

Jussi Kukkonieniemi

Jogurttihapatteiden systemaattinen testaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Bio- ja elintarviketekniikka
Insinöörityö
12.10.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jussi Kukkonieni Jogurttihapatteiden systemaattinen testaus 58 sivua + 2 liitettä 12.10.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Laadunvalvonta ja tuotekehitys
Ohjaajat	Kehityspäällikkö Sari Mustonen Lehtori Mikko Halsas Lehtori Pia Laine
<p>Työn tavoitteena oli tutkia, onko eri hapatteiden välillä aistinvaraisesti tai kemiallisesti havaittavia eroja ja korreloivatko nämä tulokset keskenään. Työssä valmistettiin maustamattomia jogurtteja yhdeksällä eri jogurttihapatteella pitäen muut muuttujat vakioina. Aistinvaraisia arviointeja varten koottiin ja koulutettiin raati ja tehtiin profiilitestit. Aistinvaraisen arvioinnin lisäksi näytteille tehtiin kemialliset koostumusanalyysit ja säilyvyysseuranta. Tulokset analysoitiin tilastollisin menetelmin.</p> <p>Hapatteella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus kaikkiin ominaisuuksiin tuorearvioinneissa. Parasta ennen -päivän arvioinneissa hapatteella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus kaikkiin muihin ominaisuuksiin paitsi jogurttimaiseen makuun. Arviointiajankohdalla oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus aistittavaan happamuuteen. Tutkimuksen perusteella testatut hapatteet voitiin jakaa karkeasti neljään ryhmään, joita voitiin kuvailla valmistettujen jogurttien hallitsevien ominaisuuksien perusteella: I hapan, II neutraali, III jogurttimainen maku ja IV kermanen/täyteläinen maku ja paksu. Eroja voitiin selittää kemiallisten koostumusanalyysien ja säilyvyysseurannan tuloksilla.</p> <p>Happoisuus (SH^o) ja pH ennustivat yleisesti aistittavaa happamuutta. Asetaldehydipitoisuus ja aistittava happamuus korreloivat, mutta happamuusjärjestys ei kuitenkaan ollut suoraan linjassa asetaldehydipitoisuuden kanssa. Asetaldehydipitoisuuden ja jogurttimaisen maun välillä oli yhteys, joka voisi olla voimakkaampi, jos raatia harjoitettaisiin lisää kyseisen ominaisuuden arviointiin. Paksuus suussa oli yhteydessä kermaiseen/täyteläiseen makuun; mitä paksumpi jogurtti oli, sitä voimakkaampana kermanen/täyteläinen maku aistittiin. Happamuus taas vähensi kermaisen/täyteläisen maun aistittavuutta. Viskositeettimittauksen ja lusikalla arvioidun paksuuden välillä oli heikko yhteys, mutta suussa aistittua paksuutta viskositeettimittaus ei kuvannut yhtään.</p> <p>Tutkimus osoitti, minkälaista tietoa hapatteista voidaan saada systemaattisella testauksella. Jatkossa tutkimusta ei todennäköisesti tehdä jogurteille yhtä laajana, vaan se kytketään esimerkiksi selvitykseen, jossa tiettyä tuotetta halutaan erilaistaa hapatteiden avulla. Tulevaisuudessa piimätuotteille tehdään mahdollisesti vastaavanlainen hapatetutkimus.</p>	
Avainsanat	jogurtti, jogurtin valmistus, hapatteet, aistinvarainen arviointi

Author Title	Jussi Kukkonieni Systematic testing of yogurt starter cultures
Number of Pages Date	58 pages + 2 appendices October 12th 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and food engineering
Specialisation option	Quality control and research and development
Instructors	Sari Mustonen, Development Manager Mikko Halsas, Senior Lecturer Pia Laine, Senior Lecturer
<p>The aim of this research was to investigate if yogurt starter cultures differ in sensoral or chemical way and if the differences correlate with each other. Unflavoured yogurts were manufactured with nine different yogurt starter cultures keeping the other variables constant. For sensory profile evaluation, a panel was gathered and trained. Besides sensory evaluation, chemical composition analysis and shelf life control were made. Results were analyzed by statistical methods.</p> <p>Cultures had a statistically significant influence on all the attributes in the fresh evaluation (yogurts 1 week old). In the best before -date evaluation, cultures had a statistically significant influence on all the attributes except yogurt flavour. Storage time had statistically significant influence only on attribute acidity. The cultures tested in this research could be divided into four groups which could be described by the dominating attributes: I acidity, II neutral, III yoghurt flavour and IV cream/full flavour and thickness. The differences could be explained by the results of the chemical composition analysis and the shelf life control.</p> <p>Acidity (SH^o) and pH were predicting the sensory evaluated acidity. Acetaldehyde content and sensory evaluated acidity correlated with each other, but, within these groups, the order of the cultures was not the same. Acetaldehyde content and yogurt flavour had a connection, which could be stronger if the panel was trained more on this attribute. Thickness evaluated in the mouth had a connection with cream/full flavour. The thicker the yogurt, the stronger the cream/full flavour perceived, whereas acidity reduced the perception. Viscosity measurement had a weak connection with thickness evaluated by the spoon, but no connection at all with the thickness evaluated in the mouth.</p> <p>This research showed what kind of information can be gained about yogurt starter cultures by systematic testing. In the future, the research on yoghurts is not going to be made on as large a scale, but it may be connected to research aiming at diversifying a product by using different starter cultures. It is possible that in the future same kind of systematic testing of starter cultures is made for buttermilks.</p>	
Keywords	yoghurt, yoghurt manufacturing, cultures, sensory evaluation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Jogurtti	2
2.1	Jogurtin määritelmä	2
2.2	Jogurtin historia	2
2.3	Jogurttityypit	3
2.4	Jogurtin valmistus	4
2.5	Jogurttihapatteet	7
2.5.1	<i>Streptococcus thermophilus</i> ja <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	8
2.5.2	Muut kannat ja lajit	10
2.5.3	Eri kantojen vaikutus jogurtin ominaisuuksiin	11
2.6	Jogurtin ominaisuudet	12
2.6.1	Maku	13
2.6.2	Rakenne	13
2.6.3	Ei-toivotut ominaisuudet	13
3	Aistinvaraiset tutkimusmenetelmät	15
3.1	Mitä aistinvarainen arviointi on	15
3.1.1	Aistit	15
3.1.2	Elintarvikkeista havaittavat ominaisuudet	16
3.2	Aistinvaraiset raadit	17
3.2.1	Eri raadit	17
3.2.2	Arvioijan valinta ja koulutus	18
3.3	Menetelmät	18
3.3.1	Kuvailevat menetelmät	19
3.3.2	Erotustestit	21
3.3.3	Mieltymyksen mittaaminen	21
3.4	Aistinvaraisen arvioinnin käyttö tuotekehityksessä	22
	Kokeellinen osa	24
4	Jogurttien valmistus	24
4.1	Jogurtin valmistuksen ja aistinvaraisten arviointien aikataulukutus	24
4.2	Materiaalit	25
4.2.1	Testattavat hapatteet	25
4.2.2	Raaka-aineet	25

4.3	Menetelmät	26
4.3.1	Esivalmistelut	27
4.3.2	Pastörointi	28
4.3.3	Hapattaminen	29
4.3.4	Massan muokkaus	29
4.3.5	Jäähdytys ja pakkaus	30
4.3.6	Jogurttinäytteille tehdyt mittaukset	31
5	Profiilitestit	33
5.1	Raadin koulutus	33
5.1.1	Arvioitavat ominaisuudet	33
5.1.2	Raati	33
5.1.3	Referenssinäytteiden valmistus	33
5.1.4	Ominaisuuksien esittely	34
5.2	Profiilitestien järjestäminen	35
5.2.1	Kalibrointinäytteen arviointi	35
5.2.2	Profiilitestin laatiminen	35
5.2.3	Arviointien järjestäminen	37
5.3	Tulosten käsittely	38
6	Tulokset	40
6.1	Aistinvaraiset profiilit	40
6.2	Hapatteiden erot ominaisuuksittain	41
6.3	Aistinvaraisten arviointien yhteys muihin mittauksiin	42
7	Tulosten tarkastelu	47
7.1	Aistinvaraiset profiilit	47
7.2	Hapatteiden erot ominaisuuksittain	47
7.3	Aistinvaraisten arviointien yhteys muihin mittauksiin	49
7.4	Tutkimuksen toteutuksen arviointi	51
8	Yhteenveto	53
	Lähteet	55
	Liitteet	
	1. Profiilitesti, paperiversio	
	2. Eri hapatteilla valmistettujen jogurttien kemialliset koostumusanalyysit, pH ja viskositeetti	

1 Johdanto

Tämä on Metropolia Ammattikorkeakoulun insinööriopiskelija Jussi Kukkonien Valio Oy:lle tekemä opinnäytetyö. Työn tarkoituksena oli valmistaa maustamattomia jogurtteja yhdeksällä eri jogurttihapatteella ja tutkia niiden vaikutusta jogurtin aistittavaan laatuun pitäen muut muuttujat vakioina. Koulutettu raati arvioi valmistetut jogurtit profiilitestien, ja tulokset analysoitiin tilastollisin menetelmin. Opinnäytetyö tehtiin Valio Oy:n T&K-yksikössä, Helsingin Pitäjänmäellä, osana suurempaa tuoretuotteiden hapateprojektia. Valio Oy on Suomen suurin maidonjalostaja, ja sen panostus tutkimukseen ja tuotekehitykseen on maamme mittakaavassa erittäin merkittävää.

Eri jogurttityyppien valmistus vaatii omanlaisensa hapatteet, jotta halutut rakenteelliset ja maulliset kriteerit täyttyvät. Tuotannossa samankin tuotteen valmistamiseen voidaan tarvita eri hapatekantoja, jos esimerkiksi käytössä olevassa kannassa havaitaan hapatteen normaalin toiminnan estävä faagi eli virus. Eri hapatteiden käyttäytymisen ja jogurtin ominaisuuksissa mahdollisesti havaittavien erojen kartoittaminen ja tunteminen on tärkeää, jolloin esimerkiksi uudelle tuotteelle valittavan hapatteen löytyminen helpottuu ja/tai saadaan tietoa jonkin kannan soveltuvuudesta varahapateeksi. Aistinvaraisen profiilitestin tuloksena saadaan yksityiskohtaista, laadullista ja määrällistä tietoa eri hapatteiden vaikutuksesta jogurtin aistittaviin ominaisuuksiin.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa tutustutaan lyhyesti jogurtin historiaan, eri jogurttityyppeihin, valmistusprosessiin sekä jogurttihapatteisiin ja näiden vaikutuksiin aistittaviin ominaisuuksiin. Työssä tarkastellaan myös aistinvaraisen arvioinnin perusteita, erilaisia arviointimenetelmiä, erityisesti tässä insinööriyössä käytettyä kuvailevaa menetelmää sekä aistinvaraisen arvioinnin käyttöä tutkimus- ja tuotekehitystyössä. Kokeellisessa osuudessa käydään läpi testattavien jogurttien valmistus, raadin koulutus sekä profiilitestin rakentaminen ja järjestäminen. Tulosten tarkastelussa kerrotaan eri hapatteiden välillä havaituista merkittävistä eroista ja näiden tulosten perusteella tehdyistä johtopäätöksistä.

2 Jogurtti

2.1 Jogurtin määritelmä

Jogurtti-nimitystä voidaan käyttää maitotuotteesta, joka on saatu maidosta lisäämällä siihen valmistuksen kannalta tarpeellisia aineita, kuitenkin käyttämättä näitä aineita maidon ainesosien osittaiseen tai täydelliseen korvaamiseen (EU:n maitotuoteasetus 1234/2007). Hapatettu maitotuote on valmistettu sopivien mikro-organismien eli hapatteen avulla maidosta, joka täyttää koostumukseltaan sille asetetut vähimmäisvaatimukset. Mikro-organismien vaikutuksesta tuotteen pH on laskenut ja rakenne on mahdollisesti koaguloitunut. Jos tuotetta ei ole lämpökäsitelty valmistuksen jälkeen, tulee näiden mikro-organismien säilyä elävinä ja aktiivisina sekä lukumäärältään vähintään asetetun mukaisina koko myyntiajan. Jogurtiksi voidaan kutsua hapanmaitotuotetta, jonka hapatteenä on käytetty symbioottisia *Streptococcus thermophilus*- ja *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* -kantoja tai *Streptococcus thermophilus* -kanta ja jotain muuta *Lactobacillus*-suvun kantaa. Myös muita kuin edellä mainittuja mikro-organismeja voidaan lisätä. (FAO/WHO 2011: 6–8.)

2.2 Jogurtin historia

Jogurtin uskotaan syntyneen Lähi-idän paimentolaiskansojen keskuudessa tuhansia vuosia sitten, vaikka jogurtinkaltaisia hapatettuja maitotuotteita on varmasti valmistettu myös toisaalla maailmassa (Tamime & Robinson 2007: 1; Bylund 1995: 242; Yildiz 2010: 2). Ensimmäisen jogurtin uskotaan syntyneen sattumalta erilaisten, ei-toksisten bakteerien päätyessä samaan aikaan paimentolaisen maitokannuun. Maito on sattunut olemaan juuri oikean lämpöistä bakteerien toiminnan kannalta, ja bakteerit ovat hapataneet ja edelleen saostaneet maidon muodostaen jogurttia. (Bylund 2005: 242.) Paimentolaiset eivät varmasti tienneet, mikä sai aikaan maidon muuttumisen happamaksi ja sakeaksi. Aikojen saatossa he kuitenkin onnistuivat kehittämään valmistusprosessia ja oppivat muun muassa haihduttamaan vettä maidosta, mikä vaikutti positiivisesti valmiin tuotteen paksuuteen ja hävitti maidon patogeenisiä bakteereita. 1900-luvun alkuun tultaessa oli pystytty määrittämään, mitä mikro-organismeja tarvittiin eri hapanmaitotuotteiden valmistukseen. Tiedon myötä tuotteiden valmistus voitiin siirtää

teolliseen mittakaavaan ja samalla valmistus levisi muiden kansojen keskuuteen. (Tamime & Robinson 2007: 3.)

Suomen kansan tietoisuuteen jogurtti tuli 1960-luvun lopulla Valion tuodessa markkinoille ensimmäisen maustetun jogurtin. Suomessa oli siihen asti tunnettu hapanmaitotuotteista lähinnä piimä ja viili. Maustettu jogurtti saavuttikin nopeasti suuren suosion, joka on jatkunut aina näihin päiviin asti. (Anon 2011.)

2.3 Jogurtityypit

Riippuen lähteistä ja jaottelutavoista, jogurtit voidaan luokitella monella eri tavalla. Taulukossa 1, joka on muokattu Tamimen ja Deethin (1980), Robinsonin ja Tamimen (1990) ja Tamimen ja Marshallin (1997) luoman taulukon pohjalta, on tarkasteltu jogurttien jaottelua rakenteelliselta ja valmistustekniseltä kannalta.

