

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

2025

Laura Kokko

Kasvipohjaisten elintarvikkeiden viskositeetin tarkastelu



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Bio- ja kemiantekniikka

2025 | 52 sivua

Laura Kokko

Kasvipohjaisten elintarvikkeiden viskositeetin tarkastelu

Opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää toimeksiantajayrityksen tuotteiden viskositeettien raja-arvot laadunvalvonnan ja tuotekehityksen tueksi. Raja-arvojen tarpeen taustalla olivat kuluttajapalautteet vaihtelevasta tuotekoostumuksesta.

Työssä tehtiin säilyvyysseuranta, jossa mitattiin kolmen soijajogurttituotteen ja yhden kaurakermatuotteen viskositeetteja seurantajakson ajan. Mittaukset tehtiin jokaisen tuotteen kahdelle tuotantoerälle kolmessa eri lämpötilassa. Säilyvyysseurannan lisäksi tehtiin erilliset testit, joilla selvitettiin lämpötilan ja soijajogurtin hillopitoisuuden vaikutusta viskositeettiin. Lopuksi tehtiin käyttäjätesti, jossa simuloitiin kuluttajan tapaa käyttää tuotetta ja tutkittiin sen vaikutusta viskositeettiin.

Tutkimuksen perusteella voitiin todeta, että tuotteiden viskositeetti pääasiassa kasvaa säilytysajan kuluessa, mikäli tuotepakkaus on avaamaton. Avatun tuotteen viskositeetti sen sijaan laski ilman vaikutuksesta. Lämmitystesti osoitti tuotteen viskositeetin laskevan lämpötilan noustessa. Tuotteen viskositeettiin vaikuttaa myös hillopitoisuus, sillä korkeamman viskositeetin omaava hillo nostaa lopputuotteen viskositeettia. Tulokset toimivat pohjana viskositeettirajojen määrittelylle ja jatkotutkimukselle.

Asiasanat:

viskositeetti, laadunvalvonta, soija, kaura, elintarvike

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Biotechnology and Chemical Engineering

2025 | 52 pages

Laura Kokko

Viscosity Analysis of Plant-Based Food Products

The aim of this thesis was to determine viscosity specification limits for the commissioning company's products to support quality control and product development. The need for these limits originated from consumer feedback regarding inconsistencies in product texture.

Viscosity measurements were conducted for three soy yogurt products and one oat-based cooking cream product. Each product was measured across two production batches and at three storage temperatures. In addition to time-based monitoring, separate tests were performed to examine the effects of temperature and jam content on the viscosity of the soy yogurt. Finally, a user simulation test was conducted to mimic consumer use and assess its impact on viscosity.

The results showed that viscosity generally increased over time, when the product packaging remained unopened. In contrast, viscosity decreased after opening due to air exposure. The heating test confirmed viscosity decreases with increasing temperature. Product composition also affected viscosity, as the thicker jam increased the overall viscosity. The results gathered provide a basis for defining viscosity limits and for further research.

Keywords:

viscosity, quality control, soybean, oat, food product

Sisältö

1 Johdanto	7
2 Valio Oy ja Turun tehdas	8
3 Soijan ja kauran käyttö elintarvikkeissa	10
3.1 Soija	10
3.2 Kaura	12
4 Viskositeetti ja sen merkitys elintarvikkeiden laadunvalvonnassa	15
4.1 Viskositeetti	15
4.2 Elintarvikkeiden laadunvalvonta	16
5 Kokeellisen osuuden suunnittelu	19
6 Soijajogurtin ja kaurakerman säilyvyysseuranta	23
6.1 Toteutus	23
6.2 Soijajogurtinäytteiden säilyvyysseurannan tulokset	25
6.3 Kaurakermanäytteiden säilyvyysseurannan tulokset	30
6.4 Virhearviointi	32
6.5 Päätelmät ja jatkotoimenpiteet	33
7 Soijajogurtin lämmitystesti	36
7.1 Toteutus	36
7.2 Tulokset	37
7.3 Virhearviointi	39
7.4 Päätelmät ja jatkotoimenpiteet	39
8 Soijajogurtin hillopitoisuuden vaikutus viskositeettiin	41
8.1 Toteutus	41
8.2 Tulokset ja virhearviointi	43
8.3 Päätelmät ja jatkotoimenpiteet	44
9 Käyttäjätesti	45
9.1 Toteutus	45

9.2 Tulokset ja virhearviointi	45
9.3 Päätelemät ja jatkotoimenpiteet	46
10 Yhteenveto	48
Lähteet	49

Kuvat

Kuva 1. Valion tuotemerkkejä (Valio 2025a).	8
Kuva 2. OddlyGoodin ja Plantin tuotteita (Valio 2023).	9
Kuva 3. Värähtelyviskosimetri (Cole-Parmer Instrument Company 2025).	16
Kuva 4. +11 °C näytteiden väliaikaissäilytys.	24
Kuva 5. +30 °C näytteiden väliaikaissäilytys.	24

Kuvaajat

Kuvaaja 1. Soijapavun koostumus.	11
Kuvaaja 2. Kauran jyvän koostumus.	13
Kuvaaja 3. Säilyvyyss seurannan tulokset, soijajogurtti maustamaton (erä 1).	25
Kuvaaja 4. Säilyvyyss seurannan tulokset, soijajogurtti maustamaton (erä 2).	26
Kuvaaja 5. Säilyvyyss seurannan tulokset, soijajogurtti hillo A (erä 1)	27
Kuvaaja 6. Säilyvyyss seurannan tulokset, soijajogurtti hillo A (erä 2)	27
Kuvaaja 7. Säilyvyyss seurannan tulokset, soijajogurtti hillo B (erä 1).	28
Kuvaaja 8. Säilyvyyss seurannan tulokset, soijajogurtti hillo B (erä 2).	29
Kuvaaja 9. Säilyvyyss seurannan tulokset, kaurakerma maustamaton (erä 1).	30
Kuvaaja 10. Säilyvyyss seurannan tulokset, kaurakerma maustamaton (erä 2).	31
Kuvaaja 11. Viskositeetin muutos lämpötilan funktiona.	38
Kuvaaja 12. Näytteen viskositeetti eri hillopitoisuuksissa.	43
Kuvaaja 13. Käyttäjätestin tulokset.	46

Taulukot

Taulukko 1. Esimerkkejä elintarviketeollisuuden laadunvalvonnallisista menetelmistä (Närvänen 2025).	17
Taulukko 2. Soijajogurtin ja kaurakerman säilyvyysseurannan näytejärjestely.	21
Taulukko 3. Muiden soijajogurtista tehtävien testien näytejärjestely.	22
Taulukko 4. Viskositeettiarvot, soijajogurtti maustamaton.	26
Taulukko 5. Viskositeettiarvot, soijajogurtti hillo A.	28
Taulukko 6. Viskositeettiarvot, soijajogurtti hillo B.	29
Taulukko 7. Viskositeettiarvot, kaurakerma maustamaton.	32
Taulukko 8. Soijajogurttien viskositeettien raja-arvot.	34
Taulukko 9. Kaurakerman viskositeetin raja-arvot.	35
Taulukko 10. Lämmityskokeen näytteiden viskositeetit, keskiarvot, mittausten otoskeskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat.	37
Taulukko 11. Säilytyslämpötilan päätepisteiden laskennalliset viskositeetit.	38
Taulukko 12. Näytteiden valmistamisen punnitusmäärät.	41
Taulukko 13. Hillopitoisuusnäytteiden viskositeetit ja keskiarvot, mittausten otoskeskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat.	42
Taulukko 14. Maustamattoman soijajogurtin ja hillon A viskositeetit, mittausten otoskeskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat.	42

1 Johdanto

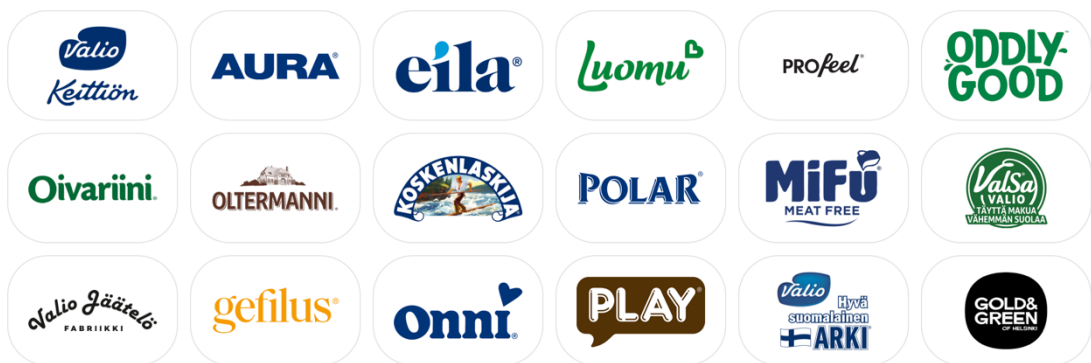
Kasvipohjaiset tuotteet ovat viime vuosina saaneet yhä suurempaa jalansijaa elintarvikemarkkinoilla, ja ne ovat vakiinnuttaneet paikkansa monen kuluttajan arjessa. Tämä kehitys on vauhdittanut useiden kasvipohjaisten vaihtoehtojen – kuten kauran ja soijan – hyödyntämistä elintarviketuotannossa. (Soult 2022; Breewood 2024.) Kiinnostus näihin tuotteisiin pohjautuu muun muassa ilmastoystävällisyyteen, eläinten hyvinvointiin ja terveyteen liittyviin tekijöihin (Ekholm 2020; Orkla 2022). Kasvanut kysyntä on luonut markkinat monipuoliselle tuotevalikoimalle; uusien tuotteiden keskiössä ovat kuluttajan näkökulmasta maku ja koostumus (FMCG Gurus 2021). Yksi rakenteeseen vaikuttava tekijä on tuotteen viskositeetti. Kuluttajalle viskositeetti näyttäytyy suuntuntumana, kaadettavuutena ja sekoitettavuutena.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia kaura- ja soijapohjaisten elintarvikkeiden viskositeetin luonnollista vaihtelua tuotteen säilyvyysajan sisällä. Työn tavoitteena on selvittää, millaista viskositeettivaihtelua voidaan pitää normaalina valittujen tuotteiden kohdalla. Pidemmän säilyvyysseurannan lisäksi tutkitaan lämpötilan ja tuotteen hillopitoisuuden vaikutusta viskositeettiin. Lopuksi tehdään käyttäjätesti, jossa simuloitiin kuluttajan tapaa käyttää tuotetta. Tuloksia hyödynnetään toimeksiantajayritys Valio Oy:n laadunvalvonnan tukena. Käytännön mittaukset suoritettiin Valion Turun tehtaalla.

Opinnäytetyön alussa esitellään toimeksiantaja ja perehdytään tutkittavien tuotteiden raaka-aineisiin kauraan ja soijaan. Tämän jälkeen siirrytään viskositeetin teoriaan ja sen vaikutukseen elintarvikkeisissa. Teorian lähdeaineistona käytetään alan kirjallisuutta ja tutkimuksia. Työn kokeellinen osuus alkaa luvulla, jossa kerrotaan testisuunnitelmat. Suunnitelman esittelyn jälkeen seuraa toimeksiannon mukaiset neljä osiota: säilyvyysseuranta sekä tuotteen koostumuksen, lämpötilan ja ilman vaikutukset viskositeettiin. Testien tulokset virhearvioineen käsitellään selkeyden ja luettavuuden vuoksi jokaisessa osiossa erikseen. Lopuksi kootaan tutkimusten tulokset ja niiden pohjalta esitetään jatkotutkimusaiheita.

2 Valio Oy ja Turun tehdas

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Valio Oy, ja käytännön toteutus suoritettiin Valion Turun tehtaalla. Valio on suomalainen elintarvikealan yritys, jonka juuret ulottuvat yli 120 vuotta taaksepäin. Vuonna 1905 perustettu yritys on kasvanut suureksi toimijaksi niin kotimaisilla kuin kansainvälisilläkin elintarvikemarkkinoilla. Valion tuotevalikoimaan kuuluu muun muassa laaja skaala maitopohjaisia tuoretuotteita, juustoja ja levitteitä, sekä useita kasvipohjaisia tuotteita. Näiden lisäksi Valio valmistaa esimerkiksi mehuja sekä lastenruokia. Yrityksen tunnettuja tuotemerkkejä ovat muun muassa juustoista tunnetut Oltermanni ja Aura, sekä levitteenä käytettävä Oivariini. Osa Valion useista brändeistä on esitetty kuvassa 1. (Valio 2025a.)



Kuva 1. Valion tuotemerkkejä (Valio 2025a).

Valion osuus Suomen elintarvikemyynistä on noin neljännes. Tämän lisäksi Valio toimii kansainvälisesti, ja sillä on tytäryhtiöitä Ruotsissa, Virossa, Yhdysvalloissa ja Kiinassa. Suomessa tehtaita on 13 eri paikkakunnalla. (Valio 2025b.) Valion toiminnan laajuus näkyy myös sen taloudellisissa luvuissa. Vuonna 2023 yrityksen liikevaihto oli 2 277 595 000 euroa, ja tilikauden tulos oli 10 196 000 euroa (Kauppalehti 2025).

Valion Turun tehtaan toiminta on alkanut vuonna 2005. Sen historian aikana tehdas on valmistanut tuotteita eri yritysten, kuten Raision ja Kavlin alaisuudessa. Valio osti tehtaan Kavlilta syyskuussa 2023, minkä seurauksena tehtaan Planti-tuotteiden valmistus vaihtui OddlyGood-tuotteisiin. Näihin OddlyGood-tuotteisiin kuuluu erilaisia kaura- ja soijapohjaisia ruoanlaittotuotteita sekä välipaloja (kuva 2). (Suomen elintarviketyöläisten liitto 2023.)



Kuva 2. OddlyGoodin ja Plantin tuotteita (Valio 2023).

Tehtaalla toimii oma laadunvalvontalaboratorio, jossa analysoidaan tehtaassa valmistettuja kaura- ja soijapohjaisia tuotteita. Laboratoriossa tehdään muun muassa kuiva-aine- ja pH-mittauksia sekä aistinvaraisia arviointeja. Analyysijä tehdään sekä prosessin puolivalmisteista, että pakatuista valmiista tuotteista. Edellä mainittujen analyysien lisäksi laboratoriossa tehdään kaurapohjaisista tuotteista mikrobiologisia määryksiä – soijatuotteiden mikrobiologiset analyysit suorittaa ulkopuolinen taho. (Närvänen 2025.)

