



SULATEJUUSTOTUOTTEIDEN RAKENTEEN TUTKIMINEN VISKOSITEETTIMITTAUKSILLA

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikka

Kevät 2025

Timo Kymäläinen

Koulutus	Bio- ja elintarviketekniikka	
Tekijä	Timo Kymäläinen	Vuosi 2025
Työn nimi	Sulatejuustotuotteiden rakenteen tutkiminen viskositeettimittauksilla	
Ohjaaja	Juuso Laaksonen	

Opinnäytetyössäni tutkittiin erilaisten sulatejuustotuotteiden, kuten levitettävien, leikattavien ja dippien rakennetta viskositeetti- ja kuiva-ainemittauksilla. Työn tavoitteena oli selvittää, miksi tuotteiden rakenne vaihtelee viskositeetin suhteen ja voidaanko viskositeetin mittauksilla tukea tasalaatuisemman lopputuotteen valmistusta. Tilaajana toimi meijerialan yritys, joka valmistaa juusto- ja kasvipohjaisia tuotteita.

Tutkimuksessa hyödynnettiin rotaatioviskosimetriä, jolla mitattiin useiden tuotteiden viskositeettiä eri lämpötiloissa ja säilytysvaiheissa. Lisäksi mitattiin kuiva-ainepitoisuuksia, ja verrattiin tuloksia keskenään. Levitettävien sulatejuustojen ja dippien kohdalla mittaukset onnistuivat hyvin ja ne antoivat vertailukelpoisia tuloksia. Viskositeetti nousi aina tuotteen jäähtyessä ja kasvoi myös vuorokauden kylmäsäilytyksen aikana. Veden määrän ja kuiva-aineen vaikutus viskositeettiin havaittiin selkeästi: suurempi kuiva-ainepitoisuus lisäsi tuotteen paksuutta, kun taas veden lisäys laski viskositeettiä. Leikattavien sulatejuustojen osalta viskositeettimittaukset olivat hankalia ja seurauksena oli vaihtelevia tuloksia. Tämän vuoksi mittauksissa käytetty rotaatioviskosimetri ei sovellu hyvin leikattavien sulatejuustotuotteiden mittaamiseen.

Opinnäytetyön yhteenvedona voidaan todeta, että viskositeettimittauksilla voidaan saada käyttökelpoista tietoa tuotteiden rakenteesta erityisesti levitettävien sulatejuustojen ja dippituotteiden osalta. Tuloksia voidaan hyödyntää tuotannon laadunvalvonnassa ja tuotekehityksessä rakenteen vaihtelun tunnistamisessa ja vähentämisessä, varsinkin jos tuotteiden viskositeettiä tutkitaan lisää. Lisäksi mittaukset voivat auttaa pienentämään uudelleen käsittelyyn joutuvien tuotteiden määrää ja siten tehostamaan tuotantoprosessia.

Avainsanat Viskositeetti, sulatejuusto, rotaatioviskosimetri
Sivut 28 sivua ja liitteitä 1 sivu

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering

Author Timo Kymäläinen

Year 2025

Subject Investigation of the Structure of Processed Cheese Products Through Viscosity Measurements

Supervisor Juuso Laaksonen

This thesis explored the use of viscosity measurements to examine and better understand the structural characteristics of different types of processed cheese products, including spreadable, sliceable, and dip-style varieties. The commissioner of the thesis was a dairy industry company that produces both cheese- and plant-based products.

The theoretical background of the thesis was built on scientific literature related to food rheology, processed cheese production, and viscosity measurement techniques. The aim was to gain both theoretical and practical understanding of the factors affecting the structure of processed cheese products. The experimental part of the thesis was carried out in the production facilities of the commissioning company using a Vevor NDJ-5S rotational viscometer. Viscosity and dry matter measurements were conducted on several types of processed cheese products, dips, and one butter-based product. Samples were collected from different cooking batches with the help of production staff to study the effects of water content and dry matter on viscosity. Measurements were conducted at different temperatures and repeated the following day to observe structural changes.

The research combined rotational viscometer analysis with dry matter measurements to evaluate how variations in product composition, temperature, and storage conditions affect cheese texture and flow properties. Particular attention was given to how water content and dry matter influence viscosity across different product types.

The results showed that viscosity measurements provide useful, measurable data for characterizing the consistency of softer products, such as spreads and dips. In contrast, measuring firmer, sliceable cheeses was more difficult due to limitations in the testing method and the physical properties of the samples.

The findings suggest that viscosity analysis can support quality control and product development by identifying structural inconsistencies early in the process. Future research could focus on demand for more viscosity measurements for better structural understanding of these processed cheese and dip-style products.

Keywords Viscosity, processed cheese, rotational viscometer

Pages 28 pages and one appendix

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tietoperusta	1
2.1	Sulatejuusto	2
2.2	Sulatejuuston rakenne ja rakenteeseen vaikuttavat ominaisuudet.....	2
2.2.1	Raaka-aine	3
2.2.2	Sulatesuolat.....	3
2.2.3	Vesi ja pH	3
2.2.4	Valmistus olosuhteet.....	4
2.2.5	Jäähdytys ja varastointi	4
3	Viskositeetti.....	4
3.1	Viskositeetin määritelmä	5
3.2	Viskositeetin eri virtaustyytit	6
3.3	Viskositeettiin vaikuttavia tekijöitä	7
3.4	Viskosimetrit	8
3.4.1	Rotaatioviskosimetri.....	8
3.4.2	Kapillaariviskosimetri	10
3.4.3	Kuulaviskosimetri.....	10
4	Menetelmät	11
4.1	Viskositeettimittausten alustus ja suoritus	12
4.2	Mitatun aineiston käsittely ja raportointi.....	12
5	Tulokset	13
5.1	Leikattavat sulatejuustot.....	13
5.2	Levitettävät sulatejuustot.....	14
5.3	Voituote.....	16
5.4	Dipit	17
5.4.1	Dippi F mittaukset.....	17
5.4.2	Dippi G mittaukset	20
5.4.3	Dippi H mittaukset	21
6	Tulosten tarkastelu.....	24
7	Yhteenveto ja johtopäätökset	26
	Lähteet.....	28

Kuvat

Kuva 1. Kahden levyn malli (Paar, 2025).	5
Kuva 2. Kaava leikkausjännityksen laskemiseen (Paar, 2025).	5
Kuva 3. Leikkausnopeuden havainnollistaminen kahden levyn mallilla (Paar, 2025).	6
Kuva 4. Leikkausnopeuden kaava (Paar, 2025).	6
Kuva 5. Leikkausjännityksen kaava, kun kyseessä Newtonilainen neste (Paar, 2025).	6
Kuva 6. Nesteiden viskositeetteja. Muokattu lähteestä (1Plus1, 2025).	8
Kuva 7. Rotaatioviskosimetri ja erilaisia mittauspäitä (Drawell analytical, 2024).	9
Kuva 8. Erilaisia kapillaariputkia viskositeetin mittaamiseen. Muokattu lähteestä (Cannon instrument, 2023).	10
Kuva 9. Esimerkki tyypillisestä kuulaviskosimetristä (Crea Petrochemical, 2017).	11

Taulukot

Taulukko 1 Leikattava sulatejuusto B viskositeetti.	13
Taulukko 2 Leikattava sulatejuusto C viskositeetti.	14
Taulukko 3. Levitettävä sulajuusto D viskositeettiarvoja näytteestä 1.	14
Taulukko 4. Levitettävä sulatejuusto D viskositeettiarvoja näytteestä 2.	15
Taulukko 5. Levitettävä sulatejuusto D näyte 1 viskositeetti lämpötilataulukko.	16
Taulukko 6. Voituotteen viskositeetti mittauksia näyte 1.	17
Taulukko 7. Voituotteen viskositeetti mittauksia näyte 2.	17
Taulukko 8. Näyte 1 dipistä F.	18
Taulukko 9. Näytteen 2 viskositeetti arvoja dipistä F.	19
Taulukko 10. Näytteen 3 viskositeetti arvoja dipistä F.	19
Taulukko 11. Näytteen 4 viskositeetti arvoja dipistä F.	20
Taulukko 12. Dippi G näyte 1 kylmäsäilytyksessä pitkään ollut näyte.	20
Taulukko 13. Dippi G näyte 2 kylmäsäilytyksessä pitkään ollut näyte.	21
Taulukko 14. Näytteen 1 viskositeetti arvoja dipistä H.	21
Taulukko 15. Näytteen 2 viskositeettiarvoja dipistä H.	22
Taulukko 16. Näytteen 3 viskositeetti arvoja dipistä H.	23
Taulukko 17. Näytteen 4 viskositeetti arvoja dipistä H.	24

Liitteet

Liite 1. Opinnäytetyön aineistonhallintasuunnitelma

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia dippien, levitettävien- ja palasulatejuustojen rakennetta viskositeetti – ja kuiva-ainemittauksilla niin, että lopputuotteiden rakenne saataisiin optimoitua tasalaatuisemmaksi. Työn tilaajana toimii meijerialan yritys, joka valmistaa juusto- ja kasvipohjaisia tuotteita. Tutkittavien tuotteiden rakenteessa esiintyy välillä vaihtelevuutta, jolloin esimerkiksi levitettävä sulatejuusto on jäänyt liian löysäksi tai liian jähmeäksi viskositeetiltaan. Rakenteeltaan huonommat tuotteet ovat käyttökelpoisia, kun valmistetaan uusia tuotantoeriä, jolloin niitä pystyy lisäämään reseptiin sopivia määriä, mutta tästä aiheutuu huomattavaa lisätyötä, kun tuotteita täytyy purkaa pakkauksistaan ja kuljettamaan tehtaalla uudelleenkäyttöä varten. Rakennetta on mitattu aiemmin kuiva-aine mittaauksilla tuotannon aikana, ja nyt mukaan tulee viskositeetin mittaust, jolla pyritään ymmärtämään paremmin tuotteiden rakenteen vaihtelevuutta.