Taulukko 1. Jogurttien luokitteluun vaikuttavia rakenteellisia ja valmistusteknisiä tekijöitä (Bylund 1995: 243; Tamime & Robinson 2007: 8–9, 373–378, 399–400; Yildiz 2010: 5–6).

Jogurttituote	Rakenne	Valmistus
<i>Set type</i>	Lohkeava	Hapatetaan ja jäähdytetään pakkauksessaan. Rakenteeseen ei kosketa, vaan se säilyy sellaisenaan, miksi se hapattuessaan muodostuu.
Sekoitettu	Nestemäinen/viskoosi	Hapatetaan isossa tankissa, jonka jälkeen lohkeava rakenne rikotaan sekoittamalla. Jäähdytetään ennen pakkausta.
Juotava	Nestemäinen	Valmistetaan kuten sekoitettu jogurtti, mutta rakenne rikotaan juoksevaksi ennen pakkaamista.
Tiivistetty	Puolikiinteä	Valmistetaan kuten sekoitettu jogurtti, mutta konsentroidaan heraa erottamalla ennen pakkausta.
Jäädyltetty	Kiinteä	Valmistetaan kuten sekoitettu jogurtti, mutta jäädyltetään, kun tuote on valmista.
Kuivattu	Jauhe	Valmis jogurtti joko sumutus- tai pakkaskuivataan.

Edellä mainittujen rakenteellisten ja valmistusteknisten jaottelutapojen lisäksi jogurtteja voidaan erotella ja luokitella esimerkiksi rasvasisällön (rasvaton, vähärasvainen, normaalirasvainen), maun (maustamaton, maustettu) tai erilaisten lisätyjen terveysvaikutteiden (probiotit, D-vitamiini, kuitu) mukaan.

Yleisimmät kaupalliset jogurtit ovat rakenteeltaan joko lohkeavia (*set type*), sekoitettuja tai juotavia. Makunsa puolesta ne voidaan jakaa maustamattomiin ja hedelmillä/marjoilla ja/tai aromeilla maustettuihin jogurttihin. Suuresta makujen ja yhdistelmien määrästä huolimatta vain yllättävän harvalle mauille/makuyhdistelmälle on jatkuvaa ja suurempaa kysyntää. (Tamime & Robinson 2007: 8–9, 98, 349.) Mansikan positiivinen vaikutus jogurtin muiden yhdisteiden esiintymiseen ja aromien aistittavuuteen on tehnyt siitä suosituimman jogurttien maustamisessa käytetyn maun (Routray & Mishra 2011: 214).

2.4 Jogurtin valmistus

Jogurtin valmistus perustuu maidon sekaan lisättyyn hapatteeseen, jonka bakteerit oikeissa olosuhteissa käyttävät maidon sisältämää laktoosia muuttaen sen maitohapoksi. Lisääntyneen happamuuden myötä maitoproteiinit denaturoituvat ja saostuvat muodostaen jogurtille tyypillisen kiinteän massan. Matala happamuus estää myös haitallisten mikrobien kasvua, mikä tekee jogurtista hyvin säilyvän tuotteen. (Yildiz 2010: 3.) Maitohapon lisäksi bakteerien aineenvaihdunnan seurauksena syntyy myös asetaldehydiä, diasetyyliä, etikkahappoa, hiilidioksidia sekä pienempiä määriä muita aineita, joiden yhteisvaikutuksena syntyy jogurtin raikas maku ja aromi (Walstra ym. 2006: 561–562; Bylund 1995: 241).

Jogurtin pääraaka-aine on maito. Valmistuksessa voidaan käyttää minkä tahansa eläimen maitoa, mutta lehmän maito on käytetyintä. (Yildiz 2010: 8.) Hyvän raakamaidon tulisi olla moitteetonta niin aistittavilta, kemiallisilta kuin mikrobiologisilta ominaisuuksiltaan (Özer 2010: 49). Jogurttityypistä riippumatta valmistusprosessi alkaa maidon esikäsittelyllä, johon kuuluu raakamaidon kuiva-aine- ja rasvapitoisuuden säätäminen halutuksi, homogenointi ja lämpökäsittely (Bylund 1995: 247).

Maidon kuiva-aines (SNF = solids non fat) koostuu proteiineista (pääosin kaseiini), hiilihydraateista (pääosin laktoosi) ja tuhkasta (mineraalit). SNF-pitoisuuden nosto maidon normaalia tasoa (8,5–9 %) korkeammaksi vaikuttaa positiivisesti jogurtin rakenteeseen ja viskositeettiin aina tiettyyn rajaan asti (16 %). SNF-pitoisuuden noston myötä heran erottuminen jogurtista vähenee. (Bylund 1995: 244; Özer 53–54.) Maidon kuiva-ainepitoisuutta voidaan nostaa joko haihduttamalla, konsentroimalla muilla me-

netelmillä tai lisäämällä kaseinaatti-, hera-, maito- tai piimäjauhetta (Tamime & Robinson 2007: 31,37).

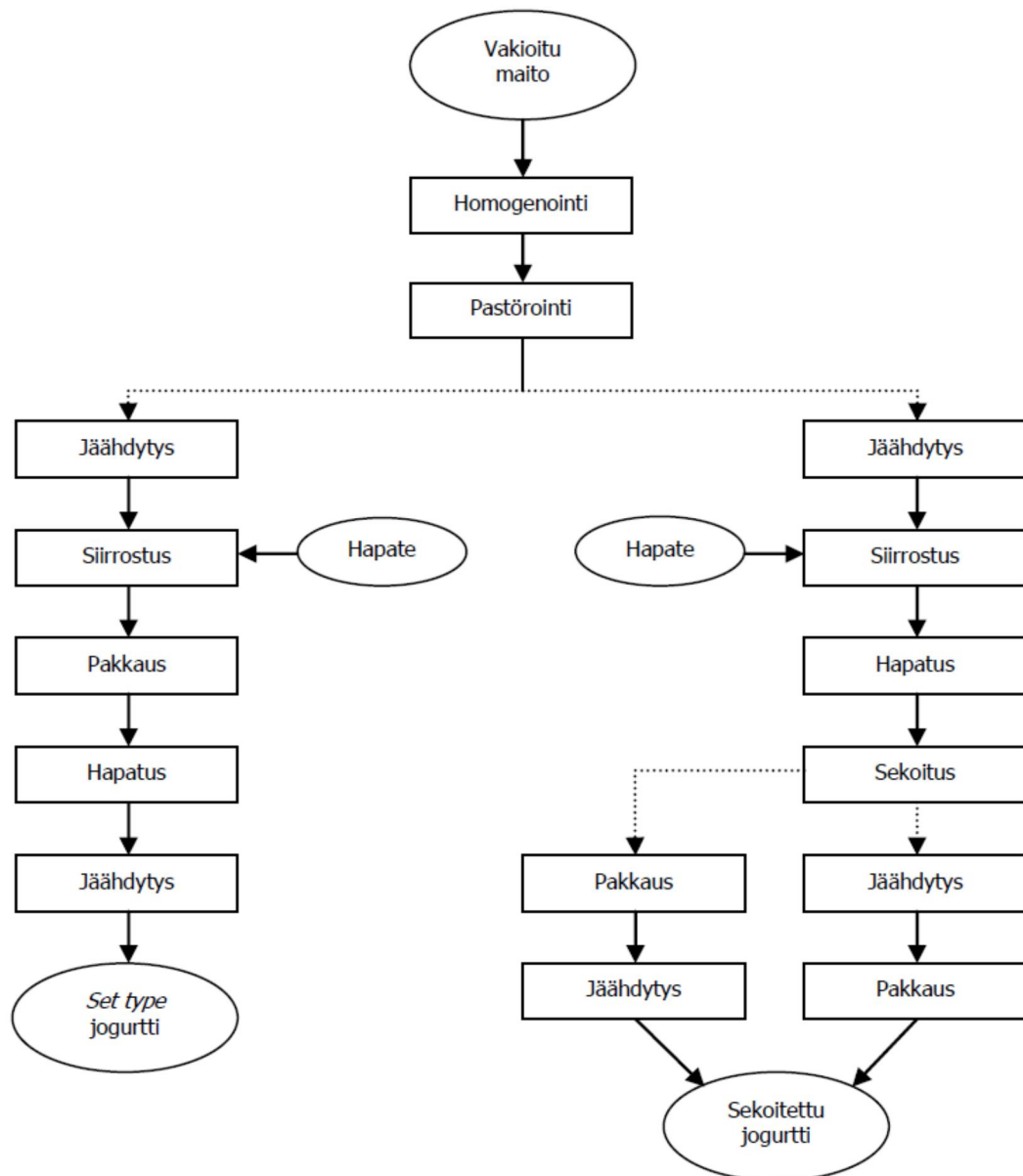
Säännöksissä rasvapitoisuuden ylärajaksi on asetettu 15 % (FAO & WHO 2011: 7). Jogurttien rasvapitoisuus vaihtelee kuitenkin yleensä välillä 0,1–10 %, sillä liian korkea rasvapitoisuus vaikuttaa negatiivisesti jogurtin rakenteen muodostumiseen. Tyypillinen rasvapitoisuus on noin 0,5–3,5 %, ja jogurtit voidaan jakaa karkeasti rasvattomiin (<0,5 % rasvaa), vähärasvaisiin (0,5–3 % rasvaa) ja normaalirasvaisiin jogurttihin (>3 % rasvaa). (Bylund 1995: 244; Walstra ym. 2006: 566.) Haluttu rasvapitoisuus saavutetaan sekoittamalla rasvattomaksi separoituun raaka-maitoon sopiva määrä kermaa, täys- tai kevytmaitoa tai näiden yhdistelmiä. Kermaa, täys- tai kevytmaitoa voidaan myös sekoittaa keskenään. (Tamime & Robinson 2007: 20; Özer 2010: 52.)

Homogenoinnissa maidon sisältämä rasva pilkotaan pieniksi pisaroiksi, jotta se jakaantuu tasaisesti maitoon eikä erotu hapatuksen aikana jogurtin pinnalle. Homogenoinnin seurauksena maidon väri on valkoisempi ja maidosta valmistetun jogurtin viskositeetti korkeampi sekä heran erottuminen vähäisempää. (Tamime & Robinson 2007: 194–195; Özer 2010: 70–71.) Homogenisaattori on laite, jossa maito ajetaan homogenointipään läpi paineen avulla. Muodostuneen kitkan, pyörteisen virtauksen ja nopean paineen laskun johdosta rasvapallot pilkkoutuvat pieniksi pisaroiksi tullessaan ulos homogenointipään pienistä rei'istä (Anon 5 n.d.). Homogenointi tehdään yleensä 20–25 MPa:n paineessa ja 65–70 °C:n lämpötilassa (Bylund 1995: 246).

Jogurtin valmistukseen käytettävää maitoa lämpökäsitellään viiden minuutin ajan 90–95 °C:n lämpötilassa. Myös muita aika-lämpötilayhdistelmiä voidaan käyttää. Lämpökäsittelyn johdosta maidon mahdollisesti sisältämät patogeenit ja hapatteiden kanssa kilpailevat bakteerit tuhoutuvat, hapatteiden toimintaa stimuloivia ja/tai inhiboivia tekijöitä vapautuu sekä heraproteiinit denaturoituvat edesauttaen jogurtin vakaan rakenteen muodostumista ja heran erottumisen vähenemistä valmiista tuotteesta. (Bylund 1995: 246; Tamime & Robinson 2007: 67–68.)

Lämpökäsittelyn jälkeen maito jäähdytetään 42–43 °C:seen, ja joukkoon lisätään hapate. Riippuen siitä, valmistetaanko *set type*- vai sekoitettua jogurttia, maito annostellaan joko pikareihin tai siirretään kypsytystankkiin hapattumaan noin 4–6 tunniksi. Ku-

vasta 1 käy ilmi, miten näiden kahden jogurttityypin valmistus eroaa toisistaan. Valmistettavasta jogurtista riippumatta lämpötila pidetään tyypillisesti 42 °C:ssa koko hapatuksen ajan eikä jogurttia sekoiteta tänä aikana. Myös alempia hapatuslämpötiloja voidaan käyttää, mutta tällöin hapatuksen kesto pitenee. Pidemmän hapatusajan johdosta jogurtin rakenne muodostuu vankemmaksi ja heran erottuminen vähenee, mutta aro-miyhdisteitä muodostuu vähemmän.



Kuva 1. Vuokaavio *set type*- ja sekoitetun jogurtin valmistusvaiheista (muokattu kuvasta Walstra ym. 2006: 563).

Molekyylitasolla tarkasteltuna jogurtin rakenne on geeliverkko, joka syntyy hapatuksen edetessä pH:n laskun johdosta destabiloituneiden κ -kaseiinien ja lämpökäsittelyn seurauksena denaturoituneiden heraproteiinien liittyessä toisiinsa tioli-disulfidisilloin. Verkon sisään jää vettä ja muita maidon yhdisteitä. Hapatusta jatketaan, kunnes jogurtin pH on laskenut tavallisesti 4,5–4,6:een, koska tällöin jogurtin veden sidontakyky on suurimmillaan. (Özer 2010: 75–79.)

Jotta hapattuminen ja siitä johtuva pH:n lasku ei jatkuisi, valmis jogurtti jäähdytetään alle 10 °C:seen, koska hapatteiden kasvu ja aktiivisuus on tässä lämpötilassa vähäistä (Tamime & Robinson 2007: 96–97). Tuotteesta riippuen jäähdytys tehdään joko yksitai kaksivaiheisesti, joista jälkimmäinen on käytetympi. *Set type* -jogurteille käytetyssä yksivaiheisessa menetelmässä jogurtti jäähdytetään yleensä suoraan alle 10 °C:seen. (Özer 2010: 79.) Kaksivaiheisessa menetelmässä jogurttia sekoitetaan, jäähdytetään noin 20 °C:seen, maustetaan, pakataan ja lopuksi jäähdytetään hitaasti varastointilämpötilaan, alle 10 °C:seen (Tamime & Robinson 2007: 96–97). Liian nopea jäähdytys voi vaikuttaa negatiivisesti jogurtin rakenteeseen ja heran erottumiseen (Özer 2010: 79).

2.5 Jogurttihapatteet

Tyypillisimmän jogurttihapatteen muodostavat kaksi bakteeria, *Streptococcus thermophilus* ja *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, joiden tehtävä on lyhyesti sanottuna maitohapon ja aromiyhdisteiden tuotto. Bakteerit voivat kasvaa itsenäisesti, mutta hyötyvät suuresti toistensa läsnäolosta ja kasvavat näin huomattavasti nopeammin. (Gürakan & Altay 2010: 98; Walstra ym. 2006: 559.) *S. thermophilus* on olennainen osa jogurttihapatteita. *L. bulgaricus* sen sijaan voidaan korvata tai näiden kahden bakteerin lisäksi hapatteeseen voidaan lisätä muita *Lactobacillus*-suvun bakteereita. Tähän saattaa olla tarvetta, jos valmistettavalta jogurtilta halutaan jotain erityisominaisuuksia, esimerkiksi korkean viskositeetin ja miedon maun yhdistelmää. (Anon 2 2006; Anon 3 2006.)

