkukerros näkyi pieninä muruina kuorrutteen alta.

Koe-erässä 7 jatkettiin kosteussulkukokeiluja koe-erän 1 (liivatejauhe ja lisätty vesi) reseptillä, mutta tällä kertaa puolet moussen pinnasta peitettiin gelatiinijauheella ja toinen

puoli liivatelehdistä liuotetulla seoksella. Jauheseosta varten 3 g liivatejauhetta turvotettiin 14,6 g:ssa vettä ja lehdestä tehdyn seosta varten 1,5 g:n liivatelehti liuotettiin 48,5 g:aan kuumaa vettä. Liivatelehdistä tehdyn seoksen suhteet saatiin kokeilemalla, millä veden määrällä seoksesta tulisi jauheesta valmistettua seosta muistuttavaa. Liivateseokset levitettiin moussen pinnalle sudilla. Sulun päälle lisättiin silmämääräisesti paksumpi kerros kuorrutetta kuin koe-erässä 6, jotta kosteussulku ei näkyisi kuorrutteen alta.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastehuoneessa: -20 °C, 1 vrk

Kuorrutteen kuumennus: 60 °C

Jäähdytys: 60 °C → 28 °C (levityslämpötila), 10 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Kuorrute ei ollut hikoillut, mutta kuorrute ei pysynyt moussen pinnalla kunnolla. Aistinvaraisten yhteydessä kakkua ei pystynyt leikkaamaan kunnolla, sillä pinnasta oli muodostunut sitkeä kuori, joten tulos ei ollut miellyttävä.

### **Johtopäätökset:**

Kyseisessä muodossaan kosteussulkua ei voida toteuttaa, koska se ei ollut ulkonäöllisesti miellyttävä. Liivatelehtiseoksesta valmistettu kosteussulku oli nahkoittunut kelvottomaksi, mutta jauheella valmistettu puoli oli säilynyt samankaltaisena kuin koe-erän 6 tuloksissa.

## 12.5 Vaihtoehtoisten reseptien kokeilu (koe-erät 8 – 9)

Koe-erässä 8 siirryttiin kokeilemaan liivatelehteä gelatiinijauheen sijasta, sekä moussesta että kuorrutteesta. Tämä sopi reseptiin paremmin, sillä liivatelehteä ei tarvitse turvottaa ylimääräisellä vedellä ja siitä ei jää paakkuja. Lisättiin alkuperäisen reseptin mousseseen 50 g vettä ja testattiin, miten kuorrutteen kylmiösäilytys ja uudelleenlämmitys vaikuttavat ominaisuuksiin.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastehuoneessa: -20 °C, 1 vrk

Kuorrutteen kuumennus: 60 °C

Jäähdytys: 60 °C → 20 °C (huoneenlämpö), 10 min

Kuorrutteen kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 1 vrk

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kuorrutteen lämmitys levityslämpötilaan: 7 °C → 28 °C, 10 min

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Kuorrute ei hikoillut kolmen päivän aikana, vaan kosteus pysyi moussessa. Moussesta tuli kuitenkin liian vetisen makuista.

Koe-erässä 9 päätettiin kokeilla vaihtoehtoista reseptiä, jossa kuorrutteen ainesosat olivat eri suhteissa. Ohjeiden mukaisesti käytettiin myös korkeampia lämpötiloja ja sekoitettiin aineet pienessä tilassa hitaalla nopeudella. Moussessa käytettiin perusreseptiä. Kaakaokuorrute temperoitiin korkeammassa lämpötilassa verrattuna muihin koe-eriin, sillä jotkin rasvat kaakaotuotteissa eivät sulaa ennen yli 90 °C lämpötiloja. (Corriher 2007)

Taulukko 2. Vaihtoehtoisen kuorrutteen resepti

Kerma	96 g
Vesi	112 g
Sokeri	144 g
Kaakaojauhe	48 g
Liivate	12 g

Lämpötila	Säilytys
104 °C	4 °C

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Pakastus: -20 °C, 1 vrk

Kuorrutteen kuumennus: 104 °C

Jäähdytys: 104 °C → 28 °C (levityslämpötila), 10 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Kyseisestä kuorrutteesta tuli liian jämääkkää normaalissa 25 – 30 °C:n levityslämpötiloissa, joten kuorrutetta ei saatu jäähdytyksen jälkeen enää tarpeeksi juoksevaksi levitystä varten.

### **Johtopäätökset:**

Vesi moussessa vaikuttaa sen rakenteeseen ratkaisevasti, sillä se vähensi sen suhteellista rasvapitoisuutta. Liivatelehti toimii reseptissä paremmin, koska kuorrutteen rakenne levityslämpötiloissa on hieman paksumpaa kuin gelatiinijauhetta käytettäessä. Tästä johtuen kuorrute, jossa on käytetty liivatelehteä, on paremmin levittyvä, sekä tarttuu paremmin moussekakkupohjaan. Tämä perustuu täysin aistinvaraisiin arviointeihin.

Vaihtoehtoisessa reseptissä levityslämpötila pitäisi pitää ainakin yli 50 °C:n lämpötilassa, sillä kuorrute alkoi jo tässä vaiheessa jäähmettyä. Tämä johtuu todennäköisesti reseptissä käytetystä korkeasta liivatejauheen määrästä.

## 12.6 Perusresepti liivatelehdellä ja lämpötilojen vaikutus (koe-erä 10 – 12)

Koe-erässä 10 palattiin alkuperäiseen reseptiin liivatelehdellä, sillä aiemmin oli käytetty pääosin liivatejauhetta. Tuorekuorrutteella viitataan siihen, että kuorrutetta ei myöskään kylmäsäilytetty tai pakastettu ennen levitysvaihetta.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Pakastus: -20 °C, 1 vrk

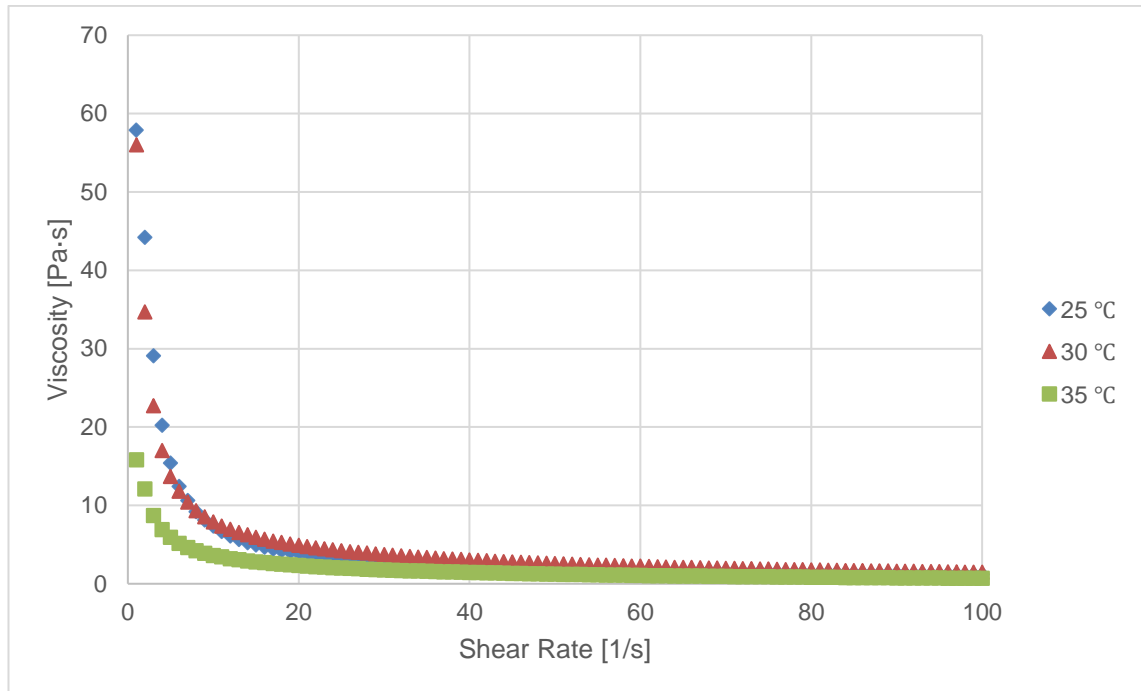
Kuorrutteen kuumennus: 60 °C

Jäähdytys: 60 °C → 28 °C (levityslämpötila), 10 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20 °C, 30 minuutiksi

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7 °C, 2 vrk

Kuorrute tarttui hyvin mousseseen ja siinä oli kiiltävä ja tasainen pinta. Hikoilua ei esiintynyt kolmen vuorokauden seurantajakson aikana ollenkaan. Vastaavanlainen kakku vietiin myös testattavaksi MBakeryn vitriiniin. Tässä testissä kakku oli kuitenkin hikoillut enemmän kuin aikaisemmat koe-erät ja kosteus näkyi suurina vesipisaroina.