Sulatejuustojen valmistukseen käytettävät juustoerät vaihtelevat iältään, jolloin rakenne ei pysy stabiilina, ja vaihtelee paljon. Rakennetta täytyy tarkkailla ja säätää reseptiä tarpeen mukaan, jotta saataisiin tasalaatuisia valmiita tuotteita. Työn tavoitteena on tutkia, onko viskositeetti mittaauksista hyötyä sulatejuustotuotteiden valmistusprosessissa, sillä tavalla, että löydettäisiin keinoja, joilla rakenteeltaan vääränlaisten tuotteiden uudelleenkäyttöä saataisiin vähennettyä, ja sen seurauksena myös ylimääräisen työn määrä vähenisi.

Tutkimuskysymykset:

- Mitkä asiat vaikuttavat, että sulatejuustotuotteiden rakenne vaihtelee niin paljon viskositeetin suhteen?
- Mitä hyötyä viskositeetin mittaaminen antaa, kun tutkitaan sulatejuustotuotteita?
- Millä tavalla rotaatioviskosimetri soveltuu leikattavien sulatejuustojen viskositeetin mittaamiseen?

2 Tietoperusta

Opinnäytetyön tietoperusta luo lukijalle pohjan sulatejuustoihin ja niiden rakenteeseen vaikuttavien tekijöiden ymmärtämiseen. Keskeinen tutkittava suure opinnäytetyössä on viskositeetti, joten tietoperusta käsittelee sitä ja erilaisia viskositeetin mittaussivälineitä. Tietoperustan tarkoituksena on myös vastata ensimmäiseen tutkimuskysymykseen; eli miksi sulatejuustotuotteiden rakenne vaihtelee niin paljon viskositeetin suhteen.

2.1 Sulatejuusto

Sulatejuustojen kehitys on alkanut 1900-luvun alussa, jolloin oli tarve kehittää uusia juuston tapaisia tuotteita, jotka ovat koostumukseltaan ja rakenteeltaan sellaisia, että ne säilyvät pitkään ja pysyvät hyvälaatuisina alle 40°C asteen lämpötiloissa. Sulatejuusto on maitotuote, joka valmistetaan kypsytetyistä eri juustolajikkeista sulattamalla ja emulgoimalla niitä sulatesuolojen kanssa noin 75–80°C asteen lämpötilassa koko ajan sekoittaen, jotta saadaan tasainen sula massa, joka annostellaan haluttuihin pakkauksiin ja jäädytetään. Sulatejuustoissa on hyvä säilyvyysaika ja ne tarjoavat monia erilaisia lopputuote mahdollisuuksia. (Ustynol, 2008, s. 1; Patrick F. Fox, 2017, s. 589)

Mielikuva sulatejuustoista on muuttunut merkittävästi vuosien varrella, koska tuotteet on räätälöity tarkasti niiden ominaisuuksien mukaan kuluttajille eri käyttötarkoituksia ajatellen. Tällaisia tärkeitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi sulatejuustojen sulavuus, juoksevuus, venyvyys ja nesteen irtoaminen tuotteesta. Nämä ominaisuudet vaihtelevat paljon tuotteen tai käyttötarkoituksen mukaan ja ovat vaikuttaneet huomattavasti kulutuksen kasvuun. (Tamime, 2007, s. 210)

2.2 Sulatejuuston rakenne ja rakenteeseen vaikuttavat ominaisuudet

Sulatejuustoa ja sen rakennetta voidaan kuvailla monimutkaiseksi systeemiksi, joka koostuu monesta palasesta, kuten proteiineista, rasvasta, suoloista, vedestä ja muista aineksista. Sulatejuustojen vaihteleviin ominaisuuksiin vaikuttavat niiden valmistukseen käytettävien kypsien juustojen rakenne ja luonne. Muut vaikuttavat tekijät ovat sulatesuolat ja niiden määrä sekä valmistusprosessi. Sulatejuustojen valmistuksessa käytetään tavallisten kypsytettyjen juustojen lisäksi useita muita maitotuotteita, kuten rasvatonta maitojauhetta, herajauhetta, heraproteiinia ja maitorasvaa. Muita käytettäviä ainesosia valmistuksessa voivat olla kasviöljyt, sulatesuolat, väri- ja maustamisaineet, sakeuttamisaineet ja mausteet. Sulatejuuston mikrorakenne muodostuu pääosin näistä raaka-aineista kuten myös rakenne kokonaisuudessaan ja luonneominaisuudet kuten sulavuus ominaisuudet eri lämpötiloissa. (Tamime, 2007, ss. 219-220)

2.2.1 Raaka-aine

Sulatejuustojen valmistuksessa käytetään sekä vanhaa, että nuorta juustoa, ja molempien käytöllä on omia vaikutuksia sulatejuuston rakenteeseen ja käyttäytymiseen. Nuoria juustoja käyttämällä saadaan vähennettyä raaka-aine kustannuksia ja valmistuksen aikana saadaan vakaa juustoemulsio. Lopputuotteella on nuoria juustoja käytettäessä korkea veden imeytymiskyky, kiinteä rakenne ja hyvät viipalointi ominaisuudet, mutta nuoria juustoja käytettäessä on sulatejuustoilla taipumuksena kovettua ja kiinteytyä liikaa varastoinnin aikana. Vanhempia kypsiä juustoja käytettäessä saadaan sulatejuustoilla täyteläisempi maku, sulana hyvät virtausominaisuudet ja parempi sulavuus ja pehmeämpi koostumus, mutta toisaalta niiden emulsio ei ole keiton aikana niin stabiili. (Tamime, 2007, s. 221)

2.2.2 Sulatesuolat

Sulatejuustojen yksi tärkeimmistä raaka-aineista ovat sulatesuolat, joita lisätään valmistusprosessissa 1–3 g per kilo valmiiseen keittomassaan. Suolojen tehtävänä on estää tuotteen öljyyntymistä ja kosteuden erittymistä tuotteen pintaan valmistuksen ja jäähtymisen aikana. Sulatesuolojen käyttö aiheuttaa sulatejuustojen massan valmistuksen aikana pH:n nousua 5.0–5.9 välillä, mutta samalla tehden massasta vakaamman pH kokonaisuutoksille. Sulatesuolojen käytöllä on vaikutuksia sulatejuustojen mikrorakenteeseen ja sen seurauksena myös niiden silmillä havaittavaan rakenteeseen. Sulatejuustomassan viskositeetti nousee sulatesuolojen lisäyksen vuoksi massan valmistuksessa sekoituksen yhteydessä korkeassa lämpötilassa. Viskositeetti kasvaa voimakkaammin vielä jäähtymisen aikana, kun nestemäinen öljy kristallisoituu osittain. (Tamime, 2007, s. 214)

2.2.3 Vesi ja pH

Vedellä on tärkeitä tehtäviä sulatejuustojen valmistuksessa, kuten käytettyjen sulatesuolojen liuotus, proteiinien sitominen ja varmistaa kaikkien raaka-aineiden tasainen sekoittuminen. Veden määrällä säädellään myös levitettävien sulatejuustojen levittyvyyttä ja pehmeyttä, ja pala sulatejuustojen sulavuutta. Sulatejuustojen pH vaikuttaa rakenteeseen ja mikrorakenteeseen proteiinien ja niiden sidosten kautta, miten ne vuorovaikuttavat toistensa kanssa. Myös maidon kaseiinin nesteytymisessä ja kalsiumin ionien liikkeissä pH:lla on oma tärkeä roolinsa. Lopputuotteen pH liittyy vahvasti

sulatesuolojen käyttöön ja niiden omaan pH arvoon, sillä riippuen sulatesuolojen käytöstä, kokonais-pH nousee lineaarisesti käytön mukaan. Sulatejuuston pH:n nousu on yhteydessä virtaavuuteen ja se parantaa myös sulavuutta. (Tamime, 2007, ss. 224-225)

2.2.4 Valmistus olosuhteet

Sulatejuustojen valmistuksen aikana mikrorakenteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat varsinkin sulatejuustomassan keittoaika ja lämpötila. Sulan massan kuumentamisen seurauksena homogeeninen ja sileä massa saavutetaan noin 70–75°C asteen lämpötilassa, ja 80–90°C lämpötilassa alkaa kermostumisreaktio, jonka seurauksena viskositeetissa tapahtuu muutoksia. Lämpötilan kasvulla saadaan aikaiseksi tarvittavat reaktiot, jotta tuotteelle muodostuu haluttu säilyvyysaika. Proteiinirakenteen muutokset valmistuksen yhteydessä muuttuvat jäähtymisen aikana, jolloin myös tuotteen viskositeetti kasvaa. (Tamime, 2007, ss. 225-226)

2.2.5 Jäähdytys ja varastointi

Jäähtymisen aikana tasainen sulatejuustomassa saa sille tyypillisen muodon ja rakenteen vaihdellen halutun lopputuotteen mukaan levitettävästä leikattavaan tuotteeseen. Rakenteen muutoksiin vaikuttavat myös jäähdytysolosuhteet, varastointiaika ja varaston lämpötila. On tutkittu, että välittömästi jäähdytetyt sulatejuustot käyttäytyvät niin, että niiden kovuus laskee, ja levittyvyys ja tahmaisuus kasvavat. Nopea jäädytys aiheuttaa myös viskoosimman ja pehmeämmän rakenteen. Levitettävien sulatejuustojen kohdalla nopea jäähdytys on eduksi, mutta palasulatejuustojen kohdalla hidaskäyttöinen jäähdytys on suositeltavampaa, ettei niistä tule liian viskoottisia rakenteeltaan. (Tamime, 2007, ss. 228-229)

