

JOGURTTIMAITOJEN SEKOITTUVUUDEN TUTKIMINEN



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinna, Bio- ja elintarviketekniikka

syksy, 2019

Ville Hiltunen

Bio- ja elintarviketekniikka
Hämeenlinna

Tekijä	Ville Hiltunen	Vuosi 2019
Työn nimi	Jogurttimaitojen sekoittuvuuden tutkiminen	
Työn ohjaaja	Pekka Rantakylä	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tilaaja on Valio Oy Riihimäki. Työn tarkoituksena oli selvittää mahdollinen komponenttien kerrostuminen erilaisissa jogurttimaidoissa. Tavoitteena oli löytää jogurttimaidoille optimaalinen sekoitusohjelma ja samalla pienentää mittaustulosten vaihteluväliä. Työssä verrattiin myös kahden erilaisen säiliösekoittajan eroavaisuuksia. Sekoittajat erosivat toisistaan siten, että toisen sekoittajan pystyakseliin oli kiinnitetty ylimääräinen lapa. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään muun muassa jogurttien luokittelua, raaka-aineita sekä sekoitetun jogurtin valmistusprosessia.

Tuloksista havaittiin, että rasvattoman jogurttimaidon pinnalle oli muodostunut laktoosikerrostumaa. Muissa jogurttimaidoissa laktoosin kerrostumista ei ollut havaittavissa. Muiden komponenttien pienet pitoisuuserot eri sekoitusohjelmien välillä hukkuivat suuren luottamusvälin sisälle. Mittaustulosten suuri luottamusväli viittaa analysoijan heikkoon toistettavuuskykyyn. Sen vuoksi ei saatu tilastollisesti osoitettua jogurttimaidoissa olevan komponenttien kerrostumista. Myöskään säiliösekoittajien välillä ei huomattavia eroavaisuuksia havaittu.

Avainsanat Jogurtti, kerrostuvuus, luottamusväli

Sivut 29 sivua, joista liitteitä 1 sivu.

Biotechnology and Food Engineering
Hämeenlinna University Centre

Author	Ville Hiltunen	Year 2019
Subject	Study of the Yogurt Milk Mixability	
Supervisor	Pekka Rantakylä	

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis was commissioned by Valio Oy Riihimäki. The aim of the thesis was to clarify the possible deposition of components in different types of yogurt milks. The purpose was to find an optimal mixing program while reducing the range of measurement results.

In the study, the theoretical part discussed the classification of yogurts, raw materials and the process of making mixed yogurt. In addition, the differences between two different tank mixers located in the Valio dairy plant were compared. The tank mixers were different because an additional blade was attached to the vertical axis of the mixer.

Based on the results, the lactose fraction was layered on the surface of skimmed yogurt milk. In other yogurt milks, the deposition of lactose was not detectable. The small concentration differences of the other components between the various mixing programs were lost within a large confidence interval. The large confidence interval of the measurement results indicated the weak reproducibility of the analyzer. Therefore, the deposition of components could not be statistically demonstrated. Finally, no significant differences between the two tank mixers were found either.

Keywords Yogurt, deposition, confidence interval

Pages 29 pages including appendices 1 page

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	YLEISTÄ JOGURTISTA	1
2.1	Jogurtin historia.....	2
2.2	Jogurttien luokittelu	2
2.3	Jogurtin raaka-aineet	3
3	JOGURTIN VALMISTUSPROSESSI	5
3.1	Jogurttimaidon valmistus	6
3.2	Ilmanpoisto, homogenointi, lämpökäsittely	6
3.3	Siirrostus, kypsytytys ja jäähditys	7
3.4	Maustaminen, pakkaus ja varastointi	8
4	SEKOITUS JA NÄYTTEENOTTO	9
5	TYÖN TOTEUTUS.....	12
5.1	Tilastollinen tarkastelu	13
5.2	Rasvainen jogurttimaito	15
5.3	Keskirasvainen jogurttimaito	17
5.4	Rasvaton jogurttimaito	23
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	25
	LÄHTEET	27

Liitteet

Liite 1 Koostumusnäytteiden tulokset

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mahdollinen komponenttien kerrostuminen erilaisissa jogurttimaidoissa. Tavoitteena oli löytää niille optimaalinen sekoitusohjelma ja samalla pienentää mittaustulosten vaihteluväliä. Sekoitussäiliöissä käytettiin kahta eri tyyppistä sekoittajaa, joiden tuloksia työssä verrattiin. Opinnäytetyön tutkimuskysymyksiksi muodostuivat seuraavat:

1. Voidaanko sekoitusohjelman muutoksella pienentää jogurttimaidon koostumuksen vaihteluväliä?
2. Onko sekoittajatyypillä vaikutusta erän koostumuksen vaihteluun?

Teoriaosuudessa käsitellään muun muassa jogurttien luokittelua, raaka-aineita sekä sekoitetun jogurtin valmistusprosessia. Opinnäytetyön kokeellinen osuus suoritettiin ottamalla rasvattomasta, keskirasvaisesta ja rasvaisesta jogurttimaidoista koostumusnäytteitä säiliöiden ylä- sekä alakautta eri sekoitusohjelmien jälkeen. Näytteistä analysoitiin rasva-, proteiini-, laktoosi- ja tuhkapitoisuudet. Tulokset taulukoitiin ja analysoitiin tilastollisia menetelmiä käyttäen. Jogurttimaidot koostuvat rasvattomasta maidosta, kermasta, nestesokerista sekä erilaisista komponenteista. Lisäksi tuotevaihtoista ja tuotelinjojen tuotetyönnoistä saatavaa tasausmaitoa käytetään tiettyjen jogurttimaitojen valmistuksessa. Jogurttimaitoerät voidaan jakaa useaan eri kypsytyserään, jonka vuoksi on erityisen tärkeää, että jogurttimaidot ovat koostumukseltaan tasaisia ja komponenttien kerrostumista olisi mahdollisimman vähän.

2 YLEISTÄ JOGURTISTA

Jogurtti on puolikiinteä fermentoitu tuote. Ajan kuluessa sen suosio on kasvanut ja nyt sitä kulutetaan lähestulkoon koko maailmassa. Sen konsistenssi, maku ja aromi voivat vaihdella alueittain, mutta perusainesosat ja valmistus ovat olennaisesti yhdenmukaisia. Tärkeitä tekijöitä jogurtin valmistuksessa ovat raaka-aineet, hapate ja valmistusmenetelmä. (Yildiz, 2010, s. 5)

2.1 Jogurtin historia

Uskotaan, että jogurtti on saanut alkunsa tuhansia vuosia sitten paimentolaiskansoilta Elbrus-vuoren rinteillä Kaukasuksen alueella. Tarinan mukaan paikallisen maitokannun sekaan pääsi toksittomia mikro-organismeja, jotka alkoivat lämpimissä olosuhteissa hapattamaan maitoa ja saostivat sen myöhemmin jogurtiksi. Legendan mukaan paimentolaiset uskoivat jogurtin syömisen pidentävän merkittävästi ihmisen elinikää, jolloin ihminen pystyisi elämään 130–140-vuotiaaksi. (Bylund, 1995, s. 242)

Suomessa jogurttia maisteltiin ensimmäistä kertaa 1930-luvulla, mutta happaman makuinen maustamaton jogurtti ei liiaksi kuluttajia kiinnostanut. 1960-luvun lopussa suomalaisten kiinnostus jogurttia kohtaan kasvoi, kun myyntiin tuli Amerikan tuliaisena ensimmäinen marjoilla, hedelmillä ja sokerilla maustettu jogurtti. (Valio Oy, 2018.)

2.2 Jogurttien luokittelu

Jogurtti on maailmanlaajuisesti parhaiten tunnettu kaikista fermentoiduista tuotteista, jonka maku ja aromi vaihtelevat alueittain. Joillakin alueilla jogurttia tuotetaan erittäin viskoosina nesteinä, kun taas muualla sitä tuotetaan pehmeämmän geelin muodossa. Jogurttia valmistetaan myös jäädytetyssä muodossa jälkiruoaksi tai juomaksi. (Bylund, 1995, s. 243) Jogurttia voidaan luokitella usealla eri tavalla riippuen lähteistä ja jaottelutavoista. Taulukossa 1 on esitetty jogurttien jaottelua rakenteelliselta kannalta.