Terveysvaikutusten aikaansaamiseksi jogurttiin voidaan lisätä probiootteja eli eräitä laktobasilli- ja/tai bifidobakteeri-kantoja. Toisin kuin *S. thermophilus*- ja *L. bulgaricus*-bakteerit, nämä selviytyvät suolistossa edistäen terveyttä, koska ne ovat alun perinkin osa ihmisten ja eläinten luonnollista suoliston mikrobiflooraa. (Schmid & Schlothauer

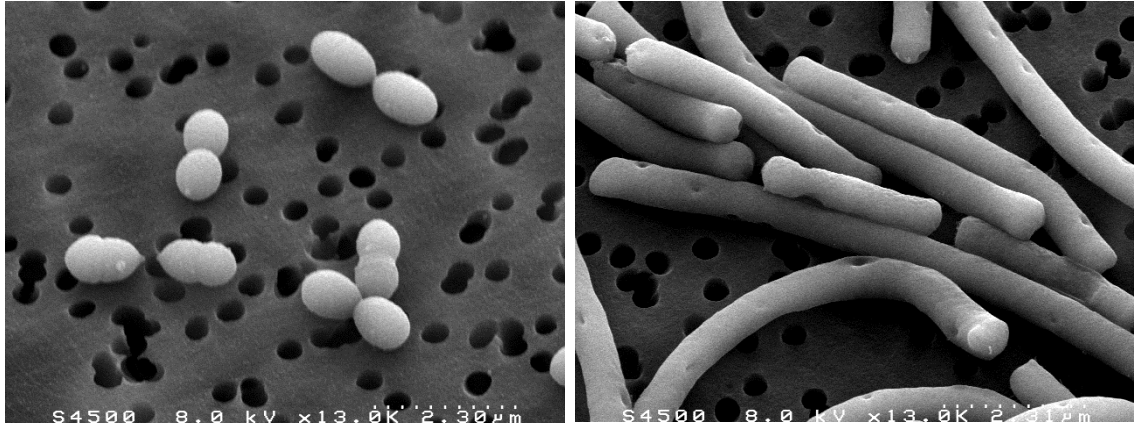
2003: 116.) Myös *S. thermophilus*- ja *L. bulgaricus* -bakteerien on monissa tutkimuksissa todettu edistävän terveyttä, mutta silti niitä ei vielä lueta probioottisiksi bakteereiksi (Gürakan & Altay 2010: 98).

Teollisessa tuotannossa käytettävät hapatteet ovat tätä nykyä usein kaupallisesti valmistettuja pakastettuja tai pakkaskuivattuja DVS (*direct-vat-set*) -hapatteita. Tässä muodossa olevien hapatteiden etuna on valmistajan takaama puhtaus, toimivuus, vastustuskyky faageille sekä helppokäyttöisyys. Hapate voidaan lisätä suoraan hapatus-tankkiin (*DVI = direct vat inoculation*), ja täten meijereissä tapahtuva aikaa vievä ja laadullisesti vaihteleviin tuloksiin johtava sekä faageille altistuttava hapatteiden kasvatusta emäliuoksista on jäämässä historiaan. Pakkaskuivattujen hapatteiden säilytys on helppoa, sillä ne säilyvät noin 4 °C:ssa. Pakastetut hapatteet sen sijaan vaativat tehokkaita pakastimia, koska säilytys suositus on –50 °C tai kylmempää. (Gürakan & Altay 2010: 104–106; Anon 2 2006.)

2.5.1 *Streptococcus thermophilus* ja *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*

Jogurtin valmistukseen käytettävät kaupalliset hapatteet koostuvat yleensä symbiootisten *S. thermophilus*- ja *L. bulgaricus* -bakteerien 1:1 sekoituksesta (Gürakan & Altay 2010: 99). Juuri symbioosi, tarkemmin määriteltynä fakultatiivinen mutualismi (kahden lajin välinen vuorovaikutus, josta kumpikin hyötyy, kummankaan olematta siitä riippuvainen (Anon 6 n.d.)), on avainsana jogurttihapatteen toiminnassa ja jogurtin valmistuksessa.

Proteolyttiset *L. bulgaricus* -bakteerit edistävät heikosti proteolyttisten *S. thermophilus* -bakteerien kasvua pilkkomalla proteiineja peptideiksi ja aminohapoiksi. *S. thermophilus* -bakteerit puolestaan edistävät *L. bulgaricus* -bakteerien kasvua muodostamalla niiden tarvitsemää muurahaishappoa ja hiilidioksidia. (Anon 3 2006: 6.) Maitohapon tuotto on huomattavasti nopeampaa molempien bakteerien stimuloidessa toistensa kasvua ja toimintaa verrattuna yksittäisten bakteerikantojen käyttöön. Bakteerien kasvu alkaa hidastua, kun pH laskee muodostuneen maitohapon takia riittävän alas. Ensimmäisenä happamuudesta kärsii *S. thermophilus*, kun taas *L. bulgaricus* kestää happamampia olosuhteita paremmin. (Walstra 2006: 559.)



Kuva 2. Vasemmalla *Streptococcus thermophilus* ja oikealla *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Elektromikroskooppikuva. (Anon 7 n.d.)

Molemmat bakteerit luokitellaan gram-positiivisiksi ja homofermentatiivisiksi, eli ne tuottavat vain yhtä aineenvaihduntatuotetta, maitohappoa. Vaikka bakteerit eroavat hieman optimilämpötiloiltaan, ne ovat kumpikin termofiilisiä eli vaativat melko korkean lämpötilan kasvaakseen hyvin. (Helferich & Westhoff 1980: 23–25.) Molemmat bakteerit pystyvät tuottamaan eksopolysakkarideja (EPS) eli sokeriyhdisteitä, jotka vaikuttavat merkittävästi jogurtin rakenteeseen (venyvyys, paksuus). Kantojen välillä on kuitenkin suurta vaihtelua EPS:n tuotossa. (Tamime & Robinson 2007: 542–551.) Kuvasta 2 käy ilmi, että *S. thermophilus* on pallomainen (kokki), kun taas *L. bulgaricus* on muodoltaan sauvamainen. Jogurtin hapatuslämpötilaksi vakiintunut 42 °C on kompromissi bakteerien optimilämpötiloista (*S. thermophilus* 37 °C ja *L. bulgaricus* 45 °C). Bakteerit eroavat toisistaan myös tuottaessaan maitohapon eri isomeerejä (*S. thermophilus* L(+)-maitohappo ja *L. bulgaricus* D(-)-maitohappo). (Gürakan & Altay 2010: 100–101; Walstra ym. 2006: 561.) Edellä mainittuja ja muita bakteerien välillä havaittavia eroja on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. *S. thermophilus*- ja *L. bulgaricus* -bakteerien eroja (Walstra ym. 2006: 561; Gürakan & Altay 2010: 100–104; Helferich & Westhoff 1980: 24–25).

	<i>S. thermophilus</i>	<i>L. bulgaricus</i>
Muoto	Kokki, pallomainen	Sauvamainen
Proteolyyttinen	Heikosti	Vahvasti
Optimikasvulämpötila	37 °C	45 °C
Optimi-pH	6,5	5,5
Maitohapon isomeeri	L(+)	D(-)
Asetaldehydin tuotto	Vähäistä	Pääosin
Diasetyylin tuotto	Pääosin	Vähäistä
Formiaatin tuotto	Kyllä	Ei

2.5.2 Muut kannat ja lajit

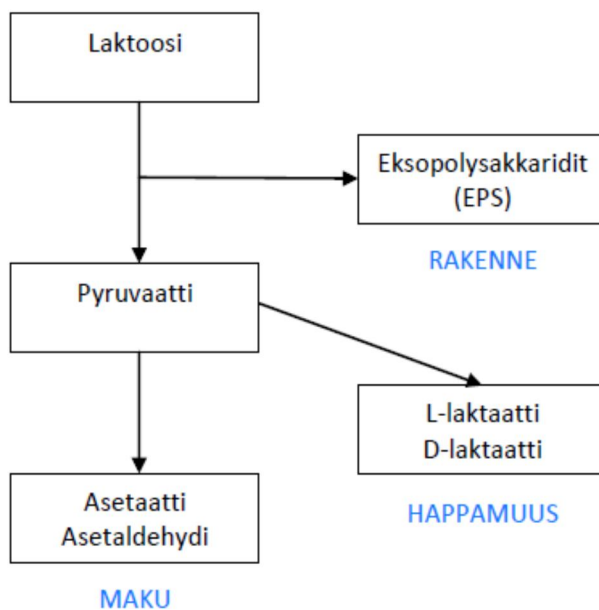
Ominaisuudet eri jogurttien välillä vaihtelevat, vaikka pääosa jogurteista valmistetaan-kin samoja raaka-aineita, valmistusmenetelmiä ja *S. thermophilus*- ja *L. bulgaricus* -bakteereita käyttäen. Erot syntyvät, kun käytetään näiden bakteerien eri kantoja ja niistä koottuja hapatteita. (Gürakan & Altay 2010: 98.) Teollisessa tuotannossa käytettäviä bakteerikantoja voidaan muokata mutaatiolla, selektiolla tai geneettisellä rekombinaatiolla, jolloin bakteerien metaboliset ominaisuudet korostuvat tai muuttuvat (Parekh ym. 2000). Geenimuunneltuja maitohappobakteereja ei kuitenkaan toistaiseksi käytetä EU:n alueella (Gürakan & Altay 2010: 113). Metaboliamuokkauksen avulla voidaan esimerkiksi parantaa maitohappobakteerien asetaldehydin, diasetyylin tai eksopolysakkaridien (EPS) tuottoa (Hugenholtz ym. n.d.). Eri kantoja voidaan tarvita myös, jotta jogurttihapatteet kestäisivät mahdollisen faagikontaminaation. Tällainen kanta voidaan saada esimerkiksi eristämällä faagin kestävä emäkannan mutantti agarilla kasvatetusta faagin valtaamasta emäkannasta tai konjugaatiolla. Näin kehitettyjä faagin kestäviä kantoja ei lueta EU-direktiivien mukaan geenimuunnelluksi organismiksi (GMO). (Gürakan & Altay 2010: 112.)

Mikäli jogurtilla halutaan olevan terveystuoksia, voidaan hapatteen lisäksi joukkoon lisätä probiootteja. Probiootit ovat mikrobikantoja, jotka parantavat ihmisen tai eläimen luonnollista, erityisesti ruoansulatuksessa tarvittavaa mikrobiflooraa. Probiootteina käy-

tettäviä maitohappobakteereja ovat muun muassa *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus johnsonii*, *Lactobacillus casei* ja *Bifidobacterium lactis*. (Walstra ym. 2006: 571.)

2.5.3 Eri kantojen vaikutus jogurtin ominaisuuksiin

Jogurttihapatteet koostuvat eri mikro-organismien erilaisista kannoista (Tamime & Robinson 2007: 627). Hapatekantojen valinnalla voidaan vaikuttaa jogurtin happamuuteen, flavoriin, EPS:n tuottoon, hapatusaikaan ja faagien vastustuskykyyn. Happamuus voi olla mietoa, voimakasta tai jotain siltä väliltä, ja eri kannat voivat tuottaa happoa matalissakin lämpötiloissa, mikä vaikuttaa jälkihappanemiseen. Flavoriin vaikuttaa muun muassa asetaldehydin määrä, joka voi vaihdella matalasta korkeaan pitoisuuteen. Viskositeetti voi vaihdella matalasta erittäin korkeaan. Eri kannoilla voidaan myös vaikuttaa hapatuksen keston nopeutumiseen ja kykyyn vastustaa faageja. (Stenby 1998: 627.) Monissa maissa säännökset kieltävät muiden kuin *S. thermophilus*- ja *L. bulgaricus* -kantojen käytön jogurtin valmistuksessa. Tämä rajoittaa edellä kuvattuja mahdollisuuksia vaikuttaa jogurtin ominaisuuksiin. (Tamime & Robinson 2007: 627.) Kuvassa 3 on yksinkertaistettu malli hapatteiden aineenvaihduntatuotteiden vaikutuksesta jogurtin eri ominaisuuksiin.



Kuva 3. Yksinkertaistettu malli termofiilisten hapatteiden laktoosimetaboliasta. Sininen teksti viittaa mihin ominaisuuteen aineenvaihduntatuote vaikuttaa. (Anon 3 2006.)

Kaupalliset hapatevalmistajat Danisco ja Chr. Hansen kuvailevat ja luokittelevat eri hapatteensa pääasiassa rakenteen, viskositeetin, suutuntuman ja jogurtin maun/flavorin voimakkuuden mukaan. Hapatteita voidaan luokitella myös käyttökohteiden mukaan (*set type*-, sekoitettu- tai juotava jogurtti). Eri hapatteilla valmistettävien jogurttien makuominaisuuksia kuvataan seuraavasti: mieto, perinteinen, raikas, voimakas, erittäin voimakas, kermainen tai jogurttimainen (asetaldehydi). Rakenneominaisuuksia kuvataan sanoilla: matala tai korkea viskositeetti, venyvä, ei venyvä, kermainen, ohut, suutuntumaltaan paksu tai ohut ja sileä tai luja rakenne. (Anon 2 2006; Anon 3 2006.)

2.6 Jogurtin ominaisuudet

Jogurtin lopulliseen laatuun vaikuttavat monet tekijät: lehmien syövä ravinto, jogurttimaidon rasva- ja proteiinipitoisuus, prosessointiparametrit, mikrobiologiset tekijät, mahdolliset lisäaineet, pakkausmateriaalit sekä kuljetuksen ja varastoinnin aikainen lämpötila (Tamime & Robinson 2007: 123). Vaikka käytettävä hapate onkin tärkein tekijä jogurtin flavorin ja rakenteen muodostumisessa, vaikuttaa siihen suuresti myös maidon laatu. Rasvaisemmalla maidolla saavutetaan runsas sekä kermainen jogurtti ja maidon proteiinipitoisuutta kasvattamalla parempi rakenteen kestävyys ja viskositeetti. (Gürakan & Altay 2010: 100; Tamime & Robinson 2007: 15.) Muita makuun ja rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä kuten makeuttajia, stabilointiaineita tai maku- ja aromiaineita ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

Käytettävän hapatteen ja erityisesti siihen valittujen kantojen merkitys jogurtin laatuun on merkittävä. Hapate vaikuttaa erityisesti makuun, mutta sillä voidaan myös nopeuttaa hapatusprosessia ja näin säästää tuotantokustannuksissa. Kantojen valintaa voidaan tehdä jakamalla kantoja esimerkiksi fenotyypin tai geneettisen materiaalin perusteella. Jogurttihapatteenä käytettävien kantojen tärkeitä ominaisuuksia ovat nopea maitohapon tuotto hapatusvaiheessa, vähäinen maitohapon tuotto matalissa lämpötiloissa (jälkihappaneminen) ja sopiva asetaldehydinin tuotto, koska nimenomaan asetaldehydinin katsotaan muodostavan jogurtille tyypillisen aromin. Ihanteellisimpana pidetään sellaista kantaa, joka olisi vastustuskykyinen faageille ja tuottaisi nopeasti maitohappoa ja makua. Jogurttihapatekantojen alalajeja ja lajien sisäistä monimuotoisuutta voidaan tutkia erilaisin molekulaarisin määrittämenetelmin. (Gürakan & Altay 2010: 106–110, 115.)