3 Viskositeetti

Viskositeetti on fysiikan- ja kemian alalla tärkeä käsite, joka kuvaa virtausvastusta, tarkemmin sanoen kuinka paksua aine on ja kuinka helposti se virtaa. Esimerkiksi nesteissä on sisäistä kitkaa, jota viskositeetti kuvaa ja on samalla mitattava suure. Käytännössä viskositeetin erot havaitsee, kun valutetaan jotain paksua nestettä kuten hunajaa, niin se virtaa hitaammin kuin vaikkapa vesi, joka virtaa nopeasti. Tätä

eroavaisuutta selittää hunajan suurempi viskositeetti. (Juraj, 2023; ks. myös Anton Paar, 2025)

Samankaltaisissa olosuhteissa huomataan eroavaisuuksia eri nesteiden välillä virtausvastuksen osalta. Tervassa, siirapissa ja glyserolissa on korkea viskositeetti, sillä ne ovat paksuja ja vaikeasti sekoitettavia aineita, kuin juoksevammat aineet kuten, vesi ja bensiini ja parafiini, jotka ovat helposti kaadettavia ja sekoitettavia. Kaasuilla on myös viskositeetti, mutta sitä ei ole niin helppo havainnoida arkielämässä. (Massey, 2006, s. 21)

3.1 Viskositeetin määritelmä

Viskositeettia voidaan kuvata matemaattisesti kahden levyn mallilla, kuten kuvassa 1. Kuvassa on kuvattuna kaksi levyä, joiden välissä on nestettä. Kuvassa alempi levy pysyy paikoillaan ja ylempi liukuu hitaasti muodostaen näin nesteeseen jännitystä yhdensuuntaisesti pintaan nähden. Tätä jännitystä kutsutaan leikkausjännitykseksi (τ). Leikkausjännitys saadaan laskettua, kun ylempään levyyn kohdistettu voima jaetaan levyn pinta-alalla, kuten kuva 2 kaava osoittaa. Leikkausjännityksen yksikkö on N/m^2 , eli sama kuin Pa (Pascal). (Paar, 2025)

Kuva 1. Kahden levyn malli (Paar, 2025).



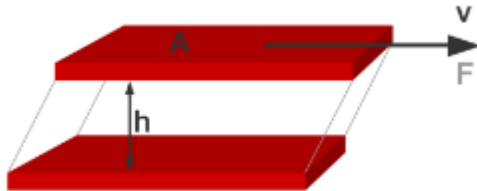
Kuva 2. Kaava leikkausjännityksen laskemiseen (Paar, 2025).

$$\tau = \frac{F}{A} \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

Kahden levyn mallilla saadaan laskettua myös leikkausnopeus, jota merkataan merkillä gamma. Kuvassa 3 nähdään, että leikkausnopeus on ylemmän levyn nopeus (m/s) jaettuna

levyjen välisellä etäisyydellä (m). Leikkausnopeuden yksikkö on 1/s. Kuvassa 4 näkyy leikkausnopeuden kaava, jota on havainnollistettu kahden levyn mallin avulla. (Paar, 2025)

Kuva 3. Leikkausnopeuden havainnollistaminen kahden levyn mallilla (Paar, 2025).



Kuva 4. Leikkausnopeuden kaava (Paar, 2025).

$$\dot{\gamma} = (D =) \frac{v}{h} \left[\frac{m}{s \cdot m} \right] \left[\frac{1}{s} \right] = [s^{-1}]$$

Newtonin laki osoittaa kuinka, leikkausjännitys on viskositeetti kertaa leikkausnopeus. Tällöin viskositeetti on johdettuna leikkausjännitys jaettuna leikkausnopeudella. Tällä kaavalla voidaan kuvata vain Newtonilaisia nesteitä. Kuvassa 5 näkyy leikkausjännityksen kaava Newtonilaiselle nesteelle. (Paar, 2025)

Kuva 5. Leikkausjännityksen kaava, kun kyseessä Newtonilainen neste (Paar, 2025).

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \rightarrow \eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} [Pa \cdot s] = \left[\frac{Pa}{\frac{1}{s}} \right]$$

3.2 Viskositeetin eri virtaustyytit

Viskositeetin perusteella aineita voidaan jakaa Newtonilaisiin ja ei-Newtonilaisiin nesteisiin. Newtonilainen neste on virtausluonteeltaan kaikista yksinkertaisin ja sen viskositeetti ei muutu laminaarisella virtausalueella siihen osoitetuista voimista. Hyviä esimerkkejä Newtonilaisista nesteistä ovat vesi ja vedentapaiset nesteet, kuten tee, kahvi ja olut. (Bourne, 2002, s. 81)

Valtaosa nestemäisistä elintarvikkeista kuuluu ei-Newtonilaisten nesteiden eri ryhmiin. Ei-Newtonilaiset nesteet jaetaan kolmeen ryhmään: plastisiin, pseudoplastisiin, ja dilatantteihin. Plastiselle nesteelle ominaista on, että minimi leikkausjännityksen kohta, nimeltään myötöraja pitää ohittaa ennen kuin virtaus nesteessä voi alkaa. Plastisia nesteitä ovat esimerkiksi ketsuppi ja majoneesi, jotka eivät helposti valu pois pullostaan. (Bourne, 2002, s. 82)

Pseudoplastinen neste kuuluu myös ei-Newtonilaisiin nesteisiin ja sille on ominaista että, viskositeetti laskee leikkausnopeuden kasvaessa, ja nousee leikkausnopeuden laskiessa. Pseudoplastisia nesteitä käytetään paljon elintarvike- kemian- ja lääketieteen aloilla. Hammastahna on hyvä esimerkki pseudoplastisesta nesteestä, sillä on korkea viskositeetti tuubista puristettaessa leikkausnopeuden ollessa tällöin matala. Hampaita harjatessa hammastahnaan kohdistuvat leikkausvoimat kasvavat ja viskositeetti pienenee. (AOBL, 2024)

Dilatantit nesteet ovat toiminnaltaan leikkauspaksuuntuvia nesteitä. Nimitys tulee siitä, kun jotain dilatanttia nestettä sekoitetaan, niin neste muuttuu paksummaksi, toisin sanoen sen viskositeetti kasvaa. Dilatantti neste on ominaisuuksiltaan päinvastainen kuin pseudoplastinen neste. Maissitärkkelys on esimerkki dilatanttisesta nesteestä, koska kun vedessä on riittävä määrä maissitärkkelystä ja sitä sekoitetaan, niin neste muuttuu paksummaksi. (Bourne, 2002)

3.3 Viskositeettiin vaikuttavia tekijöitä

Lämpötilan muutos on yksi merkittävä tekijä, kun viskositeetti muuttuu. Esimerkiksi lämpötilan noustessa viskositeetti laskee, koska molekyylisidokset heikkenevät lämpöenergian vaikutuksesta. Molekyylisidosten liike-energia kasvaa ja nesteen sisäinen kitka vähenee parantaen näin sen virtaavuutta. Kaasut toimivat eri lailla nesteisiin nähden lämpötilan noustessa, sillä niiden viskositeetti kasvaa. Tämä johtuu liike-energian kasvusta ja sen aiheuttamista molekyylitörmäyksistä, jotka hidastavat virtaavuutta. Eri nesteet reagoivat eri lailla lämpötilan muutokseen, ja viskositeetin kasvu voi olla jopa 10 % kun lämpötila laskee 1°C. (Juraj, 2023; ks. myös Anton Paar 2025).

Kuva 6. Nesteiden viskositeetteja. Muokattu lähteestä (1Plus1, 2025).

Aine	Lämpötila (C°)	Viskositeetti (mPas/cP)
Asetoni	20	0,326
Vesi	20	1,002
Oliiviöljy	20	107,5
Mehutiiviste	20	2500
Polyesteriharts	30	3 000
Hunaja (pullossa)	20	14095
Pehmeät juustot	60	30 000
Hammastahna	40	70 000

Paineen muutos ei ole suuri tekijä viskositeetin muutokselle nesteissä, sillä nesteet ovat fysikaalisilta ominaisuuksiltaan lähes kokoon puristumattomia, eikä tällöin tapahdu molekyylien välistä liikehdintää, joka edesauttaisi virtaavuuden muutoksia. Paine vaikuttaa jonkin verran kaasujen viskositeettiin, mutta ei niin paljon kuin lämpötila. Paineen nousu kasvattaa viskositeettia, koska kaasumolekyylit liikkuvat enemmän aiheuttaen virtaavuutta heikentäviä törmäyksiä. (Juraj, 2023)

3.4 Viskosimetrit

Viskosimetrit ovat laitteita, joilla mitataan viskositeettia. Viskosimetrit voidaan jakaa näihin ryhmiin: rotaatioviskosimetreihin, kapillaariviskosimetreihin ja kuulaviskosimetreihin. Rotaatioviskosimetri laskee vääntömomenttia tutkittavasta näytteestä, kapillaariviskosimetri mittaa kuluvan ajan, jonka tutkittava neste kulkee kahden pisteen välillä ja kuulaviskosimetri mittaa ajan, jonka kuula kulkee tietyssä nesteessä. (Paar, How to measure viscosity, 2025; ks. myös Opetushallitus, n.d).