Kuvio 6. Tuoreeltaan perusreseptistä valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 10)

Koe-erässä 11 kakku tehtiin alkuperäisen reseptin mukaan, mutta mousse oli vuorokauden jääkaapissa pakastuksen sijaan, jonka jälkeen sen päälle levitettiin kuorrute.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin jääkaappiin)

Suklaamoussen jäähdytys jääkaapissa: -0,3 °C — 0,2 °C, 22 t 45 min

Kuorrutteen kuumennus: 64,6 °C

Jäähdytys: 84,6 °C → 30,1 °C (levityslämpötila), 15 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20,4 °C, 20 min

Kakun kylmäsäilytys (jääkaappi): -1,9 °C — -0,3 °C, 2 vrk 50 min

Kakun kuorrute oli hieman nahkoittunut, sillä Turun AMK:n jääkaappi oli liian kylmä. Pinnote oli kuitenkin päivän aikana muuttunut uudestaan kiiltäväksi, kun se oli ollut +4 °C:n jääkaapissa kolme tuntia.

Koe-erässä 12 tehtiin tuotteet palamuottiin ja mousse pakastettiin. Lisäksi vertailtiin jääkaappi- ja pakastelämpötilojen vaikutusta kuorutteeseen ja sen reologiaan.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus: -24,6 °C — -24,1 °C, 23 t 5 min

Kuorutteen kuumennus: 68,9 °C

Jäähdytys: 68,9 °C → 30,3 °C, 17 min

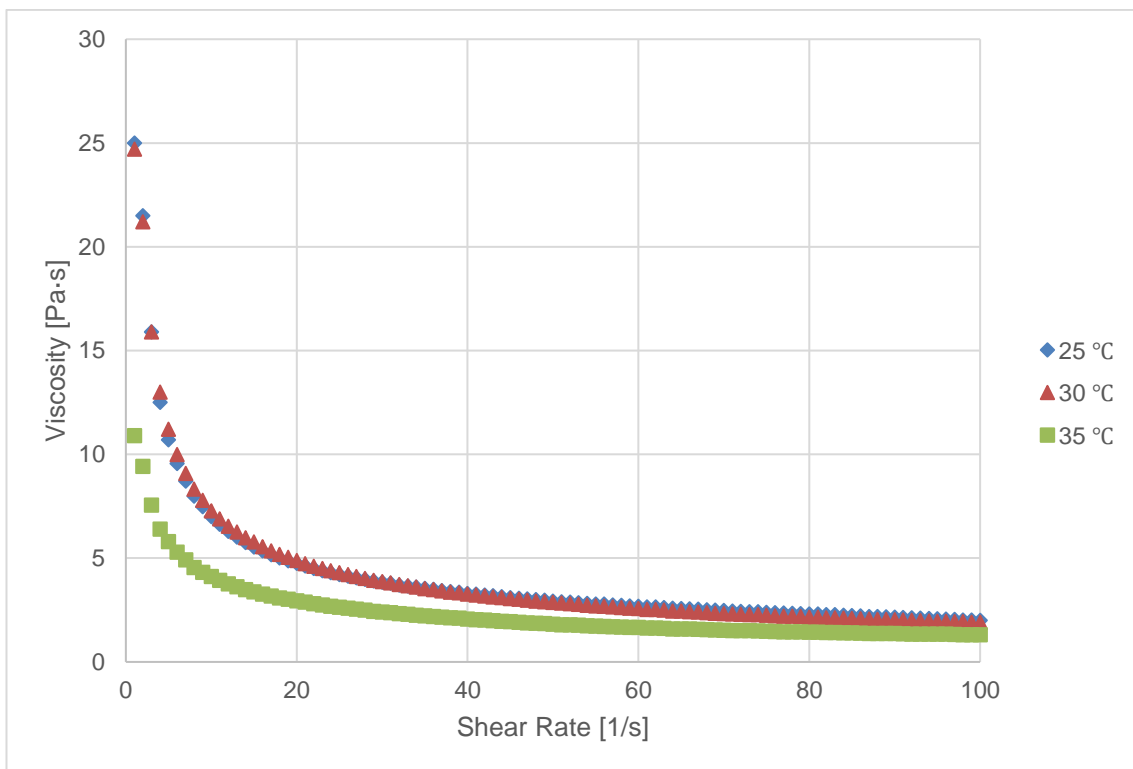
Kuorutteen jäähdytys jääkaapissa: -1,5 °C — 0,0 °C, 23 t 5 min

Kuorutteen pakastus: -24,6 °C — -24,1 °C, 23 t 5 min

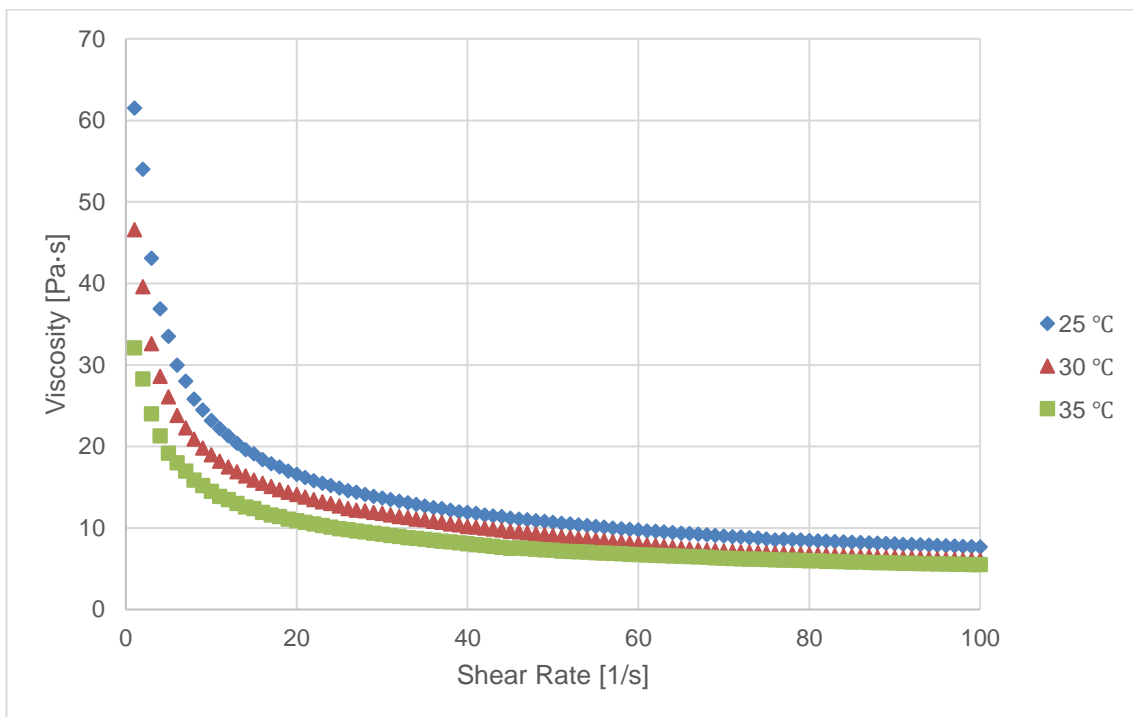
Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20,1 °C, 30 min

Kakun kylmäsäilytys (jääkaappi): 0,2 °C — 0,3 °C, 2 vrk 23 t 30 min

Pakkasessa ollut kuorrute oli valmiin moussepalan päällä jähmeämpää kuin jääkaapissa säilytetty. Aistinvaraisessa arvioinnissa kuorutteen pinta oli jäykempää leikattavuudeltaan.