Taulukko 1. Jogurttien luokittelua rakenteelliselta kannalta (Bylund, 1995, s. 243)

Jogurttityyppi	Rakenne
Set type	Lohkeava
Sekoitettu (Stirred)	Viskoosi
Juotava	Nestemäinen
Jäädytetty	Kiinteä
Konsentroidu eli tiivistetty	Puolikiinteä

Set type -tyypin jogurtti on rakenteeltaan lohkeava. Se pakataan heti hapattamisen siirroituksen jälkeen pikareihin, joissa tapahtuu happaneminen ja rakenteen muodostus. Sen jälkeen pikarit jäädytetään. Sekoitettu jogurtti on rakenteeltaan viskoosi ja sen hapattaminen suoritetaan säiliössä. Hapattetun jogurtin rakenne rikotaan sekoittamalla, jonka jälkeen se pakataan ja jäädytetään. Juotava jogurtti on rakenteeltaan nestemäinen ja se valmistetaan lähes samanlailla kuin sekoitettu, mutta ennen pakkausta

tuotetta sekoitetaan voimakkaasti, jolloin sen rakenne rikkoutuu neste-mäiseksi. Jäädetytty jogurtti on rakenteeltaan kiinteä ja se valmistetaan samalla tavalla kuin sekoitettu jogurtti, mutta valmis pakkaus jäädetytetään pakkasessa. Konsentroidu eli tiivistetty jogurtti on rakenteeltaan puolikiinteä ja se valmistetaan konsentroimalla tai suodattamalla hera pois ennen tuotteen pakkaamista. (Bylund, 1995, s. 243)

2.3 Jogurtin raaka-aineet

Jogurtin pääraaka-aine on tuore maito. Tavallisesti jogurtti valmistetaan lehmän maidosta, mutta myös buffalon ja lampaan maito soveltuvat valmistukseen. (Chandan & Kilara, 2013, s. 8) Valmistuksessa käytettävän maidon pitää olla vähäbakteerista, eikä se saa sisältää entsyymejä tai kemiallisia aineita, jotka voivat hidastaa jogurtin happanemista. Se ei myöskään saa sisältää antibiootteja tai bakteriofageja. (Bylund, 1995, s. 244) Maito pitäisi lypsää terveistä lehmistä, jotka elävät puhtaassa elinympäristössä oikeanlaisella ruokinnalla. Makuun haitallisesti vaikuttavia tekijöitä ovat maidossa esiintyvä suuri bakteerimäärä, epänormaali somaattisten solujen määrä, antibiootit sekä desinfiointiaineet. (Chandan & Kilara, 2013, s. 217)

Maustetut ja aromiaineita sisältävät jogurtit ovat nykyään suosittuja, vaikka suuntaus kohti luonnollista jogurttia on havaittavissa joillakin markkinoilla. Yleisimmät maustetuissa jogurteissa käytettävät lisäaineet ovat hedelmät, marjat ja soseet. Hedelmien osuus on yleensä noin 15 %, josta 50 % on sokeria. Jogurttia maustetaan myös muun muassa kahvin aromeilla, vaniljalla ja hunajalla. Jogurttiin lisätään aromiaineiden kanssa väriaine ja sokeri, joka esiintyy sakkaroosin, glukoosin tai aspartaamin muodossa. Aspartaami on sokeriton makeutusaine. Tarvittaessa stabilisaattoreita voidaan lisätä myös konsistenssin muuttamiseksi, mutta on tärkeää muistaa, että lisäaineiden käyttö nostaa valmiin jogurtin kuiva-ainepitoisuutta. (Bylund, 1995, s. 243–244) Taulukossa 2 on esitetty tyypillisen maustetun jogurtin kuiva-aine koostumus.

Taulukko 2. Tyypillisen maustetun jogurtin kuiva-aine koostumus (Bylund, 1995, s. 244)

Rasva	0,5–3 %
Laktoosi	3–4,5 %
Maidon rasvattomat kuiva-aineet (MSNF)	11–13 %
Stabilisaattorit	0,3–0,5 %
Hedelmät	12–18 %

Korkea kuiva-ainepitoisuus, erityisesti kaseiini- ja heraproteiinipitoisuus, johtaa jogurtin voimakkaaseen hyytymiseen. Jogurtin rasvapitoisuus vaihtelee 0–10 %:n välillä. Tavallisen jogurtin rasvapitoisuus on vähintään 3 %, keskirasvaisen 0,5–3 % ja rasvattoman pitoisuus on enintään 0,5 %. (Bylund, 1995, s. 244)

Sokeria ja makeutusaineita käytetään tuotannossa lisäaineina. Disakkaridi – sakkaroosi tai monosakkaridi, kuten glukoosi, voidaan lisätä tuotteeseen yksin tai hedelmien lisäyksen yhteydessä. Sokerin sijasta voidaan käyttää maustamiseen makeutusaineita, jotka sopivat erityisesti laihduttajille ja diabeetikoille. Makeutusaineella ei ole ravintoarvoa, mutta maku on erittäin makea jopa hyvin pieninä annoksina. Jogurtissa käytettävät hedelmät sisältävät yleensä 50 % sokeria tai vastaavan määrän makeutusainetta, joten tarvittava makeus voidaan tavallisesti saavuttaa lisäämällä 12–18 % hedelmäseosta. (Bylund, 1995, s. 245)

Jogurttiin lisätään myös stabilointiaineita antamaan oikeanlainen koostumus ja suutuntuma. Hydrofiiliset kolloidit sitovat vettä, jolloin ne lisäävät viskositeettia ja auttavat ehkäisemään heran erottumista tuotteessa. On tärkeää muistaa, että jokaisen valmistajan on määritettävä kokeellisesti tuotetyypin stabilointiaine ja sen lisäämisen nopeus. Väärän tai liiallisen stabilointiaineen käyttö voi aiheuttaa tuotteelle kovan konsistenssin ja kumimaisen rakenteen. Konsistenssilla tarkoitetaan jogurtin tiiviyyttä. Oikealla tavalla tuotettu luonnollinen jogurtti ei edellytä stabilointiaineiden käyttöä, sillä hieno geelimäisyys ja korkea viskositeetti esiintyvät luonnollisesti. Yleisimmin käytetyt stabilointiaineet ovat gelatiini, pektiini ja tärkkelys. (Bylund, 1995, s. 245) Taulukossa 3 on listattu valmistuksessa yleisimmin käytettyjä lisäaineita.

Taulukko 3. Jogurtin valmistuksessa käytettäviä lisäaineita. (Tamime & Robinsson, 1999, s. 59)

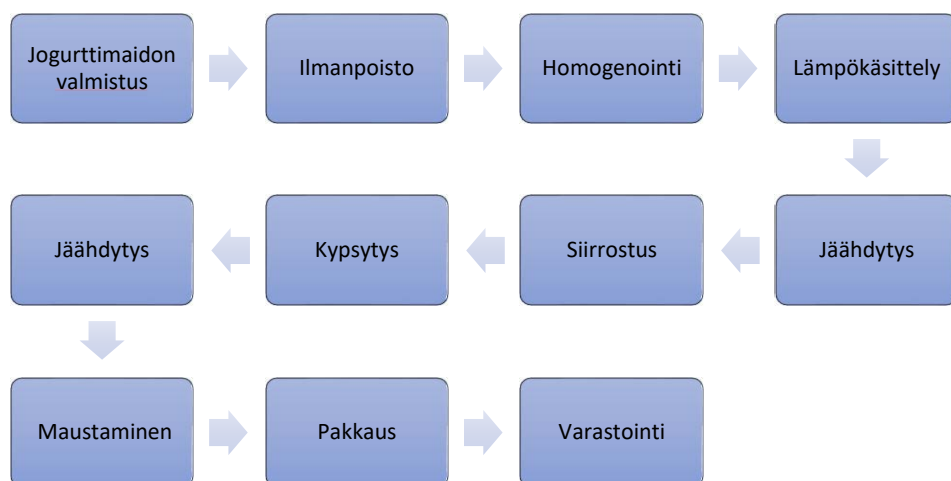
Makeutusaineet	Stabilisaattorit	Säilöntäaineet
Maissisiirappi	Pektiini	Nisiini
Fruктоosi	Gelatiini	K-sorbaatti
Hunaja	Agar-agar	Nasorbaatti
Aspartaami	Tärkkelys	Sorbiinihappo
Sukraloosi	Karrageeni	Bentsoaatti
	Guarkumi	
	Karboksimetyylisellulosa	

Jogurttimaidon hapattamiseen käytetään alkuhapatteena usein *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* (ST) ja *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgarius* (LB) symbioottista sekoitusta. Organismit muodostavat happoa itsenäisinäkin, mutta sekoitettuna hapon muodostuminen on

voimakkaampaa. Hapatuksessa bakteerit syövät luonnollisen maidon sokereita ja vastavuoroisesti vapauttavat maitohappoa. ST-organismi kasvaa nopeammin ja se muodostaa happoa sekä hiilidioksidia. Hiilidioksidin muodostuminen stimuloi LB-organismin kasvua. Toisaalta LB:n proteolyttinen aktiivisuus muodostaa stimuloivia peptidejä sekä aminohappoja, joita ST-organismi käyttää hyödyksi. Nämä mikro-organismit ovat viime kädessä vastuussa tyyppillisen jogurtin maun ja koostumuksen muodostumisesta. Jogurttimaito kiinteytyy fermentaation pH:n laskun aikana. Fermentaation alussa streptococci on vastuussa jogurttimaidon pH:n laskusta noin viiteen ja myöhemmin lactobasilli laskee pH:n noin neljään. (Yildiz, 2010, s. 8)

3 JOGURTIN VALMISTUSPROSESSI

Sekoitetun jogurtin valmistusprosessi alkaa jogurttimaidon valmistuksella ja kuiva-ainepitoisuuden nostolla. Jogurttimaidosta poistetaan ilmaa, jonka jälkeen se homogenoidaan, lämpökäsitellään ja jäähdytetään hapattamislämpötilaan. Jogurttimaito hapatetaan lisäämällä siihen erityisiä bakteerikantoja, jonka jälkeen fermentointi käynnistetään valvotussa lämpötilassa (42–43 °C) ja ympäristöolosuhteessa. Teollisessa tuotannossa fermentointi tapahtuu normaalisti siihen tarkoitetuissa kypsytyskäiliöissä. (Yildiz, 2010, s. 3) Lopuksi hapatettu jogurtti jäähdytetään, pakataan ja varastoidaan. Kuvassa 1 on esitetty sekoitetun jogurtin valmistusprosessin vuokaavio.



Kuva 1. Sekoitetun jogurtin valmistusprosessi.