2.6.1 Maku

S. thermophilus ja *L. bulgaricus* muodostavat aineenvaihdunnassaan yhdisteitä, jotka vaikuttavat jogurtin makuun, rakenteeseen ja koostumukseen (Walstra ym. 2006: 561). Jogurtin tyypillinen aromi on monien eri yhdisteiden summa, ja jogurtista onkin määritetty lähes 100 erilaista yhdistettä, joista noin 20:llä on vaikutusta jogurtin makuun (Cheng 2010; Gürakan & Altay 2010: 108). Näistä yhdisteistä asetaldehydiä pidetään tyypillisimpänä aromin ja maun lähteenä maustamattomissa jogurteissa (Anon 3 2006: 6). Maitohapon ja asetaldehydin lisäksi muita pääasiallisia jogurtin makuun vaikuttavia yhdisteitä ovat diasetyyli, asetoiini, asetoni ja 2-butanoni (Cheng 2010). Myös etikka-, muurahais-, voi- ja propionihapolla on merkitystä aromin muodostukseen (Routray & Mishra 2011: 214). Useimmat näistä yhdisteistä syntyvät maitohappokäymisen seurauksena, sen sivutuotteena tai maitorasvan lipolyysissä (Cheng 2010). Edellä mainittujen yhdisteiden lisäksi myös jogurtin rasvapitoisuudella on suuri merkitys jogurtin laatuun (Gürakan & Altay 2010: 104).

2.6.2 Rakenne

Jogurtin reologisiin ja edelleen laadullisiin ominaisuuksiin vaikuttavat maidon koostumus, hapatteen määrä ja ominaisuudet sekä hapatus- ja säilytysaika. Myös maitohappobakteerien tuottamilla eksopolysakkarideilla (EPS) on merkittävä vaikutus hapanmaitotuotteiden rakenteellisiin ominaisuuksiin. Eri kantojen EPS:n tuotto vaihtelee ja runsaasti EPS:a tuottavat kannat vaikuttavat merkittävästi jogurtin viskositeettiin, kermaisuuteen, heroittumisen vähenemiseen ja rakenteen säilytykseen sekä venyvyyteen. (Gürakan & Altay 2010: 109–110.) Joissain tutkimuksissa on myös tehty eroa tuotetun EPS:n suhteen, jakaen kantoja venyvää ja sakeuttavaa EPS:a tuottaviin (Laverazzi ym. 1998: 71). Tuotettavan EPS:n tyyppi riippuu myös muiden kantojen läsnäolosta. Eräiden kantojen tuottama EPS voi yhdessä hapatteessa olla venyvää tai limaista ja toisessa lyhyttä. (Anon 3: 2006.)

2.6.3 Ei-toivotut ominaisuudet

Jogurteissa mahdollisesti esiintyvät virheet voidaan jakaa aromiin ja flavoriin, ulkonäköön sekä rakenteeseen kohdistuviin virheisiin (Özer & Kirmaci 2010: 254). Yleisin syy

huonoon laatuun on liika happamuus, mikä johtuu jälkihappanemisesta. Maku voi olla myös karvas liiallisen proteolyysin tai käytetyn hapatteen vuoksi. Sivumakuja voivat tuottaa myös jogurttiin mahdollisesti päässeet hiivat ja homeet. Asetaldehydin tuotto ja sitä myötä jogurtille tyypillisen maun kehittyminen voi jäädä vähäiseksi matalan hapatuslämpötilan, *S. thermophilus* -bakteerin liiallisen kasvun tai *L. bulgaricus* -bakteerin heikon aromin tuoton vuoksi. (Walstra 2006: 568–569.) Taulukkoon 3 on kerätty jogurtissa mahdollisesti esiintyviä vikoja ja syitä näiden esiintymiseen.

Taulukko 3. Jogurtissa esiintyviä vikoja ja niiden mahdollisia syitä (koottu taulukosta Özer & Kirmaci 2010: 256–258).

Vika	Mahdollinen syy
Mauttomuus	<ul style="list-style-type: none"> - lyhyt hapatusaika - vähäinen hapatteen määrä tai hapatteessa liian vähän <i>L. bulgaricus</i> -kanta - bakteriofaagien läsnäolo - liian nopea jäähdytys
Happamuus	<ul style="list-style-type: none"> - liian suuri hapatteen määrä tai hapatteessa liian suuri <i>L. bulgaricus</i> -kanta - korkea hapatuslämpötila - pitkä hapatusaika - riittämätön jäähdytys - korkea varastointi lämpötila
Virheellinen väri	<ul style="list-style-type: none"> - hiivojen/homeiden läsnäolo - lämpökäsittely liian korkeassa lämpötilassa
Rakeisuus	<ul style="list-style-type: none"> - matala hapatuslämpötila - vähäinen tai korkea hapatteen määrä - sekoitus hapatuksen aikana
Heikko rakenne	<ul style="list-style-type: none"> - rakenteen epätäydellinen muodostuminen riittämättömän maidon lämpökäsittelyn johdosta - matala SNF- ja/tai rasvapitoisuus - vähäinen hapatteen määrä - matala homogenisointipaine - hapatteiden normaalin toiminnan estävien tekijöiden läsnäolo maidossa (bakteriofaagit, antibioottijäämät, alkalit, karbonaatit, vetyperoksidi) - sekoitus hapatuksen aikana
Heroittuminen	<ul style="list-style-type: none"> - rakenteen epätäydellinen muodostuminen riittämättömän maidon lämpökäsittelyn johdosta - vähäinen tai korkea hapatteen määrä - korkeasta varastointilämpötilasta johtuva liikahappaneminen - kova mekaaninen käsittely

3 Aistinvaraiset tutkimusmenetelmät

3.1 Mitä aistinvarainen arviointi on

Aistinvarainen arviointi on tieteellinen menetelmä, jolla saadaan aikaan ja voidaan mitata, analysoida sekä tulkita eri aistien muodostamia vasteita tutkittavana olevasta elintarvikenäytteestä (Lawless ja Heymann 1999: 2–3). Aistinvarainen arviointi nykymuodossaan on kehittynyt toisen maailmasodan jälkeen. Ennen sitä aistinvarainen arviointi käsitti lähinnä juuston, kahvin, teen ja viinin laadun arviointia muutaman asiantuntijan toimesta, mikä edelleen vaikutti tuotteen myyntihintaan. (Tuorila ym. 2008: 15.) Aistinvarainen mittaaminen on eri muodoissaan tätä nykyä laajalti käytössä. Elintarviketeollisuudessa sitä käytetään laaduntarkkailussa, tuotekehityksessä ja markkinatutkimuksessa, kaupan alalla laatuluokitusten ja -spesifikaatioiden laatimisessa sekä elintarvikevalvonnassa tuotteiden kelpoisuuden ja virheiden arvioinnissa. (Tuorila ja Appelbye 2008: 21.)

3.1.1 Aistit

Ihmisellä on viisi aistia: näkö, haju, maku, tunto ja kuulo, jotka välittävät aivoihimme tietoa ympäristöstämme. Jokainen näistä muodostaa oman aistipiirin, johon kuuluvat aistireseptorisolut, hermosyyt ja aivoalueet. Aistireseptorisolut ottavat ärsyksen vastaan, hermosyyt kuljettavat syntyneet hermoimpulssit aivoihin, ja aivoissa aistimus rekisteröidään, käsitellään ja liitetään muuhun tietoon. Muu tieto eli aikaisempien kokemusten ja muista aistipiireistä tulevien aistimusten sekoittuminen onkin tärkeää, sillä pelkästään yhden aistin perusteella luotu tulkinta tuotteesta ei välttämättä ole oikea. Tarvitaan siis esimerkiksi maun ja suun kautta saatavan hajuaistimuksen (rettonasaali haju) yhteisvaikutus, jotta tulkitsemme kyseisen maun ”oikein”. (Tuorila ym. 2008: 10–13.)

Näköaistimus syntyy, kun silmä reagoi tiettyyn osaan magneettista säteilyä, ja kuuloaistimus, kun korva reagoi tietyn taajuuksiin ääniaaltoihin. Hajuaisti jakaantuu ortonasaaliin ja retronasaaliin hajuun. Ortonasaali haju tarkoittaa nenän kautta nuuhkaistua hajua ja retronasaali haju suun sekä nenänielun kautta nenäonteloon kulkeutunutta hajua. Kummassakin tapauksessa hengitysilman (ortonasaali) tai ruoasta ja juomas-

ta suussa vapautuneet (retronasaali) haihtuvat yhdisteet kulkeutuvat nenäontelossa sijaitsevalle hajuepiteelille, jossa hajureseptorisolut sijaitsevat. Makuaistimus aistitaan kielessä sijaitsevien makunystyjen sisältämien makusilmujen kautta, kun sylkeen liuenneet makua antavat yhdisteet päätyvät makureseptoreihin. Elintarvikkeiden aistinvaraisen arvioinnin kannalta tärkeitä tuntoaistimuksia ovat kosketus- ja kemotunto sekä lämpötila-aistimukset. Suuontelon kosketustuntoa kutsutaan useimmiten suutuntumaksi ja myös se on tärkeä ruokaan liittyvien aistimusten välittäjä. Kemotunnosta puhutaan, kun suun ja nenän limakalvoihin kohdistuu tuntoaistimuksia aiheuttavia kemiallisia yhdisteitä. Lämpötila-aistimusten välittämiseen tarvitaan kolmea eri hermosyötyyppiä: kipuun, kylmään ja lämpimään reagoivia hermosyitä. Hermopäätteet sijaitsevat verinahassa, ja erityisesti huulien ja suun etuosan kautta aistimme lämpötilan erittäin herkästi. (Karhunen & Tuorila 2008: 37–49.)

3.1.2 Elintarvikkeista havaittavat ominaisuudet

Eri aistipiirien välityksellä havaitsemme ruoasta ja juomasta erilaisia ominaisuuksia, joita ovat ulkonäkö, aromi/haju, flavori, lämpötila ja rakenne. Osa ominaisuuksista voidaan havaita pelkästään yhden aistin perusteella, mutta usein havaitsemiseen tarvitaan useampien aistien osallistumista. (Tuorila ym. 2008: 11.)

Kuuloaisti on todennäköisesti vähiten elintarvikkeiden aistittavan laadun arvioimiseen käytetty aisti. Sen on kuitenkin osoitettu osallistuvan erityisesti rapeuden arviointiin sekä jossain määrin poreilun havaitsemiseen. Näköaisti sen sijaan on tärkeä, ja sen avulla arvioidaan, onko tuote tuttu ja millainen se on laadultaan ja/tai olomuodoltaan (väri, pinnan laatu, muoto, liike). Näköaistilla tehdään myös päätelmiä tuotteen lämpötilasta (höyryäminen, tiivistyminen, huurre). (Karhunen & Tuorila 2008: 47–49.)

Hajuaistin avulla aistimme elintarvikkeesta haihtuvat kymmenet ja sadat yhdisteet, jotka yhdessä muodostavat hajun/aromin. Näin toteamme, onko haju miellyttävää vai epämiellyttävää, kuinka voimakas se on ja millaisia miellelyhtymiä siitä syntyy. Pahan virrehajun aistiminen varoittaa pilalle menneestä elintarvikkeesta. Retronasaalin hajun eli suussa pureskellun elintarvikkeen vapautuneet yhdisteet voivat olla erilaisia, kuin jos haistaisimme tuotetta ennen pureskelua ortonasaalisesti. (Tuorila ym. 2008: 27–29, 51.)

Flavori on maun, retronasaalin hajun ja kemotunnon muodostama yhteisvaikutelma suussa. Ihminen voi aistia ainakin viittä eri makua, jotka ovat makea, suolainen, hapan, karvas ja umami. Kemotunnon avulla voimme tuntea mm. pistävyyttä, polttoa, kirvelyä tai viileyttä. (Tuorila ym. 2008: 38.)

Rakennetta tarkastellaan ja havainnoidaan usean aistipiirin kautta: ensin näköaistin avulla, sitten tuntoaistin (kädet, suu ja nielu) ja koko ajan myös kuuloaistin avulla. Näiden kaikkien yhteisvaikutuksena muodostamme käsityksemme rakenteesta, jonka voimme todeta olevan esimerkiksi sileää, hauras, vetinen jne. Rakenteen arviointiin vaikuttaa myös lämpötila, joka nautittavasta elintarvikkeesta riippuen joko nousee tai laskee joutuessaan suuhun. Lämpötila vaikuttaa myös makujen ja hajujen aistittavuuteen ja voimakkuuteen. Makukynnys on paljon korkeampi kuumissa ja kylmissä ruoissa, eli aistimme maut paremmin, kun lämpötila on lähellä ruumiinlämpöä. Hajun voimakkuus yleensä kasvaa, kun lämpötila nousee. (Karhunen & Tuorila 2008: 47, 51–52.)

3.2 Aistinvaraiset raadit

ASTM-standardin mukaan aistinvaraisen raadin käyttö on samanlaista kuin minkä tahansa tieteellisen instrumentin käyttäminen tiettyjen mittausparametrien tuottamiseksi (American Society for Testing and Materials 1981).

3.2.1 Eri raadit

Riippuen aistinvaraisen tutkimuksen tavoitteesta, voidaan käyttää kolmea erilaista raatia: kuluttajaraati, asiantuntijaraati ja koulutettu raati. Kuluttajaraati koostuu yleensä tavallisista kuluttajista, jotka kuuluvat tutkittavan tuotteen kohderyhmään tai mahdolliseen kohderyhmään ja joita ei ole erityisemmin koulutettu kyseiseen tehtävään. Asiantuntijaraati taas on ryhmä henkilöitä, joille kyseinen tutkittava tuote ja sen valmistus on tuttua ja jotka ovat kokeneita arviointimenetelmän käyttäjiä pystyen antamaan toistettavia arvioita. Koulutettu raati on ryhmä valittuja henkilöitä, joka on koulutettu jonkin tuotteen objektiiviseen arviointiin tavoitteena, että he arvioidessaan toimivat kuten mittalaite. Jotta mittalaitemaisuus saavutetaan, on järjestettävä koulutusta arviointien ja arviointiasteikkojen käytön yhdenmukaistamiseksi. (Kälviäinen ym. 2008: 157.)