Kuvio 7. Jääkaapissa säilytetyn perusreseptikuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 11)

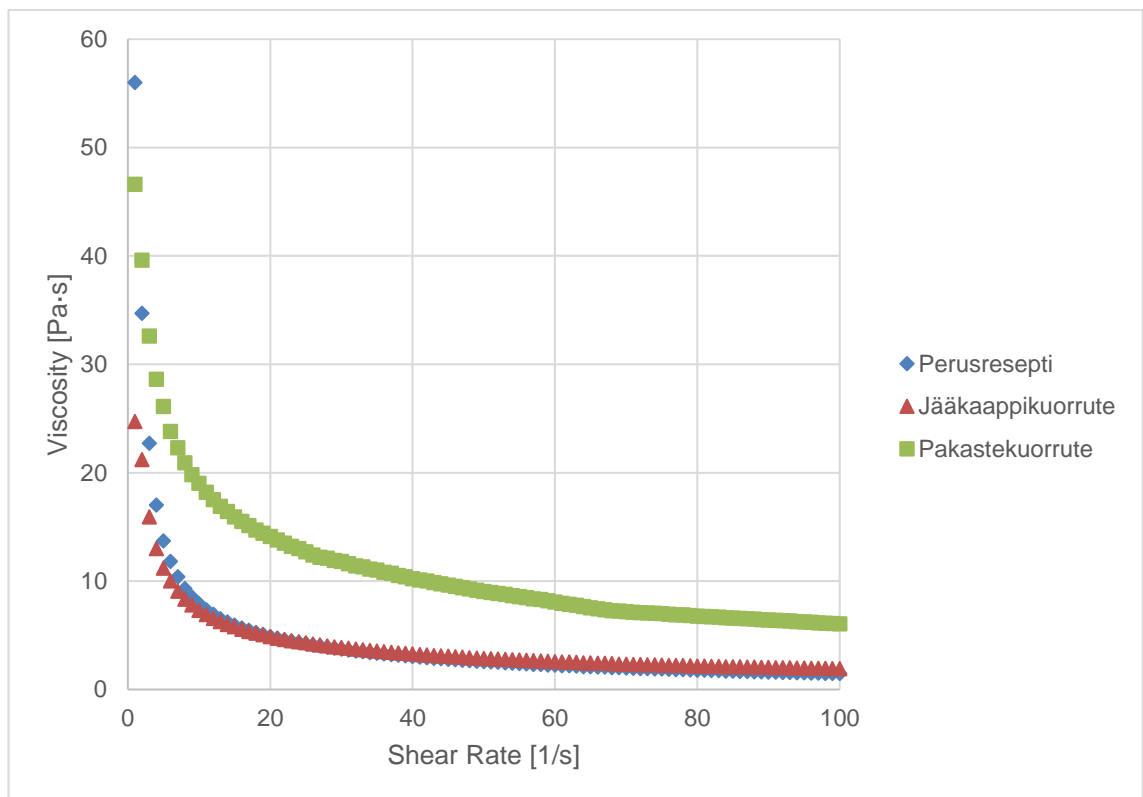


Kuvio 8. Pakastehuoneessa säilytetyn perusreseptikuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 12)

### Johtopäätökset:

Koe-erä 10:en vitriinitestin aikana kakulle oli tapahtunut lukuisia lämpötilamuutoksia, sillä se kuljetettiin Turun AMK:n kylmiöstä MBakeryn toimipisteen vitriiniin. Myös vitriinisäilytyksen aikana kakkua oli siirretty vitriinin ja kylmiön välillä. Resepti oli siis toimiva, mutta lämpötilamuutokset vaikuttivat lopputulokseen. Tästä voi päätellä, että lämpötilan pysyminen mahdollisimman vakiona vähentäisi hikoilun syntymistä.

Koe-erän 11 aikana huomattiin liian kylmän lämpötilan nahkoittavan tuotteen pintaa, joten säilytyslämpötiloja ei tulisi laskea ainakaan alle 0 °C:n alapuolelle.



Kuvio 9. Tuoreeltaan tehdyn perusreseptin, sekä jääkaapissa ja pakastehuoneessa säilytettyjen perusreseptikuorrutteiden reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa

Tuoreen, jääkaapissa ja pakastimessa säilytetyn perusreseptistä valmistettujen kuorrutteiden reologisia tuloksia vertailtaessa (kuviot 6 – 9) pakastuksen vaikutus on selvä, sillä sen viskositeetti on muita huomattavasti korkeampi. Pakastettu kuorrute myös hikoili kaikesta eniten ja oli levitysominaisuuksiltaan heikompi korkean viskositeetin takia verrattuna jääkaapissa säilytettyyn kuorrutteeseen ja tuorekuorrutteeseen. Paksuus oli aistinvaraisesti kaikissa sama.

## 12.7 Kaakaojuomajauheen ja hillosokerin kokeilu (koe-erät 13 – 14)

Koe-erässä 13 laitettiin mouseen 70 %:sta tummaa suklaata (52 % vähemmän sokeria verrattuna perusreseptin 44 %:seen tumma suklaaseen) ja kuorrutteessa käytettiin kaakaojuomajauhetta, jossa on itsessään paljon enemmän sokeria, joten vähensimme sokerin määrää perusreseptistä 50 g. Tämä johtui siitä, että haluttiin selvittää, onko leivontaan ja juomiin tarkoitettujen kaakaojauheiden välillä suuria eroja. Kakkua otettiin myös 1-2 tunniksi huoneenlämpöön seurantajakson aikana ja katsottiin miten se vaikuttaa hiikoiluun johtuen aikaisemmin havaitsemastamme säilytyslämpötilan säännöllisestä muutoksesta pinnoitteessa (koe-erä 10).

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin jääkaappiin)

Suklaamoussen jäähdytys jääkaapissa: 0,2 °C — 0,5 °C, 23 t 55 min

Kuorrutteen kuumennus: 68,1 °C

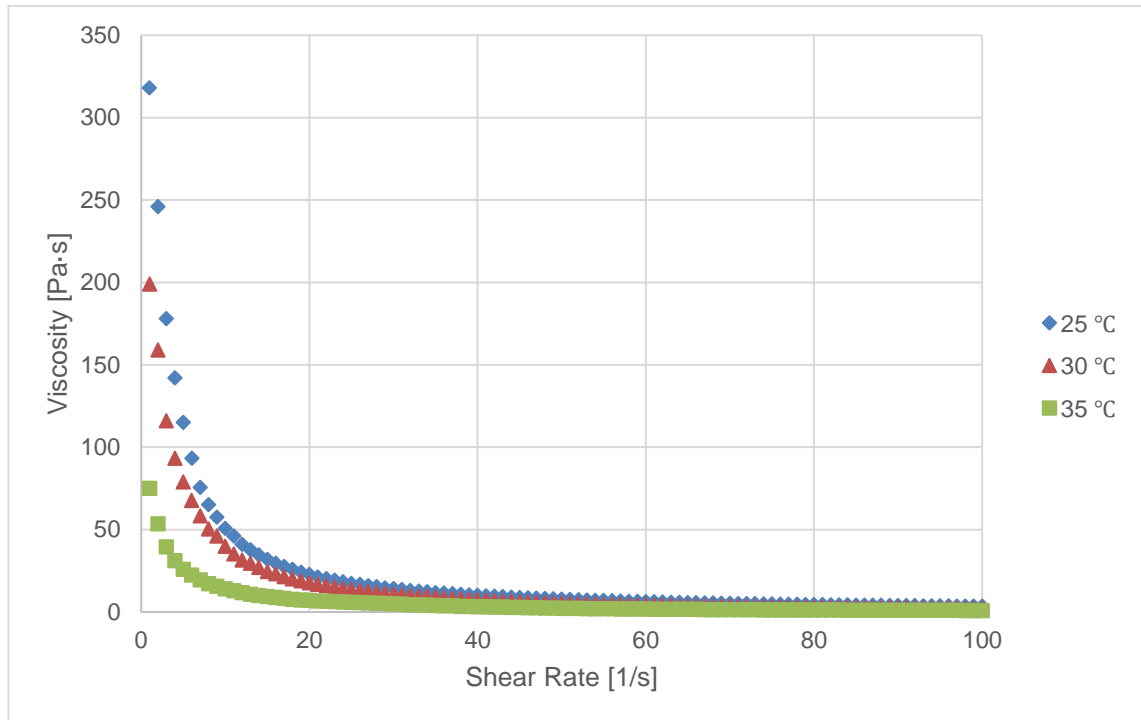
Jäähdytys: 68,1 °C → 28,5 °C (levityslämpötila), 20 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20,2 °C, 50 min