3.1 Jogurttimaidon valmistus

Jogurttimaidon valmistuksessa maito vakioidaan kuiva-ainepitoisuuden ja rasvan osalta. Maidon rasvatonta kuiva-ainepitoisuutta voidaan nostaa usealla eri tavalla, joista tyypillisimpiä ovat haihdutus sekä rasvattoman maito- tai proteiinijauheen lisääminen. Jos pitoisuutta vakioidaan jauheella, jogurttimaidosta pitäisi poistaa ilmaa, sillä se vähentää heran erottumisen riskiä lopullisessa tuotteessa. Jogurttimaidon rasvapitoisuus vakioidaan lisäämällä kermaa. Jogurttimaitoon voidaan myös annostella aikaisemmin mainitut lisäaineet sekä sokeri, mutta on huomattava, että liian korkea sokeripitoisuus (yli 8 %) muuttaa maidon osmoottista painetta, joka vaikuttaa haitallisesti maidon happanemiseen (Bylund, 1995, s. 245–247).

3.2 Ilmanpoisto, homogenointi, lämpökäsittely

Ilmanpoistossa regeneroitua eli esilämmitettyä maitoa virtaa tyhjiöastiaan, jossa 10–20 % maidon vedestä haihtuu pois. Jogurttimaidon lämpötila on tyhjiöastiaan tullessaan noin 65 astetta. Tyhjiön vuoksi jogurttimaidon ulostulolämpötila on 2–3 astetta alhaisempi kuin sisäänmenolämpötila. Haihtuvan veden määrä riippuu maidon vaaditusta kuiva-ainepitoisuudesta. Haihtuvuusastetta voidaan säätää esimerkiksi muuttamalla sisään tulevan maidon lämpötilaa. Ilmanpoistolla on monia hyödyllisiä vaikutuksia. Se parantaa jogurtin vakautta ja viskositeettia, lyhentää käymisaikaa, pienentää riskiä likaantua lämpökäsittelyn aikana sekä poistaa mahdolliset hajut tuotteesta. (Bylund, 1995, s. 245–247)

Ilmanpoiston jälkeen jogurttimaito homogenoidaan. Homogenoinnin tarkoituksena on estää rasvan kerrostuminen tuotteen pinnalle sekä parantaa tuotteen stabiilisuutta ja koostumusta. (Bylund, 1995, s. 246) Homogenisaattori koostuu korkeapainepumpusta, joka pakottaa nesteen pienen aukon läpi, jolloin nesteen sisältämät rasvapallot pilkkoutuvat pieniksi osiksi. Tällöin rasva ei pääse kerrostumaan tuotteen pinnalle. (Walstra ym., 2005, s. 280) Jogurttimaito tulisi homogenoida 200–250 bar:n paineessa ja 65–70 asteen lämpötilassa optimaalisten fysikaalisten ominaisuuksien saavuttamiseksi. Jotkut tuottajat homogenoivat jogurttimaidon korkeammilla parametreilla, sillä tiettyjen reseptien kohdalla se vaikuttaa positiivisesti tuotteen viskositeettiin. (Bylund, 1995, s. 246)

Jogurttimaito lämpökäsitellään, jotta se tuhoaa kaikki patogeeniset kasvustot sekä useimmat mikro-organismien kasvulliset solut. Lisäksi luonnolliset maitoentsyymit inaktivoituvat lämpökäsittelyn aikana. Mikrobiologisesti kannalta haitallisten organismien tuhoutuminen luo suotuisat olosuhteet toivottujen jogurttibakteerien kasvulle, mikä parantaa valmiin tuotteen säilyvyyttä ja turvallisuutta. Lämpökäsittelyllä saadaan aikaan pelkistävät olosuhteet, joka edistää hapen erottumista sekä pilkottujen tyypiyhdisteiden muodostumista. Optimaaliset tulokset saadaan, kun lämpötila on 90–95 astetta ja pitoaika on noin 5 minuuttia. Tämä lämpötila-aika-yhdistelmä denaturoi noin 70–80 % heraproteiineista. Erityisesti β -laktoglobuliini, joka on pääasiallinen heraproteiini, auttaa antamaan jogurtille stabiilin rungon. (Chandan & Kilara, 2013, s. 241)

Levylämmönvaihdin on yleisin käytetty laite jogurttimaidon lämpökäsittelyssä, mutta myös putkimainen lämmönvaihdin ja kaavittu pintalämmönvaihdin ovat käytössä olevia laitteita. Levylämmönvaihdin koostuu ruostumattomasta teräksestä valmistetuista levyistä, jotka on kiinnitetty laitteen runkoon. Runko voi sisältää useita levypakkauksia, joissa tapahtuu eri käsittelyvaiheita, kuten esikuumennus, lopullinen kuumennus ja jäähdytys. Levyissä on virtaustunneliaukot kahdelle nesteelle, joiden välissä lämmön siirto tapahtuu. (Chandan & Kilara, 2013, s. 241)

3.3 Siirrostus, kypsytytys ja jäähdytys

Kun jogurttimaito on esikäsitelty ja jäähdytetty kypsytyslämpötilaan, jatkokäsittelymenetelmä riippuu siitä, minkä tyyppistä jogurttia halutaan valmistaa. Laajamittaisessa tuotannossa prosessin automaatiotaso on tavallisesti korkea, sillä liiallinen mekaaninen käsittely voi aiheuttaa tuotteelle löysän koostumuksen sekä lisätä heran erottumista. (Bylund, 1995, s. 249)

Sekoitetun jogurtin tuotannossa esikäsitelty jogurttimaito jäähdytetään regeneratiivisessa osassa siirrostuslämpötilaan, joka on tyypillisesti 40–45 astetta. Sen jälkeen jogurttimaito pumpataan kypsytyssäiliöön ja samanaikaisesti maitovirtaan annostellaan jogurtille sopivat hapatteet, entsyymit ja vitamiinit. Kun kypsytystankki on täytetty, jogurttimaitoa sekoitetaan vähän aikaa varmistamaan hapatteiden ja entsyymien tasainen jakautuminen. Kypsytyssäiliöt ovat eristetty, jotta lämpötila pysyy vakiona koko kypsytyksjakson ajan. Tyypillisesti kypsytysaika on noin 2,5–3 tuntia 42–43 asteen lämpötilassa, jolloin hapate on parhaiten hyödynnetty. Optimaalisten laatuolosuhteiden saavuttamiseksi kypsytetty jogurtti tulisi jäähdyttää 30 minuutin kuluessa siitä, kun haluttu pH-arvo on saavutettu. Tällöin estetään liiallinen happaneminen ja bakteerien haitallinen jatkokehitys. (Bylund, 1995, s. 249–250)

Kypsytyksen loppuvaiheessa, kun vaadittu pH-arvo (normaalisti noin 4,2–4,5) on saavutettu, jogurtti on jäähdytettävä 15–22 asteeseen. Tämä pysäyttää väliaikaisesti jogurtin happanemisen. Samanaikaisesti jogurtin rakenne rikotaan sekoittamalla, jotta saadaan lopputuotteelle oikeanlainen koostumus ja viskositeetti. Jäähdytys tapahtuu levylämmönvaihtimessa, joka on mitoitettu takaamaan tuotteelle lempeä mekaaninen käsittely. Jäähdytysaika tulisi olla 20–30 minuuttia, jotta tuote pysyisi yhtenäisenä. Jäähdytetty jogurtti pumpataan puskurisäiliöihin ennen kuin se ohjataan täyttökoneille. (Bylund, 1995, s. 250)

3.4 Maustaminen, pakkaus ja varastointi

Jogurtti on valmis pakkaukseen, kun se on jäähdytetty 15–22 asteeseen. Siihen voidaan lisätä hedelmiä ja väriaineita, kun se siirretään puskurisäiliöstä täyttökoneisiin. Lisäys tehdään hedelmäsekoitusyksikössä, jossa ainesosat pumpataan jogurttiin. Sekoitusyksikkö on staattinen ja hygieenisesti suunniteltu takaamaan hedelmien perusteellinen sekoittuminen. Hedelmämittauspumppu ja jogurtin syöttöpumppu toimivat synkronisesti, jotta sekoitussuhde olisi mahdollisimman stabiili. (Bylund, 1995, s. 250) Hedelmien sekoitus formuloidaan siten, että se antaa lopulliselle tuotteelle halutun viskositeetin ja koostumuksen. Tavallisesti hedelmäpalat ovat suunniteltu sekoittumaan jogurttimassaan siten, että ne eivät laskeudu pakkauksen pohjalle. (Chandan & Kilara, 2013, s. 196)

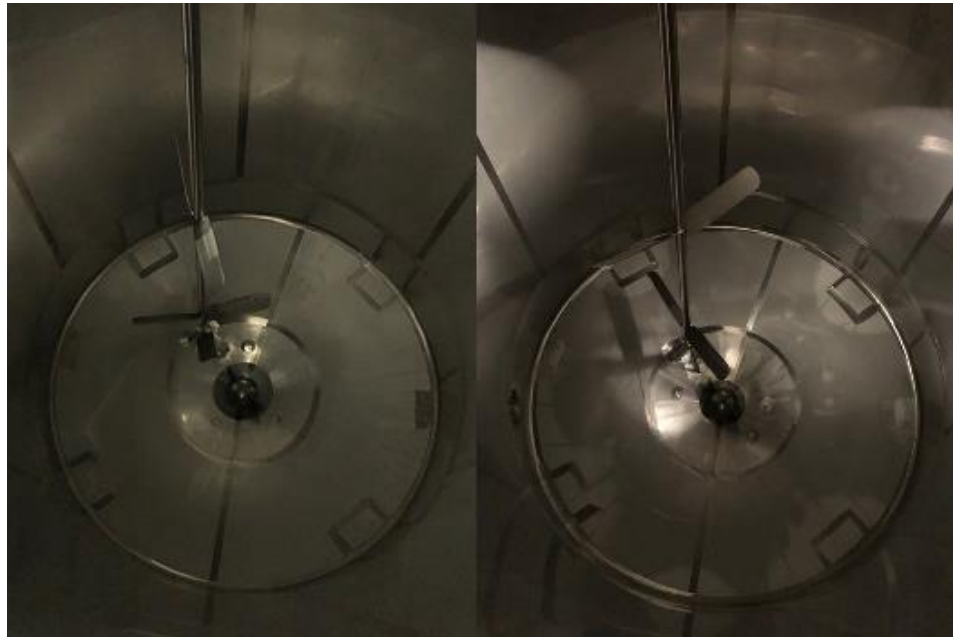
Maustamisessa käytettävien hedelmien oikea lämpökäsittely on tärkeä osa prosessointia. Lämpötilaohjelman tulee olla sellainen, että kaikki kasviperäiset mikro-organismit inaktivoituvat heikentämättä kuitenkaan hedelmien makua ja koostumusta. Lämpökäsittelyn jälkeen on tärkeää, että hedelmät pakataan steriloituihin säiliöihin aseptisissä olosuhteissa. Useissa tapauksissa fermentoitujen maitotuotteiden laadun heikkeneminen johtuu hedelmien vääränlaisesta käsittelystä. (Bylund, 1995, s. 250)