3 Soijan ja kauran käyttö elintarvikkeissa

Soija ja kaura ovat viime vuosina nousseet merkittäviksi kasvipohjaisten elintarvikkeiden raaka-aineiksi, mutta niiden hyödyntäminen elintarvikkeina ulottuu kauas historiaan. Soijaa on käytetty Aasiassa proteiininlähteenä jo tuhansia vuosia (Tetra Pak 2018, 3), kun taas kaura kuuluu keskeisesti pohjoiseurooppalaiseen ruokavalioon. Soijan vahvuuksia ovat sen korkea proteiinipitoisuus, kun taas kaura erottuu edukseen runsaalla kuitupitoisuudellaan.

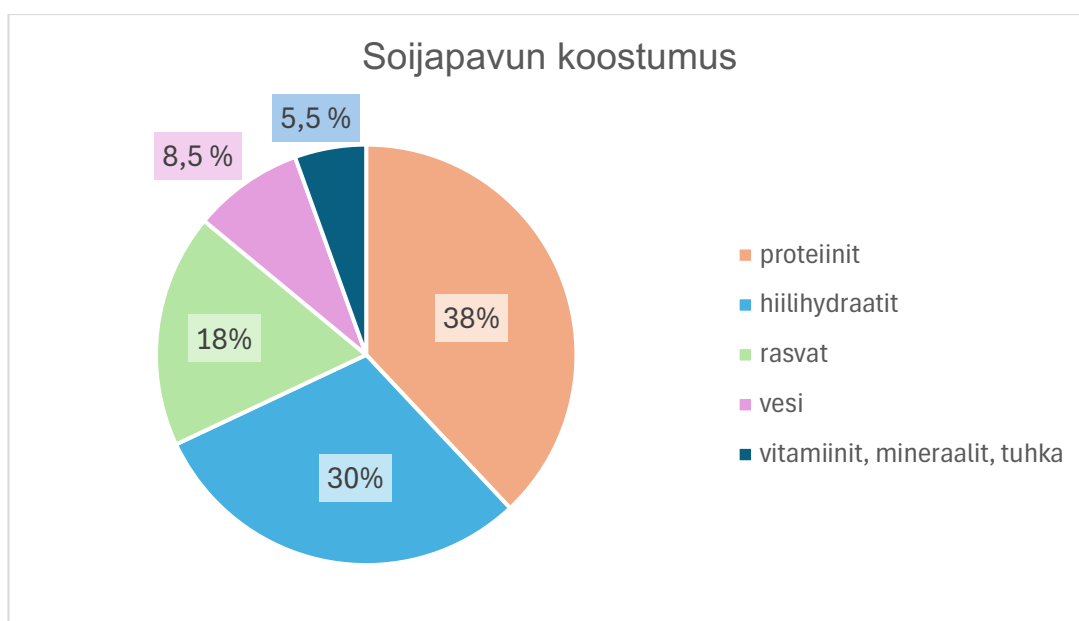
3.1 Soija

Soija (*Glycine max*) on palkokasvi. Sitä viljellään laajalti ympäri maapalloa – päätuottajia ovat Yhdysvallat, Brasilia, Kiina ja Argentiina. Soija on tärkeä kasvipohjainen proteiini-lähde maailmalla, ja sitä käytetään raaka-aineena myös maito- ja lihatuotteiden korvikkeiksi kehitetyissä tuotteissa. (Tetra Pak 2018, 3). Näitä tuotteita ovat esimerkiksi soijajogurtti ja -juoma, tofu, soijapihvit, -nakit ja -suikaleet sekä laajasti käytetty soijarouhe. Kasvipohjaisten elintarvikkeiden lisäksi soijaa käytetään tuotantoeläinten rehustuksissa – Suomessa soijaa rehuna syövät siipikarja, siat ja kasvatettu lohi (Wanhalinna 2024; Saimaan Tuore).

Soijan koostumus ja ominaisuudet

Soijapavusta viljellään useita eri lajikkeita, joilla on omat laatukriteerinsä ja käyttötarkoituksensa. Soijapavun laatua arvioidaan eri parametrien, kuten värin, proteiiniliukoisuuden, kosteuspitoisuuden ja iän perusteella. Elintarvikkeissa soijapavut voidaan jakaa kahteen kategoriaan: ruokapapu ja öljypapu. Ruokapavuille asetetut laatuvaatimukset ovat korkeammat, minkä vuoksi niiden viljely on vaativampaa. (Tetra Pak 2018, 8–9.)

Soijapapu sisältää keskimäärin enemmän proteiinia (noin 38 %) ja vähemmän hiilihydraatteja (noin 30 %), kuin muut palkokasvit, joiden proteiinipitoisuus on noin 20–25 % ja hiilihydraattipitoisuus noin 50–60 % (Shevkani 2023). Soijan sisältämät rasvat ovat pääasiassa pehmeitä tyydyttymättömiä ja monitydyttymättömiä rasvoja. Soijapapu sisältää myös eri vitamiineja (A, E, K) sekä mineraaleja (kalium, rauta, sinkki). (Tetra Pak 2018, 11–15, 21; Rotundo 2024.) Nämä piirteet tekevät soijasta erinomaisen elintarvikkeen. Tutkimusten mukaan soijapavuilla on ihmisten terveyteen positiivisia vaikutuksia: se laskee muun muassa sekä verenpainetta että terveydelle haitallista LDL-kolesterolia (LDL on lyhenne sanoista Low Density Lipoprotein) (Rotundo 2024). Kuvaajassa 1 on kuvattu soijapavun pääasiallinen koostumus Tetra Pakin (2018, 11) mukaan.



Kuvaaja 1. Soijapavun koostumus.

Soijapavun kasvuun ja täten laatuun vaikuttaa moni maanviljelylle merkittävä olosuhdetekijä. Tällaisia tekijöitä ovat auringonvalon määrä, kasvualustan lämpötila ja kosteus. Viljelysijainnin lisäksi esimerkiksi kasvitaudit ja tuholaiset vaikuttavat soijapavun sadon laatuun ja saantoon. Asianmukainen soijan kuivatus ja varastointi ovat tärkeässä osassa, jotta sato ei pääse pilaantumaan homeiden vuoksi. (Tetra Pak 2018, 4–7.)

Soijan laadun vaikutus tuotteen koostumukseen ja säilyvyyteen

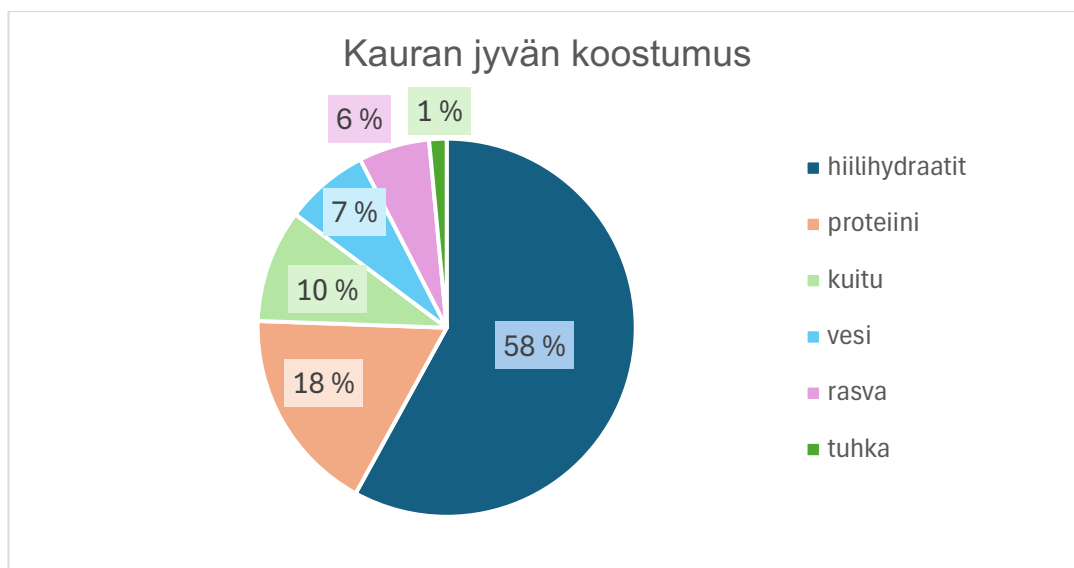
Soijapavun ominaisuudet, fysikaaliset ja kemialliset, vaikuttavat soijasta valmistettujen elintarvikkeiden koostumukseen ja säilyvyyteen. Mitä pidempi aika sadonkorjuusta kuluu raaka-aineen hyödyntämiseen, sitä todennäköisemmin soijapavussa tapahtuu negatiivisia laadullisia muutoksia. Euroopan komission (2019) mukaan merkittävä osa EU:n alueella käytettävästä soijasta tuodaan Etelä- ja Pohjois-Amerikasta. Varastointi- ja kuljetusketjun aikana soijan laatu voi heikentyä esimerkiksi mikrobiologisten ongelmien tai hyönteisten tekemien tuhojen vuoksi. Muita ei-toivottuja muutoksia ovat esimerkiksi väri- ja pH-muutokset sekä muutokset prosessoitavuudessa (ei emulgoidu). (Tetra Pak 2018, 19.) Nämä muutokset soijapavun laadussa voivat heikentää lopputuotteen rakennetta, makua ja säilyvyyttä. Lisäksi valmiin tuotteen laatuun vaikuttavia prosessivaiheita ovat esimerkiksi homogenointi, lämpökäsittely sekä valitut lisäaineet (Tetra Pak 2018, 122).

3.2 Kaura

Kaura (*Avena sativa*) on soijaa suomalaisille tutumpi näky sekä pelloilla että keittiössä. Suomi onkin yksi keskeisimmistä kaurantuottajamaista, sillä Suomi on maailman toiseksi suurin kauran viejä (Suomikaura). Suomessa on otollinen sää kaurankasvatukseen; Suomen viileä, sateinen mutta valoisa kesäkausi on erinomainen kauran viljelyyn (Helsingin Mylly 2024). Muita suuria tuottajia ovat muun muassa Kanada, Venäjä ja Australia. Suomessa tuotettu kaura menee pääasiassa rehuksi, vaikka elintarvikekäyttöön tarkoitetun kauran kysyntä on kasvanut lähivuosina. Kauran etuna ovat sen kotimaisuus ja suomalaisille tuttu, sopivan neutraali maku. (Leipätiedotus ry.) Aamupalapöydästä usein löytyvän kaurapuuron lisäksi kaurasta voidaan valmistaa useita kasvipohjaisia tuotteita. Näihin tuotteisiin kuuluu esimerkiksi kaurajuomat, -jogurtit ja -jäätelöt, sekä ruoanlaitossa käytettävät kaurapohjaiset levitteet ja kermit.

Kauran koostumus ja ominaisuudet

Kauralajikkeita on useita erilaisia eri käyttötarkoituksiin. Tietyn kauralajikkeen etu saattaa olla sen hyvä aikainen sato, viljelyvarmuus haastavissa oloissa, hyvä käytettävyys rehuksi tai myllykauraksi. Kaura sisältää runsaasti hiilihydraatteja, joista osa on ravintokuivuja, kuten beetaglukaania – sitä käytetään myynnillisenä valttikorttina. Tuotteet, jotka sisältävät beetaglukaania vähintään yhden gramman annosta kohden, voivat hyödyntää Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen (EFSA) myöntämää terveystähtämää, jonka mukaan beetaglukaani edistää kolesterolin alentamista ja tasaa verensokeria. Beetaglukaaniin lisäksi kaura sisältää muitakin terveydelle hyödyllisiä ravintoaineita: proteiinia, pehmeitä rasvoja, vitamiineja (E, B1) ja mineraaleja (rauta, kalsium, magnesium). (Helsingin Mylly 2024; Raisio Oyj 2025; Myllyn Paras; Tilasiemen.) Kuvaajassa 2 on kuvattu kauran jyvän pääasiallinen koostumus Leipätiedotus ry:n mukaan.



Kuvaaja 2. Kauran jyvän koostumus.

Kaura itsessään on gluteenitonta. Kauratuotteet saattavat kuitenkin sisältää gluteenia, mikäli jossakin tuotantovaiheessa pellon ja purituksen välissä kaura on joutunut kosketuksiin gluteenia sisältävien viljojen kanssa. (Helsingin Mylly 2024.)

Kauran laadun vaikutus tuotteen koostumukseen ja säilyvyyteen

Kauran laatuun vaikuttavat valittu lajike ja sen luonnollinen koostumus, mikä määrittelee esimerkiksi sen ravintoarvot ja kuitupitoisuuden. Satokauden onnistumiseen ja siten hyvälaatuisen kauraan vaikuttavat kasvuolosuhteet, kuten sää, kasvupaikka ja tuholaisten ja muiden kasvitautien loitolla pitäminen. Sadonkorjuun jälkeen on tärkeää huomioida asiallinen kuivaus ja varastointiolosuhteet. Liian kosteana varastoitu kaura on otollinen ympäristö homeiden ja muiden mikrobien kasvulle. Näillä aspekteilla on vaikutus kauran laatuun, ja siten vaikutus myös niistä valmistettavaan tuotteeseen. (Luonnonvarakeskus; Tilasiemen.)

4 Viskositeetti ja sen merkitys elintarvikkeiden laadunvalvonnassa

Viskoosius on fyysinen ominaisuus, joka vaikuttaa elintarvikkeissa niiden koostumukseen ja siten kuluttajakokemukseen. Elintarviketeollisuudessa viskositeetin seuranta onkin osa laadunvalvontaa, sillä viskositeetin tasaisuus kertoo tuotantoprosessin toimivuudesta. (Rodrigues 2024.)

4.1 Viskositeetti

Viskositeetti kuvaa nesteiden virtausominaisuuksia ja se määräytyy molekyylien välisten vetovoimien perusteella. Viskositeetti ilmaisee nesteen sisäistä kitkaa, mikä voidaan havaita esimerkiksi nestettä sekoittaessa, kaadettaessa tai levitettäessä. Elintarvikkeissa viskositeetti vaihtelee: esimerkiksi hunaja on jähmeä korkeaviskoosinen, kun taas juotava jogurtti on matalaviskoosinen, helposti virtaava. (Rantamäki 2005; Vessele 2019; Anton Paar 2025.)