Kakun kylmäsäilytys (jääkaappi): 0,2 °C — 0,3 °C, 1 vrk 23 t 15 min

Kakun lämpövaihtelut: 19,9 °C, 1 t 10 min ja 20,3 °C, 1 t 45 min

Kakkua oli vaikea leikata, sillä kuorrutteesta oli muodostunut sitkeä kalvo, jonka pystyi irrottamaan mouksesta yhtenä kappaleena. Kakun siirtely lämpimään aiheutti pinnalle pienten vesipisaroiden syntyä.



Kuvio 10. Kaakaojuomajauheesta valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 13)

Koe-erässä 14 korvattiin kuorrutteessa sokeri hilliosokerilla ja jätettiin lisäämättä liivate. Hilliosokeri koostuu sokerista, pektiinistä, sitruunahaposta ja joskus siihen on voitu lisätä sorbiinihappoa tai natriumbentsoaattia. Mousse tehtiin palamuottiin ja se pakastettiin. Koe suoritettiin, jotta saataisiin selville, pystyykö liivattteen ja taloussokerin korvaamaan hilliosokerilla sen sisältämän hedelmäpektiinin hyytelöivän vaikutuksen takia.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähditys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdityksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastehuoneessa: -23,5 °C — -22,8 °C, 1 vrk 25 min

Kuorrutteen kuumennus: 70,2 °C

Jäähditys: 67,8 °C → 31,5 °C (levityslämpötila), 13 min

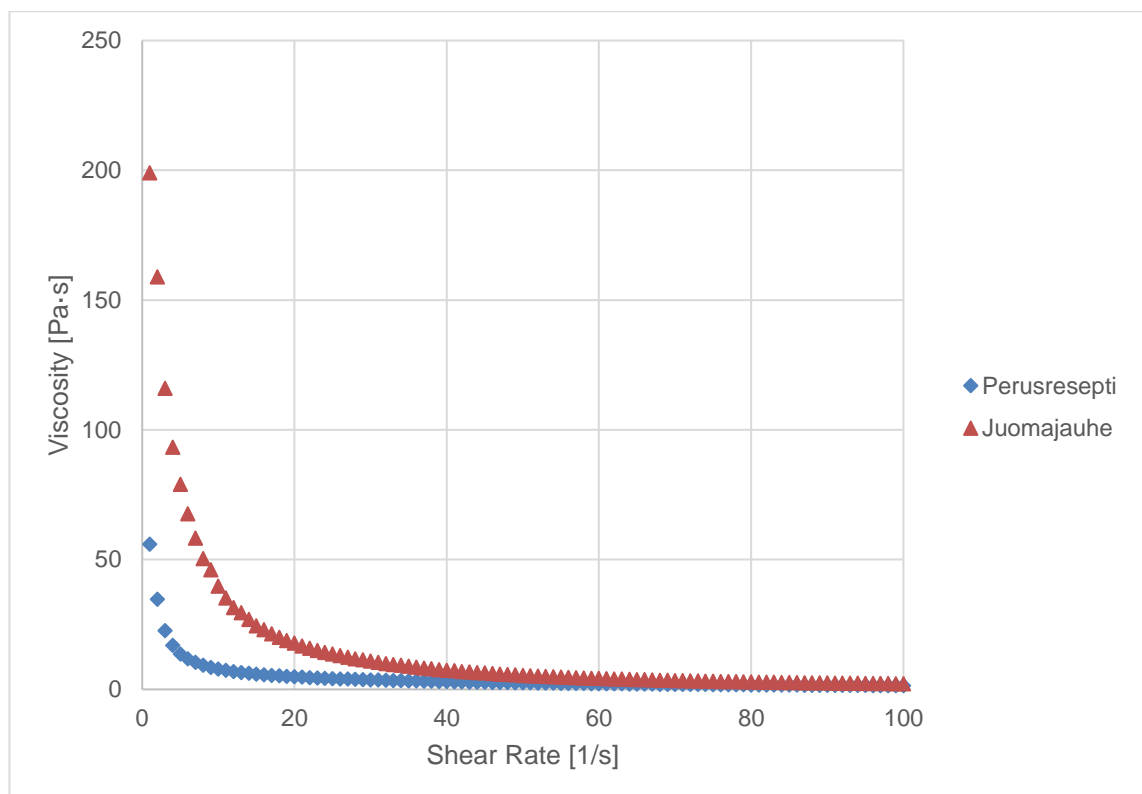
Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 19,6 °C, 15 min

Kakun kylmäsäilytys (jääkaappi): 0,2 °C — 0,7 °C, 2 vrk 22 t 10 min

Hillosokerista oli jäänyt selkeitä paakkuja kuorrutteen pintaan, jonka takia se ei ollut ominaisuuksiltaan tasainen. Hikoilua ei syntynyt.

### Johtopäätökset:

Koe-erässä 13 käytetty kaakaojuomajauhe teki kuorrutteesta liian sitkeää, joka johtui luultavasti siinä olleesta lesitiinistä, joka on emulgointiaine. Reologisissa mittauksissa tämä ilmeni myös juomajauheen korkeampana viskositeettina.



Kuvio 11. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja kaakaojuomajauheesta tehtyjen kuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa

Hillosokeri ei sekoittautunut kuorrutteeeseen valmistusvaiheessa, vaan paakkuuntui, joka teki kuorrutteesta vaikeasti levitettävän. Kuorrutteelle ei pystytty suorittamaan reologisia mittauksia. Tulokset johtuvat todennäköisesti hillosokerin sisältämästä pektiinistä, joka käytetyissä määrin jähmetti kuorrutteen liian hyttelömäiseksi tekstuuriltaan.

## 12.8 Liivatteen korvikkeiden kokeilu (koe-erät 15 – 17)

Koe-erässä 15 kuorrutteessa käytettiin 18,75 g Vegegelä liivatteen sijaan ja mousse tehtiin palamuottiin ja se pakastettiin. Vegegel on kasvipärisä hyytelöimisaine, joka sisältää dekstroosia, sekä karrageeniä ja johanneksenleipäpuujauhetta. Johanneksenleipäpuujauheessa on 75,92 % hiilihydraatteja, joista iso osa on polysakkarideja, jotka muodostavat veden kanssa hyytelöä, 6,34 % proteiineja ja 1,99 % rasvaa. Siinä on yhteensä 11 eri fenolista yhdistettä (Kamal ym. 2013). Karrageenit ovat polysakkarideja, jotka koostuvat toistuvista galaktoosi ja 3,6 anhydrogalaktooseista yksiköistä (Tojoa & Pradob 2003). Karrageeni ja johanneksenleipäpuujauhe yhdessä muodostavat hyytelöivän seoksen. Kokeen aikana haluttiin verrata niiden vaikutusta kuorrutteen pintaominaisuuksiin, sekä reologisiin arvoihin liivatteeseen nähden.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

Suklaamoussen pakastus pakastuhuoneessa: -23,5 °C — -22,8 °C, 1 vrk 25 min

Kuorrutteen kuumennus: 70,2 °C

Jäähdytys: 70,2 °C → 28,9 °C (levityslämpötila), 12 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 19,6 °C, 15 min

Kakun kylmäsäilytys (jääkaappi): 0,2 °C — 0,7 °C, 2 vrk 22 t 10 min

Emme saaneet kuorrutetta levitettyä paloihin tasaisesti, joten tuloksia oli vaikea arvioida.