Jogurtin pakkaamiseen käytetään eri tyyppisiä täyttökoneita. Yleisesti ottaen pakkauskapasiteetin tulisi vastata pastörintikapasiteettia, jotta saavutetaan tuotantolaitoksen kannalta optimaaliset käyttöolosuhteet. Pakkauksien koko vaihtelee suuresti markkinatarpeen mukaan. (Bylund, 1995, s. 251) Pakkauksen jälkeen tuotteet säilytetään kylmävarastossa 2–5 asteen lämpötilassa. Näissä olosuhteissa pystytään hidastamaan hapatteen metabolista aktiivisuutta sekä vähentämään pilaantumisen riskiä, erityisesti hiivan ja homeen aiheuttamaa pilaantumista. (Chandan ym., 2016, s. 440)

4 SEKOITUS JA NÄYTTEENOTTO

Jogurttimaidon sekoituksen tarkoituksena on ehkäistä ainesosien kerrostuminen sekä tasata raaka-aineiden kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Erityisesti rasva kerrostuu herkästi jogurttimaidon pinnalle ilman oikeanlaista sekoitusta, mikä hankaloittaa edustavan näytteen ottamista sekä analysointia. Sekoitus ei saa olla kuitenkaan liian voimakas, sillä se aiheuttaa vaahtoutumista tuotteessa. Sen vuoksi on tärkeää löytää jogurttimaidoille optimaalinen sekoitusohjelma.

Tehtaassa on käytössä viisi 20 000 litran sekoitussäiliötä, joissa käytetään pystysekoittajia jogurttimaitojen sekoitukseen. Ne koostuvat kahdessa eri tasossa olevista sekoituslavoista, jotka ovat kiinnitettynä sekoittajan pystyakseliin. Ylempi taso sijaitsee säiliön puolivälin kohdalla ja alempi muutamametrin korkeudessa säiliön pohjasta. Kahdessa sekoitussäiliössä alemman tason lavoissa on kiinni yksi ylimääräinen lapa. Säiliön ulkopuolella oleva moottori pyörittää sekoittajaa laaditun ohjelman mukaisesti. Kuvasta 2 nähdään sekoittajien eroavaisuus.



Kuva 2. Sekoitussäiliöiden pystysekoittajat (Kuva: Ville Hiltunen 2019)

Nykyisen sekoitusohjelman mukaan sekoittaja lähtee käyntiin annostelun aikana, kun säiliössä on 3 000 kg jogurttimaitoa. Sekoitusaika on 2 minuuttia ja sekoittajan pyörimisnopeus on 40 % maksiminopeudesta. Sekoitusaajan kuluttua loppuun sekoittaja pysähtyy paikalleen 15 minuutiksi, jonka

jälkeen sekoitus alkaa uudestaan samoilla parametreilla. Sekoittaja ei lähde kuitenkaan käyntiin, jos säiliössä on 8 500–10 000 kg jogurttimaitoa. Tällöin sekoittajan ylemmät lavat osuvat jogurttimaidon pintaan aiheuttaen vaahtoamista. Vaahtoaminen ei ole hyväksi jatkoprosessin kannalta, sillä se aiheuttaa ongelmia esimerkiksi ilmanerotuksessa pastöroinnin aikana.

Jokaisesta jogurttimaitoerästä otetaan annostelun jälkeen koostumusnäyte sekä tietyn väliajoin puhtausnäyte. Tehtaan laboratorio suorittaa puhtausnäytteiden analysoinnin. Koostumusnäytteestä suoritetaan myös aistinvarainen arviointi, jossa arvioidaan jogurttimaidon haju- ja makuominaisuudet.

Nykyisen näytteenottomenetelmän mukaan varmistetaan, että sekoittaja on päällä ennen näytteen hakua, jolloin saadaan mahdollisimman todennukainen näyte. Jos sekoittaja ei ole automaattisesti päällä, se käynnistetään manuaalisesti ja kytketään takaisin automaatille. Tällöin sekoittaja pyörii kaksi minuuttia, jonka aikana näyte haetaan. Näytteenhaku tapahtuu sekoitussäiliön alapuolella olevasta näytteenottonipasta. Ensin irroteetaan näytteenottonipan kiertopesujärjestelmä CIP-letku ja tarkistetaan näytteenottonipan puhtaus. Sen jälkeen valutetaan näytteenottonipasta noin 5 desilitraa jogurttimaitoa muoviseen kannuun. Valutuksen jälkeen varsinainen näyte otetaan 120 ml saranapikariin. (Valio Oy Riihimäki, 2019a)

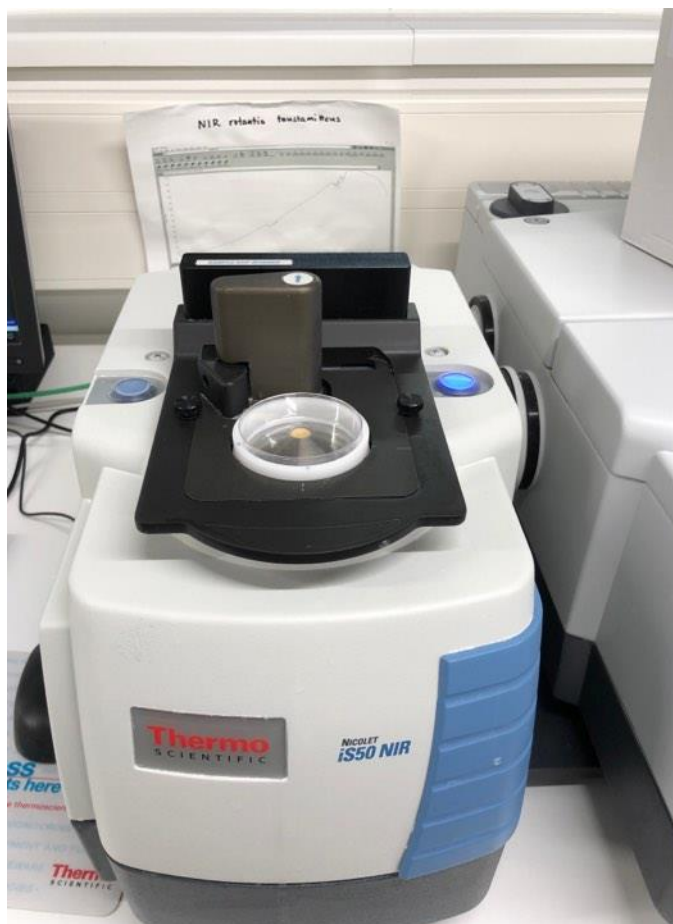
Toisinaan näyte joudutaan hakemaan sekoitussäiliön yläkautta. Tällöin näytteenottoon käytetään steriiliä kauhaa ja rautakettinkiä. Rautakettinki kiinnitetään kauhaan ja se upotetaan jogurttimaitoon säiliön yläkautta. Kauhaan saatu jogurttimaito kaadetaan näytteenottopikariin. Näyte joudutaan hakemaan yläkautta esimerkiksi silloin, kun alakautta otettuna näyte ei ole koostumukseltaan asetetuissa rajoissa. (Valio Oy Riihimäki, 2019b)

Ennen analysointia koostumusnäyte lämmitetään vesihauteessa 40 asteen lämpötilassa kahden minuutin ajan. Näytteen lämpötila pitää olla noin 20 astetta, jotta analyysitulokset olisi luotettava. Jos analysaattorin antamat tulokset poikkeavat ohjausrajoista, näytepikaria sekoitetaan ylösalaisin kääntämällä ja näyte analysoidaan uudelleen. Tuloksen ollessa edelleen poikkeava, haetaan säiliöstä uusi näyte analysoitavaksi. Jos myös uusi näyte poikkeaa ohjausrajoista, otetaan yhteys laaturyhmään ja esimieheen. (Valio Oy Riihimäki, 2019b)

Näytteet analysoidaan tehtaan Thermo Scientific™ Nicolet iS™50-analysaattorilla. Sen avulla näytteistä saadaan rasva-, proteiini-, laktoosi-, sakkaroosi- ja tuhkapitoisuudet. Jogurttimaitojen analysoinnissa käytetään laitteen NIR (Near infrared)-toimintoa, joka on infrapuna käyttävä koostumusmittausmenetelmä. (Thermo Fisher Scientific, 2012). Laitteen toimintaa perustuu hajaheijastusmenetelmään. Hajaheijastus tapahtuu, kun

IR-säteet heijastuvat satunnaisiin suuntiin näytteen pinnalla saavuttaen lopulta ilmaisimen (detector). Analysaattorin pallon muotoinen ala mahdollistaa valon alueellisen integroitumisen. Pallon muotoista alaa kutsutaan integroivaksi palloksi (integrated sphere). (Valio Oy Riihimäki, 2019; Thermo Fisher Scientific Inc., 2012, s. 2–5)

Kuvassa 3 on iS50 NIR-moduuli. Näytteen analysointiin tarkoitettu läpinäkyvä muovikyvetti asetetaan valkoisen renkaan sisälle. Näytettä kaadetaan kyvetin yläpintaan asti, jonka jälkeen analysointi käynnistetään. Kyvetti on optisiin mittauksiin tarkoitettu astia, jossa näytteen läpi kohdistetaan säteilyä.