3.4.1 Rotaatioviskosimetri

Rotaatioviskosimetri mittaa vääntömomenttia, kun pyörivä mittauspää pyörii nesteessä viskositeetin funktiona. Tätä laitetta käytetään yleisesti laadunvalvonnassa yhteydessä ja myös tuotantolaboratorioissa. Rotaatioviskosimetrit soveltuvat hyvin erilaisten viskoottisten aineiden mittaamiseen. Mittaus tapahtuu viskosimetrillä, jossa on kiinni haluttu mittatikku. Mittapää lasketaan mitattavaan näytteeseen, ja näyte on mittauksen ajan mittakupissa. Rotaatioviskosimetreja on kahden laisia: Searlen- tai Couetten periaatetta noudattavia.

Searlen periaatetta noudattavassa mittaustavassa mittapää pyörii mittakupissa, kun taas Couetten mittaustavassa mittakuppi pyörii paikallaan olevan mittapään ympärillä. Kaikista yleisin rotaatioviskosimetrin mittaustapa pohjautuu Searlen periaatteeseen. Kuvassa 7 näkyy tyypillinen rotaatioviskosimetri ja erilaisia mittauspäitä (Anton Paar, How to measure viscosity, 2025; ks. myös CSC Scientific company, 2019).

Kuva 7. Rotaatioviskosimetri ja erilaisia mittauspäitä (Drawell analytical, 2024).



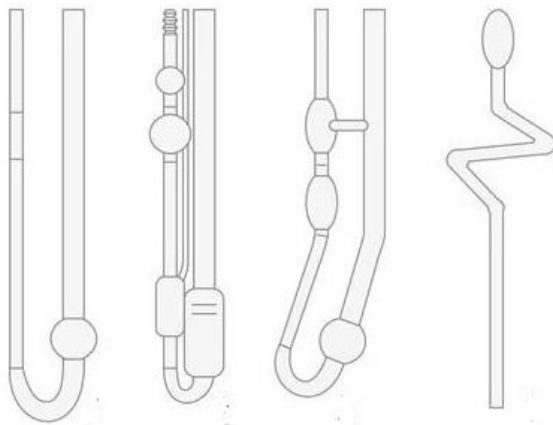
Rotaatioviskosimetreille on paljon erilaisia mittapäitä, jotta voidaan mitata viskositeetiltaan erilaisia näytteitä. Mittapäissä on paljon erilaisia profiileja, kuten sylinterimäisiä ja levyjäisiä muotoja, jotta voidaan mitata juuri tietyllä halutulla mittapäällä. Mitä isompaa mittapäätä käytetään ja suurempaa pyörimisnopeutta mittauksissa, sitä suurempi virtausvastus kehittyi mitattavaan näytteeseen. Kun mitataan näytettä, jossa on laaja viskositeettialue, on järkevää käyttää profiililtaan ja muodoltaan pientä mittapäätä. Vertailukelpoisia näytteitä mitattaessa on järkevää käyttää samaa mittauspäätä ja

mittauspään nopeutta, kun tehdään esimerkiksi tutkimusta jostain samasta aineesta. (Paar, Rotational Viscometry, 2025)

3.4.2 Kapillaariviskosimetri

Kapillaariviskosimetreista yleisin on maan gravitaatiovoimaan perustuva mittaustapa. Valitaan haluttu kapillaariputki, josta tiedetään sisähalkaisija ja pituus. Kapillaariputkessa on kaksi merkkiä, joiden etäisyys pitää olla tarkkaan määritelty ja tiedossa. Tutkittaessa haluttua nestettä, sen annetaan virrata kapillaarin läpi ja samalla mitataan aikaa, kun neste kulkee merkiltä toiselle. Mitattu aika osoittaa viskositeetin ja kertoo nesteen virtausnopeuden, koska tiedetään kapillaariputken sisähalkaisija ja pituus. (Paar, How to measure viscosity, 2025)

Kuva 8. Erilaisia kapillaariputkia viskositeetin mittaamiseen. Muokattu lähteestä (Cannon instrument, 2023).



3.4.3 Kuulaviskosimetri

Kuulaviskosimetrissa kulkee kapillaarissa kuula, jonka mitat tiedetään. Kapillaarissa on tutkittavaa nestettä ja kuula kulkee siinä maan vetovoiman vaikutuksesta tietyssä kulmassa, johon kapillaari on asetettu. Kuula kulkee ennalta määrätyn matkan ja matkan ajalta mitataan aikaa, joka on suoraan verrannollinen nesteen viskositeettiin nähden. Kapillaarin kulma on säädettävissä, mutta kulman pitää olla sopiva, jotta mittaustulokset

ovat luotettavia. Liian jyrkällä kulmalla kuulan vauhti on liian suuri ja kuula ei kulje nesteessä suoraviivaisesti vaan turbulentlyisesti antaen näin virheellisiä mittatuloksia. Kuulaan vaikuttavat voimat ovat maan vetovoiman lisäksi nesteen noste ja nesteen viskositeetti. Viskositeettia saadaan mitattua ja vertailtua kun kapillaarin kulma pidetään samana eri nesteille ja mitataan kuulan kulkemaa aikaa. Kuvassa 9 tyypillinen kuulaviskosimetri. (Paar, How to measure viscosity, 2025)

Kuva 9. Esimerkki tyypillisestä kuulaviskosimetrinä (Crea Petrochemical, 2017).



4 Menetelmät

Menetelmäosio koostuu kahdesta eri osiosta. Ensimmäinen osio käsittelee, miten viskositeettimittaukset suoritettiin, ja mitä niissä tapahtui. Toinen osio kertoo, miten mitattua aineistoa käsitellään, ja mitatut raportointitavat. Osiossa mietitään myös tutkimuskysymystä, joka käsittelee viskositeettimittausten hyötyä sulatejuustotuotteiden tuotannossa.

4.1 Viskositeettimittausten alustus ja suoritus

Opinnäytetyön kokeellisessa osassa tutkittiin erilaisten sulatejuustotuotteiden, dippien ja yhden voituotteen viskositeetteja rotaatioviskosimetrillä toimeksiantajan tuotantotiloissa. Viskositeettimittauksia tehtiin yhteensä neljänä päivänä ja mittauksiin sisällytettiin oletusarvoisesti viskositeetiltaan erilaisia tuotteita, jotta päästiin tutustumaan rotaatioviskosimetrin käyttöön, toimintaan ja vertailemaan eri tuotteiden viskositeetteja saman ja eri tuotteiden välillä. Viskositeettia mitattiin Vevor NDJ-5S rotaatioviskosimetrillä toimeksiantajan tiloissa kuiva-ainemittausten yhteydessä samasta näytteestä. Näytteitä kerättiin eri keittoeristä tuotantohenkilökunnan avulla, jotta pystyttiin vertaamaan miten esimerkiksi veden määrä ja kuiva-aine lukema vaikuttaa viskositeetin arvoon.

Ennen mittausta käytössä ollut Vevor-rotatioviskosimetri asetettiin valmiiksi mittausta varten. Valmisteluun kuului oikean mittauspään valinta ja oikea pyörimisnopeuden valinta, jotta saadaan mahdollisimman vertailukelpoisia lukuja. Vevor-rotatioviskosometrissa on säädettävät jalat ja oma vatupassi, joiden avulla laite säädetään aina tasapainoon ennen uutta näytettä.

4.2 Mitatun aineiston käsittely ja raportointi

Mitattu aineisto kerätään aluksi yhdeksi kokonaisuudeksi, josta siitä poimitaan ja käsitellään kaikista olennaisin- ja käyttökelpoisin tieto. Näytteiden viskositeetteja tutkitaan lämpötilan muutoksen suhteen, ja osan näytteistä viskositeettia mitataan seuraavana päivänä, jolloin nähdään viskositeetin muutokset. Seuraavan päivän aamuna myös maistellaan ja arvioidaan aina edellisen päivän näytteitä keittokohtaisesti. Näytteet pisteytetään maistelun jälkeen ja arvioidaan niiden myyntikelpoisuus. Tämän tapainen aistinvarainen arviointi on erittäin tärkeä työväline tuotteiden rakenteen arvioinnissa. Mittausaineistosta kootaan taulukoita tuotekohtaisesti Microsoft Excel-ohjelman avulla. Mittaustuloksia on kerätty riittävä määrä sulatejuustotuotteista, jotta voidaan arvioida, onko viskositeettimittauksista hyötyä tuotteiden rakenteen vaihtelevuuden arvioinnissa.

5 Tulokset

Tulososiossa tutkitaan eri tuotteiden viskositeetteja tuotteittain keskenään ja toisiinsa verraten. Tutkittavina tuotteina olivat leikattava sulatejuusto A, B ja C, levitettävä sulatejuusto D, voituote, dippi F, G ja H.

5.1 Leikattavat sulatejuustot

Leikattavia sulatejuustoja mitattiin ensimmäisenä mittauspäivänä ja samalla opeteltiin Vevor-rotatioviskosimetrin käyttöä, koska laitteen käyttö ei ollut ennestään tuttua. Leikattavissa sulatejuustoissa oli kolme tuotetta, joita oli tarkoitus mitata rotaatioviskosimetrillä. Kaikkien kolmen tutkittavan tuotteen kohdalla oli hankalaa mitata ja saada luotettavia arvoja näytteistä. Rotaatioviskosimetrin mittauspää, eli spindeli ei pysynyt mitattavassa näytteessä useinkaan suorassa, vaan lähti kiertymään näytteessä pois keskeltä, antaen tällöin epäjohdonmukaisia viskositeetti lukemia. Leikattava sulatejuusto A oli ensimmäisenä tutkittavana, ja siitä ei saatu vertailukelpoisia tuloksia, koska näytteitä oli haastavaa mitata viskositeetti arvon heitellessä liikaa. Seuraavaksi mitattiin erilaista leikattavaa sulatejuusto tuotetta, ja siitä saatiin jonkin verran tuloksia. Taulukossa 1 on tutkittavana näytteenä leikattava sulatejuusto B, ja taulukosta huomaa kuinka lämpötilan laskiessa viskositeetti lähtee nousemaan nopeasti, ja lämpötilan laskiessa lähelle 50°C astetta viskosimetri antaa lähelle mittausasteikon ylärajan arvoa 100 000 cP. Lähellä viskosimetrin mitta-asteikon ylärajaa spindeli ei pysynyt enää stabiilisti paikoillaan näytteessä, vaan tuloksissa saattaa olla epätarkkuutta.