Viskositeetti ei ole tuotteen pysyvä ominaisuus, vaan se riippuu esimerkiksi tuotteen lämpötilasta tai muista ulkoisista voimista. Viskositeettiin vaikuttaa sisäisesti aineen oma molekyyli rakenne, sillä korkeaviskoosisessa aineessa rakenneosaset ovat tiukemmin kiinni toisissaan vastustaen liikettä. Ulkoinen aineeseen vaikuttava voima voi olla esimerkiksi voimakas sekoittaminen, joka voi hetkellisesti vaikuttaa viskositeettiin. (Roininen 2024; Anton Paar 2025.)

Muita ulkoisia muuttujia ovat lämpötila ja paine. Näistä parametreista varsinkin lämpötila voi aiheuttaa viskositeetissa huomattavan muutoksen. Lämpötila vaikuttaa viskositeettiin kääntäen verrannollisesti: lämpötilan noustessa viskositeetti laskee, ja toisinpäin. Aineesta riippuen lämpötilan vaikutus viskositeettiin voi olla pientä tai erityisen huomattavaa, sillä jo 1 °C lämpötilan lasku voi aiheuttaa 10 % viskositeetin nousun. (Anton Paar 2025.) Reidin (2021) mukaan lämpötilan kasvaessa aineen rakenneosien liike kasvaa vähentäen molekyylien välistä vuorovaikutusta.

Viskosimetrejä eli viskositeettia mittaavia laitteita on usealla eri periaatteella toimivia, ja viskosimetrit palvelevat erilaista käyttötarkoitusta. Tässä työssä käytettiin värähtelyperiaatteella toimivaa viskosimetriä (eng. vibrational viscometer), mikä on nähtävillä kuvassa 3. Värähtelymittauksessa viskosimetri mittaa, kuinka paljon energiaa tarvitaan pitämään näytteeseen asetettu anturi värähtelemässä tietyllä taajuudella (30 Hz) – mitä korkeaviskoosisempi aine on, sitä enemmän energiaa vaaditaan. (Cole-Parmer Instrument Company 2025.) Työssä käytetty viskosimetri mittasi viskositeetin (mPa·s) ja lämpötilan (°C) yhtäaikaista.



Kuva 3. Värähtelyviskosimetri (Cole-Parmer Instrument Company 2025).

4.2 Elintarvikkeiden laadunvalvonta

Elintarvikkeiden säilyvyyden tutkimuksesta säädetään EU:n asetuksissa ja Suomen elintarvikelainsäädännössä. Vaatimuksena on, että elintarvikkeet täyttävät tietyt mikrobiologiset, kemialliset ja aistinvaraiset vaatimukset asetettuun myyntipäivämäärään asti. Myyntipäivämäärällä tarkoitetaan

merkintöjä ”parasta ennen” ja ”viimeinen käyttöpäivä”. (Ruokavirasto 2023.) Valion Turun tehtaan laboratoriossa on mahdollisuus suorittaa erilaisia laadunvalvonnallisia fysikaalisia ja kemiallisia analyyseja. Näillä analyyseilla halutaan varmistaa tuotteiden tasalaatuisuus, turvallisuus ja reseptin mukaisuus. Laadunvalvontaa voidaan suorittaa esimerkiksi allergeenien, kuten soijan ja gluteenin osalta. (Närvänen 2025.)

Laadunvalvonta kattaa koko tuotantoprosessin raaka-aineista valmiisiin tuotteisiin, samalla varmistaen sivuprosessien, kuten pesujen, pätevyys (Valio 2025c). Laadunvalvontaa tehdään laboratoriossa suoritettavien kemiallisten, aistinvaraisten, mikrobiologisten ja fysikaalisten analyysien lisäksi prosessin eri vaiheissa. Näitä laadunvalvonnallisia testejä tuotannon ohessa ovat esimerkiksi tuotteen aistinvarainen arviointi sekä pakkausten eheyden varmistaminen. Laadunvalvonnan perimmäisenä tarkoituksena on tuoteturvallisuus. (Närvänen 2025.) Elintarviketeollisuudessa on useita eri menetelmiä laadunvalvonnan suorittamiseen. Näistä osa on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Esimerkkejä elintarviketeollisuuden laadunvalvonnallisista menetelmistä (Närvänen 2025).

Kategoria	Menetelmä	Tarkoitus
Fysikaaliset testit	Viskositeetti	Tuotteen paksuus
	Kuiva-aine	Tuotteen kuiva-aineen prosentuaalinen määrä
Kemialliset testit	pH	Tuotteen happamuus/emäksisyys
	Titraus	Happopitoisuuden määrittäminen
Mikrobiologiset testit	Viljely	Mikrobien kasvatus (bakteerit, homeet, hiivat...)
Aistinvaraiset testit	Katso, haista, maista	Tuotteen väri, koostumus, rakenne, maku, haju

Viskositeetti osana laadunvalvontaa

Viskositeetti on tärkeä fysikaalinen mittari elintarvikkeiden laadunvalvonnassa, sillä se kertoo tuotteen rakenteesta ja suutuntumasta (PCE Instruments 2016; Vessele 2019). Kuluttajat odottavat elintarvikkeilta tasaista laatua vuodesta toiseen, jolloin mahdollisesti vaihteleva tuotteen juoksevuus ei vastaisi laatuodotuksia. Lusikoitavilla tuotteilla on omat viskositeettirajat, kun taas kaadettavan kerman viskositeetin tulee olla pienempi (Michael Smith Engineers).

Viskositeetti voi muuttua tuotteen ikääntyessä tai tuotantoprosessin aikana. Muutokset voivat viestiä raaka-aineiden epätasalaatuisuudesta, ongelmista prosessissa tai jopa mikrobikontaminaatioista tuotteessa (PCE Instruments 2016; Karanth ym. 2023). Tämänäyttypisten haasteiden havaitseminen voi olla vaikeaa, ilman selkeää mittaria, kuten viskositeettia.

Mittausolosuhteilla on suuri merkitys viskositeetin mittauksessa. Näistä suurimmat muuttujat ovat näytteen lämpötila, mittausaika ja ympäristön värinä. Mittaukset tulisi suorittaa vakioiduissa olosuhteissa esimerkiksi minuutin ajan, jotta mahdollisista muuttujista standardoitaisiin mahdollisimman moni. (Vessele 2019.) Standardointi mahdollistaa vertailukelpoiset ja toistettavat tulokset.

5 Kokeellisen osuuden suunnittelu

Valion Turun tehtaalla valmistetaan useita eri makuisia kasvipohjaisia soijajogurtteja ja kaurakermoja. Kattavien testien tekeminen jokaisesta valmistettavasta tuotteesta ei ollut opinnäytetyön laajuudessa mahdollista, joten tarkasteluun valittujen tuotteiden määrä rajattiin neljään. Toimeksiantajan pyynnöstä tuotteiden virallisia nimiä tai makuja ei korosteta, vaan niistä käytetään seuraavia nimityksiä: soijajogurtti maustamaton, soijajogurtti hillo A ja soijajogurtti hillo B sekä kaurakerma maustamaton.

Soijajogurtin purkit ovat tilavuudeltaan yhden litran kokoisia korkillisia, uudelleensuljettavia purkkeja. Kaurakerman myyntipakkauksen tilavuus on 2 dl. Soijajogurtin ja kaurakerman viskositeettimittauksiin soijajogurtteja vaadittiin 36 myyntipakkausta yhtä makua kohden, kaurakermoja 108 myyntipakkausta. Muihin testeihin varattiin lisäksi maustamattomasta soijajogurtista neljä tuotepakkausta, soijajogurtista hillo B kaksi tuotepakkausta ja soijajogurtti hillo A:n hilloa.

Rinnakkaisista mittaustuloksista laskettiin otoskeskihajonnat ja suhteellisen otoskeskihajonnat tulosten tarkkuuden tarkastelemiseksi. Otoskeskihajonnan ja suhteellisen keskihajonnan kaavat on esitelty alla.

Otoskeskihajonta:

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - x)^2 + (x_2 - x)^2 + (x_n - x)^2}{n - 1}}$$

jossa

x = keskiarvo rinnakkaisista mittauksista

x_1 = näytteen viskositeettitulokset

n = mittausten lukumäärä

Suhteellinen keskihajonta:

$$s_{\text{suhteellinen}} = \frac{s}{x} \cdot 100\%$$

jossa

s = otoskeskihajonta

x = keskiarvo rinnakkaisista mittauksista

Soijajogurtin ja kaurakerman säilyvyysseuranta

Viskositeettimittausten tarkoituksena oli määrittää soijajogurteille ja kaurakermalle viskositeetin raja-arvot. Näytteiden viskositeetin muutosta seurattiin noin kuukauden ajan.

Tuotannosta kerättiin näytteitä kaikkien tuotteiden osalta kahdelta eri tuotantopäivältä. Näytteet sijoitettiin kolmeen eri lämpötilaan (kylmävarasto eli noin +8–+10 °C, huonelämpö (RT) eli noin +22 °C ja lämpövarasto +30 °C), jotta saatiin tutkittua lämpötilan vaikutusta viskositeettiin. Tuotteet siirrettiin tuotannon jälkeen oikeisiin säilytyslämpötiloihin, ja annettiin tuotteiden lämpötilojen tasoittua. Huoneiden lämpötiloja seurattiin päivittäin. Seurannan tuloksena voitiin todeta, että huoneiden lämpötila oli pysynyt tasaisena. Valitut kolme lämpötilaa edustivat realistisia poikkeustilanteita kuluttajan säilytyslämpötiloissa: jääkaappisäilytys hieman suositeltua lämpimämmässä, tuotteen unohtuminen huoneenlämpöön sekä suoraan auringonvaloon.

Näytteitä tutkittiin kahden eri päivän tuotannosta, sillä tuotantoerien välillä voi olla eriäväisyyksiä uutossa tai prosessissa mahdollisesti tapahtuvien muuttujien vuoksi. Tuotannosta otettiin näytepurkit alusta sekä lopusta (ja lisäksi kaurakermasta keskeltä tuotantoa), jotta tuotannon aikaisia mahdollisia eroja päästiin tutkimaan (myöhempänä alku, keski ja loppu). Näytepurkkeja kerättiin soijajogurteista 36 purkkia makua kohden, ja kaurakermasta 108 purkkia. Purkit olivat peräkkäisiä purkkeja tuotannon alusta, keskeltä ja lopusta. Analysoitavia tuotteita ja lämpötiloja on havainnollistettu taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Soijajogurtin ja kaurakerman säilyvyysseurannan näytejärjestely.

Tuote	Erä	Maku	Tuotantopiste	Lämpötila	Rinnakkaisten lukumäärä
Soijajogurtti	Erä 1 Erä 2	Maustamaton	Alku Loppu	+11 °C	3
				+22 °C	3
				+30 °C	3
		Hillo A	Alku Loppu	+11 °C	3
				+22 °C	3
				+30 °C	3
		Hillo B	Alku Loppu	+11 °C	3
				+22 °C	3
				+30 °C	3
Kaurakerma	Erä 1 Erä 2	Maustamaton	Alku Keski Loppu	+11 °C	3
				+22 °C	3
				+30 °C	3

Näytteitä tutkittiin noin kuukauden ajan. Soijajogurttien säilyvydeksi on tuotepakkauksissa merkitty noin 2,5 kuukautta ja kaurakerman säilyvydeksi noin seitsemän kuukautta.

Lämmitystesti

Lämmitystestin tarkoituksena on tutkia tuotteen viskositeetin muutosta lämpötilan suhteen. Testissä käytettiin +6 °C säilytyksessä ollutta maustamatonta soijajogurttia. Tuotteiden pakkauksiin on merkitty säilytyslämpötilaksi +2–+8 °C, joten tämä lämpötilaväli oli erityisen merkityksellinen, mutta mittauksia jatkettiin korkeampiinkin lämpötiloihin kehityssuunnan seuraamiseksi.

Testi suoritettiin jäädyttämällä kolme rinnakkaista näytettä +2 °C lämpötilaan pakastimessa. Jäähdytys tapahtui pakastamalla näytteitä lyhytaikaisesti, välillä

sekoittaen, jotta näytteet eivät ehtineet jäätyä. Näytteiden lämpötila pidettiin tasaisena sekoittamalla niitä aika ajoin. Näytteiden lämmitys tapahtui huoneenlämmössä, ja korkeammissa lämpötiloissa mikroaaltouunissa.

Hillopitoisuuden vaikutus viskositeettiin

Testissä tutkittiin, miten hillopitoisuus vaikuttaa viskositeettiin. Tätä tutkittiin näytteistä, joissa pohjaan (maustamaton soijajogurtti) lisättiin 11–19 % hilloa A. Näytteitä säilytettiin samassa lämpötilassa mittaukseen asti, jotta lämpötilan vaikutus mittaukseen olisi mahdollisimman pieni. Rinnakkaisia mittauksia jokaisesta pitoisuudesta tehtiin kolme.

Käyttäjätesti

Käyttäjätestin tarkoituksena oli tutkia, miten tuotteiden viskositeetti saattaa muuttua kuluttajan käytössä sen jälkeen, kun purkki on ensimmäisen kerran avattu, eli kun tuote on joutunut kosketuksiin ilman kanssa. Testiin valittiin purkit eri mauista ja tuotantoeristä. Testipurkkia vastaava kontrollipurkki samasta mausta ja tuotantoerästä pidettiin avaamattomana. Jokaisesta purkista rinnakkaisia mittauksia tehtiin kolme.

Taulukko 3. Muiden soijajogurtista tehtävien testien näytejärjestely.