Kuva 3. Thermo Scientific™ Nicolet iS™50-analysaattorin NIR-moduuli (Kuva: Ville Hiltunen 2019)

5 TYÖN TOTEUTUS

Työn tarkoituksena oli selvittää mahdollinen komponenttien kerrostuminen jogurttimaidossa ja tavoitteena oli löytää jogurttimaidoille optimaalinen sekoitusohjelma ja samalla pienentää mittaustulosten vaihteluväliä. Jogurttimaidot koostuvat rasvattomasta maidosta, kermasta, nestesokerista sekä erilaisista komponenteista, jotka ovat proteiini-, laktoosi- ja suolajae. Ainekset annostellaan jogurttimaidolle ominaisen reseptin mukaan sekoitussäiliöön, jossa ne sekoittuvat automaattisekoittajan avulla jogurttimaidoksi. Annosteluun käytetään myös tasausmaitoa. Tasausmaidolla tarkoitetaan uudelleen käsiteltävää maitoa, jota saadaan otettua talteen esimerkiksi tuotelinjojen tuotetyönnoistä.

Työssä tutkittiin rasvattoman, keskirasvaisen ja rasvaisen jogurttimaidon koostumuseroja eri sekoitusohjelmien jälkeen sekä sitä, onko sekoittajalla itsessään vaikutusta erän koostumukseen. Työssä pyrittiin löytämään sekoitusohjelma, jonka jälkeen ylä- sekä alakautta otettujen näytteiden komponenttipitoisuuksien ero olisi mahdollisimman pieni. Mitä pienempi pitoisuuksien ero on, sitä tasalaatuisempaa on jogurttimaito.

Kokeellinen osuus suoritettiin tuotannon aikana. Yhden tuotantopäivän aikana annosteltiin keskirasvaista jogurttimaitoa kahteen eri sekoitussäiliöön, joissa oli erilaiset sekoittajat. Näin pystyttiin varmistamaan, että erät ovat valmistettu samoista komponenteista, jolloin näytteiden tulokset ovat vertailukelpoisia. Tuotannollisista syistä rasvatonta ja rasvaista jogurttimaitoa voitiin annostella vain yhteen sekoitussäiliöön. Kaikki testattavat jogurttimaitoerät olivat kooltaan 10 000–15 000 kilogrammaa. Työssä verrattiin neljää eri sekoitusohjelmaa, jotka olivat: Ei sekoitusta, (120 s/40 %), (180 s/60 %) ja (240 s/60 %). Sekoitusohjelman parametreina toimivat sekoitusaika ja sekoittajan prosentuaalinen kierrosnopeus maksiminopeudesta.

Ensin suoritettiin toistettavuuskoe aiemmin mainitulle analysaattorille. Kokeessa käytettiin kahta eri näytettä, joista ensimmäinen oli otettu keskirasvaisesta jogurttimaidosta säiliön yläkautta ilman sekoitusta ja toinen samasta erästä (180 s/60 %)-sekoitusohjelmalla. Molempia näytteitä analysoitiin viisi kertaa peräkkäin ja laskettiin tuloksien keskiarvot, keskihajonnot ja luottamusvälit 95 % luottamustasolla. Taulukossa 4 (s. 13) on esitetty tuloksien luottamusvälit.

Taulukko 4. Tuloksien keskiarvot, keskihajonnat ja odotusarvojen luottamusvälit

	Keskirasvainen, yläkautta (Ei sekoitusta)							
	Otos 1	Otos 2	Otos 3	Otos 4	Otos 5	Keskiarvo	Keskihajonta	Luottamusvälit (95% merkitsevyystasolla)
Proteiini %	3,78	3,81	3,84	4,05	4,14	3,92	0,16	$P(3,72 \leq \mu \leq 4,12) = 0,95$
Rasva %	2,35	2,27	2,25	2,15	2,05	2,21	0,12	$P(2,07 \leq \mu \leq 2,36) = 0,95$
Laktoosi %	4,31	4,49	4,55	4,74	4,80	4,58	0,20	$P(4,33 \leq \mu \leq 4,82) = 0,95$
Tuhka %	0,81	0,82	0,79	0,81	0,83	0,81	0,01	$P(0,79 \leq \mu \leq 0,83) = 0,95$
	Keskirasvainen, yläkautta (Sekoitus 180s/60%)							
	Otos 1	Otos 2	Otos 3	Otos 4	Otos 5	Keskiarvo	Keskihajonta	Luottamusvälit (95% merkitsevyystasolla)
Proteiini %	3,78	4,00	3,79	4,04	3,79	3,88	0,13	$P(3,72 \leq \mu \leq 4,04) = 0,95$
Rasva %	2,65	2,44	2,53	2,50	2,53	2,53	0,08	$P(2,44 \leq \mu \leq 2,62) = 0,95$
Laktoosi %	4,15	4,28	4,26	4,51	4,26	4,29	0,13	$P(4,18 \leq \mu \leq 4,46) = 0,95$
Tuhka %	0,76	0,83	0,83	0,84	0,83	0,82	0,03	$P(0,78 \leq \mu \leq 0,86) = 0,95$

Olettamuksena oli ennen näytteiden analysointia, että sekoittamattomana rasva kerrostuu tuotteen pinnalle, mutta taulukon 4 tulosten perusteella tilanne on päinvastainen. Proteiini-, rasva- ja laktoosipitoisuuksien keskihajonnat ovat suuret sekä niiden luottamusvälit 95 %:n merkitsevyystasolla ovat laajat. Tuhkapitoisuudet pysyvät jokaisessa otoksessa lähes muuttumattomana, joten sen analysoiminen voidaan sivuuttaa myöhemmässä tarkastelussa. Todetaan, että sekoitusohjelmasta riippumatta tuhkapitoisuus pysyy samana.

5.1 Tilastollinen tarkastelu

Kokeellisessa osuudessa jokaista näytettä analysoitiin kolme kertaa, joista laskettiin keskiarvo, keskihajonta sekä luottamusvälit 95 %:n luottamustasolla (Kaavat 1–3, s. 13–14). Odotusarvon luottamusväli liittyy otoksen perusteella laskettuun odotusarvon estimaattiin ja se kuvaa otoksen epävarmuutta. Odotusarvon todellinen suuruus tiedetään luotettavammin, mitä kapeampi luottamusväli on. Luottamustasolla tarkoitetaan todennäköisyyttä, jolla perusjoukkoa kuvaava tunnusluku on tietyllä luottamusvälillä.

(1)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

n = havaintojen lukumäärä (Holopainen, Nummenmaa & Pulkinen, 2014, s. 74)

(2)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

\bar{x} = havaintoarvojen keskiarvo

n = havaintoarvojen määrä (Holopainen ym., 2014, s. 83)

(3)

$$\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

\bar{x} = Otoskeskiarvo

n = Otoksen koko ($n \leq 30$)

s = Otoksen keskihajonta

$t_{\alpha/2}$ = Luottamustasoon liittyvä kriittinen arvo (Holopainen ym., 2014, s. 167)

Hypoteesien testaamiseen käytettiin kahden riippumattoman otoksen t-testiä. Sitä voidaan käyttää pienten otosten keskiarvotestinä ($n < 30$), jos perusjoukon satunnaismuuttujan X jakaumat noudattavat normaalijakaumaa. Otosvariansseista eli neliöidyistä otoshajonnoista voidaan laskea riippumattomien otosten t-testisuure (Kaava 4),

(4)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

joka noudattaa t-jakaumaa vapausastein $df = n_1 + n_2 - 2$. Vapasteet lasketaan otoskoon perusteella. Kun kyseessä on kahden riippumattoman otoksen testistä, otoskokojen summasta vähennetään luku kaksi. T-testisuureen etumerkki ilmoittaa, kumpi keskiarvoista on suurempi: \bar{x}_1 (+) vai \bar{x}_2 (-). (Holopainen ym., 2014, s. 186)

Taulukoissa 6–8 (s. 16–17) on esitetty riippumattomien otosten t-testit proteiinin, rasvan ja laktoosin osalta. Taulukoissa muuttuja 1 ja muuttuja 2 ovat vertailtavissa olevat muuttujat ja testimuuttujan arvo saadaan laskennallisesti (Kaava 4, s. 14). Kaksisuuntaisessa testissä vapausasteiden määrä on $3 + 3 - 2 = 4$, jolloin t-jakauman kriittinen arvo on 2,776. T-testisuureen pitäisi olla suurempi kuin 2,776 tai vastaavasti tämän vastalukua -2,776 pienempi, jotta vaihtoehtoinen hypoteesi saisi tukea.

Taulukosta 6 huomataan, että nollahypoteesi jää voimaan jokaisen sekoitusohjelman kohdalla eli proteiinin kerrostuminen ei ole havaittavissa.