Koe-erässä 16 jatkettiin Vegegelin parissa, mutta käytimme kuorrutteessa vain 6,25 g edellisen 18,75 g (koe-erän 15 Vegegel määrä) sijaan.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin pakkaseen)

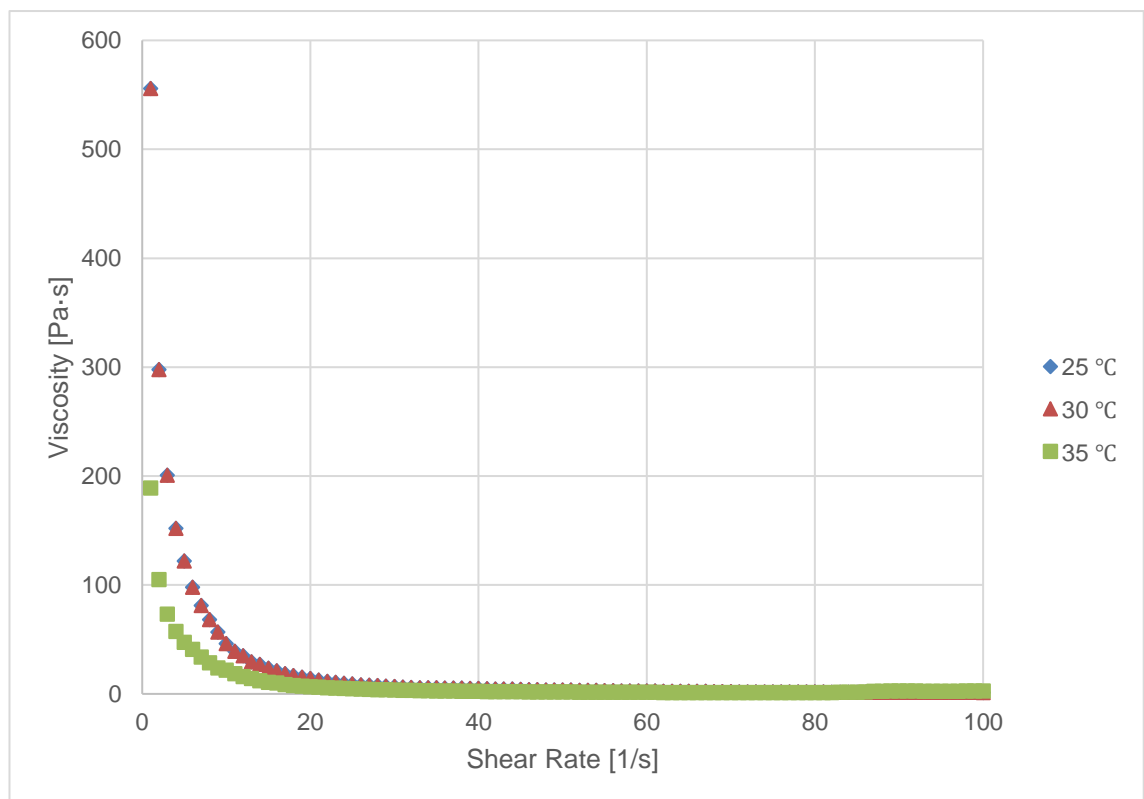
Suklaamoussen pakastus pakastehuoneessa: -23,9 °C — -22,1 °C, 1 t 50 min

Kuorrutteen kuumennus: 57,6 °C

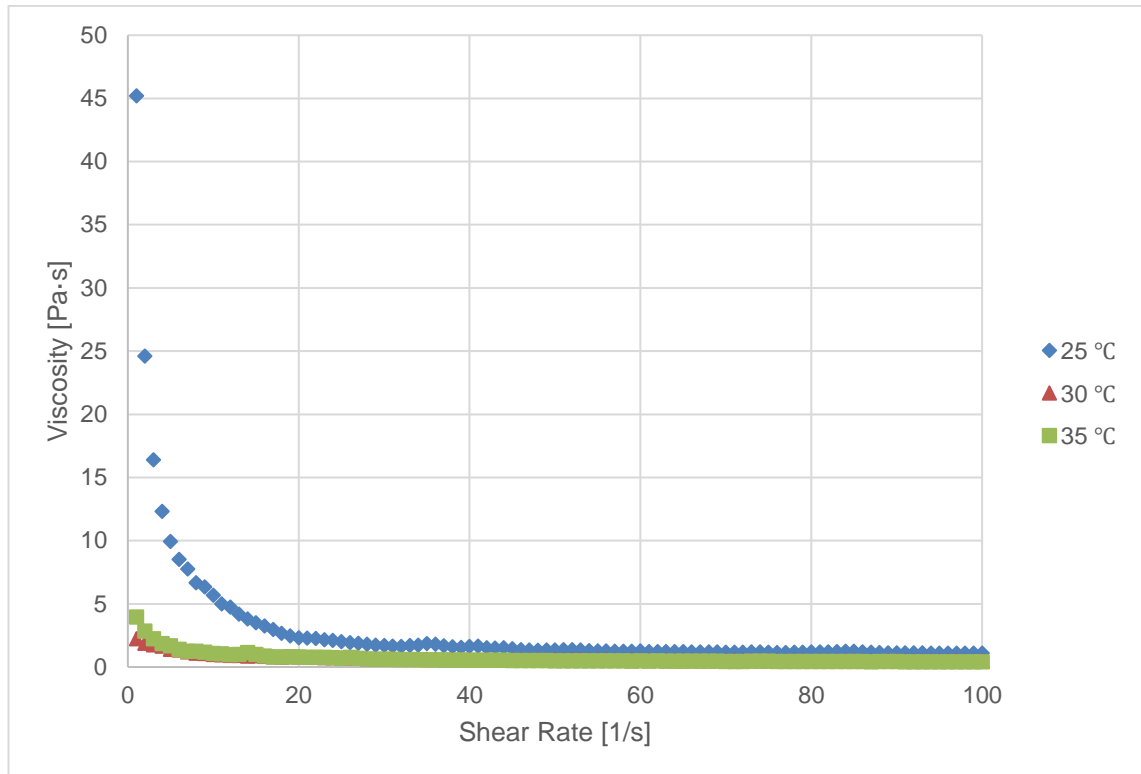
Jäähdytys: 57,6 °C → 30,1 °C (levityslämpötila), 8 min

Kakun kylmäsäilytys (jääkaappi): 0,1 °C — 0,4 °C, 1 vrk 22 t 30 min

Tällä kertaa Vegegel toimi hyvin ja valmis kuorrute ei hikoillut. Pinta oli kuitenkin hieman nahkoittunut, joten se ei ollut yhtä houkutteleva kuin liivatteen kanssa saatava kiiltävä pinta.



Kuvio 12. Vegegelistä (18,75 g) valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 15)



Kuvio 13. Vegeelistä (6,25 g) valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 16)

Koe-erien 15 ja 16 reologisista mittauksista näkyy selkeä ero viskositeetissa, kun Vegeliä on vähennetty kolmasosaan, jonka takia kuorrutteen valmistuksen aikaista lämpötilaa on voitu laskea (vrt. kuvio 12 ja 13).