Testi	Tuote	Maku
Lämmitystesti	Soijajogurtti	Maustamaton
Hillopitoisuuden vaikutus	Soijajogurtti	Maustamaton + soijajogurtti hillo A:n hillo
Käyttäjätesti	Soijajogurtti	Maustamaton Hillo B

6 Soijajogurtin ja kaurakerman säilyvyysseuranta

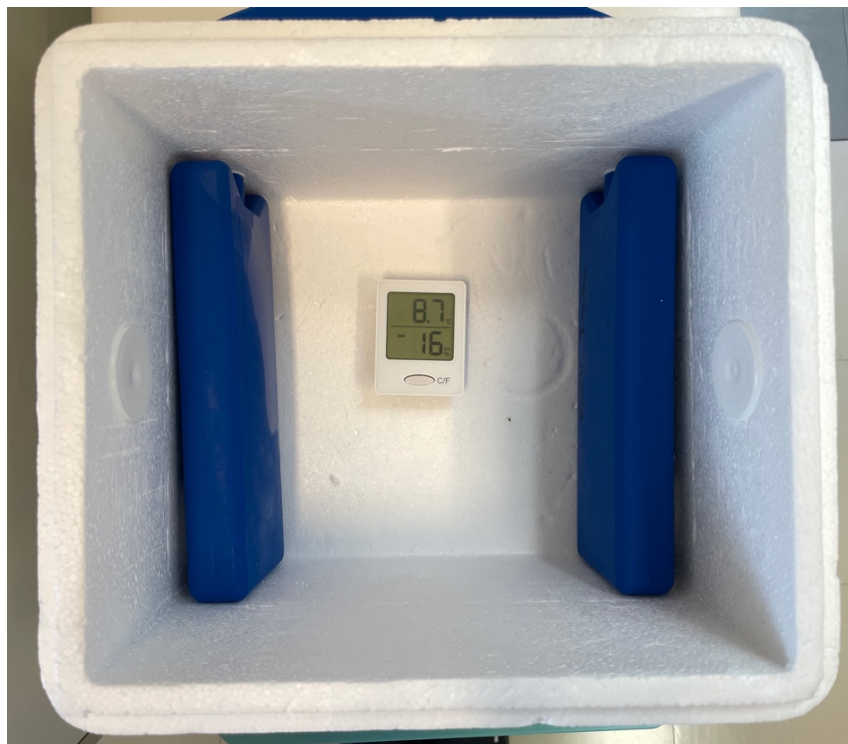
Turun tehtaalla valmistettavista hapatetuista soijapohjaisista tuotteista ja kaurapohjaisista ruokakermatyypisistä tuotteista tehtiin säilyvyysseurantana viskositeettimittauksia ja aistinvaraista arviointia. Tarkoituksena oli määrittää raja-arvot tuotteiden viskositeetille, sillä viskositeetista ei ole tuotteiden osalta aikaisemmin kerätty dataa. Arvojen perusteella saadaan parempi käsitys tuotteista niiden vanhetessa ja käyttäytymisestä eri lämpötiloissa. Tämä mahdollistaa paremman reagoinnin ja ymmärryksen viskositeettiin liittyvien asiakaspalautteiden suhteen.

6.1 Toteutus

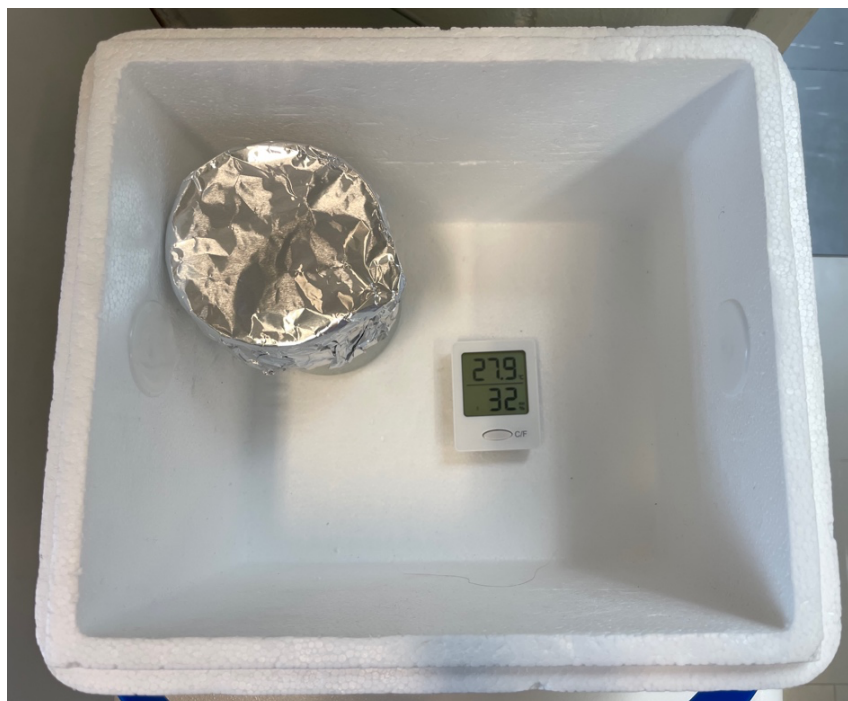
Viskositeettimittaukset tehtiin tuotteille noin 1,5 viikon välein, yhteensä kolmesti yhdelle näyte-erälle taulukon 2 näytejärjestelyn mukaisesti. Tuotteiden ikääntymistä seurattiin noin kuukauden ajan. Soijajogurttien näyte otettiin litran avaamattomana pidetystä purkista. Kaurakerman rinnakkaisiin mittauksiin vaadittiin kaksi 2 dl avaamattomana pidettyä purkkia, jotka yhdistettiin astiaan. Soijajogurtin ja kaurakerman purkkeja ensin ravistettiin, minkä jälkeen tuote kaadettiin astiaan, jossa sitä sekoitettiin lusikalla. Tuotetta kaadettiin 100 grammaa ($\pm 0,5$ g) kuppeihin, joista rinnakkaiset mittaukset tehtiin. Rinnakkaisia mittauksia tehtiin kolme.

Mittaustuloksena kirjattiin tuotteen viskositeetti sekä tuotteen lämpötila mittaushetkellä. Kylmien (+11 °C) ja lämpimien (+30 °C) tuotteiden lämpötila pyrittiin pitämään mahdollisimman tasaisena loppuun asti eristetyn kylmälaukun ja kylmäpatruunan (kuva 4) tai kuumien vesiastioiden avulla (kuva 5).

Huoneenlämpöiset näytteet eivät vaatineet lisätoimenpiteitä.



Kuva 4. +11 °C näytteiden väliaikaissäilytys.



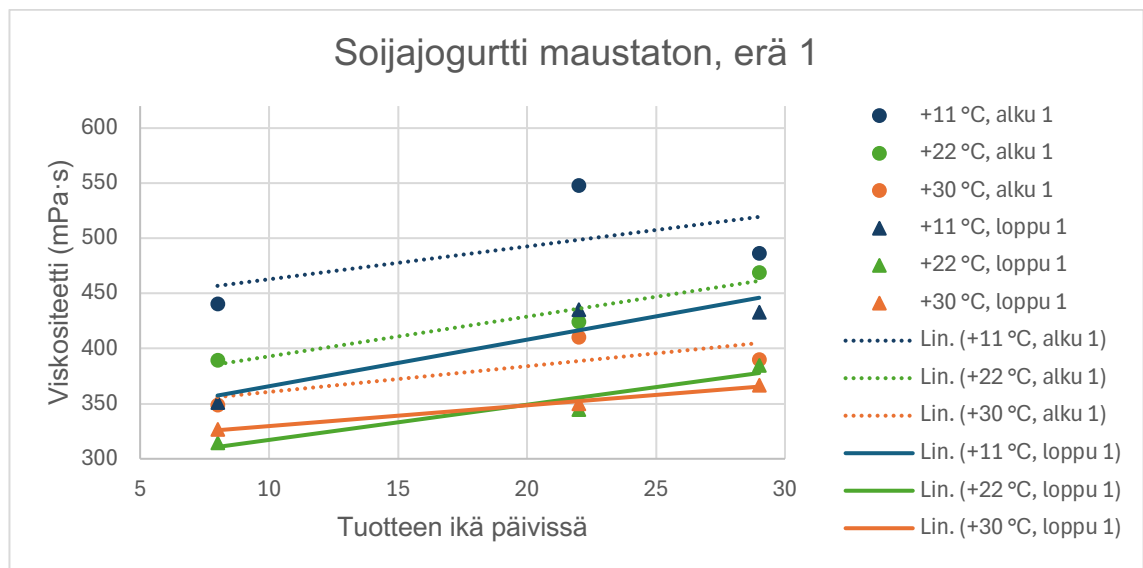
Kuva 5. +30 °C näytteiden väliaikaissäilytys.

6.2 Soijajogurtinäytteiden säilyvyysseurannan tulokset

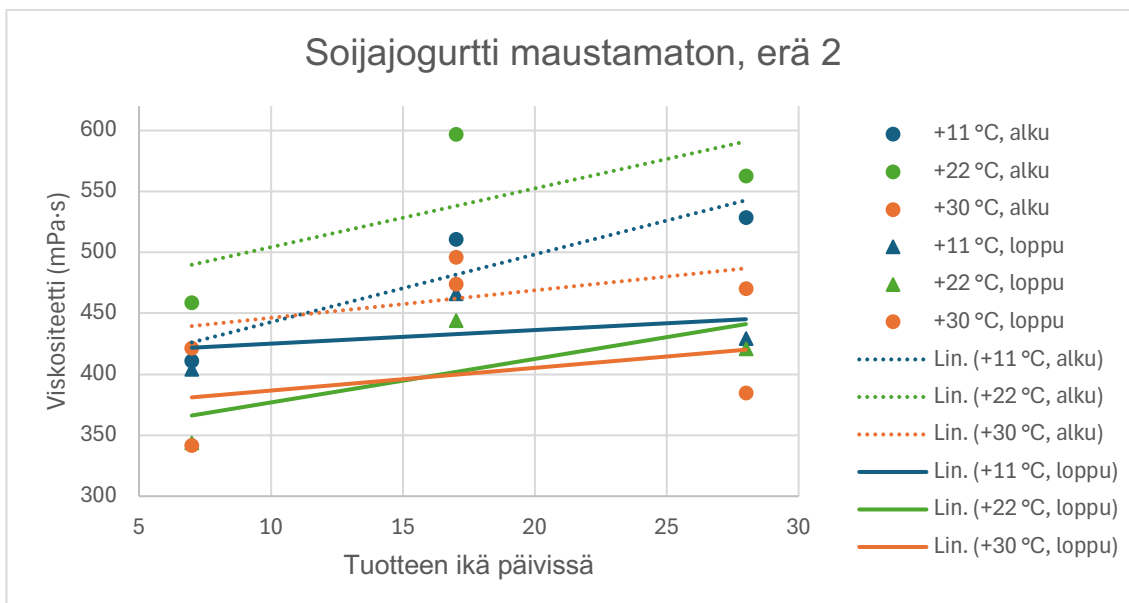
Tuloskuvaajassa on esitetty yhden maun yhden tuotantoerän viskositeettien mittaustulosten keskiarvot eri lämpötiloissa ajan funktiona. Kuvaajissa on saman lämpötilan mittaustulokset merkitty samalla värillä ja saman tuotantokohdan (alku ja loppu) tulokset merkitty samoin merkein ja trendiviivoin. Saman maun kuvaajien akselien arvot on rajattu samoin, jotta vertailu kahden erän välillä on havainnollisempaa.

Soijajogurtti maustamaton

Maustamattoman soijajogurtin mittaustuloksista tehtiin kuvaajat 3 ja 4.



Kuvaaja 3. Säilyvyysseurannan tulokset, soijajogurtti maustamaton (erä 1).



Kuvaaja 4. Säilyvyysseurannan tulokset, soijajogurtti maustamaton (erä 2).

Molempien kuvaajien trendiviivat ovat nousevia. Tästä voidaan päätellä, että vanhetessaan tuotteiden viskositeetti nousee, eli tuote paksunee.

Loppunäytteiden viivoin merkityt trendiviivat ovat pääasiassa alempana, joten loppunäytteet ovat matalampiviskoosisia eli juoksevampia. Kuvaajista nähdään erien välinen ero tuotteiden viskositeetissa: erä 1 on yleisesti juoksevampaa.

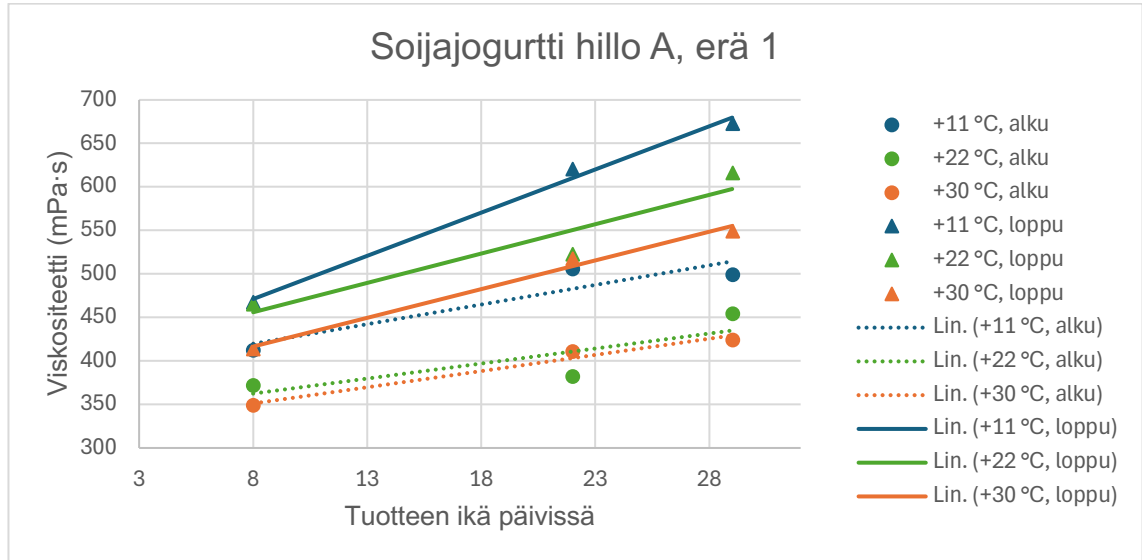
Taulukkoon 4 on kerätty viskositeettien raja-arvot lämpötiloittain eri tuotantopisteille ja -erille.

Taulukko 4. Viskositeettiarvot, soijajogurtti maustamaton.