Taulukko 1 Leikattava sulatejuusto B viskositeetti.

Aika	Lämpö °C	cP (mPas)
14:37	69	47500
14:41	65	62500
14:43	64	74200
14:45	59	85500
14:47	55	96900
14:49	53	97000

Taulukossa 2 on tutkittu leikattavaa sulatejuusto tuotetta C, jonka viskositeetti oli huomattavasti korkeampi verrattuna näytteeseen B samoissa lämpötiloissa. Viskositeetti eron pystyi havainnoimaan selvästi myös silmämääräisesti.

Taulukko 2 Leikattava sulatejuusto C viskositeetti.

Aika	Lämpö °C	cP (mPas)
18:00	67	88700
18:04	64	96800
18:09	59	96900

5.2 Levitettävät sulatejuustot

Toisena mittauspäivänä mitattiin levitettävien sulatejuustojen viskositeetteja. Mittauksissa oli mukana yksi levitettävä sulatejuusto, jota nimetään tässä opinnäytetyössä levitettävä sulatejuusto D. Vevor rotaativiskosimetrin käyttö oli tullut tutuksi ensimmäisen päivän jäljiltä, joten nyt oli helpompi valita oikea mittauspää ja muutenkin laitteen käyttäminen oli sujuvampaa. Mittauksissa käytetty mittapää numero 4, ja viskosimetrin nopeutta 12 rpm/min. Taulukossa 3 ensimmäinen näyte, jossa viskositeetin mittaaminen on aloitettu välittömästi, kun näyte on tullut saataville. Mittaamisen aloituksessa lämpötila on ollut 64°C astetta, ja viskositeetin arvo 9200 cP.

Taulukko 3. Levitettävä sulajuusto D viskositeetti-arvoja näytteestä 1.

Näyte 1	Ka 41,74	S4 V12
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
8:38	64	9200
8:41	63	10800
8:44	61	11600
8:47	58	12500
8:48	57	15700
8:49	56	17500
8:51	55	20100
8:52	54	21800
8:55	52	20000
8:58	49	22100
9:01	47	23600
9:03	46	25400
9:04	45	28200
9:06	44	31500

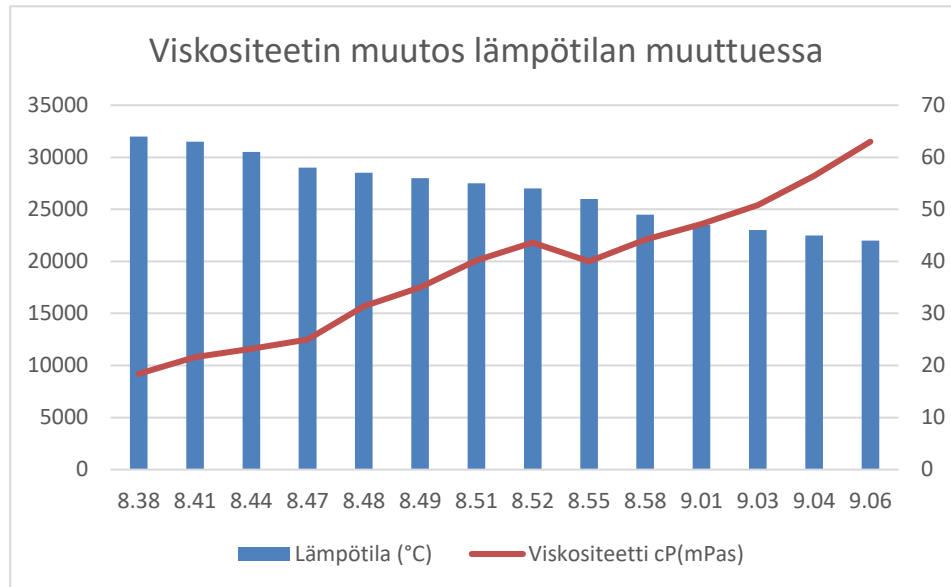
Taulukossa 4 on toinen näyte, ja mittaaminen on aloitettu välittömästi, kun näyte on tullut saataville. Mittauksessa käytetty mittapäättä numero 4, ja viskosimetrin nopeutta 12 rpm/min. Lämpötila on ollut aluksi 61°C astetta ja viskositeetin arvo 3400 cP. Ensimmäisen näytteen viskositeetti oli huomattavasti korkeampi kuin toisen näytteen. Tuotantoajan aikana on huomattu liian paksu koostumus ensimmäisen näytteen kohdalla, joten seuraavaan keittoon on lisätty vettä, jotta koostumus saadaan juoksevammaksi, eli viskositeetiltaan matalammaksi. Näytteitä verrattaessa huomattiin myös, että korkeampi kuiva-aineen arvo vaikutti myös niin, että viskositeetti oli korkeampi, sillä näytteen 1 kohdalla kuiva-aine oli 41,74 % ja näytteen 2 kohdalla 40,37 %.

Taulukko 4. Levitettävä sulatejuusto D viskositeettiarvoja näytteestä 2.

Näyte 2	Ka 40,37	S4 V 12
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
9:13	61	3400
9:19	58	6600
9:20	57	7400
9:22	56	7900
9:24	55	8900
9:25	54	10600
9:27	53	12700
9:28	52	13300
9:30	51	15900
9:32	50	17000

Taulukossa 5 on vertailtu kuinka viskositeetti kasvaa näytteen 1 kohdalla jäähtyessä. Viskositeetti kasvaa kohtalaisen lineaarisesti ylöspäin lämpötilan laskiessa.

Taulukko 5. Levitettävä sulatejuusto D näyte 1 viskositeetti lämpötilataulukko.



5.3 Voituote

Voituotteen viskositeettia mitattiin kolmantena mittauspäivänä. Voituotteen rakenteessa ei ole ollut haasteita, mutta sitä mitattiin mielenkiinnon vuoksi, ja haluttiin selvittää kuinka viskositeetti käyttäytyy, sitä mitattaessa. Voituote saatiin mitattavaksi sulana, mutta lämpötilaltaan jo lähellä tuotantotilan lämpötilaa, joka vaihteli 16–17°C asteen välillä. Taulukosta 6 nähdään että mittaus on aloitettu 25°C asteen lämpötilasta, ja mittaus kesti 18 minuuttia. Mittauksessa käytetty mittapää numero 4, ja viskosimetrin nopeutta 12 rpm/min. Lämpötila laski hiljalleen ja viskositeetissa ei tapahtunut suurta muutosta, mutta viskositeetin noustessa noin 3000 cP arvoon, voituotteen rakenteessa oli tapahtunut muutos. Näyte oli jähmettynyt lähelle voille ominaista kiinteää muotoa, eikä viskositeetin mittaus enää onnistunut, sillä mittapää pyöri omassa painaumassaan ja mittaustulos vaihteli.

Taulukko 6. Voituotteen viskositeetti mittauksia näyte 1.

Näyte 1	S4 V12	
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
8:19	25	2630
8:25	24	2740
8:30	23	3140
8:37	22	3810

Taulukossa 7 on voituotteesta toinen mittaus, jolla varmistettiin mitä ensimmäisessä mittauksessa oli havaittu. Voituote jäähmettyi lähellä 3000 cP arvoa, eikä luotettavia arvoja enää saanut viskositeetin osalta. Mittauksessa käytettiin mittapäätä numero 3, ja viskosimetrin nopeutta 30 rpm/min.

Taulukko 7. Voituotteen viskositeetti mittauksia näyte 2.

Näyte 2	S3 V30	
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP (mPas)
8:54	27	2010
9:00	26	2560
9:04	25	3030
9:07	24,5	3470
9:10	24	3860

5.4 Dipit

Dippien viskositeettiarvoja mitattiin kolmantena ja neljäntenä päivänä yhteensä kolmesta erilaisesta, mutta samantapaisesta tuotteesta. Dipit nimetään F, G ja H dypeiksi. Dipistä F on mitattu tuotannon aikana viskositeettimittauksia, dipistä G aiemmin tuotannossa ajettuja näytteitä, joita säilytetty kylmässä, ja dipistä H on mitattu tuotannon aikana viskositeetti arvoja ja seuraavana päivänä mitattu uudestaan seuraten näin noin vuorokauden varastointiajan vaikutusta kylmässä viskositeettiin.

5.4.1 Dippi F mittaukset

Ensimmäisenä on mitattu viskositeetti arvoja dipistä F neljän näytteen verran tuotantoajan yhteydessä. Taulukossa 8 on ensimmäinen mittausnäyte dipistä F. Vevor rotaatioviskosimetriin on valittu dippiä varten mittauspää 4 ja mittauspään kierrosnopeudeksi 60 kierrosta minuutissa. Näytteen kuiva-aineksi on mitattu 38,45 %, ja

viskositeetin muutosta on seurattu 53°C asteen lämpötilasta 49°C asteen lämpötilaan saakka. Dippi on ollut mittauksen aloitettaessa hyvin juoksevaa, ja hieman muuttunut paksummaksi lämpötilan laskiessa. Ensimmäisen mittauksen aikana todettu, että dipistä F voi hyvin mitata viskositeettia, ja viskosimetri toimi niin kuin pitää.