Taulukko 6. Proteiinin kerrostumisen t-testi

	Proteiini				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo	
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	0,91	2,776	
120s/40%	Ala	Ylä	2,73	2,776	
180s/60%	Ala	Ylä	0,61	2,776	
240s/60%	Ala	Ylä	0,65	2,776	

Taulukon 7 perusteella myöskään rasvan kerrostumista ei havaita. Nollahypoteesit jäävät voimaan.

Taulukko 7. Rasvan kerrostumisen t-testi

	Rasva				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo	
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	-0,77	-2,776	
120s/40%	Ala	Ylä	-0,49	-2,776	
180s/60%	Ala	Ylä	-0,44	-2,776	
240s/60%	Ala	Ylä	0,67	2,776	

Taulukosta 8 (s. 17) on havaittavissa, että laktoosi kerrostuu (120 s/40 %)-ohjelmalla jogurttimaidon pohjalle. Muiden sekoitusohjelmien osalta nollahypoteesi jää voimaan. Laktoosin kerrostuminen kyseisen ohjelman kohdalla saattaa selittyä analysaattorin heikon toistettavuuden tai mahdollisesti näytteen analysoimisessa tapahtuneen virheen vuoksi.

Taulukko 8. Laktoosin kerrostumisen t-testi

	Laktoosi			
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	-1,3	-2,776
120s/40%	Ala	Ylä	2,82	2,776
180s/60%	Ala	Ylä	1,23	2,776
240s/60%	Ala	Ylä	0,08	2,776

5.3 Keskirasvainen jogurttimaito

Keskirasvaista jogurttimaitoa annosteltiin 14 500 kg kahteen eri sekoitus-säiliöön. Ensimmäisessä erässä oli käytössä tavallinen sekoittaja (Sekoittaja 1) ja toisessa erässä lisälavallinen sekoittaja (Sekoittaja 2). Taulukossa 9 (s. 18) on laskettu analyysituloksista (Liite 1, s. 29) ensimmäisen erän komponenttipitoisuuksien keskiarvot, keskihajonnat ja luottamusvälit 95 %:n luottamustasolla. Taulukoissa 10–12 (s. 18–19) on esitetty kyseisen erän riippumattomien otosten t-testit komponenttien kerrostuvuudesta.

Taulukkoa 9 (s. 18) tarkastelemalla komponenttien kerrostuminen ei ole havaittavissa, sillä tuloksien vaihtelu on hyvin pientä sekoitusohjelmasta riippumatta. Luottamusvälit ovat laajat kaikkien komponenttien osalta. Laktoosin keskihajonnat ovat järjestäen suuremmat kuin rasvalla ja proteiinilla. Erityisesti (240 s/60 %)-ohjelman alakautta otetun näytteen laktoosipitoisuuden keskihajonta ja luottamusväli ovat huomattavan suuret.

Taulukko 9. Ensimmäisen erän (Sekoittaja 1) proteiini, - laktoosi- ja rasvapitoisuuksien keskiarvot, keskihajonnat ja luottamusvälit

Sekoittaja 1, tutkimuskohde: Proteiini									
		Sekoitusaika/nopeus							
		Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%	
		Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
95 %:n luottamusväli	Keskiarvo	3,91	3,81	3,89	3,84	3,82	3,88	3,85	3,87
	Keskihajonta	0,03	0,01	0,06	0,02	0,05	0,02	0,06	0,06
	Yläraja	3,98	3,83	4,03	3,89	3,93	3,94	3,99	4,02
	Alaraja	3,85	3,79	3,75	3,78	3,70	3,83	3,71	3,71
Sekoittaja 1, tutkimuskohde: Rasva									
		Sekoitusaika/nopeus							
		Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%	
		Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
95 %:n luottamusväli	Keskiarvo	2,63	2,60	2,74	2,64	2,64	2,66	2,52	2,57
	Keskihajonta	0,02	0,06	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,06
	Yläraja	2,66	2,75	2,81	2,69	2,69	2,75	2,59	2,71
	Alaraja	2,59	2,45	2,68	2,58	2,58	2,58	2,44	2,43
Sekoittaja 1, tutkimuskohde: Laktoosi									
		Sekoitusaika/nopeus							
		Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%	
		Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
95 %:n luottamusväli	Keskiarvo	4,43	4,41	4,63	4,50	4,51	4,53	4,43	4,56
	Keskihajonta	0,03	0,07	0,05	0,08	0,04	0,08	0,06	0,15
	Yläraja	4,52	4,59	4,75	4,68	4,60	4,73	4,57	4,93
	Alaraja	4,34	4,24	4,52	4,31	4,42	4,33	4,29	4,20

Taulukosta 10 huomataan proteiinin kerrostuvan jogurttimaidon pinnalle, kun sekoitus on pois päältä. Kerrostuvuutta ei ole enää havaittavissa, kun sekoitus kytketään päälle sekoitusohjelman voimakkuudesta riippumatta.

Taulukko 10. Proteiinin kerrostumisen t-testi

Sekoittaja 1, Proteiini				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	-6,6	-2,776
120s/40%	Ala	Ylä	-1,55	-2,776
180s/60%	Ala	Ylä	2,24	2,776
240s/60%	Ala	Ylä	0,28	2,776

Taulukon 11 perusteella rasva kerrostuu jogurttimaidon pinnalle (120 s/40 %)-sekoitusohjelmalla. Kerrostuvuutta ei kuitenkaan ilmene, kun sekoitus ei ole päällä. Tämä selittyy analysaattorin heikosta toistettavuudesta ja hyvin pienistä pitoisuuseroista sekoitusohjelmien välillä.

Taulukko 11. Rasvan kerrostumisen t-testi

	Sekoittaja 1, Rasva			
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	-0,65	-2,776
120s/40%	Ala	Ylä	-5,66	-2,776
180s/60%	Ala	Ylä	1,13	2,776
240s/60%	Ala	Ylä	1,34	2,776

Taulukon 12 perusteella laktoosin kerrostuvuutta ei ole havaittavissa yhdenkään sekoitusohjelman kohdalla.

Taulukko 12. Laktoosin kerrostumisen t-testi

	Sekoittaja 1, Laktoosi			
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	-0,37	-2,776
120s/40%	Ala	Ylä	-2,65	-2,776
180s/60%	Ala	Ylä	0,46	2,776
240s/60%	Ala	Ylä	1,47	2,776

Taulukossa 13 (s. 20) on esitetty keskirasvaisen jogurttimaidon toisen erän (Sekoittaja 2) komponenttipitoisuuksien keskiarvot, keskihajonnat ja luottamusvälit 95 %:n luottamustasolla. Taulukoissa 14–16 (s. 20–21) on esitetty kyseisen erän riippumattomien otosten t- testit komponenttien kerrostuvuudesta.

Taulukosta 13 (s. 20) huomataan, että luottamusvälit ovat laajat ja sekoitusohjelmien väliset komponenttien pitoisuuserot ovat pienet. Luottamusvälit ja keskihajonnat ovat merkittävän suuret proteiinin (240 s/60 %, ala), rasvan (120 s/40 %, ylä) ja laktoosin (Ei sekoitusta, ala) kohdalla. Tuloksien perusteella komponenttien kerrostuminen ei ole havaittavissa.

Taulukko 13. Toisen erän (Sekoittaja 2) proteiini, - laktoosi- ja rasvapitoisuuksien keskiarvot, keskihajonnat ja luottamusvälit

Sekoittaja 2, tutkimuskohde: Proteiini									
Sekoitusajaka/a/nopeus									
Ei sekoitusta									
120s/40%									
180s/60%									
240s/60%									
	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	
	3,87	3,97	3,76	3,75	3,77	3,85	3,84	3,77	
	0,02	0,14	0,02	0,01	0,04	0,06	0,06	0,17	
95 %:n luottamusväli	Yläraja	3,92	4,32	3,81	3,78	3,87	4,01	4,00	4,20
	Alaraja	3,81	3,62	3,70	3,72	3,67	3,70	3,69	3,35
Sekoittaja 2, tutkimuskohde: Rasva									
Sekoitusajaka/a/nopeus									
Ei sekoitusta									
120s/40%									
180s/60%									
240s/60%									
	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	
	2,47	2,54	2,46	2,35	2,44	2,49	2,50	2,40	
	0,05	0,15	0,18	0,02	0,06	0,04	0,02	0,05	
95 %:n luottamusväli	Yläraja	2,59	2,91	2,91	2,39	2,58	2,59	2,55	2,53
	Alaraja	2,36	2,17	2,01	2,31	2,29	2,39	2,45	2,28
Sekoittaja 2, tutkimuskohde: Laktoosi									
Sekoitusajaka/a/nopeus									
Ei sekoitusta									
120s/40%									
180s/60%									
240s/60%									
	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	
	4,38	4,56	4,32	4,41	4,44	4,42	4,40	4,40	4,40
	0,09	0,27	0,08	0,10	0,06	0,05	0,04	0,07	
95 %:n luottamusväli	Yläraja	4,6	5,23	4,52	4,67	4,59	5,54	4,50	4,56
	Alaraja	4,16	3,88	4,12	4,15	4,28	4,29	4,30	4,24

Taulukon 14 perusteella proteiinin kerrostumista ei havaita yhdenkään sekoitusohjelman kohdalla.

Taulukko 14. Proteiinin kerrostumisen t-testi

Sekoittaja 2, Proteiini				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	1,26	2,776
120s/40%	Ala	Ylä	-0,22	-2,776
180s/60%	Ala	Ylä	1,89	2,776
240s/60%	Ala	Ylä	-0,66	-2,776

Taulukosta 15 (s. 21) huomataan rasvan kerrostuvan jogurttimaidon pinnalle (240 s/60 %)-sekoitusohjelmalla. Ilmiö on vaikeasti selitettävissä, sillä

olettamuksena oli, että rasva kerrostuu sekoittamattomana jogurttimaidon pinnalle. Voidaan olettaa tuloksien selittyvän analysointivälikon heikosta toistettavuudesta.