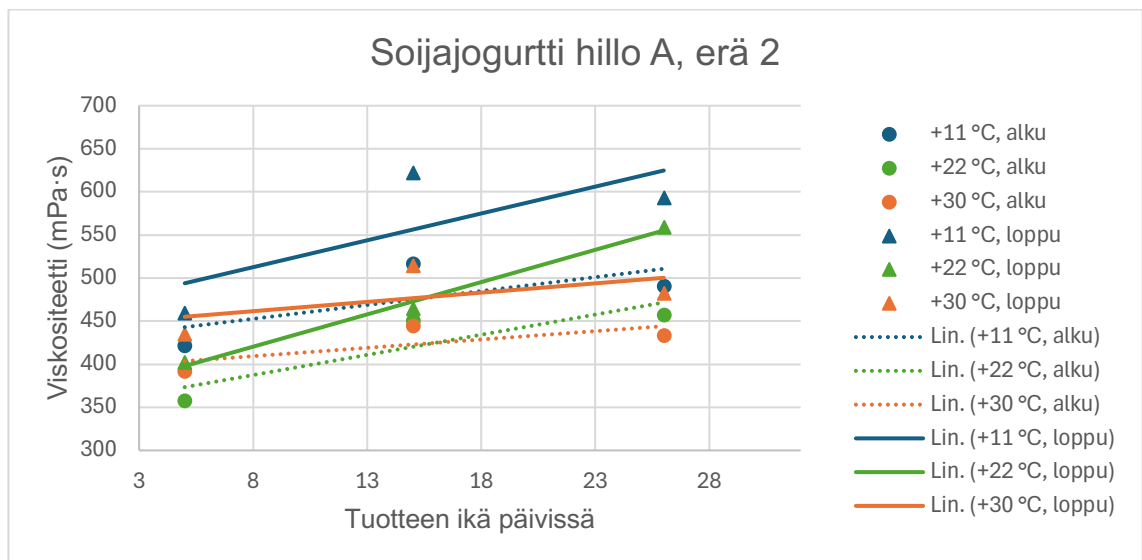
Lämpötila	Alku, erä 1 Viskositeetti (mPa·s)	Loppu, erä 1 Viskositeetti (mPa·s)	Alku, erä 2 Viskositeetti (mPa·s)	Loppu, erä 2 Viskositeetti (mPa·s)
+11 °C	440–548	351–436	411–529	404–466
+22 °C	390–469	314–385	459–597	344–444
+30 °C	349–411	327–367	422–496	342–474

Soijajogurtti hillo A

Soijajogurtti hillo A:n mittaustuloksista tehtiin kuvaajat 5 ja 6.



Kuvaaja 5. Säilyvyysseurannan tulokset, soijajogurtti hillo A (erä 1)



Kuvaaja 6. Säilyvyysseurannan tulokset, soijajogurtti hillo A (erä 2)

Molempien kuvaajien trendiviivat ovat nousevia. Tästä voidaan päätellä, että vanhetessaan tuotteiden viskositeetti nousee, eli tuote paksunee.

Alkunäytteiden katkoviivoin merkityt trendiviivat ovat pääasiassa alempana,

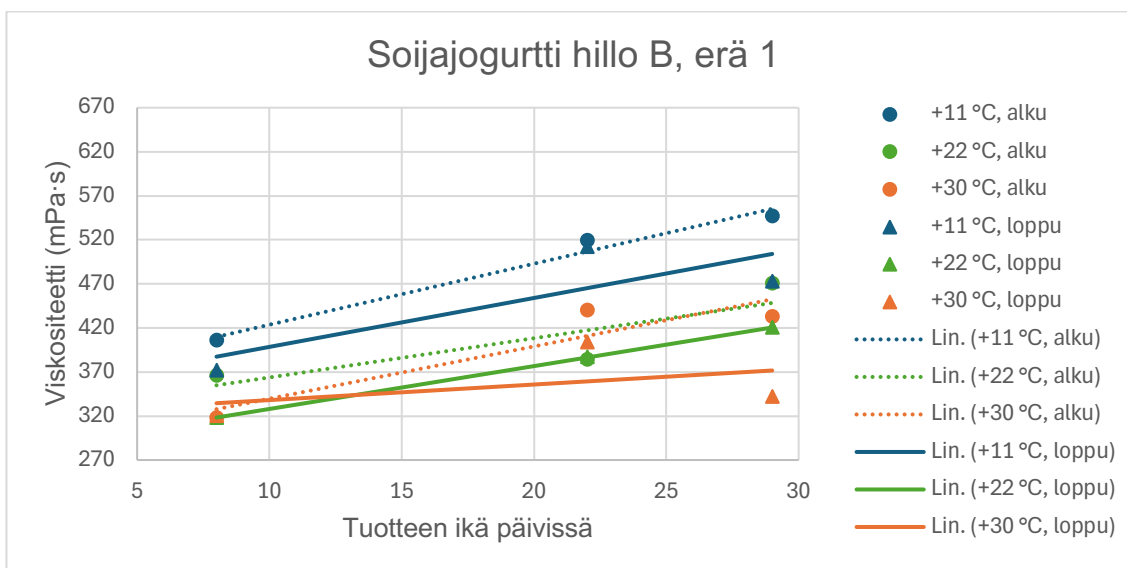
joten alkunäytteet ovat matalampiviskoosisia eli juoksevampia. Taulukkoon 5 on kerätty viskositeettien raja-arvot lämpötiloittain eri tuotantopisteille ja -erille.

Taulukko 5. Viskositeettiarvot, soijajogurtti hillo A.

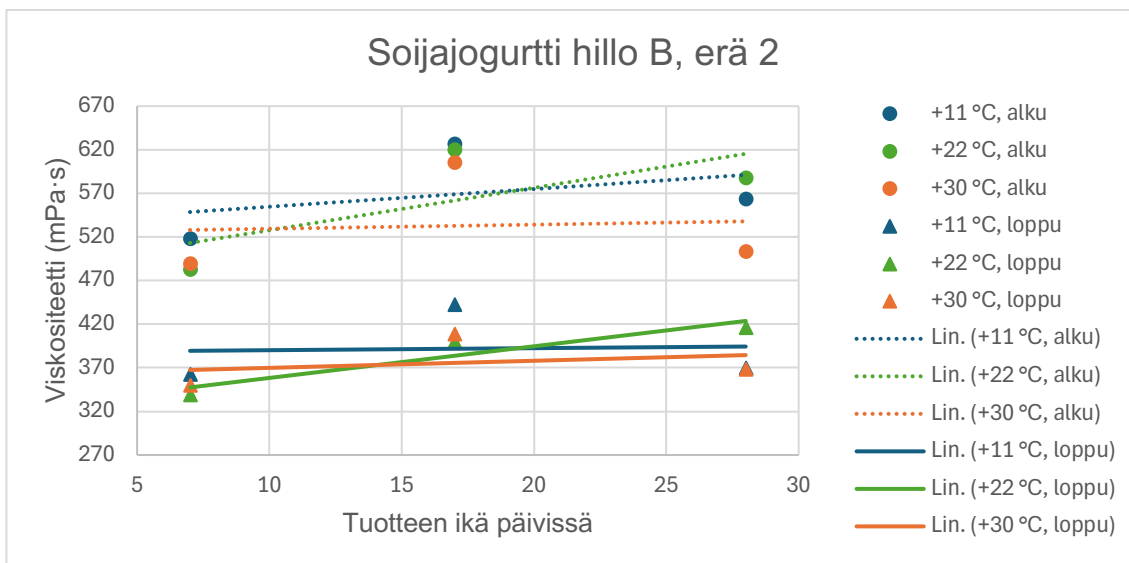
Lämpötila	Alku, erä 1 Viskositeetti (mPa·s)	Loppu, erä 1 Viskositeetti (mPa·s)	Alku, erä 2 Viskositeetti (mPa·s)	Loppu, erä 2 Viskositeetti (mPa·s)
+11 °C	412–506	468–673	421–517	459–622
+22 °C	372–454	465–616	358–457	402–559
+30 °C	439–424	414–549	392–445	435–514

Soijajogurtti hillo B

Soijajogurtti hillo B:n mittaustuloksista tehtiin kuvaajat 7 ja 8.



Kuvaaja 7. Säilyvyysseurannan tulokset, soijajogurtti hillo B (erä 1).



Kuvaaja 8. Säilyvyysseurannan tulokset, soijajogurtti hillo B (erä 2).

Molempien kuvaajien trendiviivat ovat nousevia. Tästä voidaan päätellä, että vanhetessaan tuotteiden viskositeetti nousee, eli tuote paksunee. Erän 2 kohdalla nousu on kuitenkin huomattavasti maltillisempaa. Loppunäytteiden viivoin merkityt trendiviivat ovat pääasiassa alempana, joten loppunäytteet ovat matalampiviskoosisia eli juoksevampia. Erän 2 kuvaajasta nähdään alku- ja loppunäytteiden huomattava viskositeettiero, mikä oli havaittavissa myös aistinvaraisesti tuotetta kaataessa ja sekoittaessa. Taulukkoon 6 on kerätty viskositeettien raja-arvot lämpötiloittain eri tuotantopisteille ja -erille.

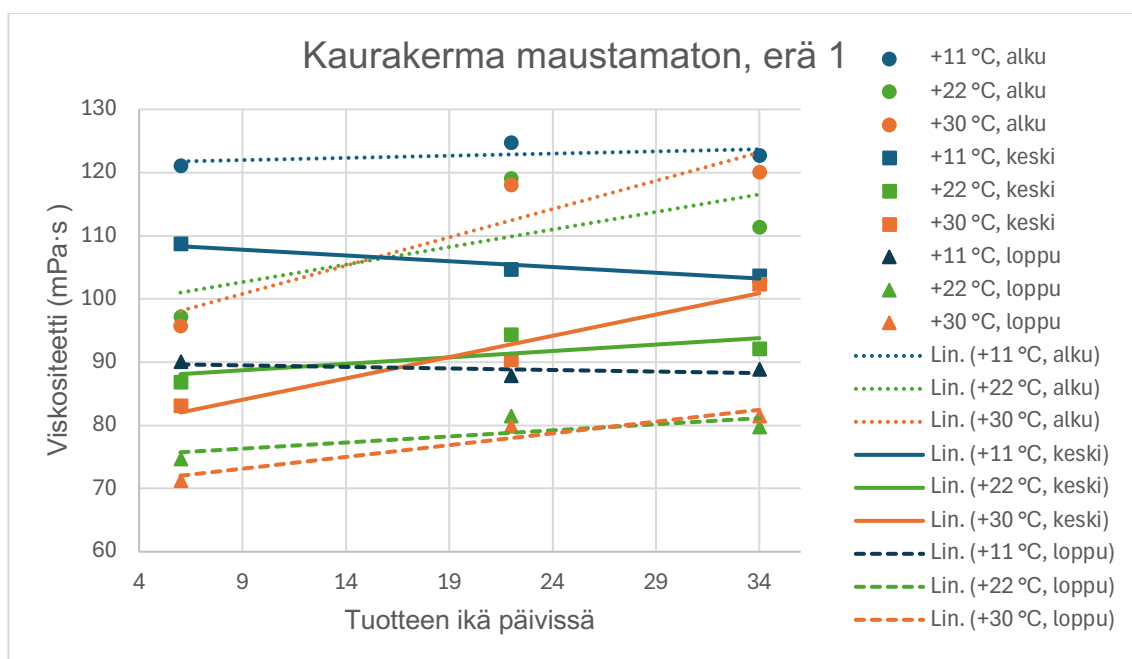
Taulukko 6. Viskositeettiarvot, soijajogurtti hillo B.

Lämpötila	Alku, erä 1 Viskositeetti (mPa·s)	Loppu, erä 1 Viskositeetti (mPa·s)	Alku, erä 2 Viskositeetti (mPa·s)	Loppu, erä 2 Viskositeetti (mPa·s)
+11 °C	406–547	372–512	518–627	363–443
+22 °C	366–471	318–420	483–620	339–416
+30 °C	318–440	320–404	490–605	350–409

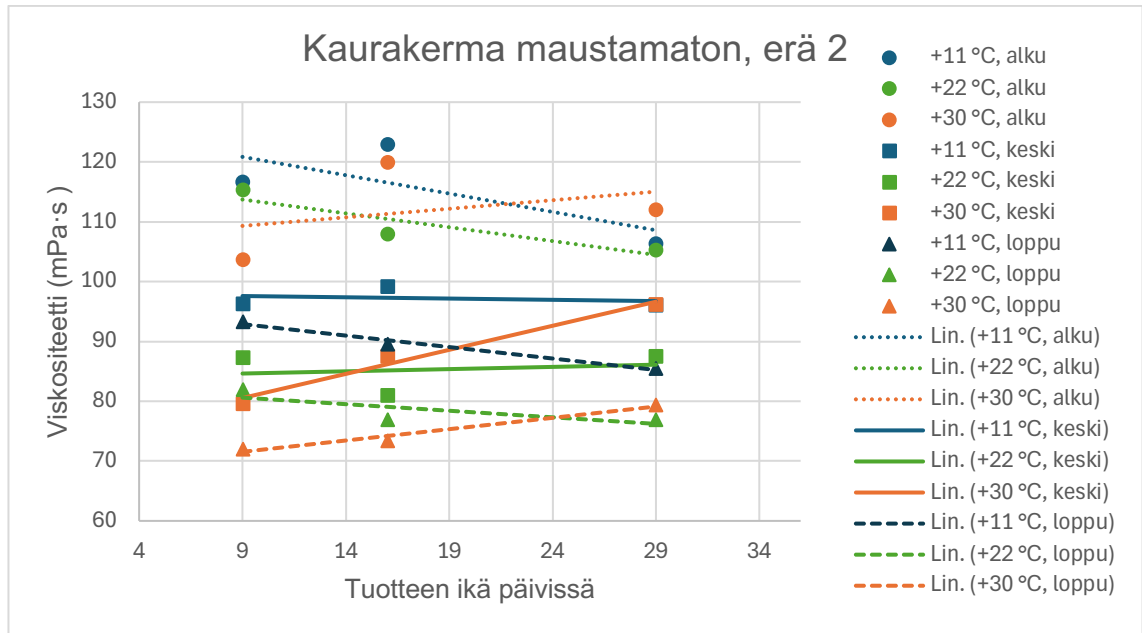
6.3 Kaurakermanäytteiden säilyvyysseurannan tulokset

Yhdessä tuloskuvaajassa on yhden tuotantoerän viskositeettien mittaustulokset keskiarvoin jokaisesta lämpötilasta tuotteen iän funktiona. Kuvaajissa on saman lämpötilan mittaustulokset merkitty samalla värillä ja saman tuotantokohdan (alku, keski ja loppu) tulokset merkitty samoin merkein ja trendiviivoin.

Kuvaajien akselien arvot on rajattu samoin, jotta vertailu kahden erän välillä on havainnollisempaa. Maustamattoman kaurakerman mittaustuloksista tehtiin kuvaajat 9 ja 10.