Koe-erässä 17 kuorrutteessa käytettiin 0,75 g agaria liivattien korvikkeena. Agar on punalevästä peräisin oleva polysakkaridiseos. Agar sisältää 70 % agarosia ja 30 % agaropektiiniä. Agarosin lämpötilaominaisuudet eroavat muista hyytelöimisaineista niin, että se alkaa jähmettyä jo 34 – 38 °C:ssa. Halusimme kokeessa selvittää miten agar reagoi tuotekehityksessä sovellettaviin lämpötiloihin, ja miten se näkyy pinta- ja reologisissa ominaisuuksissa.

Lämpötilat ja seisotusajat:

Vesihautteen lämpötila, jossa mousse valmistettiin: 82 °C, 10 min

(valmistuksen jälkeen mousse jätettiin jäähtymään)

Suklaamoussen jäähdytys huoneenlämmössä: 20 °C, 15 min

(jäähdytyksen jälkeen mousse siirrettiin jääkaappiin)

Suklaamoussen jäähdytys jääkaapissa: 0,2 °C — 0,7 °C, 23 t 45 min

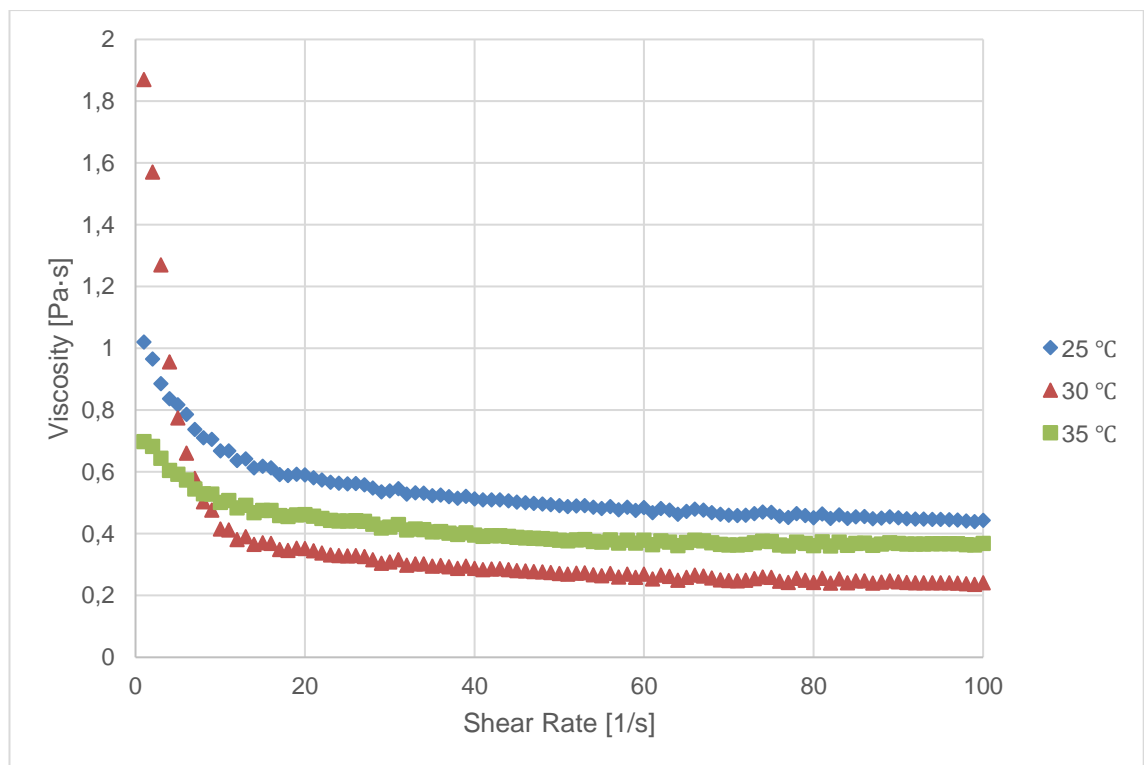
Kuorrutteen kuumennus: 59,7°C

Jäähdytys: 59,7°C → 29,7 °C (levityslämpötila), 13 min

Suklaamoussen siirto huoneenlämpöön: 20,4 °C, 17 min

Kakun kylmäsäilytys (kylmiö): 7,3 °C — 7,1 °C, 2 vrk 23 t 10 min

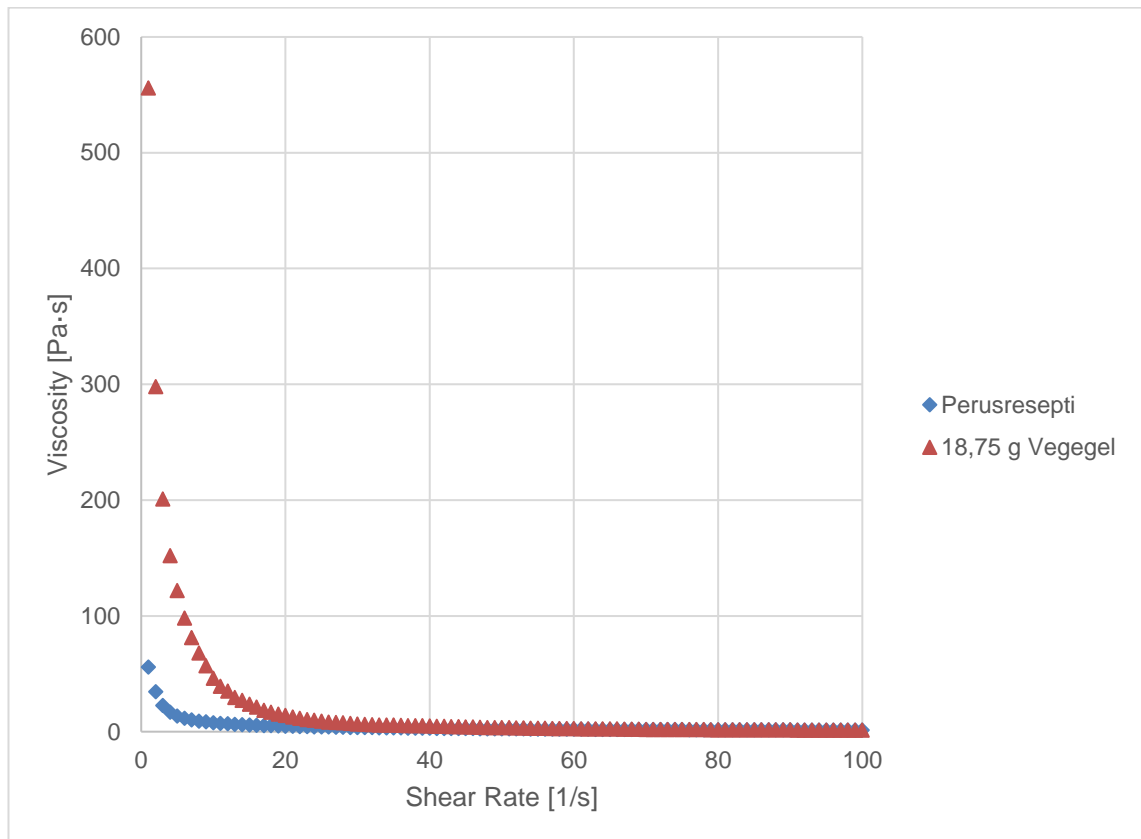
Agar toimi liivattien korvikkeena kuorrutteessa, mutta siitä jäi pieniä hippuja, jotka näkyivät kuorrutteessa. Kuorrute oli kuitenkin liian juoksevaa, joka näkyy myös kuorrutteen reologisten tulosten lämpötilavertailussa (ks. kuvio 14) Kuorrute ei hikoillut, mutta pinta ei myöskään säilynyt kiiltävänä.