Taulukko 15. Rasvan kerrostumisen t-testi

Sekoittaja 2, Rasva				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	0,74	2,776
120s/40%	Ala	Ylä	-1,01	-2,776
180s/60%	Ala	Ylä	1,32	2,776
240s/60%	Ala	Ylä	-3,04	-2,776

Taulukosta 16 nähdään nollassa hypoteesien jäävän voimaan jokaisen sekoitusohjelman kohdalla, eli kerrostumista ei havaita.

Taulukko 16. Laktoosin kerrostumisen t-testi

Sekoittaja 2, Laktoosi				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	1,07	2,776
120s/40%	Ala	Ylä	1,22	2,776
180s/60%	Ala	Ylä	-0,44	-2,776
240s/60%	Ala	Ylä	-0,07	-2,776

Taulukoissa 17–19 (s. 22) on tarkasteltu t-testien avulla sekoittajan vaikutusta komponenttien pitoisuuksiin sekoitusohjelmien välillä. Testien vertailtavat muuttujat ovat (Sekoittaja 1, ylä) ja (Sekoittaja 2, ylä). Testien hypoteeseiksi muodostuivat;

Nollahypoteesi $H_0: \mu_1 = \mu_2$, sekoittajalla ei ole vaikutusta pitoisuuden vaihteluun.

Vaihtoehdohypoteesi $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, Sekoittajalla on vaikutusta pitoisuuden vaihteluun.

Taulukon 17 (s. 22) perusteella proteiinipitoisuus on korkeampi (Sekoittaja 1)-erän pinnalla (120 s/40 %)-sekoitusohjelmalla. Muiden ohjelmien kohdalla nollassa hypoteesi jää voimaan. Taulukosta voidaan todeta, että sekoittajatyypillä ei ole merkitystä proteiinipitoisuuteen, kun sekoitusaikaa ja sekoittajan kierrosnopeutta nostetaan (120 s/40 %)-ohjelmasta.

Taulukko 17. Sekoittajien välinen t-testi proteiinipitoisuuden vaihtelusta

Sekoittajat 1 & 2, Proteiini				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
120s/40%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	3,83	2,776
180s/60%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	1,21	2,776
240s/60%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	0,20	2,776

Taulukosta 18 huomataan, että laktoosipitoisuus on korkeampi (Sekoittaja 1)-erässä säiliön yläkautta otettuna (180 s/60 %)-sekoitusohjelmalla. Muiden sekoitusohjelmien kohdalla nollahypoteesi jää voimaan.

Taulukko 18. Sekoittajien välinen t-testi rasvapitoisuuden vaihtelusta

Sekoittajat 1 & 2, Rasva				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
120s/40%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	2,71	2,776
180s/60%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	5,64	2,776
240s/60%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	0,79	2,776

Taulukosta 19 huomataan sama ilmiö kuin taulukon 17 proteiinipitoisuuden vaihtelusta. (120 s/40 %)-sekoitusohjelmalla laktoosipitoisuus on korkeampi (Sekoittaja 1)-erässä säiliön yläkautta otettuna. Sekoittajatyypin merkitys häviää, kun sekoitusaikaa ja sekoittajan kierrosnopeutta nostetaan.

Taulukko 19. Sekoittajien välinen t-testi laktoosipitoisuuden vaihtelusta

Sekoittajat 1 & 2, Laktoosi				
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
120s/40%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	5,74	2,776
180s/60%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	1,79	2,776
240s/60%	Sekoittaja 1,ylä	Sekoittaja 2, ylä	0,67	2,776

5.4 Rasvaton jogurttimaito

Tuotantopäivän aikana rasvatonta jogurttimaitoa valmistettiin yhteen sekoitussäiliöön, jossa oli käytössä tavallinen sekoittaja (Sekoittaja 1). Sekoituserä oli kooltaan 14 500 kg. Eri sekoitusohjelmien jälkeen jogurttimaidosta otettiin koostumusnäyte säiliön ylä- sekä alakautta. Yhtä näytettä analysoitiin kolme kertaa ja tuloksista (Liite 1, s. 29) laskettiin komponenttipitoisuuksien keskiarvot, keskihajonnat ja luottamusvälit 95 %:n luottamustasolla (Taulukko 20). Taulukoissa 21–23 (s. 24–25) on esitetty riippumattomien otosten t-testien tulokset komponenttien kerrostumille.

Taulukon 20 tuloksista huomataan, että proteiinin ja laktoosin keskihajonnat ovat suuret sekä niiden luottamusvälit ovat laajat. Rasvan keskihajonnat ja luottamusvälit ovat maltillisemmat lähestulkoon jokaisen sekoitusohjelman kohdalla. Keskiarvoja tarkastelemalla laktoosi näyttäisi kerrostuvan jogurttimaidon pinnalle.

Taulukko 20. Proteiini-, laktoosi- ja rasvapitoisuuksien keskiarvot, keskihajonnat ja luottamusvälit

Sekoittaja 1, tutkimuskohde: Proteiini		Sekoitusaika/nopeus							
		Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%	
		Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
	Keskiarvo	4,60	4,56	4,66	4,65	4,56	4,57	4,63	4,57
	Keskihajonta	0,12	0,08	0,04	0,08	0,07	0,11	0,11	0,22
95 %:n luottamusväli	Yläraja	4,90	4,76	4,76	4,85	4,74	4,85	4,89	5,12
	Alaraja	4,30	4,36	4,56	4,45	4,38	4,30	4,37	4,03
Sekoittaja 1, tutkimuskohde: Rasva		Sekoitusaika/nopeus							
		Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%	
		Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
	Keskiarvo	0,35	0,43	0,39	0,43	0,44	0,39	0,42	0,37
	Keskihajonta	0,10	0,02	0,10	0,03	0,02	0,05	0,07	0,04
95 %:n luottamusväli	Yläraja	0,59	0,49	0,63	0,51	0,50	0,52	0,59	0,45
	Alaraja	0,11	0,38	0,15	0,36	0,39	0,26	0,26	0,30
Sekoittaja 1, tutkimuskohde: Laktoosi		Sekoitusaika/nopeus							
		Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%	
		Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
	Keskiarvo	6,09	5,70	6,43	5,88	6,19	5,93	6,26	5,90
	Keskihajonta	0,04	0,11	0,24	0,12	0,13	0,08	0,13	0,05
95 %:n luottamusväli	Yläraja	6,17	5,98	7,02	6,19	6,50	6,13	6,59	6,02
	Alaraja	6,00	5,42	5,83	5,57	5,88	5,73	5,93	5,79

Taulukosta 21 huomataan, että nollahypoteesit jäävät voimaan jokaisen sekoitusohjelman kohdalla, eli proteiinin kerrostuminen ei ole havaittavissa.

Taulukko 21. Proteiinin kerrostumisen t-testi

	Proteiini			
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	-0,48	-2,776
120s/40%	Ala	Ylä	-0,13	-2,776
180s/60%	Ala	Ylä	0,18	2,776
240s/60%	Ala	Ylä	-0,40	-2,776

Taulukon 22 perusteella myöskään rasvan kerrostumista ei havaita. Nollahypoteesit jäävät voimaan.

Taulukko 22. Rasvan kerrostumisen t-testi

	Rasva			
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	1,53	2,776
120s/40%	Ala	Ylä	0,74	2,776
180s/60%	Ala	Ylä	-1,62	-2,776
240s/60%	Ala	Ylä	-1,30	-2,776

Taulukosta 20 (s. 23) havaittiin laktoosijakeen kerrostuvan jogurttimaidon pinnalle laskettujen keskiarvojen perusteella. Sama ilmiö on nähtävissä taulukosta 23. Laktoosijake kerrostuu jogurttimaidon pinnalle kaikkien muiden sekoitusohjelmien kohdalla paitsi (180 s/60 %)-ohjelmalla. Kyseisen ohjelman kohdalla kerrostumattomuuden voisi selittää analysaattorin heikko toistettavuus tai näytteen analysoimisessa tapahtunut virhe. Testimuuttujan arvo on kuitenkin suhteellisen lähellä sen kriittistä arvoa.

Taulukko 23. Laktoosin kerrostumisen t-testi

	Laktoosi			
Sekoitusohjelma	Muuttuja 1	Muuttuja 2	Testimuuttuja	Kriittinen arvo
Ei sekoitusta	Ala	Ylä	-5,74	-2,776
120s/40%	Ala	Ylä	-3,51	-2,776
180s/60%	Ala	Ylä	-2,33	-2,776
240s/60%	Ala	Ylä	-4,42	-2,776

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Alun perin oli tarkoitus, että samaan sekoituserään kuuluvat näytteet olisi otettu yhden sekoituksen aikana, mutta se osoittautui mahdottomaksi. Sekoittaja pysähtyy, kun säiliön yläkannen avaa ja ylhäältä näytteenottaminen vie huomattavasti enemmän aikaa kuin alhaalta. Sen takia sekoittaja jouduttiin käynnistämään uudelleen näytteenoton jälkeen. Jokaisen sekoitusohjelman välissä sekoittajaa pidettiin 10 minuuttia pysähdyksissä, joten tulokset ovat vertailukelpoisia. Jatkuvatoimisen tuotannon aiheuttama ajan puute rajoitti erilaisten sekoitusohjelmien testaamista.