Kuvaaja 9. Säilyvyysseurannan tulokset, kaurakerma maustamaton (erä 1).



Kuvaaja 10. Säilyvyysseurannan tulokset, kaurakerma maustamaton (erä 2).

Molemmissa kuvaajissa on laskevia, nousevia sekä vaakatasoisia trendiviivoja. Tämän kokeen tulosten perustella ei yksiselitteisesti voida päätellä, mitä tuotteen viskositeetille tapahtuu tuotteen ikääntyessä. Molemmissa kuvaajissa on kuitenkin suurin positiivinen kulmakerroin eli nousu oransseilla +30 °C säilytyksen trendiviivoilla.

Kuvaajista kuitenkin nähdään, että molemmissa erissä tuotannon aikana tapahtuu viskositeetin laskua eli tuotteen ohenemista, sillä alku-, keski- ja loppunäytteiden trendiviivat menevät järjestyksessä paksusta tuotteesta ohenevaan (ylhäältä alas). Taulukkoon 7 on kerätty viskositeettien raja-arvot lämpötiloittain eri tuotantopisteille ja -erille.

Taulukko 7. Viskositeettiarvot, kaurakerma maustamaton.

Tuotantopiste	Viskositeetin arvot (mPa·s) lämpötilassa		
	+11 °C	+22 °C	+30 °C
Alku, erä 1	121–125	97–119	96–120
Keski, erä 1	104–109	87–94	83–102
Loppu, erä 1	88–90	75–81	71–81
Alku, erä 2	106–123	105–115	104–120
Keski, erä 2	96–99	81–88	80–96
Loppu, erä 2	85–93	77–82	72–79

6.4 Virhearviointi

Soijajogurtin kaikkien mittaustuloksen keskimääräinen suhteellinen keskihajonta oli 3,6 % ja kaurakerman 2,3 %. Suhteellisten keskihajontojen perusteella mittaustulosten vaihtelu pysyi maltillisena. Tästä huolimatta yksittäisten suurempien mittaustulosten virheiden kokonaisvaikutusta tuloksiin ei voida täysin sulkea pois. Soijajogurteissa suhteellinen keskihajonta rinnakkaisissa mittauksissa vaihteli 0,44 % ja 7,4 % välillä, kun taas kaurakermassa suhteellinen keskihajonta vaihteli 0,51 % ja 4,3 % välillä. Suhteellinen keskihajonta pysyi samassa kokoluokassa jokaisessa lämpötilassa, joten tuotteen lämpötilalla ei ollut selkeää korrelaatiota keskihajonnan suuruuteen.

Viskosimetri oli tavallisella työskentelytasolla, mikä saattoi osaltaan vaikuttaa mittaustulosten tasaisuuteen. Tehtaassa suoritettavat linjastojen, säiliöiden ja koneiden pesut aiheuttavat tärinää, mikä kantoi laboratorioon asti. Viskosimetri olisi optimitilanteessa sijoitettu graniittitasolle, jotta vankka ja painava taso minimoi ympäristön tärinät mittauksen aikana.

Hajontaa rinnakkaisille mittauksille saattoi aiheuttaa niiden standardoimaton sekoitusprosessi. Tuotepurkkeja ravistettiin suljettuina huolellisesti, minkä jälkeen tuote kaadettiin astiaan ja sekoitettiin uudelleen ennen näytteen

jakamista kolmeen mittauskuppiin. Vaikka jokainen sekoitusvaihe pyrittiin suorittamaan mahdollisimman tasalaatuisesti, aiheuttaa standardoimaton työvaihe aina riskin yhdenlaatuiselle suoritukselle.

6.5 Päätelmät ja jatkotoimenpiteet

Soijajogurtti, päätelmät

Säilyvyyskokeen perusteella soijajogurtit käyttäytyivät viskositeetin suhteen hillosta tai säilytyslämpötilasta riippumatta yhtenevästi. Soijajogurttien viskositeetti pääsääntöisesti kasvaa ajan myötä, eli tuotteet paksunevat säilytyksen aikana. Viskositeetti laski lämpötilan noustessa – esimerkiksi +30 °C näytteet olivat juoksevimpia verrattuna muihin lämpötiloihin.

Tuotteiden viskositeetissa havaittiin vaihtelua erien ja tuotannon alku- ja loppunäytteiden välillä. Maustamattoman soijajogurtin ja hillo B -soijajogurtin loppunäytteet olivat juoksevampia, kun taas soijajogurtti hillo A:n näytteissä tilanne oli vastakkainen. Tämän kokeen perusteella viskositeetin vaihtelusta tuotannon aikana ei voida tehdä yksiselitteisiä johtopäätöksiä. Erojen taustalla voi olla esimerkiksi uuton tai muiden prosessivaiheiden vaihtelut, sillä vaikka tuotantoprosessi on koneellinen, hallitaan sitä osittain käsisäädöillä, mikä voi aiheuttaa pieniä poikkeamia tuotteen koostumuksessa.

Eri makujogurteilla on oma uniikki hillonsa. Hillojen oma viskositeetti vaikuttaa myös tuotteen kokonaisviskositeettiin. Tätä ilmiötä on tutkittu luvussa 8 Soijajogurtin hillopitoisuuden vaikutus viskositeettiin. Säilyvyystutkimuksen yhteydessä mitattiin hillojen A ja B viskositeetit +11 °C lämpötilassa: hillon A viskositeetti oli 1120 mPa·s, kun taas hillon B viskositeetti oli 791 mPa·s. Tämä hillojen korkea viskositeetti vaikuttaa tuotteisiin viskositeettia nostavasti.

Taulukossa 8 on esitetty kooste soijajogurttien keskimääräisistä viskositeeteista (mPa·s) lämpötiloittain koko seuranta-ajalta (5–29 päivää).

Taulukko 8. Soijajogurttien viskositeettien raja-arvot.

Soijajogurtin maku	Viskositeetin arvot (mPa·s) lämpötilassa		
	+11 °C	+22 °C	+30 °C
Maustamaton	351–538	314–597	327–496
Hillo A	412–673	358–616	349–549
Hillo B	363–627	318–620	318–605

Kaurakerma, päätelmät

Kaurakerman osalta ei voitu tehdä selkeitä johtopäätöksiä, sillä trendiviivat eivät olleet johdonmukaisesti samansuuntaisia, vaan viskositeetit saattoivat nousta, laskea tai pysyä tasaisena seurantajakson ajan. UHT-käsitellyillä kaurakermoilla on huomattavasti pidempi säilyvyysaika kuin soijajogurteilla, mikä osaltaan voi selittää viskositeettitulosten tasaisuuden. Seurannan päätyttyä tuotteilla oli vielä noin puoli vuotta parasta ennen -päiväykseen, mikä asettaa korkeammat vaatimukset niiden tasaiselle säilyvyydelle.

Molemmissa erissä tuotannon edetessä tuotteen viskositeetti laski, eli tuotteesta tuli juoksevampaa. Viskositeetin laskuun ei ole yksiselitteistä selitystä. Muutos voi johtua esimerkiksi raaka-aineiden lievästä vaihtelusta tai sekoituksen tehostumisesta tuotannon aikana. Lisäksi teoreettisena mahdollisuutena voidaan pitää myös tuotantolinjan lämpenemistä tuotannon edetessä. Tämä lämpö voi vaikuttaa tuotteen reologisiin ominaisuuksiin, entsyymitoimintaan tai stabilointiaineisiin, mitkä voisivat vaikuttaa tuotteen viskositeettiin. Nämä ovat teoreettisia mahdollisuuksia, joiden vaikutusta tuotteen viskositeettiin tulisi tutkia erikseen.

Kaurakermojen tuloskuvaajissa ei nähty yhtä selkeää säilytyslämpötilan vaikutusta, kuin soijajogurteissa, joissa viskositeetti laski lämpötilan noustessa. Kaurakermoissa +30 °C näytteiden trendiviivojen kulmakerroin oli järjestäen suurin. Tämä viittaa lämpötilan vaikuttavan kyseiseen tuotteeseen vasta noin +30 °C lämpötilassa, kun taas soijajogurtissa viskositeetin nouseva

kehityssuunta tuotteen ikääntyessä oli näkyvä jo +11 °C näytteissä. Taulukossa 9 on esitetty maustamattoman kaurakerman keskimääräiset viskositeetit (mPa·s) lämpötiloittain näytteiden ollessa 6–34 päivän iässä.

Taulukko 9. Kaurakerman viskositeetin raja-arvot.

Viskositeetin arvot (mPa·s) lämpötilassa		
+11 °C	+22 °C	+30 °C
85–125	75–119	71–120

Jatkotoimenpiteet

Tärkein kehitysidea olisi tutkimuksen jatkamista parasta ennen -päiväykseen asti, ja mahdollisuuksien mukaan sen yli. Näin saataisiin kattavammin tietoa siitä, kuinka viskositeetti muuttuu koko tuotteen myyntiajan aikana, ja mahdollisesti sen jälkeen. Tämä tutkimus osoitti soijajogurtin viskositeetin muutoksen tuotteen vanhetessa, mutta ei antanut tietoa siitä, tasaantuuko tai kääntyykö viskositeettimuutos myöhemmin jopa laskuun. Tutkimusta voisi siis kehittää jatkoseurannalla.

Tutkimusta voitaisiin laajentaa kaikille mauille, jotta jokaisesta mausta saataisiin omat viskositeetti-arvot. Jokaisen tuotteen hillolla on erilaiset ominaisuudet, joista saataisiin lisätietoa laajemmalla tutkimuksella.

Kaurakerman osalta säilytyslämpötiloja voitaisiin nostaa, sillä selkeämpää muutosta viskositeettiin nähtiin vasta +30 °C lämpötilassa. Vaikka näin korkeat lämpötilat eivät ole kuluttajan näkökulmasta yleisesti saavutettavia, niin tutkimus voi tuoda lisäinfoa tuotteen säilyvyyteen ja rakenteen mahdollisiin muutoksiin.

Toistettavuutta voitaisiin parantaa standardoimalla sekoitusprosessi. Näin voitaisiin mahdollisesti vähentää rinnakkaismittausten hajontaa ja siten parantaa tulosten luotettavuutta. Tulosten hajontaa voitaisiin kontrolloida myös sijoittamalla viskosimetri vakaammalle alustalle ulkoisen värinän minimoimiseksi.

7 Soijajogurtin lämmitystesti

Lämmitystestissä seurattiin tuotteen viskositeetin muutosta tuotteen lämmitessä. Lämpötilaväli kokeessa oli +1–+32,5 °C. Mittaustuloksista tehtiin kuvaaja viskositeetin muutoksesta lämpötilan funktiona. Kokeessa käytettiin näytteenä maustamatonta soijajogurttia.

7.1 Toteutus

Valmistettiin kolme rinnakkaista näytettä sekoittamalla maustamaton soijajogurtti näytteiden tasaisuuden varmistamiseksi ja punnitsemalla 120 grammaa ($\pm 0,5$ g) kolmeen kuppiin. Näytteitä oli säilytetty +6 °C:ssa, joten ne tuli jäähdyttää +2 °C:een pakastimessa.

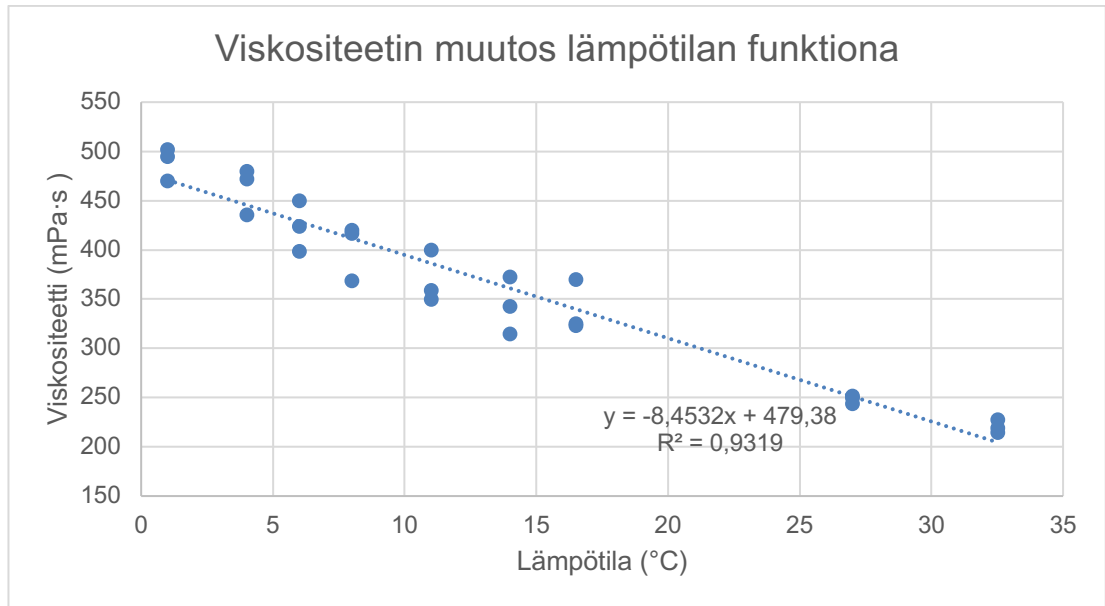
Kun tuotteet olivat saavuttaneet halutun lämpötilan (+1 °C), suoritettiin ensimmäinen viskositeettimittaus. Näytteiden lämpötilan annettiin kohota huoneenlämmössä ennen seuraavaa mittausta. Viskositeettimittauksia otettiin muutaman celsiusasteen välein lämpötilan noustessa. Kun tuotteiden lämpötila oli kohonnut +8 °C:een, jatkettiin lämmitystä mikroaaltouunin avulla. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Lämmityskokeen näytteiden viskositeetit, keskiarvot, mittausten otoskeskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat.

Lämpötila (°C)	Viskositeetti (mPa·s), rinnakkaiset näytteet			Keskiarvo	Otoskeskihajonta	Suhteellinen keskihajonta
	1	2	3			
1,0	502	495	470	489	17	3,4 %
4,0	480	436	472	463	23	5,1 %
6,0	450	399	424	424	26	6,0 %
8,0	369	420	417	402	29	7,1 %
11,0	400	359	350	370	27	7,2 %
14,0	343	315	373	344	29	8,4 %
16,5	325	323	370	339	27	7,8 %
27,0	250	252	244	249	4,2	1,7 %
32,5	228	215	219	221	6,7	3,0 %
				Keskiarvo	20,8	5,5 %

7.2 Tulokset

Mittaustuloksista tehtiin kuvaaja 11 viskositeetin muuttumisesta näytteen lämpötilan kohotessa. Kuvaajassa näkyy yksittäiset mittapisteet, sekä niihin sovitettu trendiviiva, sen kaava ja selitysaste R^2 .