Taulukko 8. Näyte 1 dipistä F.

Näyte 1	Ka 38,45	S4 V 60
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
12:59	53	970
13:01	52	1230
13:03	51	1220
13:04	50	1280
13:05	49	1430

Taulukosta 9 voidaan huomata, että toinen näyte on saatu kuumempänä mitattavaksi verrattuna ensimmäiseen näytteeseen, ja sen viskositeettia on seurattu pidempi aika. Mittauksessa käytetty mittapäättä numero 4, ja viskosimetrin nopeutta 60 rpm/min. Mittaus on aloitettu 65°C asteen lämpötilassa, ja mittauksista on jatkettu aina 53°C asteen lämpötilaan saakka. Kuiva-aine on ollut noin 2 % pienempi kuin ensimmäisen näytteen kohdalla. 53°C asteen lämpötilassa näytteiden välillä on pieni ero viskositeetin suhteen, niin että ensimmäinen näyte on paksumpaa. Yhden asteen muutos lämpötilassa alaspäin nostaa viskositeettia noin 100 cP korkeammaksi, kun lasketaan keskiarvo viskositeetin nousulle.

Taulukko 9. Näytteen 2 viskositeetti arvoja dipistä F.

Näyte 2	Ka 36,50	S4 V 60
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
15:33	65	260
15:36	64	450
15:38	63	450
15:38	62	480
15:39	61	530
15:40	60	550
15:41	59	680
15:42	57	980
15:43	56	740
15:44	55	820
15:47	54	870
15:48	53	890

Taulukossa 10 kolmannen näytteen kohdalla viskositeettia mitattu 64°C asteen lämpötilasta 60°C asteeseen saakka. Mittauksissa käytetty mittapäätä numero 4, ja viskosimetrin nopeutta 60 rpm/min. Näyte oli jonkin verran paksumpaa kuin näyte 2 viskositeetin suhteen, sillä reseptissä oli vähennetty vettä, eikä muutos selity kuiva-aineen määrällä, sillä se on pysynyt suunnilleen samana.

Taulukko 10. Näytteen 3 viskositeetti arvoja dipistä F.

Näyte 3	Ka 36,62	S4 V 60
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
16:30	64	1020
16:33	63	1100
16:34	62	1170
16:35	61	1270
16:36	60	1340

Taulukossa 11 on neljännestä näytteestä mitattuja viskositeetin arvoja 62°C asteen lämpötilasta 58°C asteeseen saakka. Mittauksessa käytetty mittapäätä numero 3, ja viskosimetrin nopeutta 60 rpm/min. Viskositeetti on matalampi verrattuna näytteeseen kolme, ja tämä johtuu reseptin veden vähentämisestä. Viskositeetti on ollut alussa 290 cP, ja 4°C asteen lämmönlasku on nostanut viskositeetin 430 cP arvoon.

Taulukko 11. Näytteen 4 viskositeetti arvoja dipistä F.

Näyte 4	Ka 38,06	S3 V 60
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
17:26	62	290
17:27	61	300
17:29	60	350
17:30	59	390
17:31	58	430

5.4.2 Dippi G mittaukset

Dippi G:tä oli ajettu tuotannossa aiemmin, ja siitä haluttiin mitata viskositeettia, kun tuote on ollut kylmäsäilytyksessä pidemmän aikaa. Dippiä tutkittiin kahden näytteen osalta viskosimetrin samalla mittapäällä ja samalla mittauspään kierrosnopeudella. Taulukossa 12 on näytteen 1 viskositeetti arvo ja mittaustilämpötila on 13 °C. Näyte 1 on valmistettu tammikuussa 2025, ja siitä on mitattu viskositeetti helmikuun lopussa 2025. Näyte on siis ollut kylmässä noin kuukauden ajan. Viskositeetin arvo oli 48400 cP, ja dippi oli rakenteeltaan kohtuullisen paksua. Mittauksessa käytetty mittapäätä numero 4, ja viskosimetrin nopeutta 12 rpm/min.

Taulukko 12. Dippi G näyte 1 kylmäsäilytyksessä pitkään ollut näyte.

Näyte 1	S4 V 12	
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
14:05	13	48400

Taulukossa 13 on saman tuotteen näyte 2, josta on mitattu viskositeetti 14°C asteen lämpötilassa. Näyte 2 on valmistettu syyskuussa 2024, ja siitä on mitattu viskositeetti helmikuun lopussa 2025. Näyte on ollut kylmässä noin 5 kuukautta, ja sen viskositeetin arvo mitaamisen jälkeen oli 5100 cP. Näyte 2 dippi oli pidemmästä kylmäsäilytysajasta huolimatta huomattavasti juoksevampaa kuin näyte 1, ja viskositeetin mittaus vahvisti tämän rakenteellisen eron. Mittauksessa käytetty mittapäätä numero 4, ja viskosimetrin nopeutta 12 rpm/min.

Taulukko 13. Dippi G näyte 2 kylmäsäilytyksessä pitkään ollut näyte.

Näyte 2	S4 V 12	
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
14:20	14	5100

5.4.3 Dippi H mittaukset

Viimeisenä on otettu viskositeettimittauksia neljän näytteen verran dipistä H. Mittauksien alussa on ollut käytössä mittapää 4 ja mittapään kierrosnopeus on ollut 60 kierrosta minuutissa. Jokaisesta näytteestä on otettu myös viskositeettimittaus, kun näytteiden lämpötila on selkeästi jo laskenut keittolämpötiloista. Tuotantoajon yhteydessä mitatut näytteet on viety kylmäsäilytykseen, ja viskositeetti on mitattu uudestaan seuraavana päivänä noin vuorokauden kylmäsäilytyksen jälkeen. Mittapään nopeuden vaihto vaihtaa mittausasteikon maksimi arvoa, jolloin pienemmällä mittausnopeudella on mahdollista mitata korkeampia viskositeetin arvoja.

Taulukossa 14 on dippi H:sta ensimmäinen näyte, josta on mitattu viskositeettia. Mittaus on aloitettu 69°C asteen lämpötilassa, ja mittauksia on jatkettu 60°C asteen lämpötilaan saakka. Mittauksen aloituksessa viskositeetti oli 540 cP, ja lopussa 1280 cP. Näyte on mitattu noin tunnin päästä uudestaan eri viskosimetrin mittapään nopeudella 30 rpm/min, jolloin viskositeetti on noussut 7300 cP arvoon, ja tämän muutoksen huomasi myös silmämääräisesti rakenteen ollessa paksumpi. Vuorokauden kylmäsäilytyksen jälkeen näytteen viskositeetti arvo oli noussut 25700 cP, joten viskositeetin muutos oli huomattava. Viimeinen mittaus tehty mittapään nopeudella 12 rpm/min.

Taulukko 14. Näytteen 1 viskositeetti arvoja dipistä H.

Näyte 1	Ka 40,98	S4 V 60
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
9:11	69	540
9:12	68	730
9:13	67	800
9:14	66	900
9:15	65	950
9:16	64	960
9:17	63	1170
9:18	62	1360
9:19	61	1200

9:20	60	1280
Mittapään	nopeuden vaihto	S4 V 30
10:17	35	7300
Mittaus	seuraavana päivänä	S4 V 12
9:29	15	25700

Taulukossa 15 on toisesta näytteestä mitattuja viskositeetin arvoja. Mittaus on aloitettu 68° C asteen lämpötilassa ja mittausta jatkettu 60°C asteeseen saakka. Mittaus aloitettu mittapäällä numero 4, ja viskosimetrin nopeudella 60 rpm/min. Noin tunnin kuluttua mitattu viskositeettia uudestaan, jolloin näyte oli jäähtynyt 36°C asteeseen. Mittausaikana viskositeetti on muuttunut 630 cP arvosta 6900 cP arvoon. Mittauksessa muutettu viskosimetrin nopeus 30 rpm/min. Viskositeetti on muuttunut samantapaisesti kuin näytteen 1 kohdalla. Seuraavan päivän mittaustulos antoi tulokseksi 37500 cP, joka on aika paljon enemmän kuin näytteen 1 kohdalla. Näytteiden kuiva-aine on molemmilla näytteillä samansuuruinen sen ollessa 40,98 % näytteellä 1, ja 40,68 % näytteellä 2. Viimeinen mittaus suoritettu viskosimetrin nopeudella 12 rpm/min.

Taulukko 15. Näytteen 2 viskositeettiarvoja dipistä H.

Näyte 2	Ka 40,68	S4 V 60
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
9:33	68	630
9:36	67	860
9:37	66	920
9:37	65	940
9:38	64	970
9:39	63	1080
9:40	62	1150
9:42	61	1300
9:43	60	1490
Mittapään	nopeuden vaihto	S4 V 30
10:32	36	6900
Mittaus	seuraavana päivänä	S4 V 12
9:34	15	37500

Taulukossa 16 on dipin H kolmas näyte, jossa viskositeetin mittaus on aloitettu 70°C asteen lämpötilassa ja mittausta jatkettu 66°C asteeseen saakka. Mittaus aloitettu mittapäällä numero 4, ja viskosimetrin nopeudella 60 rpm/min. Viskositeetti muuttunut 500 cP arvosta 1220 cP arvoon mittausaikana. Näytteen 3 kuiva-aine 40,68 % on

samankaltainen kuin kahdella aikaisemmalla näytteellä. Näyte mitattu uudestaan, kun lämpötila oli laskenut 22°C asteeseen, ja tällöin viskositeetti mittaus antoi arvoksi 8200 cP. Näyte oli muuttunut samankaltaisesti viskositeetin suhteen kuin ensimmäinen ja toinen näyte. Mittaukseen vaihdettu viskosimetrin nopeus 12 rpm/min. Seuraavan päivän viskositeettimittaus antoi arvoksi 12600 cP, joten tulos eikä näin ollen myöskään rakenne ollut muuttunut paljoa verrattuna kahteen ensimmäiseen näytteeseen. Viimeinen mittaus suoritettu viskosimetrin nopeudella 12 rpm/min.