3.2.2 Arvioijan valinta ja koulutus

Koulutettuun raatiin kuuluvan arvioijan tyypillisiä valintaperusteita ovat aistien normaali toiminta, riittävä erottelukyky, kyky kuvata näytteitä sanallisesti, yhteistyökykyisyys ja saatavuus. Maku-, haju- ja tuntoaistin toimivuutta voidaan testata erilaisin testein sopivien arvioijien löytämiseksi ja/tai kouluttamiseksi. Kun sopivat arvioijat on löydetty, voidaan aloittaa raadin koulutus.

Kaiken kaikkiaan aistinvaraisen raadin koulutus tähtää siihen, että raati toimisi kuin mittalaite tuottaen yhdenmukaisia, toistettavia ja luotettavia mittaustuloksia. Näihin tavoitteisiin päästään, kun tutustutetaan arvioijat käytettäviin testimenetelmiin ja kehitetään arvioijien kykyä havaita ja tunnistaa näytteiden ominaisuuksia sekä niiden voimakkuuksia. On myös tärkeää tehdä raja objektiivisen arvioinnin ja miellyttävyysarvioinnin välille sekä käydä läpi käytettävät arviointiasteikot ja arviointisanat, jotta kaikki arvioivat näytteitä mahdollisimman samalla tavalla. (Kälviäinen ym. 2008: 158–167.)

3.3 Menetelmät

Tutkittava näyte ja tutkimuksen tavoite vaikuttavat kulloinkin valittavaan mittausmenetelmään. Aistinvaraiset mittausmenetelmät voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: erotustestit, kuvailevat menetelmät ja mieltymyksen mittaus. Näiden kolmen ryhmän sisällä on useita yksittäisiä testejä ja erilaisia arviointimenettelyjä. (Tuorila ym. 2008: 75–76.) Tämän insinööriyön aistinvaraisissa arvioinneissa käytettiin kuvailevista menetelmistä profiilitestiä. Seuraavassa keskitytäänkin enemmän tähän menetelmään ja kuvataan muut mittausmenetelmät vain lyhyesti.

Kaikissa aistinvaraisen arvioinnin menetelmissä on tärkeää, että näytteet merkitään koodein, jotta arvioijat eivät saa vihiä siitä, mikä kyseinen näyte voisi olla. Koodeiksi suositellaan kolminumeroisia lukuja, sillä kirjaimilla tai kaksinumeroisilla luvuilla voi olla merkityssisältöä. Toinen tärkeä seikka on näytteiden esitysjärjestys. Tulokset vääristyvät, jos järjestys on kaikille sama ja esimerkiksi huonon näytteen jälkeen arvioitu hyvä näyte saa paremmat pisteet kuin jos se olisi arvioitu samantasaisen näytteen jälkeen. Tämä vaikutus on kuitenkin helppo poistaa satunnaistamalla esitysjärjestys kaikille ar-

vioijille. Satunnaistaminen voidaan tehdä esimerkiksi arpomalla tai satunnaislukutaulukon avulla. (Mustonen ym. 2008: 182.)

Arviointiin ja sen tuloksiin vaikuttaa myös olennaisesti se, missä ympäristössä arviointi tehdään. Itsenäisen ja rauhallisen työskentelyn mahdollistava tila on ihanteellisin. Tilan olennaisia elementtejä ovat väliseinin erotetut arviointikopit, vesipiste/vettä, sylkyastia, paperipyyhkeitä ja kynä. ISO-standardissa (ISO 8589, 1988) on esitetty yksityiskohtaisemmin, kuinka nämä tilat tulee varustaa. Jos erillisen tilan käyttäminen ei ole mahdollista, pyritään löytämään rauhallinen tila, jossa arviointi voidaan toteuttaa mahdollisuuksien mukaan, hyvän aistinvaraisen arvioinnin käytäntöjä noudattaen. (Tuorila ym. 2008: 113–114,117.)

3.3.1 Kuvailevat menetelmät

Aistinvaraisen arvioinnin kehittyneimpiä ja objektiivisimman kokonaiskuvan tuottavia menetelmiä ovat kuvailevat menetelmät. Menetelmät ovat usein laadullisen ja määrällisen menetelmän yhdistelmä, jolloin ennen varsinaista arviointia on kehitettävä tutkittavaa näytettä varten sopiva sanasto, luotava arviointiasteikot ja löydettävä sopivat referenssituotteet sanallisille ankkureille. Kuvailevia menetelmiä käytetään erityisesti tuotekehityksessä ja laadunvalvonnassa, koska niiden avulla voidaan verrata useiden tuotteiden ominaisuuksia toisiinsa tai saada selville, kuinka lähellä tavoitetta uusi kehitteillä oleva tuote on. Menetelmät soveltuvat myös tuotteen säilyvyyden aikana tapahtuvien muutosten ja laatuspesifikaatiossa määriteltyjen aistinvaraisten ominaisuuksien seurantaan.

Kuvailevia menetelmiä on erilaisia, mutta käyttökelpoisin lienee yleinen kuvaileva menetelmä. Raati (n = 10–12) luo keskustelun pohjalta uuden tai käyttää valmista, aiemmin luotua sanastoa, jossa tunnistetaan, nimetään ja määritellään tutkittavassa tuotteessa esiintyvät ominaisuudet. Luodun sanaston tulee olla sellainen, että kaikki arvioijat ymmärtävät ominaisuuksia kuvaavat sanat samalla tavalla. Referenssinäytteet tai termien sanallinen kuvailu helpottavat ja yhdenmukaistavat arviointia. Hyvä sanasto erottelee näytteitä eikä siinä ole päällekkäisiä termejä. Mielitymyksiin viittaavat termit tulee unohtaa, sillä näytteitä pyritään tutkimaan objektiivisesti.

Voimakkuus arvioidaan yleensä suhteessa muihin sillä kertaa arvioitavana oleviin näytteisiin. Jotta voimakkuus arvioitaisiin kerrasta toiseen samalla tavalla, on hyvä käyttää referenssinäytteitä ja totuttaa arvioijat arviointiasteikkoihin ja ominaisuuksien esiintymisen vaihteluun koulutustilanteessa.

Varsinaisessa arvioinnissa näytteitä esitetään 3–6 kerrallaan ja ne arvioidaan yksi ominaisuus kerrallaan, aloittaen ulkonäöstä ja hajusta, siirtyen rakenteeseen ja makuun. Näytteen voimakkuus merkitään asteikolle, joka koostuu yleensä janasta ja sanallisista ankkureista janan päissä. Kysytty ominaisuus kasvaa aina vasemmalta oikealle. (Roininen ym. 2008: 93–99.)

Poikkeama vertailunäytteestä -menetelmässä näytteiden ominaisuuksia mitataan vertaamalla näytettä vertailunäytteeseen. Menetelmän kautta ei kuitenkaan saada tietoa näytteiden keskinäisistä eroista, vaan ainoastaan siitä, miten kukin näyte eroaa ominaisuuksiensa suhteen vertailunäytteestä. Vapaavalintaisessa profiilissa arvioija luo oman arviointisanastonsa ja arvioi ominaisuuksien voimakkuudet. Näin säästetään aikaa koulutuksessa, mikä kuitenkin saattaa kostautua, kun tuloksia aletaan tulkita. (Roininen ym. 2008: 102–103.)

Kuvailevat menetelmät antavat tuloksena niin laadullista kuin määrällistä tietoa. Ominaisuuksien keräämien pisteiden keskiarvojen pohjalta saadaan näytteen profiili, joka esitetään usein tähtikuviona tai pylvädiagrammina. Tähtikuvio on hyvä ja havainnollinen eri näytteiden ja ominaisuuksien vertailuun, kun näytteiden ja ominaisuuksien määrä ei ole liian suuri.

Varianssianalyysillä (*ANOVA = ANalysis Of VAriance*) selvitetään näytteiden ja ominaisuuksien tilastollisia eroja, raadin toistettavuutta ja yhteneväisyyttä. Näin voidaan myös tutkia näytteiden ja ominaisuuksien pää- ja mahdollisia yhdysvaikutuksia. Pääkomponenttianalyysi (*PCA = Principal Component Analysis*) taas tiivistää suuren määrän tietoa keskittyen vain muutamaankin oleelliseen pääkomponenttiin. (Roininen ym. 2008: 100–101.) Se on käyttökelpoinen esimerkiksi silloin, kun varianssianalyysillä huomataan näytteiden erojen muodostuvan vain kahden ominaisuuden perusteella. Näin tilastollisesti merkityksetön tieto voidaan jättää pois ja keskittyä vain olennaiseen.

3.3.2 Erotustestit

Erotustesteillä voidaan selvittää, eroavatko näytteet toisistaan aistittavien ominaisuuksien perusteella tai huomataanko eroa jonkin tietyn, nimetyn ominaisuuden suhteen. Kaiken kaikkiaan erotustestit ovat herkkiä testejä ja soveltuvat pienten erojen havaitsemiseen näytteiden välillä. Erotustesteillä saadaan siis selville, onko näytteiden välillä eroa vai ei, mutta mahdollisen eron suuruutta ei voida määrittää. Verrattuna esimerkiksi kuvaileviin menetelmiin erotustestit eivät vaadi yhtä harjaantunutta raatia. (Heiniö & Lapveteläinen 2008: 73, 87.)

Erotustestejä käytetään, kun halutaan tietää, vaikuttaako esimerkiksi raaka-aineen, valmistus- tai pakkaustavan muutos aistein havaittavia eroja tuotteeseen. Kolmitestissä käytetään kolmen näytteen joukkoja, joissa kaksi näytteistä on samanlaisia ja yksi poikkeava; arvioijan tehtävänä on valita poikkeava näyte. Suunnattu kolmitesti on muuten samanlainen, mutta arvioijaa pyydetään tunnistamaan esimerkiksi muita suolaisempi näyte. Pari-kolmitestissä arvioijan tulisi löytää vertailunäytteen kaltainen näyte kahden näytteen parista, joista toinen on sama kuin vertailunäyte. Suunnatussa parivertailutestissä taas arvioijaa pyydetään valitsemaan kahdesta näytteestä esimerkiksi makeampi näyte. (Tuorila ym. 2008: 78–82.)

Jos halutaan tietoja näytteiden erojen suuruudesta, mihin edellä mainitut testit eivät anna vastausta, voidaan käyttää esimerkiksi monivertailutestiä. Monivertailutestissä arvioija saa vertailunäytteen ja näytteitä, joita verrataan vertailunäytteeseen. Vertailtavana on usein jokin tietty ominaisuus, ja ominaisuuden esiintymistä arvioidaan annetulla arviointiasteikolla. (Heiniö & Lapveteläinen 2008: 86–87.)

Edellä mainittujen testien tulosten tilastollinen merkitsevyys selviää kirjallisuudesta löytyvistä tilastotaulukoista. Luotettavien päätelmien tekeminen aistinvaraisista arvioinneista vaatiikin aina tilastotieteellistä tarkastelua. (Tuorila ym. 2008: 79.)

3.3.3 Mielitymyksen mittaaminen

Aistinvaraisissa mielitymyksen mittausmenetelmissä raati arvioi näytteen miellyttävyyttä, yleensä suhteessa toiseen näytteeseen. Usein kerätään myös muita huomioita ja

vapaita kommentteja. Mieltymysmittauksia käytetään, kun halutaan tietoa esimerkiksi siitä, miten oma tuote pärjää vertailussa kilpailijan tuotteisiin, optimoidaan tuotteen ominaisuuksia tai etsitään tuotteen mahdollisia kuluttajaryhmiä. Arvioijat ovat yleensä tavallisia kuluttajia ja raadit suuria (n = vähintään 30–50), minkä vuoksi testit ovat nopeita suorittaa eivätkä vaadi aikaa vievää koulutusta. (Tuorila ym. 2008: 94–95.)

Paritestissä arvioija valitsee kahdesta näytteestä miellyttävämmän (Mustonen ym. 2008: 210). Järjestystestissä arvioijan tulee laittaa annetut näytteet järjestykseen mieltymyksensä mukaan. Miellyttävin näyte saa sijaluvun 1, seuraavaksi miellyttävin sijaluvun 2 jne. Järjestystestillä saadaan selville vain näytteiden keskinäinen järjestys, mutta ei sitä, pitikö arvioija näytteitä miellyttävinä vai epämiellyttävinä. Näytteitä ei myöskään voi olla kovin monta, sillä se hankaloittaa arviointia. Luvussa 3.3.2 mainittua suunnattua parivertailutestiä voidaan käyttää myös miellyttävyysmittauksissa (Tuorila ym. 2008: 98–99.)

Mieltymystä näytteeseen voidaan mitata myös mieltymystä kuvaavilla erilaisilla sanallisilla tai numeerisilla luokka-asteikoilla, jolloin arvioija valitsee 5-, 7- tai 9-portaiselta asteikolta mieltymystään vastaavan luokan. Useimmiten luokka-asteikot ovat sanallisen ja numeerisen luokka-asteikon yhdistelmiä. Graafinen asteikko on esimerkiksi 100 mm:n jana, joka on yleensä päistään sanallisesti ankkuroitu. Arvioija asettaa poikkiviivan sille kohtaa janaa, mikä vastaa hänen mieltymystään. (Mustonen ym. 2008: 212–213.)

Tietoa mieltymyksistä voidaan kerätä myös ryhmähaastatteluin. Pieni ryhmä (n = 4–6) arvioitavaa tuotetta käyttäneitä henkilöitä keskustelee ohjatusti tuotteesta. Keskustelun kautta saadaan nopeasti paljon tietoa esimerkiksi uudesta ja tuntemattomasta tuotteesta. (Tuorila ym. 2008: 103.)

3.4 Aistinvaraisen arvioinnin käyttö tuotekehityksessä

Uuden tuotteen menestys riippuu kuluttajien kiinnostuksesta ja halukkuudesta ostaa kyseistä tuotetta. Tuotteita valmistavalle yritykselle onkin tärkeää tietää, mistä kuluttajat pitävät tai mitä he tarvitsevat ja kuinka tämä tiedon pohjalta voidaan luoda uusia tuotteita. (Brunso & Grunert 2007: 197.) Aistinvaraisen arvioinnin avulla voidaan sys-

tematisoida tuotekehitystä, ennakoida trendejä ja tunnistaa kohderyhmiä (Tuorila & Appelbye 2008: 31). Käytetyimpiä testejä ovat kuvaileva menetelmä ja mieltymyksen mittaaminen (Stone & Sidel 2007: 313). Kuvailevasta menetelmästä ja mieltymyksen mittaamisesta on kerrottu tämän työn luvuissa 3.3.1 ja 3.3.3.