Kuvaaja 11. Viskositeetin muutos lämpötilan funktiona.

Trendiviivan kaavasta saatiin laskettua teoreettinen viskositeetti tietyssä lämpötilassa. Tuotepakkaukseen merkitty säilytyslämpötilaväli (+2–+8 °C) on laadunvalvonnan ja kuluttajan näkökulmasta tärkeä, joten laskettiin teoreettinen viskositeetti lämpötilavälin päätepisteissä alla olevan kaavan avulla. Tulokset on merkitty taulukkoon 11.

Trendiviivan kaava, viskositeetin laskennallinen arvo:

$$y = -8,4532x + 479,38$$

jossa

$$y = \text{viskositeetti (mPa} \cdot \text{s)}$$

$$x = \text{lämpötila (}^\circ\text{C)}$$

Taulukko 11. Säilytyslämpötilan päätepisteiden laskennalliset viskositeetit.

Lämpötila (°C)	Teoreettinen viskositeetti (mPa·s)
+2	462
+8	412

7.3 Virhearviointi

Kuvaajalle asetetulle trendiviivalle määritettiin R^2 -arvo, eli selitysaste.

Selitysaste kuvaa sitä, kuinka hyvin suora sopii mittauspisteisiin; täydellinen sopivuus antaisi arvon 1. Trendiviivan selitysaste oli 0,9319, mikä kuvaa hyvää, muttei täydellistä sopivuutta. Vaikka yksittäisissä mittaustuloksissa on hajautuneisuutta, nähdään tuloskuvaajasta selkeä laskeva suunta viskositeetin suhteen lämpötilan noustessa.

Mittausten suhteellinen keskihajonta vaihteli välillä 1,7–8,4 %, ja sen keskiarvo oli 5,5 %. Hajonta selittyy ainakin osittain viskositeettimittarin herkkyydellä, sillä mittari oli herkkä esimerkiksi tuotteen asettelulle ja muulle ympäristön tärinälle.

7.4 Päätelmät ja jatkotoimenpiteet

Edellä tuloksissa esitetyn kuvaajan 11 perusteella voidaan todeta, että näytteen viskositeetti laskee lämpötilan noustessa. Tämä havainto on linjassa teoriaosuudessa esitettyjen kirjallisuuslähteiden kanssa, joiden mukaan molekyylien liikkuvuus kasvaa lämpötilan noustessa, mikä johtaa viskositeetin laskuun.

Tämän testin mukaan tuotteen viskositeetti tuotepakkaukseen merkityllä säilytyslämpötilavälillä olisi 412–460 mPa·s, ja erotus arvojen välillä on 48 mPa·s. Kokeellisen osuuden aikana havaittiin, että noin 100 mPa·s eron viskositeetissa pystyi aistinvaraisesti havaitsemaan tuotetta kaataessa ja sekoittaessa. Tähän perustuen ohjelämpötilassa säilytetyn näytteen viskositeetti voidaan katsoa riittävän samankaltaiseksi, ettei mahdollinen pieni ero tuotteen lämpötilasta johtuvasta viskositeettimuutoksesta ole aistinvaraisesti havaittavissa kuluttajalle.

Koetta voitaisiin kehittää esimerkiksi lisäämällä rinnakkaisten mittausten määrää ja tiivistämällä mittauspisteitä, esimerkiksi 0,5 °C lämpötilaväleihin – näin viskositeetin muutoksen kehityssuunta saataisiin esitettyä tarkemmin. Vaikka mikroaaltouunin käyttäminen on tarpeen näytteen saavutettua huonelämpötilan,

niin näytteen olisi annettava tasaantua ilman ylimääräistä lämmittämistä mahdollisimman pitkään ilman lisälämmitystä. Näin saataisiin luonnollinen ja tasainen lämpötilan nousu, mikä parantaisi mittausten luotettavuutta.

8 Soijajogurtin hillopitoisuuden vaikutus viskositeettiin

Maustettu soijajogurtti koostuu maustamattomasta soijajogurttipohjasta sekä jokaiselle mauille omasta hillosta. Maustettujen soijajogurttien tuotekehitysprosessissa on määritetty täydellinen hillopitoisuus kullekin mauille erikseen. Tässä hillon ja soijajogurttipohjan täydellisessä tasapainossa otetaan huomioon esimerkiksi tuotteen väri, makeus ja koostumus. Tässä kokeessa tutkittiin hillopitoisuuden vaikutusta tuotteen kokonaisviskositeettiin. Testi antaa tuotekehitykselle viitteitä siitä, kuinka paljon tuotteen hillopitoisuus vaikuttaa tuotteen lopulliseen viskositeettiin.

8.1 Toteutus

Kokeessa valmistettiin viisi eri hillopitoisuuden omaavaa näytettä. Näytteiden hillopitoisuudet olivat 11 %, 13 %, 15 %, 17 % ja 19 %. Näytteiden valmistuksessa käytettiin hilloa A sekoitettuna maustamattomaan soijajogurttiin. Alla esitetyllä kaavalla laskettiin maustamattoman soijajogurttipohjan ja hillon määrät tietyn pitoisuuden saamiseksi.

Maustamattoman soijajogurtin ja hillon määrä:

$$\text{hillon määrä (g)} = \frac{\text{pitoisuus (\%)}}{100 \%} \cdot \text{kokonaismäärä (g)}$$

Jokaista näytettä valmistettiin 400 grammaa taulukon 12 mukaan.

Näyteannoksesta saatiin kolme 100 gramman rinnakkaista näytettä.

Taulukko 12. Näytteiden valmistamisen punnitusmäärät.

Pitoisuus (%)	11	13	15	17	19
Pohja (g)	356	348	340	332	324
Hillo (g)	44	52	60	68	76

Näytteiden viskositeetit (mPa·s) mitattiin ja taulukoitiin (taulukko 13). Näytteiden lämpötila mitatessa oli tasainen, noin +6 °C.

Taulukko 13. Hillopitoisuusnäytteiden viskositeetit ja keskiarvot, mittausten otoskeskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat.

Hillopitoisuus		11 %	13 %	15 %	17 %	19 %	
viskositeetti (mPa·s)	1. mittaus	563	584	612	601	651	
	2. mittaus	548	579	600	633	623	
	3. mittaus	576	565	598	655	643	
Keskiarvo		562	576	603	630	639	
Muutos edelliseen (%)		-	+2,4	+4,8	+4,4	+1,5	Keski- arvo
Otoskeskihajonta		14,0	9,85	7,57	27,2	14,4	14,6
Suhteellinen keskihajonta		2,5 %	1,7 %	1,3 %	4,3 %	2,3 %	2,4 %

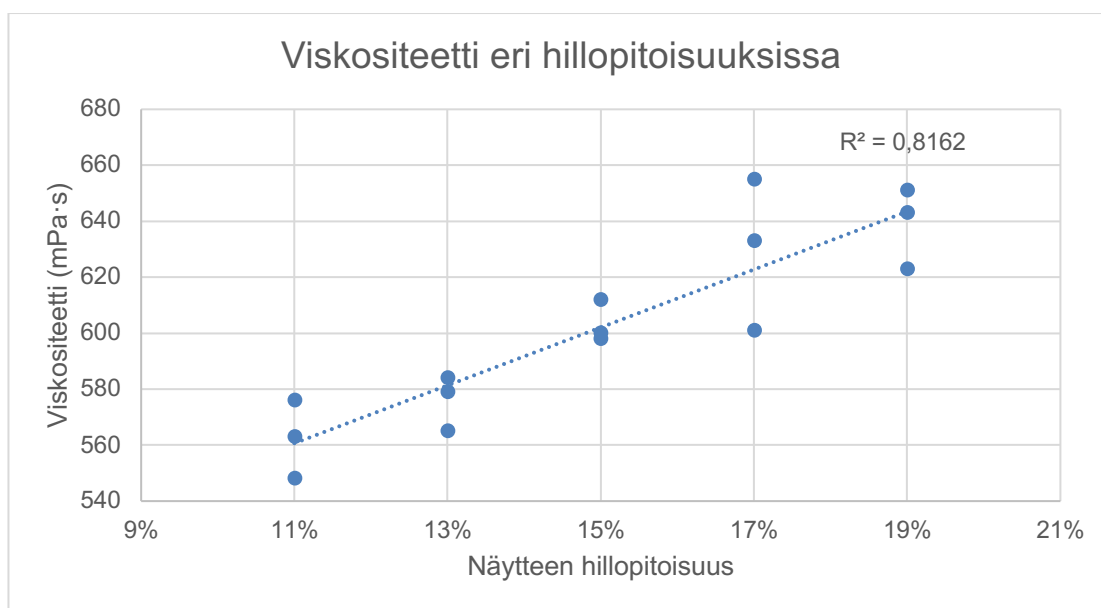
Valmistettujen näytteiden viskositeettien lisäksi selvitettiin käytettyjen komponenttien, eli pelkän maustamattoman soijajogurtin sekä pelkän hillon A viskositeetit +6 °C lämpötilassa. Rinnakkaiset mittaustulokset on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Maustamattoman soijajogurtin ja hillon A viskositeetit, mittausten otoskeskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat.

Näyte	Maustamaton soijajogurtti, pohja (viskositeetti, mPa·s)	Hillo A (viskositeetti, mPa·s)
1. mittaus	439	1120
2. mittaus	439	1120
3. mittaus	410	1120
Keskiarvo	429	1120
Otoskeskihajonta	17	0
Suhteellinen keskihajonta	3,9 %	0,0 %

8.2 Tulokset ja virhearviointi

Mittaustulosten arvoista tehtiin kuvaaja 12 viskositeetin muuttumisesta näytteen hillopitoisuuden suhteen. Kuvaajassa näkyy yksittäiset mittapisteet, sekä niihin sovitettu trendiviiva.



Kuvaaja 12. Näytteen viskositeetti eri hillopitoisuuksissa.

Viskositeetin prosentuaalinen muutos ei ole täysin samassa linjassa hillopitoisuuden kasvun kanssa, vaikka muutos onkin aina samansuuntaista eli positiivista. Näytteiden rinnakkaistulosten suhteellinen keskihajonta oli keskiarvoisesti 2,4 %. Hillopitoisuuden ollessa 17 %, suhteellinen keskihajonta oli erityisen korkea (taulukossa 13 merkitty punaisella). Tämä näkyy myös yllä esitetystä tuloskuvaajasta 12, sillä 17 % mittapisteet ovat erityisen hajaantuneita.

Kuvaajalle muodostetulle trendiviivalle määritettiin R^2 -arvo, eli selitysaste. Selitysaste kuvaa sitä, kuinka hyvin suora sopii mittauspisteisiin; täydellinen sopivuus antaisi arvon 1. Trendiviivan selitysaste oli 0,8162. Tästä huolimatta kuvaajasta nähdään selkeä nouseva kehityssuunta, vaikka rinnakkaisilla tuloksilla on poikkeavuutta, eikä arvojen nousu ole täysin lineaarista hillopitoisuuden nousun suhteen.

8.3 Päätelmät ja jatkotoimenpiteet

Edellä tuloksissa esitetyn kuvaajan 12 perusteella voidaan päätellä, että näytteen viskositeetti nousee hillopitoisuuden kasvaessa. Tätä tukee myös maustamattoman soijajogurtin eli pohjatuotteen viskositeetti (keskiarvo 429 mPa·s) sekä hillon A viskositeetti (keskiarvo 1120 mPa·s), sillä kun matalaviskoosisempaan juoksevampaan pohjatuotteeseen lisätään huomattavasti korkeaviskoosisempaa hilloa, nousee tuotteen kokonaisviskoosisuus.

Jokaisella tuotteella on omantyyppinen hillo, joka on joskus selkeästi korkeaviskoosisempaa, kuin käytetty soijajogurttipohja. Tämä hillon koostumuksen vaihtelu voi olla taustasyynä myös erimakuisten tuotteiden viskositeetin vaihteluun. Tuotekehityksessä tärkeitä asioita ovat maku ja yleinen koostumus, eikä pieni vaihtelu tuotesarjan eri makujen viskositeetissa ole tärkein kriteeri.

Koetta voitaisiin kehittää laajentamalla hillopitoisuuksien vaihteluväliä. Kahden prosenttiyksikön ero mittauspisteiden välillä antaa jo johdonmukaiset tulokset, mutta testialueen laajentaminen pienempiin ja suurempiin pitoisuuksiin mahdollistaisi tarkemman trendiviivan muodostamisen laajemmalle pitoisuusalueelle. Viskositeettimittausten ohella testiin voitaisiin sisällyttää aistinvaraista arviointia, jotta saataisiin käsitys, missä kohtaa muuttunut viskositeetti on kuluttajalle huomattava. Lisäksi näytteiden säilyvyyttä voitaisiin seurata, sillä hilloprosentin vaihtuvuus voi vaikuttaa säilyvyyteen.

9 Käyttäjätesti

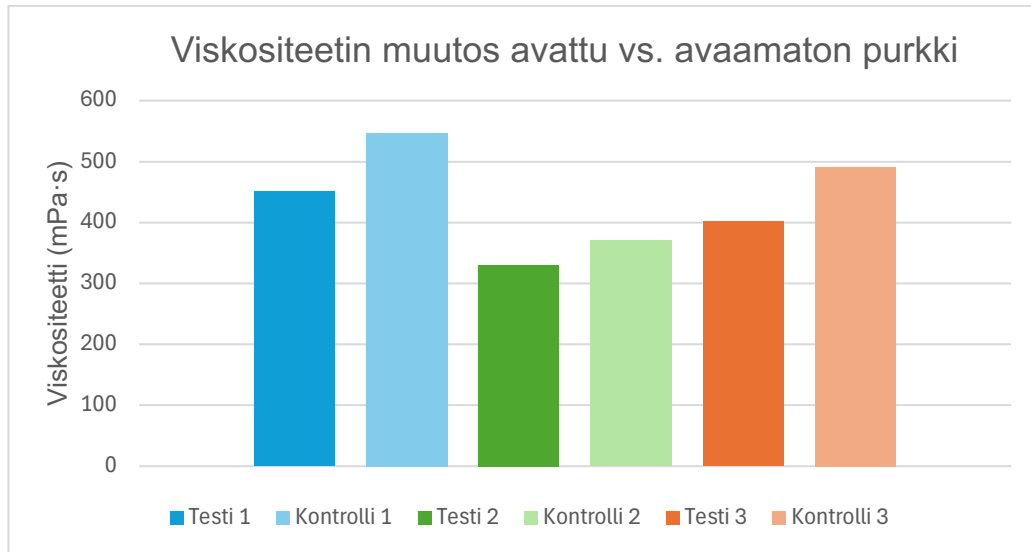
Käyttäjätestin tarkoituksena oli simuloida asiakkaan tapaa käyttää ja varastoida tuotetta, sekä seurata kyseisen tuotteen viskositeetin mahdollista muutosta. Testin tuloksena verrattiin testipurkin ja kontrollipurkin viskositeetteja keskenään.