Taulukko 16. Näytteen 3 viskositeetti arvoja dipistä H.

Näyte 3	Ka 40,98	S4 V 60
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
11:20	70	500
11:21	69	720
11:22	68	950
11:23	67	1150
11:24	66	1220
Mittapään	nopeuden vaihto	S4 V 12
13:57	22	8200
Mittaus	seuraavana päivänä	S4 V 12
9:44	15	12600

Taulukossa 17 on kuvattu näytteen 4 viskositeettimittausta. Mittaus aloitettu 70°C lämpötilassa, ja mittausta jatkettu 66°C saakka. Mittaus tehty mittapäällä numero 4, viskosimetrin nopeudella 60 rpm/min. Dipin keiton aikana massa kiehahti kuumemmaksi kuin normaalisti, koska lämpöanturiin oli mahdollisesti jäänyt juustoa. Keittokattilan höyryputkesta tuli dippiä ulos kiehahtamisen seurauksena. Kiehahtamisella oli jonkin verran vaikutusta viskositeettiin, niin että se oli suurempi kuin muissa näytteissä. Kuiva-aine 41,47 % oli myös jonkin verran suurempi kuin aiemmillä näytteillä. Noin kahden tunnin jäähtymisen jälkeen näyte oli muuttunut rakenteeltaan jo melko paksuksi, ja sen viskositeetti oli mitattaessa 22600 cP. Mittaus suoritettu viskosimetrin nopeudella 12 rpm/min. Seuraavana päivänä mittausta tehdessä viskositeetin arvo oli 41200, joka oli dippi H:n näytteistä selkeästi suurin. Viimeinen näyte mitattu samalla mittapäällä kuin aloitettaessa, ja viskosimetrin nopeudella 12 rpm/min.

Taulukko 17. Näytteen 4 viskositeetti arvoja dipistä H.

Näyte 4	Ka 41,47	S4 V 60
Aika	Lämpötila (°C)	Viskositeetti cP(mPas)
12:25	70	1960
12:25	69	1980
12:26	68	2010
12:27	67	2120
12:28	66	2200
Mittapään	nopeuden vaihto	S4 V 12
14:23	28	22600
Mittaus	seuraavana päivänä	S4 V 12
9:44	16	41200

6 Tulosten tarkastelu

Tässä luvussa tarkastellaan sulatejuustotuotteiden viskositeettimittauksista saatuja tuloksia ja vertaillaan niitä. Viskositeetti on keskeinen ominaisuus sulatejuustotuotteiden valmistuksessa ja lopputuotteen käyttöominaisuuksien kannalta. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten eri sulatejuustotuotteiden viskositeetit eroavat toisistaan ja voiko viskositeettimittauksilla saada selville, miksi rakenne vaihtelee niin paljon.

Kokonaisuudessaan mittauksissa havaittiin selkeitä eroja tuotteiden viskositeeteissa saman tuotteen välillä, ja myös mielenkiintoista oli huomata, kuinka viskositeetti muuttui eri tuotteiden välillä. Yksi tutkimuskysymys oli, että soveltuuko viskositeettimittaus leikattaville sulatejuustoille, ja mittaukset osoittivat, ettei kovin hyvin. Mittauspää ei pysynyt näytteessä kunnolla paikoillaan, ja tämän seurauksena rotaatioviskosimetrin mittauslukemat heittelivät paljon.

Levitettävistä sulatejuustoista viskositeettimittaus onnistui hyvin. Rotaatioviskosimetrin mittapää pysyi hyvin paikoillaan ja tämän ansiosta saatiin selkeitä lukemia. Lämpötilan laskiessa viskositeetti nousi pääasiassa tasaisesti, ja rakenteen muutoksen pystyi myös silmämääräisesti havaitsemaan. Kuiva-aineen mittaus samoista tutkittavista näytteistä osoitti, että mitä korkeampi kuiva-aineen määrä, niin sitä korkeampi viskositeetti. Mittausten aikana huomattiin myös, että veden lisäys reseptiin vaikutti selkeästi viskositeettiin laskevasti.

Voituotteen kohdalla mittauksia tehtiin pelkästään mielenkiinnosta tuotteen viskositeettia kohtaan, sillä tällä tuotteella ei ole ollut rakenteellisia haasteita. Voituotteen viskositeettimittaus onnistui aluksi, kun näytteen lämpötila oli vielä kuuma, mutta rakenne muuttui lähellä huoneenlämpöä sellaiseksi, ettei siitä saanut enää mitattua viskositeettia.

Dippien kohdalla tutkittiin kolmea eri tuotetta viskositeetin osalta. Mittaukset jakautuivat suoraan tuotannosta tulleisiin näytteisiin eli dippi F, tuotannon näytteiden mittaamiseen suoraan tuotannon yhteydessä ja seuraavana päivänä, eli dippi H ja kylmäsäilytyksessä olleisiin näytteisiin, eli dippi G, jotka oltiin, tehty jo aiemmin tuotannossa. Tuotannon aikaiset viskositeettimittaukset onnistuivat hyvin dipistä F, ja näytteitä saatiin riittävä määrä. Dipit olivat noin 70°C asteen paikkeilla, kun niistä alettiin mitata viskositeettia. Viskositeetiltaan dipit olivat todella juoksevia kuumina, mutta jäähtyessään niistä selvästi huomasi viskositeetin nousun, kun rakenne muuttui paksummaksi. Veden määrän vaihtelut reseptissä näkyivät mittaustuloksissa, niin että veden lisäys laski viskositeettia ja vähennys nosti viskositeettia. Kuiva-aineen suuruus vaikutti myös samalla lailla viskositeettiin kuin levitettävien sulatejuustojen kohdalla, eli mitä korkeampi kuiva-aine, sitä korkeampi viskositeetti.

Dippi G:n kohdalla mitattiin viskositeettia aiemmin tuotannossa ajetuista dipeistä. Mittauksissa näytteet olivat hyvin erilaisia, sillä pitkään säilytyksessä ollut näyte oli todella juoksevaa eikä pitkä varastointiaika ollut vaikuttanut sen rakenteeseen. Noin kuukauden kylmäsäilytyksessä ollut näyte oli mitattaessa paljon paksumpaa kuin verrokinäyte.

Dippi H:n kohdalla otettiin neljä näytettä mittauksen kohteeksi. Dippien viskositeettia seurattiin ja mitattiin tuotannon yhteydessä, jonkin verran jäähtyneinä, ja seuraavana päivänä noin vuorokauden kylmäsäilytyksen jälkeen. Mittaustulokset olivat hyvin samankaltaisia kolmen ensimmäisen näytteen osalta, kun niitä mitattiin tuotantoajon yhteydessä, ja myös kun näytteet olivat hieman jäähtyneet. Neljäs näyte oli kiehahtaneesta keittoerästä, josta viskositeetti lukemat olivat korkeampia kuin muista näytteistä. Eroavaisuuksia viskositeettiin tuli merkittävästi vuorokauden kylmäsäilytyksen aikana jokaisella näytteellä. Kiehahtanut neljäs näyte, jossa viskositeetti oli ollut korkein jo tuotannon mittausten yhteydessä, niin seuraavan päivän tulos 41200 cP oli kaikista korkein. Kolmen muun näytteen viskositeetit olivat olleet tuotantopäivänä hyvin samankaltaiset, mutta vuorokauden kylmäsäilytyksen jälkeen eroja viskositeetissa tuli. Näyte 1: 25700 cP, näyte 2: 37500 cP, ja näyte 3: 12600 cP.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tutkimuksessa mitattiin ja seurattiin useiden eri tuote-erien viskositeettia rotaatioviskosimetrillä sekä kuiva-ainepitoisuuksia tuotanto-olosuhteissa. Levitettävien sulatejuustojen ja dippituotteiden kohdalla viskositeetin mittaaminen onnistui luotettavasti. Näytteistä otetuista tuloksista huomattiin, että reseptin veden määrällä, ja kuiva-ainepitoisuudella oli yhteys viskositeettiin. Vähempi veden määrä nosti tuotteiden kuiva-ainepitoisuutta ja myös viskositeettia tehden tuotenäytteistä rakenteeltaan paksumpia. Tulokset tukevat ajatusta, että viskositeetin seuraaminen saattaa auttaa arvioimaan tuotteen tulevaa rakennetta jo varhaisessa vaiheessa tuotantoprosessia.

Leikattavien sulatejuustojen kohdalla viskositeettimittaukset olivat vaikeampia toteuttaa. Otetuissa näytteissä oli mittausta aloitettaessa jo heti alkuunsa korkea viskositeetti, joka nousi nopeasti lämpötilan laskiessa viskosimetrin mitta-asteikon ylärajalle. Jähmeä rakenne aiheutti mittapään epävakaata liikkumista näytteessä, mikä heikensi mittausten toistettavuutta ja luotettavuutta leikattavien sulatejuustojen kohdalla. Tämä osoittaa, että opinnäytetyössä käytetty rotaatioviskosimetri ei oikein sovellu leikattaville sulatejuustoille. Leikattaville sulatejuustoille voisi miettiä erilaista rotaatioviskosimetriä, jossa mitta-asteikko on korkeampi kuin nyt käytetty 100 000cP, tai erilaista mittalaitetta, jolla mitataan rakenteen halkaisuun käytettävää voimaa, eli mitataan leikattavuutta.

Lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin, mitä tuotteiden viskositeetille tapahtuu, kun ne jäähtyvät, ja mitä jo yhden vuorokauden kylmäsäilytys vaikuttaa viskositeettiin. Seuraavan päivän mittauksissa dippien kohdalla rakenne muuttui säilytyksen aikana, mikä näkyi viskositeetin merkittävänä kasvuna. Kaksi dippi näytettä otettiin tarkasteltavaksi viskositeetin suhteen, jotka olivat olleet pidempään kylmässä. Pidempään kylmässä ollut näyte antoi viskositeetin arvoksi 5100 cP ja toinen näyte 48400 cP, joten aina pidempi varastointi aika ei välttämättä näy suoraan paksumpana rakenteena. Voidaan olettaa että, lähtöraaka-aineet, esimerkiksi juustolaadut ja niiden ikä aiheuttavat tässä näytteiden suuren eron viskositeetissa.

Sulatejuustojen keittokattilaan integroitavalla viskositeettimittarilla olisi myös mahdollista seurata leikattavien ja muidenkin sulatejuustotuotteiden keiton aikaisia viskositeetin muutoksia. Dippien osalta tulokset osoittivat, että samankaltaiset viskositeettiarvot tuotantonäytteistä eivät seuraavana päivänä olleet enää samansuuruisia toistensa kanssa. Tästä voidaan todeta, että keittokattilassa olevasta viskositeettimittarista ei olisi välttämättä merkittävää hyötyä käytössä olleeseen rotaatioviskometriin nähden. Keittokattilasta

mitattava viskositeetin arvo ei välttämättä käyttäydy odotetusti, sillä reseptiikka ja juustojen ikä- ja laatu todennäköisesti yhdessä varastointiajan kanssa vaikuttavat eniten siihen, että samankaltaiset tuotantoerät käyttäytyvät eri lailla muodostaen näin erilaisia rakenteita.

Opinnäytetyöni perusteella kaikkiin tutkimuskysymyksiin saatiin vastauksia.

Sulatejuustotuotteiden viskositeetin vaihteluun vaikuttavat erityisesti kuiva-ainepitoisuus, veden määrä, raaka-aineiden ominaisuudet sekä lämpötila ja säilytysaika. Nämä tekijät selittävät tuotteiden rakenteellista epätasaisuutta, mikä näkyy erityisesti levitettävyydessä ja rakenteen paksuutena. Viskositeetin mittaaminen rotaatioviskosimetrillä osoittautui käyttökelpoiseksi keinoksi rakenteen arvioinnissa, varsinkin levitettävien ja dippituotteiden kohdalla. Mittaukset antoivat vertailukelpoista tietoa rakenteeseen liittyen, kun reseptiin tehtiin muutoksia. Leikattavien sulatejuustotuotteiden osalta mittaus oli haastavampaa, ja mittaustulosten luotettavuutta häiritsi mittapään epävakaas rakenteeltaan paksummassa näytteessä.

Kokonaisuutta arvioitaessa viskositeettimittaukset voivat olla hyvä ja täydentävä apuväline levitettävien sulatejuustojen ja dippien rakenteen tutkimisessa. Lisämittauksilla on mahdollista saada selville eri tuotteille optimaalinen viskositeetti alue, jolla rakenne on parasta myyntiin. Lisämittauksilla voitaisiin myös selvittää, tapahtuuko suurin rakenteen muutos tuotannosta seuraavana päivänä, ja kuinka paljon viskositeetti vielä muuttuu päivien, viikkojen, ja kuukausien kuluessa, kun tutkitaan samaa näytettä.

Kestävän kehityksen näkökulmasta viskositeettimittauksilla on mahdollista tunnistaa yhdessä kuiva-ainemittauksen kanssa poikkeavia tuote-eriä jo tuotantovaiheessa. Poikkeavien tuotantoerien löytäminen tukisi kestävän kehityksen tavoitteita, tuotannon resurssitehokkuuden, materiaalihävikin vähentämisen ja laadunhallinnan näkökulmista. Kun tuotteiden rakennetta opitaan mittaamaan ja ymmärtämään paremmin, niin on mahdollista säätää tuotantoprosessia paremmaksi.

Erityisesti rakenteeltaan poikkeavat tuotteet aiheuttavat turhaa työtä ja materiaalikulutusta, sillä ne joudutaan purkamaan pakkauksistaan, kuljettamaan uudelleen käsittelyyn ja käyttämään uudelleen resepteissä, mikä lisää sekä työmäärää, että energiankulutusta. Viskositeettimittauksen käyttöönotto ja kehittäminen tuotantoprosessissa voi vähentää näitä toistuvia korjaustoimia ja siten pienentää tuotannon ympäristöjalanjälkeä. Viskositeetti mittaukset voivat toimia työkaluna myös tuotekehityksessä, kun tutkitaan yksinkertaisempia reseptejä, energiatehokkaampia valmistusprosesseja sekä parempaa säilyvyyttä – kaikki tärkeitä asioita kestävän elintarviketuotannon kehittämisessä.

Lähteet

- 1Plus1. (2025). *Nesteiden viskositeetteja*. Noudettu osoitteesta <https://1plus1.fi/taulukot/fysiikka/nesteiden-viskositeetteja/>
- AOBL. (2024). *Pseudoplastic Fluid*. Noudettu osoitteesta <https://aoblpump.com/blogs/pseudoplastic-fluid/>
- Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity*. Noudettu osoitteesta <https://library.agnescameron.info/industrial%20food%20production/Food%20Texture%20and%20Viscosity,%20Malcolm%20Bourne.pdf>
- Cannon instrument. (2023). *VISCOSITY & RHEOLOGY CLASSROOM*. Noudettu osoitteesta <https://cannoninstrument.com/viscosity-rheology-classroom>
- Crea Petrochemical. (2017). *Höppler viscometer*. Noudettu osoitteesta <https://www.creapetrochem.com.au/Hoppler-Viscometer.html>
- CSC Scientific Company, I. (2019). *How Can I Measure Viscosity?* Noudettu osoitteesta <https://www.cscscientific.com/csc-scientific-blog/how-can-i-measure-viscosity>
- Drawell analytical. (2024). *What are Common Types of Rotational Viscometers*. Noudettu osoitteesta <https://www.drawellanalytical.com/what-are-common-types-of-rotational-viscometers-which-one-fits-your-testing-needs/>
- Juraj, S. (31. 10 2023). *Meet'n'learn*. Noudettu osoitteesta <https://www.meetnlearn.fi/opetusblogi/1236-viskositeetin-laskeminen>
- Massey, B. (2006). *Mechanism of fluids*. Noudettu osoitteesta <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/8015/1/Mechanics%20of%20Fluids%20.pdf>
- Opetushallitus. (n.d). *Laboratorioanalyysit*. Noudettu osoitteesta http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/elintarvikeanalyysit_viskositeetti_brookfield.html
- Paar, A. (2025). *How to measure viscosity*. Noudettu osoitteesta <https://wiki.anton-paar.com/fi-en/how-to-measure-viscosity/#falling-ball-and-rolling-ball-viscometers>
- Paar, A. (2025). *Rotational Viscometry*. Noudettu osoitteesta <https://wiki.anton-paar.com/fi-en/rotational-viscometry/>
- Paar, A. (2025). *Viscosity and Viscometry*. Noudettu osoitteesta <https://wiki.anton-paar.com/fi-en/basic-of-viscometry/>
- Patrick F. Fox, T. P. (2017). *Fundamentals of Cheese Science*. Noudettu osoitteesta https://www.researchgate.net/profile/Atef-Abou-El-Nour/publication/286119901_CHEESES_Processed_Cheese/links/60e2e4eca6fdccb74506d072/CHEESES-Processed-Cheese.pdf
- Tamime, A. (2007). *Structure of Dairy Products*. Blackwell Publishing Ltd.

Ustunol, Z. (2009). *Processed Cheese: What is that Stuff Anyway?* Noudettu osoitteesta
<https://www.canr.msu.edu/uploads/234/76591/cheese.pdf>

Liite 1. Opinnäytetyön aineistonhallintasuunnitelma

1. Opinnäytetyön aineiston kuvaus

Tutkimusaineistoni koostuu pääasiassa mittaustuloksista, joita kerätään toimeksianto yrityksen tuotteista sen omissa tiloissa. Mittaustulokset kerätään excel-tiedostoon, jossa käsitellään tuloksia ja koostetaan ne opinnäytetyöni word-tekstiedostoksi. Yrityksen tiloissa otetaan valokuvia tarvittaessa opinnäytetyöhön liittyvistä asioista. Kirjallisista- ja muista lähteistä koostetaan opinnäytetyön tietoperusta, jossa pohjustetaan työn mitattavia suureita ja tuotteiden rakenteeseen vaikuttavia ominaisuuksia.

2. Aineiston talletus ja säilytys

Opinnäytetyön aineisto tallennetaan ja sitä käsitellään opinnäytetyön tekijän omalla salasanalla suojatulla tietokoneella. Aineistosta tallennetaan myös varmuuskopiot erilliseen kansioon, joita säilytetään erillään pääkansion tiedostoista. Opinnäytetyön ohjaaja käsittelee opinnäytetyötä tarvittaessa. Toimeksiantaja ohjeistaa aineiston käsittelyssä, jotta vältetään tarpeettoman aineiston keräämiseltä. Opinnäytetyössä ei kerätä eikä käsitellä henkilötietoja.

3. Aineiston omistajuus

Opinnäytetyöaineiston ja tulosten omistajuus on toimeksiantajalla. Opinnäytetyön aineistoa tullaan hyödyntämään tilaajayrityksessä, mutta muuta jatkokäyttöä aineistolla ei ole