Aistinvarainen arviointi on tärkeä työkalu elintarvikkeiden tuotekehityksessä, jossa tarvitaan niin suuren yleisön (kuluttajaraati) kuin myös asiantuntijoiden (koulutettu raati) mielipiteitä. Kun uutta tuotetta lähdetään kehittelemään, on oltava tietoa tai kerättävä tietoa mahdollisesta kohderyhmästä. Tämän jälkeen kehitystyötä viedään eteenpäin ja yrityksen sisältä koottujen raatien arviointien perusteella tuotetta muokataan paremmaksi. Ennen lanseerausta kysytään vielä kuluttajien mielipidettä, sillä tuote voi menestyä vain, jos sen aistinvarainen laatu koetaan kuluttajien keskuudessa tarpeeksi hyväksi odotuksiin nähden. (Tuorila ym. 2008: 120–121.) Brunsøn ja Grunertin (2007: 214) mielestä kuluttajat tulisi ottaa mukaan tuotekehitysprosessiin jo hyvin aikaisessa vaiheessa, jolloin heidän näkemyksiään yleisellä ja tuotekohtaisella tasolla voitaisiin hyödyntää paremmin.

Kiristynyt lainsäädäntö tai kohonneet raaka-aineiden hinnat voivat aiheuttaa sen, että jo pitkään markkinoilla olleen tuotteen reseptiikkaa joudutaan muuttamaan. Muutoksia valmiiseen tuotteeseen voivat aiheuttaa myös tuotantolaitteiden ja/tai -linjojen uusiminen. Jotta nykyinen markkinaosuus ja kuluttajien hyväksyntä säilyisi, on muokatun tuotteen vastattava aistittavilta ominaisuuksiltaan vanhaa tuotetta. Kuvailevalla menetelmällä saadaan objektiivista tietoa lopullisen tuotteen aistittavista ominaisuuksista ja niitä voidaan verrata vanhasta tuotteesta saatuihin tuloksiin. Samalla menetelmällä voidaan myös tutkia ja kartoittaa, miten kilpailijoiden tuotteen sijoittuvat vertailussa omaan tuotteeseen. (Carpenter ym. 2000: 8–9.)

Kokeellinen osa

Opinnäytetyön kokeellisessa osassa valmistettiin maustamattomia jogurtteja yhdeksällä eri jogurttihapatteella ja tutkittiin näiden vaikutusta jogurtin aistittavaan laatuun pitäen muut muuttujat (rasva- ja proteiinipitoisuus) vakioina. Koulutettu raati arvioi valmistetut jogurtit profiilitestein, ja tulokset analysoitiin tilastollisin menetelmin. Työn tavoitteena oli tutkia, onko eri hapatteiden välillä aistinvaraisesti tai kemiallisesti havaittavia eroja ja korreloivatko nämä tulokset keskenään. Tavoitteena oli myös kerätä tietoa (aistinvarainen profiili, kemialliset analyysit, viskositeetti, heroittuminen, jälkihappaneminen) yrityksen hapatepankkiin, jonka avulla hapatteiden valinta tarvittaviin käyttökohteisiin helpottuu. Jotta ennen testaamattomien hapatteiden ominaisuudet suhteessa käytössä oleviin hapatteisiin selviäisivät, testattiin uusien hapatteiden lisäksi myös muutama tuotannossa käytössä oleva hapate.

4 Jogurttien valmistus

4.1 Jogurtin valmistuksen ja aistinvaraisten arviointien aikataulutus

Jokaisella tutkittavalla hapatteella valmistettiin yksi kymmenen kilogramman panos jogurttia. Jogurttien valmistus jaettiin kolmelle kerralle, jolloin arvioitavaksi tuli kolme jogurttinäytettä kerrallaan. Tähän oli toisaalta syynä laite- ja työvoimaresurssit ja toisaalta se, että profiilitestissä tulisi olla kerrallaan enemmän kuin kaksi näytettä, mutta ei kuitenkaan enempää kuin kuusi (Tuorila ym. 2008: 86).

Tutkimuksen ainoa muuttuva tekijä oli hapate. Jotta tulokset olisivat tilastollisesti riippumattomia, noudatettiin hapatteiden käyttöjärjestystä suunniteltaessa koesuunnittelun keskeisiä peruseriaatteita satunnaistamalla käyttöjärjestys. Valmistetuille jogurteille tehtiin profiilitestit viikon (tuorearviointi) ja neljän viikon (parasta ennen -päivä) kulluttua valmistuspäivästä. Yhdellä arviointikerralla arvioitiin kolme näytettä, pois lukien toinen arviointikerta, jolloin näytteitä oli kuusi (näytteet 1–3 PE-arviointi ja näytteet 4–6 tuorearviointi). Jogurtin valmistuspäivien ja profiilitestien ajoittuminen käy ilmi taulukosta 4.

Taulukko 4. Jogurtin valmistuksen ja aistinvaraisten arviointien aikataulu. I = hapatteet 1–3, II = hapatteet 4–6 ja III = hapatteet 7–9. PE = parasta ennen -päivän arviointi.

Viikko	Jogurtin valmistus	Profiilitesti
7	I	
8		I
9		
10	II	
11	III	I PE ja II
12		III
13		
14		II PE
15		III PE

4.2 Materiaalit

4.2.1 Testattavat hapatteet

Testattavia hapatteita oli yhdeksän, jotka luottamuksellisuuden vuoksi on tässä opin-
näytetyössä nimetty juoksevalla numeroinnilla yhdestä yhdeksään. Osa testattavista
hapatteista on parhaillaan käytössä tuotannossa, kun taas osaa ei ollut käytetty edes
laboratoriomittakaavassa ennen tätä koetta. Pääosa hapatteista oli jäisiä pellettejä tai
rakeita, mutta myös muutama pakkaskuivattu, jauhemainen hapate testattiin. Osa en-
nen testaamattomista hapatteista oli valittu kokeeseen sillä perusteella, että ne mah-
dollisesti sopisivat varahapatteiksi tietyille käytössä oleville kannoille.

4.2.2 Raaka-aineet

Valmistettavien jogurttien rasvapitoisuus oli 2,5 % ja proteiinipitoisuus 4,2 %. Haluttu
rasvapitoisuus saavutettiin sekoittamalla täysmaitoa (Valio täysmaito, rasvaa 3,5 %) ja
kevytmaitoa (Valio kevytmaito, rasvaa 1,5 %) sopivassa suhteessa. Proteiinin lisäys
saatiin aikaan lisäämällä rasvatonta maitojauhetta (Valio rasvaton maitojauhe), sillä
täys- ja kevytmaidossa on itsessään vain noin 3 % proteiinia (Anon 4 2011). Oikeiden

pitoisuuksien saamiseksi reseptin laskennassa käytettiin apuna Excel-pohjalle luotua laskuria.

Testattavien jogurttien haluttiin olevan laktoosittomia, joten valmistuksessa käytettiin tuotannossakin käytettävää laktaasi-entsyymiä. Laktaasin käyttömäärä oli sama kuin tuotannossa. Hapatteiden annostelussa noudatettiin annettuja käyttösuosituksia tai ennalta hyväksi havaittuja, tuotannossa käytettyjä määriä.

4.3 Menetelmät

Laboratoriomittakaavassa jogurtin valmistus tapahtui vesihauteessa, jonka lämpötila voitiin säätää kutakin valmistusvaihetta varten sopivaksi. Alussa haude täytettiin kuumalla vedellä, jotta pastörintilälämpötila (90 °C) saavutettiin nopeammin. Pastöroinnin jälkeen laitteisto otti kylmää vettä automaattisesti saavuttaakseen asetetun hapatuslämpötilan (42 °C).



Kuva 4. Jogurtin valmistuslaitteisto.

Työssä käytettiin kolmea haudetta (kuva 4), joista jokaiseen mahtui neljä teräksistä valmistusastiaa, à 4 l (kuva 5). Pienen hauteen etuna oli pienempi vesimassa ja jogurttipanoksen jakautuminen kolmeen eri astiaan. Näin pastöinti- ja hapatuslämpötilat saavutettiin nopeammin, mikä lyhensi valmistuksen kokonaisaikaa. Taulukossa 5 on kuvattu jogurtin valmistuksen päiväkohtainen, keskimääräinen aikataulu. Hapatteesta riippuen hapatusaika saattoi olla hieman lyhyempi tai pidempi (+/- 1 h).

Taulukko 5. Jogurtin valmistuksen päiväkohtainen aikataulu.

Aika	Tehtävä	Tehtävän kuvaus
6.30	Aloitus	Hauteiden täyttö ja lämmitys, hapatteiden varaus
8.00	Pastöinti	90 °C, 5 minuuttia
8.30	Hapatteen ja laktaasin lisäys	Sekoitus
8.30 – 14.30	Hapatus	42 °C, kunnes pH 4,5
13.30	Massan muokkaus	YTRON-Z-homogenisaattori, 3 mm:n terät ja 30 Hz pyörimisnopeus (1800 rpm)
13.30 – 14.30	Jäähdytys + 20 °C:een	Vesihaude
14.30 – 16.00	Annostelu ja kansitus	Annostelu 200 g:n pikareihin ja foliokannen kiinnitys kansituslaitteella

4.3.1 Esivalmistelut

Valmistuspäivän lyhentämiseksi jogurtin teko aloitettiin jo edellisenä päivänä. Maidot ja maitojauhe punnittiin astioihin (kuva 5) ja jätettiin yöksi kylmiöön. Tämä edesauttoi myös maitojauheen liukenemistä maitoon, mikä olisi vaatinut ylimääräistä sekoittamista, jos aineet olisi yhdistetty vasta valmistuspäivän aamuna. Näin varsinaisena valmistuspäivänä voitiin siirtyä suoraan hauteiden lämmitykseen ja pastöintiin.



Kuva 5. Jogurtin valmistusastioita. Kannen keskeltä pilkistävä tappi on sekoittimen varsi.

4.3.2 Pastörinti

Jogurtin valmistus alkoi maidon pastöroinnilla. Vedellä täytetty haude kytkettiin päälle ja lämpötilansäädin I asetettiin pastörintilämpötilaan (90 °C). Hauteen lämpötilaa seurattiin lämpömittarilla (905-T1, Testo). Kun hauteen lämpötila oli 90 °C, laitettiin edellisenä päivänä täytetyt valmistusastiat hauteeseen. Maidon lämpötilan nousua seurattiin lämpömittarilla ja maitoa sekoitettiin valmistusastiaan tarkoitetulla sekoittimella, jotta se lämpeni tasaisesti ja mahdollisimman nopeasti. Maidon lämmentyä pastörintilämpötilaan käynnistettiin laitteen ajastin, johon oli määritelty pastörintiaika, tässä tapauksessa viisi minuuttia. Pastörintiajan päätyttyä haude tyhjensi automaattisesti kuumaa vettä ja otti kylmää vettä tilalle, asetusravona lämpötilasäätimeen II säädetty hapatuslämpötila (42 °C). Maidon jäähtymistä seurattiin lämpömittarista.

4.3.3 Hapattaminen

Käytettävät hapatteet säilytettiin pakastimessa (-50 °C), josta tarvittava määrä haettiin valmistuspäivän aamuna. Hapatteita otettiin ylimäärin, jotta niissä esiintyvistä kannoista saatiin edustava otos. Hapate sulii käyttövalmiiksi huoneenlämmössä, kun hauteet lämpenivät ja maito pastöroitui. Jauhemaisia hapatteita punnittiin myös ylimäärin ja niistä tehtiin laimennokset pastöroituuun maitoon, jotta hapatteen annostelu oli helppompaa.

Kun maito oli saavuttanut hapatuslämpötilan (42 °C), hapate ja laktaasi pipetoitiin valmistusastiaan samalla huolellisesti sekoittaen. Tämän jälkeen massa jätettiin hapattumaan. Hapatuksen etenemistä seurattiin mittaamalla pH-arvoa. Ensimmäinen mittaus tehtiin noin neljän tunnin kuluttua hapatuksen aloittamisesta. Käytettävästä hapatteesta riippuen tavoite pH 4,5 saavutettiin keskimäärin 5–6 tunnin kuluttua hapatuksen aloittamisesta.

4.3.4 Massan muokkaus

Teollisuudessa hapatettuun jogurttimassaan kohdistuu erilaisia voimia, kun se pumpataan hapatustankista pakkauskoneelle ja edelleen pakkaukseen. Tämä vaikuttaa jogurttin rakenteeseen ja viskositeettiin negatiivisesti, mutta samalla se edesauttaa sileän lopputuotteen muodostumista (Silferberg 2002: 211–214). Laboratoriomittakaavassa tätä massan muokkautumista simuloitiin kuvassa 6 näkyvällä laiteparilla. Laittepari koostui lohkoroottoripumpusta ja YTRON-Z-homogenisaattorista (YTRON, Saksa).



Kuva 6. Massan muokkaukseen käytetty laitteisto. Oikealla pumppu, jossa syöttösuppilo ja vasemmalla YTRON-Z-homogenisaattori.

Hapatuksen päätyttyä jogurttimassan rakenne rikottiin sekoittamalla massa tasaiseksi käsisekoittimella. Tämän jälkeen massa (~40 °C) kaadettiin pumpun syöttösuppiloon, josta se pumpattiin homogenisaattoriin. Pumpun luoma paine pakotti massan homogenisaattorin pyörivän terän läpi, jolloin rakenteen epätasaisuudet poistuivat. Yhden panoksen kolme valmistusastiaa kaadettiin syöttösuppiloon peräkkäin ja muokattu jogurtti kerättiin yhteen 10 litran ämpäriin. Eri panosten välillä laitteiston läpi ajettiin useita litroja vettä, jotta se puhdistui edellisestä jogurttipanoksesta.

4.3.5 Jäähdytys ja pakkaus

Jogurttimassan (~40 °C) jäähdyttämiseksi ämpärit nostettiin kylmävesihauteeseen. Jäähdytys lopetettiin, kun jogurtin sisälämpötila oli laskenut 20 °C:seen. Jäähdytynyt jogurtti kaadettiin kannuun, josta se annosteltiin 200 g:n muovipikareihin (valmistettu polystyreenistä), jotka oli tarroitettu valmiiksi näytteiden tunnistamiseksi. Jogurttia annosteltiin noin 150 g / pikari ja ne suljettiin foliokannella kuvassa 7 näkyvällä kansitus-

laitteella. Kansi kiinnittyi siinä olevan liimapinnan ansiosta, kun kuuma pinta painoi kannen pikarin yläreunaa vasten. Jokaisesta panoksesta saatiin valmista jogurttia noin 50 pikaria, jotka vietiin kylmiöön (8 °C).



Kuva 7. Jogurttipikarien kansitukseen käytetty laite.