9.1 Toteutus

Testipurkit olivat avattuina yhteensä seitsemän päivän ajan. Testipurkkeja avattiin viitenä päivänä, jolloin niistä kaadettiin pieni määrä tuotetta pois simuloiden kuluttajakäyttöä. Purkit saatiin uudelleensuljettua pakkauksien kierrekorkkien avulla. Kontrollipurkit pysyivät suljettuina ennen näytteiden valmistamista. Seitsemän päivän kuluttua jokaisesta purkista (testi 1–3 ja kontrolli 1–3) tehtiin mittaukset. Purkkien sisältö sekoitettiin, ja jokaisesta purkista kaadettiin 100 grammaa tuotetta kolmeen kuppiin, jotta saatiin rinnakkaiset mittaukset.

9.2 Tulokset ja virhearviointi

Mittauksien tulokset on esitetty kuvaajassa 13. Tummempi palkki kuvaa testipurkin tulosta ja vaaleampi palkki kuvaa kontrollipurkin tulosta.



Kuvaaja 13. Käyttäjätestin tulokset.

Tuloskuvaajassa käytettiin rinnakkaisten mittauksen keskiarvoa.

Kontrollinäytteiden suhteellinen keskihajonta vaihteli 3,5–6,2 % välillä, ja testinäytteiden 2,3–5,6 % välillä. Kaikkien tuloksien keskiarvoinen suhteellinen keskihajonta oli 4,4 %. Kuvaajasta on nähtävissä selkeä trendi testi- ja kontrollipurkkien välillä, johon tulosten suhteellinen keskihajonta ei vaikuta kumoavasti.

9.3 Päätelmät ja jatkotoimenpiteet

Tuloksista nähdään, että jokaisessa testi-kontrolli-näyteparissa kontrollinäytteen viskositeetti on korkeampi. Tämän otannan perusteella voidaan päätellä, että tuotteesta tulee juoksevampaa purkin avaamisen jälkeen. Testipurkkien 1 ja 3 viskositeettierotus vastaaviin kontrollinäytteisiin oli lähes 100 mPa·s; tällainen ero on jo aistinvaraisesti havaittavissa. Valveutunut kuluttaja voi huomata tuotteessa eron, mikäli tuote on normaalia juoksevampaa esimerkiksi tuotetta sekoittaessa, kaataessa tai lusikoitaessa.

Testin luotettavuutta voitaisiin parantaa täsmentämällä testiasetelmaa.

Standardoimalla esimerkiksi purkista pois kaadettavan tuotteen määrän sekä purkin aukiolonajan saataisiin vertailukelpoisempia tuloksia. Testiä voitaisiin

myös laajentaa useammalle maulle, tuote-erälle sekä tuotannon eri vaiheisiin (esim. alku- ja loppupään näyte). Testin suorittaminen pian tuotannon jälkeen sekä lähempänä parasta ennen -päivää toisi lisänäkemystä tuotteen ikääntymisen vaikutuksesta tuotteen säilyvyyteen purkin avaamisen jälkeen.

10 Yhteenveto

Soijajogurtille määritettiin kolmessa eri lämpötilassa kolmelle eri maulle viskositeetin raja-arvot. Kaurakermasta raja-arvot määritettiin maustamattomalle tuotteelle. Lämpötiloista kuluttajalle todennäköisin on +11 °C, jolloin kaikkien soijajogurttimakujen viskositeetti vaihteli välillä 351–673 mPa·s, ja maustamattoman kaurakerman viskositeetti vaihteli välillä 85–125 mPa·s.

Tämän tutkimuksen perusteella voitiin todeta soijajogurttien viskositeetin kasvavan ajan myötä – tuote siis paksunee säilytyksessä. Selkein muutos viskositeetissa havaittiin soijajogurteissa, sillä niiden säilyvyysaika sekä lämpötilakestävyys on kaurakermaa maltillisempi. Soijajogurttien viskositeetti siis kasvaa ajan myötä, mikäli tuotepakkaus on avaamaton. Käyttäjätestin perusteella voitiin päätellä, että avattu purkki ja ilman kanssa kosketuksissa olevan soijajogurtin viskositeetti laskee, eli tuotteesta tulee juoksevampaa.

Lämmitystesti selvensi lämpötilan vaikutusta tuotteiden viskositeettiin; korkeampi lämpötila alentaa viskositeettia, tehden tuotteesta juoksevampaa. Sama havainto toistui säilyvyystutkimuksessa, jossa +30 °C säilytyslämpötilan näytteiden viskositeetti oli muihin lämpötiloihin verrattuna alhaisin.

Hillon määrä tuotteessa vaikuttaa viskositeettiin riippuen hillon omasta viskositeetista. Huomattavasti paksumpi hillo muuttaa tuotteen viskositeettia nostavasti. Tämä ei kuitenkaan ole tuotekehityksen ensisijainen tarkastelukohta, mutta havainto valottaa syitä eri makujen välisistä mahdollisista viskositeettieroista.

Tutkimusta voisi kehittää pidentämällä tuotteiden säilyvyysseuranta parasta ennen -päiväykseen asti ja siitä yli. Toinen mahdollisuus olisi suunnata tutkimus kaurakerman tuotannossa havaittuun trendiin, jossa viskositeetti laskee tuotannon aikana. Tässä voitaisiin tutkia esimerkiksi tuotantolinjojen mahdollista lämpenemistä ja sen vaikutusta, tai tuotteen säiliössä oloajan vaikutusta viskositeettiin.

Lähteet

Anton Paar 2025. Viscosity and Viscometry. Viitattu 30.4.2025.

<https://wiki.anton-paar.com/en/basic-of-viscometry/>

Breewood, H. 2024. Plant-based retail sales data for six European countries: 2021-early 2024. Good Food Institute Europe. Viitattu 10.5.2025.

<https://gfi-europe.org/plant-based-sales-data-2023/>

Cole-Parmer Instrument Company 2025. Tuning Fork Vibration Viscometer.

Viitattu 30.4.2025. <https://www.coleparmer.com/p/tuning-fork-vibration-viscometer/43751>

Ekholm, R. 2020. Proteiinimarkkina uusjaossa. Kehittyvä elintarvike, elintarviketieteiden Seuran ammatti- ja tiedelehti. Viitattu 10.5.2025.

<https://kehittyva-elintarvike.fi/artikkelit/teemajutut/talous-liiketoiminta/proteiinimarkkinat-uusjaossa/>

Euroopan komissio 2019. Tiedote: Yhdysvallat on EU:n tärkein soijapapujen toimittaja – tuonti yli kaksinkertaistunut. Viitattu 30.4.2025.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/ip_19_161

FMCG Gurus 2021. The Importance of Taste & Texture in Plant-based Food.

Viitattu 10.5.2025. <https://fmcggurus.com/blog/fmcg-gurus-the-importance-of-taste-texture-in-plant-based-food/>

Helsingin Mylly 2024. Raaka-aineena kotimainen kaura. Viitattu 30.4.2025.

<https://myllarin.fi/inspiraatio/raaka-aineena-kotimainen-kaura/>

Karanth, S.; Feng, S.; Patra, D. & Pradhan, A. 2023. Linking microbial contamination to food spoilage and food waste: the role of smart packaging, spoilage risk assessments, and date labeling. Viitattu 12.5.2025.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37426008/>

Kauppalehti 2025. Yrityshaku, Valio Oy. Viitattu 12.2.2025.

<https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/valio+oy/0116297-6>

Leipätiedotus ry. Kaura. Viitattu 30.4.2025. <https://www.leipatiedotus.fi/tietoa-leivasta/vilja/kotimaiset-viljat/kaura.html>

Luonnonvarakeskus. Kaikki kaurasta – Luke tarjoaa laajan osaamisensa yritysten hyödynnettäväksi. Viitattu 30.4.2025.

<https://www.luke.fi/fi/palvelut/kaikki-kaurasta-luke-tarjoaa-laajan-osaamisensa-yritysten-hyodynnettavaksi#kaura-ja-kasvinterveys>

Michael Smith Engineers. Approximate Viscosities of Some Common Liquids.

Viitattu 10.5.2025. <https://www.michael-smith-engineers.co.uk/resources/useful-info/approximate-viscosities-of-common-liquids-by-type>

Myllyn Paras. Beetaglukaani. Viitattu 30.4.2025.

<https://www.myllynparas.fi/beetaglukaani>

Närvänen, H. 2025. Haastattelu. Valion Turun tehtaan laatuinsinööriä Hanna Närvästä haastatteli 23.4.2025 Laura Kokko.

Orkla 2022. Suomalaiset ovat Pohjoismaiden innokkaimpia kasvisruoan ystäviä. Kehittyvä elintarvike, elintarviketieteiden Seuran ammatti- ja tiedelehti. Viitattu 10.5.2025. <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/teemajutut/valmistus-ja-lisaaineet-tuotekehitys/suomalaiset-ovat-pohjoismaiden-innokkaimpia-kasvisruoan-ystavia/>

PCE Instruments 2016. The importance of viscosity measurement in food production and processing. Viitattu 10.5.2025.

<https://www.newfoodmagazine.com/news/23734/importance-viscosity-measurement-food-production-processing/>

Raisio Oyj 2025. Kauralajikkeet. Viitattu 30.4.2025.

<https://www.raisio.com/viljelijat/kestava-viljan-tuotanto/kauralajikkeet/>

Rantamäki, P. 2005. Reologia on elintarviketutkijan apuneuvo. Viitattu

17.2.2025. <https://core.ac.uk/download/pdf/52228683.pdf>

Reid, E. 2021. The Importance of Temperature and Viscosity. Viitattu

17.2.2025. <https://blog.rheosense.com/temperature-and-viscosity>

Rodrigues, R. 2024. The Viscometer and Its Role in the Food and Beverage

Industry. Viitattu 12.5.2025. <https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/articles/the-viscometer-and-its-role-in-the-food-and-beverage-industry-364302#D6>

Roininen, V. 2024. Viscosity testing techniques, standards, and applications.

Viitattu 12.5.2025. <https://measurlabs.com/blog/viscosity-testing-techniques/>

Rotundo, J. 2024. European soybean to benefit people and the environment. Viitattu 29.4.2025. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10982307/>

Ruokavirasto 2023. Säilyvyysaika ja säilyvyystutkimukset. Viitattu 17.2.2025. <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/omavalvonnan-naytteenotto-ja-tutkimukset/sailyvyysaika-ja-sailyvyystutkimukse>

Saimaan Tuore. Kasvatettu kirjolohi syö terveellisesti. Viitattu 10.5.2025. <https://saimaantuore.fi/artikkelit/kasvatettu-kala-syo-ihmiselle-terveellisia-asioita/>

Shevkani, K. 2023. Protein from land – legumes and pulses. Viitattu 4.5.2025. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323917391000039>

Soult, A. 2022. Kasvipohjaisten tuotteiden markkina kasvaa kohisten. Kehittyvä elintarvike, elintarviketieteiden Seuran ammatti- ja tiedelehti. Viitattu 10.5.2025. <https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/teemajutut/talous-liiketoiminta/kasvipohjaisten-tuotteiden-markkina-kasvaa-kohisten/>

Suomen elintarviketyöläisten liitto 2023. Oddlygood ostaa Plantin, jonka Turun tuotanto ja työntekijät siirtyvät Valiolle. Viitattu 12.2.2025. <https://www.selry.fi/uutiset/oddlygood-ostaa-plantin-jonka-turun-tuotanto-ja-tyontekijat-siirtyvat-valiolle/>

Suomikaura. Vaalea suomalainen kaura. Viitattu 30.4.2025. <https://www.suomikaura.fi>

Tetra Pak. 2018. Soya Handbook. Lund: Tetra Pak.

Tilasiemen. Kauran Siemen. Viitattu 30.4.2025. <https://www.tilasiemen.fi/fi/lajikkeet/kauran-siemen>

Valio 2023. Oddlygood ostaa Plantin – nousee markkinajohtajaksi kahdessa kasvipohjaisten tuotteiden kategoriassa Ruotsissa ja Suomessa. Viitattu 13.2.2025. <https://www.valio.fi/uutiset/oddlygood-ostaa-plantin-nousee-markkinajohtajaksi-kahdessa-kasvipohjaisten-tuotteiden-kategoriassa-ruotsissa-ja-suomessa/>

Valio 2025a. Tuotteet. Viitattu 12.2.2025. <https://www.valio.fi/tuotteet/>

Valio 2025b. Valio yrityksenä. Viitattu 12.2.2025. <https://www.valio.fi/yritys/yritystieto/>

Valio 2025c. Elintarviketurvallisuus ja laatu. Viitattu 12.5.2025.

<https://www.valio.fi/vastuullisuus/vastuullisuus-tehtailla/elintarviketurvallisuus-ja-laatu/>

Vessele, M. 2019. Viscosity Testing's Role in Maintaining High-Quality Food Production. Viitattu 10.5.2025. <https://www.coleparmer.com/tech-article/viscosity-in-food-manufacturing>

Wanhalinna, V. 2024. Rehustuksella tärkeä merkitys lihan ympäristövaikutuksiin. Kehittyvä elintarvike, elintarviketieteiden Seuran ammatti- ja tiedelehti. Viitattu 10.5.2025.

<https://kehittyvaelintarvike.fi/artikkelit/toimialat/lihateollisuus/rehustuksella-tarkea-merkitys-lihan-ymparistovaikutuksiin/>