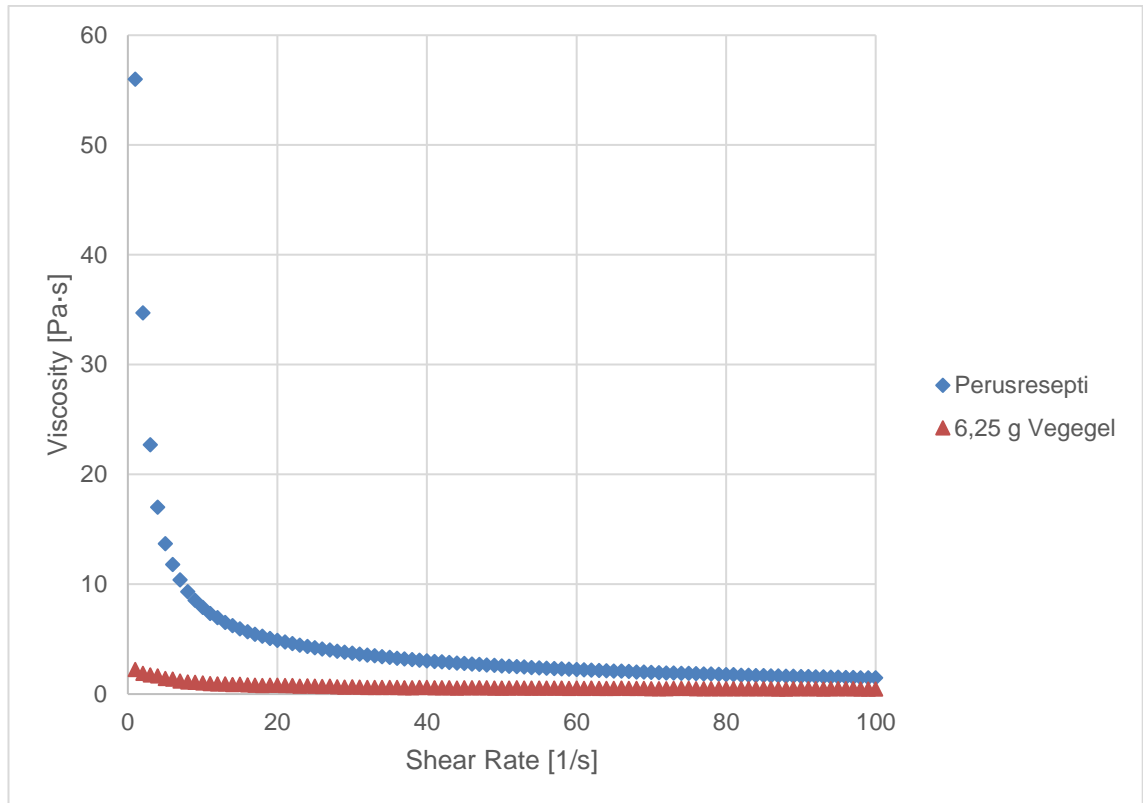
Kuvio 14. Agarista valmistetun kuorrutteen reologiset tulokset (koe-erä 17)

### Johtopäätökset:

Vegegel vaikutti toimivalta liivattteen korvikkeelta, mutta valmistajan suosittelema määrä hyytelöintiin oli koe-erässä 15 liikaa (18,75 g). Kuorutteesta tuli tekstuurltaan liian jäykkää ja huonosti levittyvää. Koe-erässä 16 käytetty 6,25 g:n määrä oli selkeästi sopivampi, joka näkyy reologisissa tuloksissa (vrt. kuvio 15 ja 16).

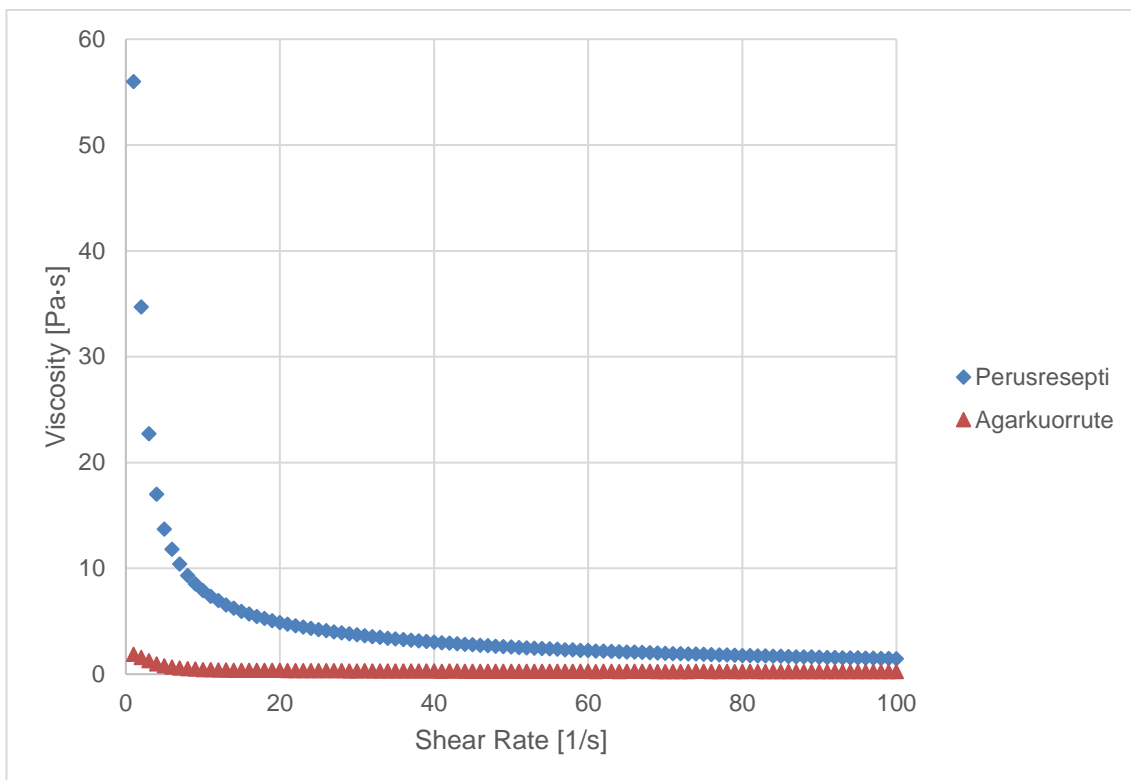


Kuvio 15. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja Vegegelistä (18,75 g) tehdyn kuorutteiden reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa



Kuvio 16. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja Vegegelistä (6,25 g) tehdyn kuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa

Agarista valmistettu kuorrute on viskositeetiltään huomattavasti juoksevampaa, kuin liivateesta valmistettu. Reologisten tulosten (ks. kuvio 17) ja levityskäyttäytymisen perusteella agarilla olisi pitänyt lisätä enemmän kuin valmistajan suositusten pohjalta arvioidussa määrässä, jotta tulokset olisivat olleet paremmin vertailtavissa.



Kuvio 17. Tuoreeltaan perusreseptistä tehdyn ja agarista tehdyn kuorrutteen reologisten tulosten vertailu 30 °C:ssa

## YHTEENVETO

Opinnäytetyössä keskityttiin kaakaokuorrutteen tuotekehitykseen ja sen reologisten ominaisuuksien tutkimiseen. Tuotekehityksen tavoitteena oli vähentää tai mahdollisesti poistaa kuorrutteen pinnalle syntyvää kosteutta, eli ns. hikoilua valmistus- ja säilytysolosuhteita muuttamalla. Tuotteen piti täyttää hyvän tuotteen määritelmä perustuen aistinvaraiseen arviointiin ja olla asiakkaille houkuttelevan näköinen ja hyvän makuinen. Eri resepteillä valmistettuja lopputuotteita arvioitiin aistinvaraisesti ja reologisia tuloksia vertailemalla.

Testit aloitettiin muunnetulla perusreseptillä, jossa käytettiin liivatejauhetta. Myöhemmin siirryttiin liivatelehteen, sillä jauheen vaikutus tekstuuriin ja suutuntumaan oli negatiivinen. Mousseen tehdyt radikaalit rasva- ja vesipitoisuuden muutokset aiheuttivat kosteuden kertymistä kuorrutteen pinnalle. Myös kosteussulkua testattiin moussen ja kuorrutteen välillä estämään mahdollista veden läpäisyä kuorrutteen läpi. Se esti hikoilun syntymä, mutta nahkoitti pinnan epämiellyttäväksi ja kakkua oli vaikea leikata.