Saaduista tuloksista ei pystytä havaitsemaan komponenttien kerrostumista jogurttimaidoissa. Ainoastaan rasvattoman jogurttimaidon laktoosipitoisuudessa havaittiin pinnalla selkeätä kerrostumaa, mutta syy sille on epäselvä. Muissa jogurttimaidoissa laktoosikerrostumaa ei ollut. Proteiinin ja rasvan pienet pitoisuuserot sekoitusohjelmien välillä hukkuivat suurien luottamusvälien sisälle. Olettamuksena oli, että rasva kerrostuu sekoittamattomana jogurttimaidon pinnalle, mutta näin ei saatu osoitettua. Sen sijaan osoitettiin, että sekoitetun ja sekoittamattoman välillä ei ole tilastollista eroa. Myöskään sekoittajatyypien välillä ei suuria pitoisuuseroja havaittu. Todettiin, että sekoittajatyypillä ei ole vaikutusta proteiini- ja laktoosipitoisuuteen keskirasvaisessa jogurttimaidossa, kun sekoitusaikaa ja sekoittajan kierrosnopeutta nostetaan (120 s/40 %)-ohjelmasta. Odotusarvojen luottamusvälit ovat kuitenkin merkittävän suuret, joten tuloksien luotettavuus on kyseenalainen.

Tulosten valossa ongelma ei näytä olevan vääränlaisessa sekoitusohjelmassa vaan pikemminkin Nicolet - analysaattorin toistettavuudessa tai mahdollisesti koostumusnäytteiden käsittelyssä, esimerkiksi näytteen oikeaoppisessa lämmityksessä. Sen vuoksi olisi suotuisaa, että yhteen erään liittyvät näytteet analysoisi sama henkilö. Opinnäytetyön tavoitteena oli

löytää optimaalinen sekoitusohjelma jogurttimaidoille, mutta suoritetulla otannalla ei saada tilastollisesti osoitettua sekoitusohjelmalla olevan merkitystä komponenttien kerrostumiselle. Tulosten perusteella voidaan todeta, että jogurttimaitojen mittaustulosten vaihteluväliä ei voida pienentää sekoitusohjelman muutoksella.

LÄHTEET

Bylund, G. (1995). *Dairy processing handbook*. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB.

Chandan, R., Kilara, A & Shah, N. (2016) *Dairy Processing and Quality Assurance, Second edition*, 440, Haettu 13.11.2019 osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/reader.action?docID=4182955&query=fermented%2Byogurt#>

Chandan, R & Kilara, A. (2013) *Manufacturing yogurt and fermented milks. Ingredients for yogurt manufacture*, 217-238, Haettu osoitteesta <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/reader.action?docID=1110555&query=fermented%2Bmilk>

Holopainen, M., Nummenmaa, L., Pulkkinen, P. (2014) *Tilastollisten menetelmien perusteet*. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Robinson, R., Lucey, J. & Tamime, A. (2006). Manufacture of Yoghurt. Teoksessa A. Tamime (toim.) *Fermented Milks*. Oxford: Blackwell Science

Thermo Fisher Scientific (2012). Thermo Scientific Nicolet iS50 FT-IR Spectrometer: Improving Productivity through Compact Automation. Haettu 21.5.2019 osoitteesta <https://www.thermofisher.com/document-connect/document-connect.html?url=https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CAD/Application-Notes/D21425~.pdf>

Thermo Fisher Scientific Inc. (2012). FT-IR Spectrofotometers. Nicolet iS50 NIR Module User Guide. Sisäinen dokumentti, Valio Oy Riihimäki Development and manufacture of Yogurt and other functional dairy products

Valio Oy. (2018). Valiojogurtti® 50 vuotta: näin syntyi suomalaisten suosikki jogurtti. Haettu 18.6.2019 osoitteesta <https://www.valio.fi/ruoka/valiojogurtti-50-vuotta-nain-syntyi-suomalaisten-suosikkijogurtti/>

Valio Oy Riihimäki. (2019a). Toiminnon ohjeet. Näytteenotto. Sisäinen dokumentti, Valio Oy Riihimäki

Valio Oy Riihimäki. (2019b). Toiminnon ohjeet. Näytteen analysointi. Sisäinen dokumentti, Valio Oy Riihimäki

Walstra, P., Wouters, J & Geurts, T. (2005). *Dairy Science and Technology, Second edition*, 280. Haettu 13.11.2019 osoitteesta <https://ebook-central-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/reader.action?docID=263085&query=fermented%2Bmilks#>

Yildiz, F. (2010) *Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products*. Taylor & Francis Group, LLC.

Koostumusnäytteiden tulokset

Sekoitin 1, tutkimuskohde: Rasvaton								
Sekoitusaika/nopeus								
Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%		
	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
Näyte 1								
proteiini	4,56	4,47	4,65	4,65	4,50	4,50	4,67	4,80
rasva	0,33	0,45	0,35	0,44	0,42	0,45	0,39	0,40
laktoosi	6,05	5,67	6,15	5,79	6,19	5,84	6,21	5,95
tuhka	0,98	0,98	0,99	1,00	0,97	0,99	1,00	0,99
Näyte 2								
proteiini	4,51	4,61	4,70	4,73	4,64	4,52	4,71	4,36
rasva	0,26	0,44	0,50	0,46	0,45	0,35	0,50	0,33
laktoosi	6,09	5,60	6,58	6,02	6,32	5,98	6,41	5,90
tuhka	0,98	0,98	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	0,99
Näyte 3								
proteiini	4,74	4,61	4,62	4,57	4,54	4,70	4,51	4,56
rasva	0,45	0,41	0,32	0,40	0,46	0,37	0,38	0,37
laktoosi	6,12	5,82	6,55	5,83	6,07	5,98	6,16	5,86
tuhka	0,95	0,99	0,99	0,98	0,97	1,01	0,99	1,00

Sekoitin 1, tutkimuskohde: Keskirasvainen									Sekoitin 2, tutkimuskohde: Keskirasvainen								
Sekoitusaika/nopeus									Sekoitusaika/nopeus								
Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%			Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%		
	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala		Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
Näyte 1									Näyte 1								
proteiini	3,94	3,80	3,90	3,86	3,80	3,86	3,90	3,92	proteiini	3,85	4,13	3,77	3,76	3,78	3,84	3,77	3,70
rasva	2,63	2,54	2,72	2,63	2,66	2,70	2,55	2,63	rasva	2,49	2,71	2,66	2,34	2,47	2,53	2,50	2,39
laktoosi	4,45	4,48	4,58	4,55	4,47	4,62	4,44	4,54	laktoosi	4,29	4,87	4,23	4,33	4,37	4,47	4,36	4,34
tuhka	0,83	0,85	0,84	0,84	0,82	0,87	0,84	0,88	tuhka	0,81	0,88	0,83	0,82	0,79	0,82	0,83	0,81
Näyte 2									Näyte 2								
proteiini	3,89	3,82	3,94	3,82	3,78	3,90	3,79	3,80	proteiini	3,89	3,87	3,73	3,74	3,81	3,8	3,88	3,97
rasva	2,64	2,61	2,77	2,66	2,63	2,63	2,49	2,52	rasva	2,51	2,47	2,40	2,37	2,47	2,45	2,52	2,46
laktoosi	4,45	4,34	4,67	4,53	4,52	4,52	4,48	4,43	laktoosi	4,47	4,40	4,39	4,38	4,45	4,37	4,41	4,47
tuhka	0,85	0,83	0,87	0,84	0,85	0,85	0,83	0,85	tuhka	0,83	0,84	0,83	0,79	0,81	0,80	0,81	0,85
Näyte 3									Näyte 3								
proteiini	3,91	3,81	3,83	3,83	3,87	3,89	3,87	3,88	proteiini	3,86	3,91	3,77	3,76	3,73	3,92	3,88	3,65
rasva	2,61	2,66	2,74	2,62	2,62	2,66	2,51	2,55	rasva	2,42	2,44	2,31	2,34	2,37	2,49	2,48	2,36
laktoosi	4,39	4,42	4,65	4,41	4,54	4,46	4,37	4,72	laktoosi	4,38	4,40	4,34	4,53	4,49	4,41	4,44	4,39
tuhka	0,82	0,83	0,84	0,82	0,87	0,86	0,82	0,86	tuhka	0,80	0,81	0,80	0,82	0,80	0,83	0,81	0,82

Sekoitin 1, tutkimuskohde: Rasvainen								
Sekoitusaika/nopeus								
Ei sekoitusta		120s/40%		180s/60%		240s/60%		
	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala	Ylä	Ala
Näyte 1								
proteiini	4,09	4,13	4,05	4,19	3,99	4,04	3,99	4,11
rasva	4,63	4,63	4,46	4,47	4,53	4,56	4,46	4,50
laktoosi	4,99	4,93	4,84	4,96	4,69	4,89	4,77	4,84
tuhka	0,91	0,92	0,87	0,86	0,87	0,86	0,86	0,86
Näyte 2								
proteiini	4,13	4,06	3,99	4,16	4,07	4,23	4,12	4,21
rasva	4,69	4,60	4,48	4,41	4,51	4,41	4,52	4,52
laktoosi	5,01	4,96	4,85	5,02	4,93	5,02	4,87	5,06
tuhka	0,91	0,91	0,87	0,86	0,87	0,85	0,87	0,86
Näyte 3								
proteiini	4,01	4,17	4,12	4,14	4,2	4,14	4,18	4,10
rasva	4,59	4,61	4,41	4,43	4,5	4,51	4,46	4,47
laktoosi	4,93	4,94	4,78	4,88	4,92	4,95	5,10	4,87
tuhka	0,90	0,90	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,86