4.3.6 Jogurtinäytteille tehdyt mittaukset

Sovittuina ajankohtina tarvittava määrä jogurtteja toimitettiin aistinvaraisen arvioinnin laboratorioon profiilitestejä ja kemian analyysipalveluun kemiallisia koostumusanalyysyjä varten. Kemiallisissa analyyseissä jogurteista määritettiin rasva, proteiini, hiilihydraatit, orgaaniset hapot, asetaldehydi ja SH^o eli happoluku (Soxhlet&Henkel-happoisuus) (liite 2). SH^o eroaa pH:sta siten, että se ilmaisee niin vapaiden kuin sidottujenkin vetyionien määrän (pH-luku ilmaisee vain vapaat vetyionit). Kemialliset analyysit tehtiin samoina päivinä kuin profiilitestit, jotta tuloksista voitaisiin etsiä selittäviä tekijöitä pro-

fiilitestin tuloksiin. Viikoittaisessa säilyvyysseurannassa jogurteista mitattiin heroittuminen, pH, viskositeetti (värähtelijäviskosimetri SV-10, A&D, Japan) ja aistinvarainen laatu. Heroittuminen mitattiin imemällä jogurtin pinnalle noussut hera kertakäyttöpipettiin ja lukemalla tulos mitta-asteikolta. Näytteiden lämpötila viskositeettia mitattaessa oli 8 °C. Taulukossa 6 on esitetty yhteenveto jogurtinäytteiden mittauksista sekä niiden ajoittumisesta.

Taulukko 6. Jogurtinäytteille tehdyt mittaukset.

1 vrk	1 vk (tuore)	2 vk	3 vk	4 vk (PE)
	<u>Aistinvarainen arviointi</u> (Profiilitesti)			<u>Aistinvarainen arviointi</u> (Profiilitesti)
	<u>Kemiallinen koostumusanalyysi</u> (Rasva, proteiini, hiilihydraatit, orgaaniset hapot, asetaldehydi, SH°)			<u>Kemiallinen koostumusanalyysi</u> (Hiilihydraatit, orgaaniset hapot, asetaldehydi, SH°)
<u>Säilyvyysseuranta</u> (Heran määrä, pH, viskositeetti, aistinvarainen laatu)	<u>Säilyvyysseuranta</u> (Heran määrä, pH, viskositeetti, aistinvarainen laatu)	<u>Säilyvyysseuranta</u> (Heran määrä, pH, viskositeetti, aistinvarainen laatu)	<u>Säilyvyysseuranta</u> (Heran määrä, pH, viskositeetti, aistinvarainen laatu)	<u>Säilyvyysseuranta</u> (Heran määrä, pH, viskositeetti, aistinvarainen laatu)

5 Profiilitestit

5.1 Raadin koulutus

5.1.1 Arvioitavat ominaisuudet

Aikaisemman kokemuksen ja kaupallisten hapatevalmistajien esitteiden (Anon 2: 2006; Anon 3: 2006) perusteella tiedettiin alustavasti, mitä ominaisuuksia ja kuvailevia sanoja tässä tutkimuksessa eli maustamattomien jogurttien profiilitestissä tarvittiin. Ominaisuuksia ja kuvailevia sanoja ei siis tarvinnut kartoittaa aivan alusta asti. Koulutustilaisuudessa esiteltäviksi ja koulutettavaksi ominaisuuksiksi valittiin paksuus suussa, paksuus lusikassa, happamuus, kermaisuus/täyteläisyys ja jogurttimainen aromi. Lisäksi esiteltiin eri hapatteiden vaikutusta rakenteeseen ja makuun kahdella eri hapatteella hapatetulla maustamattomalla jogurtilla. Vertailunäytteenä käytettiin kaiken aikaa Valion A+™ luonnonjogurttia.

5.1.2 Raati

Raatiin koottiin yrityksen sisältä henkilöitä, jotka olivat aikaisemmin osallistuneet aistinvaraisiin arviointeihin, joten heillä oli jo tietotaitoa ja osaamista aistinvaraisesta arvioinnista yleensä sekä erityisesti jogurttien osalta. Aikaisemman kokemuksen puute jogurteista ei kuitenkaan ollut esteenä raatiin pääsyssä, sillä koulutustilaisuuden ja referenssinäytteiden myötä arvioitavista ominaisuuksista ja niiden voimakkuuksista pääsi nopeasti selville. Koulutustilaisuuteen osallistui kymmenen henkilöä, jotka kaikki olivat naispuolisia, opinnäytetyöntekijää lukuun ottamatta. Koulutus ja profiilitestit järjestettiin aistinvaraisen arvioinnin laboratoriossa.

5.1.3 Referenssinäytteiden valmistus

Koulutusta varten tehtiin referenssinäytteitä, joissa esiintyi tutkittavia ominaisuuksia (taulukko 7). Näytteiden pohjana ja vertailunäytteenä käytettiin A+™ luonnonjogurttia. Happamuutta ja kermaisuutta/täyteläisyyttä kuvattiin näytteillä, joissa ominaisuus tuli esiin ensin miedosti (näyte 1) ja sitten voimakkaasti (näyte 2). Jogurttimaista aromia yritettiin matkia jauhemaisen jogurttiaromin avulla sekoittamalla sitä veteen ja mai-

toon, mutta lopputulos ei ollut halutunlainen. Jogurttimainen aromi ja siinä esiintyvä vaihtelu esitettiin Bulgarian jogurtilla ja Turkkilaisella jogurtilla. Esimerkki hapatteen tuottamista makueroista esitettiin kahdella eri hapatteella hapatetulla LuomuTM luonnonjogurtilla.

Taulukko 7. Koulutuksessa läpi käydyt ominaisuudet ja referenssinäytteiden valmistamiseen käytetyt raaka-aineet sekä käyttömäärät.

Ominaisuus	Kuvailemiseen käytettiin
Paksuus	Paksu jogurtti, A+ TM täyteläinen luonnonjogurtti sellaisenaan. Löysä jogurtti, A+ TM luonnonjogurtti rasvattomalla Laktoositon TM maitojuomalla ohennettuna.
Happamuus	80 % L+ maitohappo (Purac). Ensimmäisessä näytteessä maitohapon pitoisuus oli 0,2 til-% ja toisessa 0,4 til-%.
Kermaisuus/ täyteläisyys	Kaupallinen voitisle (DairyChem). Ensimmäisessä näytteessä voitisleen pitoisuus oli 0,04 til-% ja toisessa 0,15 til-%.
Jogurttimainen aromi	Bulgarian jogurtti ja Turkkilainen jogurtti.
Hapatteen vaikutus	Hapatteella X ja hapatteella Y hapatettu Luomu TM luonnonjogurtti.

Happamuutta ja kermaisuutta/täyteläisyyttä kuvaavat näytteet valmistettiin koulutuspäivää edeltävänä päivänä, jotta maut ehtivät tasaantua. Muut näytteet valmistettiin koulutuspäivän aamuna, pois lukien hapatteen vaikutusta kuvaavat näytteet, jotka oli valmistettu toisen tutkimuksen yhteydessä. Näytteet jaettiin tarjottimille, kirjaimin koodattuihin läpinäkyviin muovipikareihin, noin 50 g näytettä / pikari. Näytekoodit olivat samat kaikille arvioijille, jotta näytteistä voitiin keskustella.

5.1.4 Ominaisuuksien esittely

Koulutustilaisuus pidettiin aistinvaraisen arvioinnin laboratoriossa, jossa kaikki raatilaiset olivat kokoontuneena pyöreän pöydän ympärille. Alussa kerrottiin lyhyesti alkavasta tutkimuksesta ja sen tavoitteista, minkä jälkeen jokaiselle tuotiin näytetarjotin ja arviointilomake, jossa ominaisuudet ja arviointiasteikot oli esitetty. Arviointilomake käytiin läpi ominaisuus ja ominaisuuteen liittyvät referenssinäytteet kerrallaan. Ominaisuuksista, niiden nimeämisestä ja asteikkojen ääripäiden ankkureista käytiin keskustelua, jotta raatilaiset käsittivät arviointiperusteet ja osaisivat arvioida näytteet mahdollisimman yhdenmukaisesti. Päätettiin, että A+TM luonnonjogurtia käytettäisiin kalibrintinäytte-

nä kaikissa arvioinneissa, jotta eri kerroilla suoritettut arvioinnit olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia keskenään.

Eri hapatteiden tuottamat erot esitettiin hieman eri tavalla. Toisella tarjottimella oli kolme koodattua pikaria, joissa oli vertailunäytteenä A+TM luonnonjogurttia ja kahta eri hapatteella hapatettua LuomuTM luonnonjogurttia. Aikaisemmin käydyn keskustelun ja siinä sovittujen ominaisuuksien perusteella raati arvioi nämä kolme näytettä. Arvioijia pyydettiin myös kuvaamaan jokaista näytettä yhdellä tai kahdella ensimmäiseksi mieleen tulevalla sanalla. Arvioinnin lopuksi keskusteltiin havaituista eroista, jotta niistä ja niiden suuruuksista oltiin yhtä mieltä. Koulutustilaisuuden tuloksena kuvaileviksi ominaisuuksiksi valittiin heroittuminen, paksuus lusikassa, paksuus suussa, happamuus, jogurttimainen aromi ja kermaisuus/täyteläisyys.

5.2 Profiilitestien järjestäminen

5.2.1 Kalibrointinäytteen arviointi

Jotta eri arviointikerrat olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia, päätettiin käyttää kalibrointinäytettä. Kalibrointinäytteenä käytettiin Valio A+TM luonnonjogurttia, josta raadin osajoukko (n = 4) arvioi testiin valitut ominaisuudet, ja arvioista laskettu keskiarvo merkittiin näkyväksi profiilitestin arviointijanalla. Näin arvioijilla olisi kiinteä vertailukohta mihin verrata näytteitä, vaikka arvioinnit ajoittuvatkin eri kerroille. Tätä tapaa ei ollut aikaisemmin käytetty Valion aistinvaraisissa arvioinneissa. Tämän toivottiin lisäävän yhdenmukaisuutta ja vertailukelpoisuutta eri arvioijien ja arviointikertojen välillä.

5.2.2 Profiilitestin laatiminen

Valion aistinvaraisen arvioinnin laboratorioissa käytetään FIZZ Network -ohjelmaa. FIZZ Network on ranskalaisen Biosystemes-yhtiön suunnittelema ohjelma, joka on kehitetty aistinvaraisten arviointien ja kuluttajatestien suunnitteluun, suorittamiseen ja tulosten analysointiin. Ohjelmalla voidaan rakentaa muun muassa erotus-, miellyttävyys- ja profiilitestejä. Tulosten analysointia varten ohjelma sisältää erilaisia tilastollisia ja graafisia

työkaluja. Ohjelma on käytössä muun muassa monissa yliopistoissa, tutkimuskeskuksissa ja yrityksissä. (Anon 8 2012.)

Ennen profiilitestin rakentamista tietokoneelle tehtiin testistä liitteenä 1 oleva paperiversio, jonka pohjalta suunniteltiin arvioitavien ominaisuuksien järjestys, arviointias-teikkojen ankkurit ja näiden ankkureiden sanalliset kuvaukset. Koulutustilaisuudessa päätetty ominaisuus heroittuminen jätettiin pois, koska se mitattaisiin säilyvyysseuran- nassa. Tilalle valittiin kiiltävyys, koska valittuna ei ollut yhtään jogurtin ulkonäköä ku- vaavaa ominaisuutta ja koska hapatevalmistaja Danisco oli myös käyttänyt omissa ar- vioinneissaan tätä ominaisuutta (Lauridsen 2012).

Profiilitestiin valittiin kuusi ominaisuutta, jotka yhdessä ankkureiden ja niiden kuvaus- ten kanssa on esitetty taulukossa 8. Arvioitavana olleet kolme näytettä arvioitiin yhtä aikaa ominaisuus kerrallaan. Ensimmäisenä arvioitiin ulkonäkö, sitten rakenne ja lopuksi makuominaisuudet. Profiilitestin lopussa arvioijia pyydettiin vielä kuvailemaan jokaista näytettä kahdella sanalla. Näin myös mahdolliset odottamattomat ominaisuudet tulivat huomioiduiksi.

Taulukko 8. Profiilitestin ominaisuudet ja ankkurit.

Ominaisuus	Ankkuri min.	Ankkuri max.
Kiiltävyys, valon heijastu- vuus näytteen pinnasta	Matta, viillin homekerros	Kiiltävä, peilin pinta
Paksuus lusikalla mitattu- na	Löysä, yhtenäinen virta, kun näytettä pudotetaan 5 cm:n korkeudelta näyteastiaan	Paksu, putoaa klöntteinä, kun näytettä pudotetaan 5 cm:n korkeudelta näyteastiaan
Paksuus suussa	Löysä	Paksu, kuin A+ täyteläinen
Happamuus, happaman maun voimakkuus	Mieto, hyvin vähäinen maito- hapon maku	Voimakas, hyvin voimakas mai- tohapon maku
Jogurttimainen maku	Mieto	Voimakas
Kermanen/täyteläinen maku	Mieto	Voimakas

Profiilitesti rakennettiin FIZZ Network -ohjelmalla, kun valittujen ominaisuuksien järjes- tys, arviointias-teikkojen ankkurit ja niiden kuvaukset oli saatu valmiiksi. Rakentaminen käsitti paperiversioon suunniteltujen tietojen syöttämisen ohjelmaan ja arviointias-teik-

kojen skaalauksen. Testi pyrittiin ohjeistamaan hyvin kirjoittamalla testin inforuutuihin tavallista yksityiskohtaisemmat arviointiohjeet.

5.2.3 Arviointien järjestäminen

Profiilitestiä varten näytteet annosteltiin kirjaimilla koodattuihin läpinäkyviin näytepikareihin, noin 50 g näytettä / pikari. Kirjaimina käytettiin aakkosten keskivaiheiden konsonantteja, jotka eivät viittaa laatuluokituksiin tai paremmuusjärjestyksiin (Mustonen ym. 2008: 182). Näytteet järjestettiin tarjottimille satunnaiseen järjestykseen FIZZ Network -ohjelmasta saadun avainkartan mukaan, näin esitysjärjestyksen vaikutus arviointiin tuli eliminoiduksi. Samalle tarjottimelle laitettiin myös referenssinäytteet eli eri arvioitavia ominaisuuksia kuvaavat jogurttinäytteet. Lisäksi tarjottimella oli kalibrointinäyte, Valio A+™ luonnonjogurtti. Referenssinäytteiden ja kalibrointinäytteen tarkoituksena oli saada arviointi eri arvioijien ja arviointikertojen välillä mahdollisimman yhdenmukaiseksi. Arviointitilanne näytteineen on kuvattu kuvassa 8.



Kuva 8. Arviointitilanne. Näytetarjottimella on kolme näytettä, referenssinäytteet ja kalibrointinäyte.