Opinnäytetyössä vertailtiin myös vaihtoehtoisia hyytelöimisaineita perusreseptin liivatelehdelle, eli liivatejauhetta, hillosokeria, Vegegelä ja agaria. Vaikka niistä liivatejauhe, Vegegel ja agar olivat potentiaalisia korvikkeita perusreseptin kuorrutteelle optimoiduissa määrissä, ne kaikki paakkuuntuivat tai jäivät näkyviksi muruiksi kuorrutteen pinnalle tehdyissä koe-erissä. Selkeä havainto oli, että vaikka koe-erien lopputuloksissa oli välillä isojakoin eroavaisuuksia, suurin hikoilun syy ei löytynyt reseptistä. Alkuperäinen resepti toimii parhaiten, kun sen valmistuksessa käytettiin oikeita lämpötiloja ja pienempiä lämpötilan muutoksia. Varsinkin pakastusta tulisi välttää, sillä se aiheuttaa kuorrutteen levitysvaiheessa suuria lämpötilaeroja, jotka aiheuttivat hikoilua. Reologisissa mitauksissa pakastuksella havaittiin olevan myös suuri vaikutus tuotteen viskositeettiin. Pakastetut koe-erät, joilla oli korkea viskositeetti levityslämpötilassa, hikoilivat herkemmin. Tämä saattaa johtua siitä, että kylmässä säilytetyt suklaa ja kaakaotuotteet, ovat herkempiä sokerin kukinnalle (engl. sugar bloom), jossa vesi liuottaa kaakaokuorrutteesta sokeria, joka ilmenee kuorrutteen päällä hikoiluna. (Beckett 2000) (Lonchamp & Hartel 2004)

Opinnäytetyön tavoitteena oli vähentää tuotteen hikoilua, jossa onnistuttiin ainakin Turun AMK:n valmistus- ja säilytysolosuhteissa. Reseptimuutokset saattoivat vaikuttaa jonkin

verran, mutta lämpötiloilla oli suurempi merkitys. Lämpötilojen hallinta isomman mittakaavan tuotannossa, kuten toimeksiantajan valmistusprosessissa, voi olla haastavaa. Ratkaisuna olisi tuotteen valmistuksen aikatauluttaminen niin, että pakastamista voisi välttää. Moussekakuaihion ja kuorrutteen välisen lämpötilaeron levityksen aikana tulisi olla mahdollisimman pieni. Myös tuotteen säilytyksen aikana lämpötilojen muutokset tulisi pitää mahdollisimman vakiona 0 – 4 °C:ssa, jolloin kuorrute pysyy kiiltävänä, eikä hikoile.

# LÄHTEET

- Apgar, J., Tarka S. 1997. Caffeine. CRC Press. 170–172.
- Beckett, S. 2000. Science of Chocolate. Cambridge, England: Royal Society of Chemistry.
- Corriher, S. 2007. Tempering Chocolate. Viitattu 6.3.2018. [http://acselementsofchocolate.typepad.com/elements\\_of\\_chocolate/TEMPERINGCHOCOLATE.html](http://acselementsofchocolate.typepad.com/elements_of_chocolate/TEMPERINGCHOCOLATE.html). American Chemical Society.
- Djagnya, K., Wang, Z., Xu, S. 2001. Gelatin: A Valuable Protein for Food and Pharmaceutical Industries: Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 41, 6, 481–492.
- Debeaufort, F., A. Voilley, A. 2009. Edible Films and Coatings for Food Applications. Springer. 135–168.
- Jenkins, D., Jenkins, A., Wolever, T., Thompson, L., Rao, A. 1986. Simple and Complex Carbohydrates. Nutrition Reviews. 44, 2, 44–49.
- Kamal, M., Youssef, E., El-Manfaloty, M., Ali, H. 2013. Assessment of Proximate Chemical Composition, Nutritional Status, Fatty Acid Composition and Phenolic Compounds of Carob (Ceratonia Siliqua L.). Food and Public Health. 3, 6, 304–308.
- Lima, L., Velpen, V., Wolkers-Rooijackers, J., Kamphuis, H., Zwietering, M., Nouta, M. 2012. Microbiota Dynamics and Diversity at Different Stages of Industrial Processing of Cocoa Beans into Cocoa Powder. Applied and Environmental Microbiology. 78, 8, 2904–2913.
- Lonchamp, P., Hartel, R. 2004. Fat bloom in chocolate and compound coatings. European journal of Lipid Science and Technology. 106, 4, 241–274.
- Mezger, T. 2011. The Rheology Handbook. 3. revised edition. Hanover: Vincentz Network.
- Mikhailov, O. 2017. Molecular structure design and soft template synthesis of aza-, oxaaza- and thiaazamacrocyclic metal chelates in the gelatin matrix. Arabian journal of Chemistry. 10, 1, 47–67.
- Milk Works. Viitattu 1.12.2017. <http://www.milkworks.fi/oppimateriaali/kasittely-mei-erissa/separointi/Sivut/default.aspx>.
- Muredzi, P. 2017. Application of Rheology in Food Engineering; Concentrated Food Emulsions and Dispersions. School of Industrial Sciences and Technology, Harare Institute of Technology. Viitattu 1.12.2017. [http://www.academia.edu/5952905/Application\\_of\\_Rheology\\_in\\_Food\\_Engineering](http://www.academia.edu/5952905/Application_of_Rheology_in_Food_Engineering).
- OPH. Viitattu 2017. <http://www02.oph.fi/etalukio/opiskelumodulit/kemia/kemia2/sokeri.html>.
- PDMA, Product Development and Management Association. Chicago. Viitattu 1.12.2017. <http://www.pdma.org/p/cm/ld/fid=1008>.
- Petroski, H. 1997. Ideasta tuotteeksi: Miten insinöörit keksivät suunnitelmallisesti. Suomentanut Pietiläinen, K. Helsinki: Terra Cognita. Englanninkielinen alkuteos 1996.
- Polymer Properties Database. 2015. Viitattu 6.3.2018. <http://polymerdatabase.com/polymer%20physics/Viscosity2.html>.
- RheoSense. Viscosity of Newtonian and non-Newtonian Fluids. 2016. Viitattu 1.12.2017. <http://www.rheosense.com/applications/viscosity/newtonian-non-newtonian>.

Saarela, A-M., Hyvönen, P., Määttä, S. Wright, A. 2010. Elintarvikeprosessit. Savonia-ammattikorkeakoulu. 143.

Shively, CA., Tarka SM. 1984. Methylxanthine composition and consumption patterns of cocoa and chocolate products. Progress in Clinical and Biological Research. 158.

Stadelman, W. 1995. Egg Science and Technology. Haworth Press.

Tampereen koulutustietokanta. Viitattu 1.12.2017. <http://koulut.tampere.fi/materiaalit/os/mentos/kylmasailytys.pdf>.

Tojoa, E., Pradob, J. 2003. Chemical composition of carrageenan blends determined by IR spectroscopy combined with a PLS multivariate calibration method. Carbohydrate Research. 338, 12, 1309-1312.

Turtia, K. 2009. Gastronomian sanakirja. Helsinki: Otava.

Utz, J. 2016. Rheometers – What do They Measure and How are They Set Up? Viitattu 1.12.2017. <https://blog.anton-paar.com/rheometers-what-do-they-measure-and-how-are-they-set-up/>. Anton Paar.

Ward, A.G., Courts, A. 1977. The Science and Technology of Gelatin. New York: Academic Press.

Westman, E. 2002. Is dietary carbohydrate essential for human nutrition? The American Journal of Clinical Nutrition. 75, 5, 951–953.

Whitford, D. 2005. Proteins: Structure and Function. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.