Referenssinäytteiden ominaisuudet ja ominaisuuksien kuvaustavat on esitetty taulukossa 9. Referenssinäytteitä oli vähemmän ja osa ominaisuuksista oli kuvattu hieman eri tavalla kuin koulutustilaisuudessa (taulukko 7), sillä liian suuri referenssinäytteiden määrä olisi ollut arviointia häiritsevä tekijä. Referenssinäytteitä käytettiin kahdella ensimmäisellä arviointikerralla, tämän jälkeen tarjottimelle laitettiin varsinaisten näytteiden lisäksi vain kalibrointinäyte.

Taulukko 9. Referenssinäytteiden ominaisuudet ja menetelmä, jolla ominaisuudet kuvattiin.

Ominaisuus	Kuvailemiseen käytettiin
Paksuus suussa ja lusikassa	Valio A+™ täyteläinen luonnonjogurtti
Happamuus	Valio A+™ luonnonjogurtti johon lisätty 0,4 til-% 80 % L+ maitohappoa (Purac)
Kermanen/täyteläinen maku	Valio Turkkilainen jogurtti
Jogurttimainen aromi	Valio Bulgarian jogurtti + hajunäyte (jauhemainen jogurttiaromi)

Valmiit näytetarjottimet peitettiin foliolla ja laitettiin jääkaappiin (8 °C), josta arvioijat ottivat tarjottimen tullessaan arvioimaan. Arvioinnit pyydettiin suorittamaan kello yhdeksän ja yhdentoista välillä. Näin arvioijien aistit olisivat mahdollisimman hyvässä viireessä, eivätkä häiriintyneet esimerkiksi ruokailun johdosta. Asetetulla aikataululla pyrittiin myös estämään näytteiden liiallisesta seisomisesta mahdollisesti aiheutuvat virhemaut. Eri arvioijien aikataulullisista syistä johtuen tämä ei kuitenkaan ollut aina mahdollista, vaan osa arvioinneista tehtiin vasta myöhemmin iltapäivällä, mikä saattoi aiheuttaa pientä virhettä joihinkin arvioitaviin ominaisuuksiin.

5.3 Tulosten käsittely

Tulokset käsiteltiin varianssianalyysillä (ANOVA), jotta nähtiin, erosivatko eri hapatteet eli jogurttinäytteet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi arvioitujen ominaisuuksien tai arviointiajankohdan suhteen. Profiilitestien, kemiallisten koostumusanalyysien ja säilyvyysseurannan välisiä korrelaatioita tutkittiin ja tuloksia analysoitiin myös pääkomponenttianalyysillä (PCA). Aineiston analysoinnissa käytettiin SPSS (IBM SPSS Statistics 19.0)- ja XLSTAT (Addinsoft XLSTAT 2010.2) -ohjelmia. Koska arviointiajankohdalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta muihin ominaisuuksiin kuin happamuuteen,

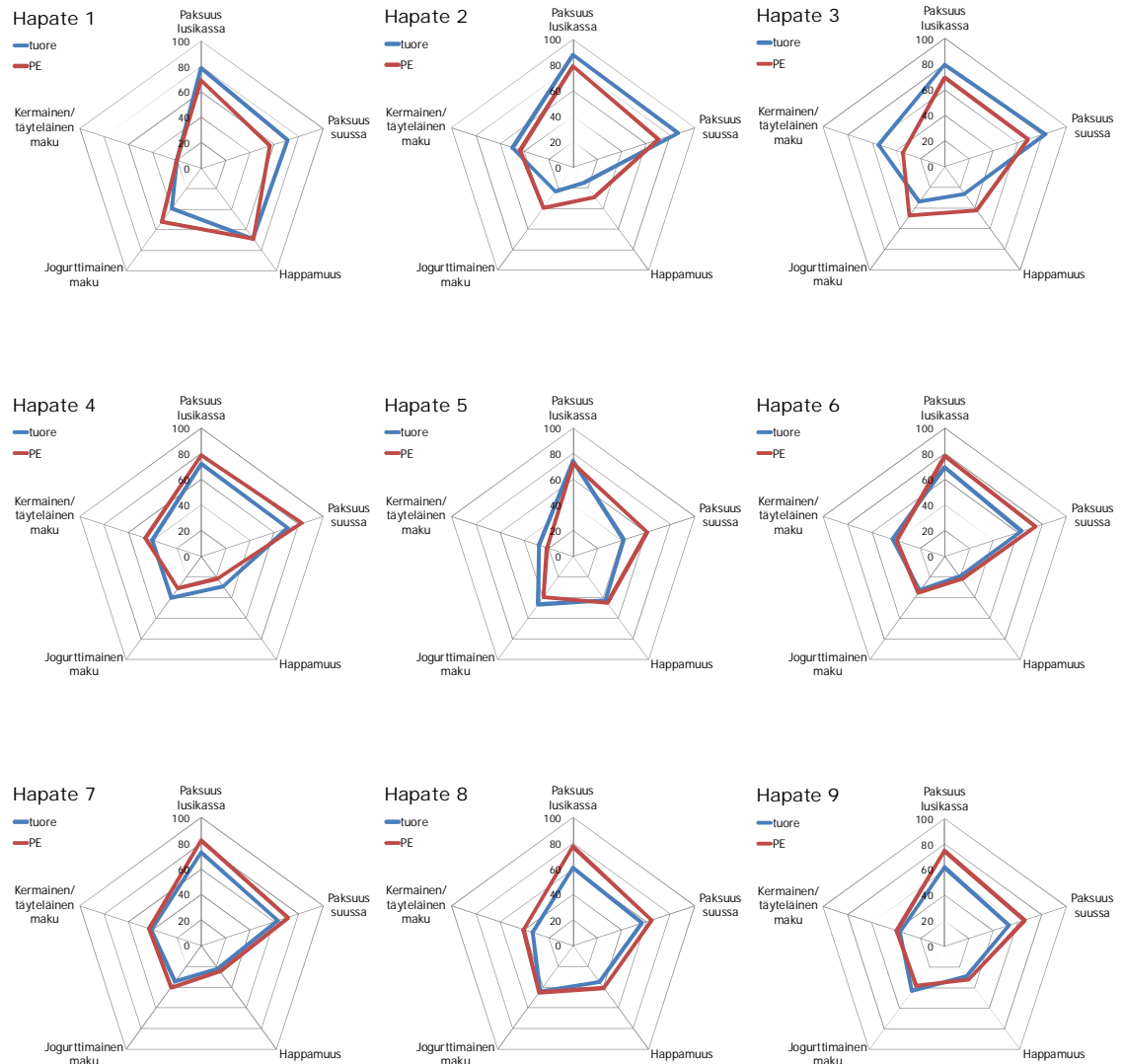
käytettiin aistinvaraisia profiileita lukuun ottamatta muissa tulosten esittämisessä vain tuore-arvioiden (1 vk valmistuspäivästä) ja -analyysien mittausdataa.

Profiilitestissä arvioitujen ominaisuuksien keskiarvoista piirrettiin tähtikuviot, joissa kuvattiin tuoreena ja PE-päivänä tehdyt arvioinnit. Jokaisesta hapatteesta piirrettiin oma kuvaajansa, jotta hapatteiden välisiä eroja oli helpompi vertailla. Kiiltävyys-ominaisuus oli arvioitu epäjohdonmukaisesti niin tuoreena kuin PE-päivänäkin, joten se jätettiin kokonaan pois profiileista ja tulosten tarkastelusta. Profiilitestissä (tuore arvioinnit) arvioitujen ominaisuuksien keskiarvoista piirrettiin myös ominaisuuskohtaiset pylväskuvaajat, joiden x-akselilla kuvattiin hapatteet ja y-akselilla arvioidun ominaisuuden voimakkuus. Pylväskuvaajien avulla tarkasteltiin hapatteiden välisiä eroja ominaisuuskohtaisesti.

Profiilitestien, kemiallisten analyysien ja säilyvyysseurantamittausten (pH ja viskositeetti) korrelaatioita (Pearson) tutkittaessa karsittiin pois muuttujat/mittaukset, joissa ei ollut merkittävää vaihtelua eri hapatteiden välillä tai jotka eivät korreloineet minkään muun muuttujan kanssa. Muutamien, työn tavoitteiden kannalta kiinnostavien muuttujien/mittausten välisiä yhteyksiä tarkasteltiin myös sirontakuvioiden ja pääkomponenttianalyysin avulla.

6 Tulokset

6.1 Aistinvaraiset profiilit



Kuva 9. Eri hapatteilla valmistettujen jogurttien aistinvaraiset profiilit. Tuorearviointi: yksi viikko valmistuspäivästä. PE-arviointi (parasta ennen -päivä): neljä viikkoa valmistuspäivästä. (n = 6–9, arviointikerrasta riippuen).

Arviointiajankohta (tuore vs. PE) ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi muuhun kuin happamuuteen ($p = 0,042$). Kuvasta 9 nähdään, että jogurtit oli arvioitu keskimäärin yhtä happamiksi tai happamammiksi PE-päivänä (pois lukien jogurtti 4, joka oli arvioitu vähemmän happamaksi). Happamuus lisääntyi erityisesti jogurteissa 2 ja 3. Hapatteella ja arviointiajankohdalla oli tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus paksuuden arvioin-

nissa sekä lusikalla että suussa ($p < 0,001$). Ensimmäisellä arviointikerralla (jogurtit 1–3) jogurtit arvioitiin keskimäärin paksummiksi kuin muilla kerroilla. Jogurteissa 1–3 paksuus väheni tuoreesta PE-arviointiin, kun taas jogurteissa 4–9 paksuus kasvoi säilytyksen aikana. Jogurttimainen maku voimistui tuoreesta PE-arviointiin jogurteissa 1–3. Muissa jogurteissa jogurttimainen maku pysyi lähes yhtä voimakkaana tai väheni. Kermainen/täyteläinen maku väheni jogurteissa 2, 3 ja 5, mutta jogurtissa 8 se voimistui hieman säilytyksen aikana.

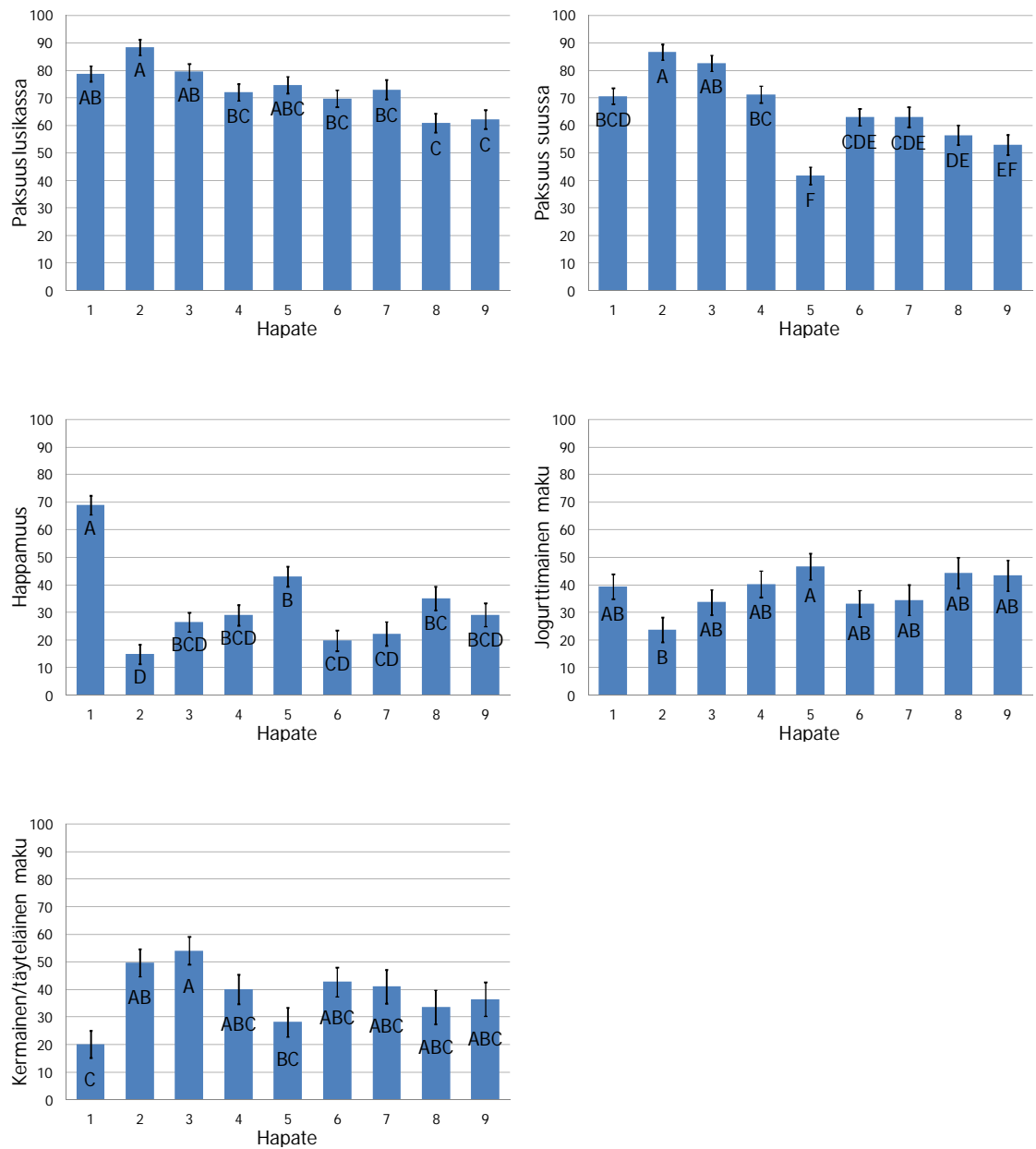
Tuoreena arvioituissa jogurteissa hapatteella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus kaikkiin viiteen ominaisuuteen ($p < 0,001$; paitsi jogurttimainen maku $p = 0,038$). PE-päivänä arvioituissa jogurteissa hapatteella oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus kaikkiin muihin ominaisuuksiin paitsi jogurttimaiseen makuun (paksuus lusikassa $p = 0,04$; paksuus suussa $p = 0,022$; happamuus ja kermainen/täyteläinen maku $p < 0,001$). Jogurttimaista makua lukuun ottamatta erot muissa ominaisuuksissa johtuivat siis käytetystä hapatteesta. Arviointiajalla (tuore vs. PE) ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta muihin ominaisuuksiin kuin happamuuteen ($p = 0,042$). Minkään muun ominaisuuden kuin happamuuden ei siis havaittu muuttuneen tilastollisesti merkitsevästi säilytyksen aikana.

Heroittumista ei esiintynyt jogurteissa juuri lainkaan. Ainoastaan jogurtissa 7 havaittiin hieman heroittumista PE-päivänä. Liitteessä 2 on esitetty muut säilyvyysseurannassa mitatut parametrit (pH ja viskositeetti) tuore- ja PE-arviointipäivien osalta.

6.2 Hapatteiden erot ominaisuuksittain

Tilastollisesti merkitsevien erojen perusteella (ANOVA, Tukeyn testi) hapatteet voitiin jakaa ominaisuuksittain ryhmiin (kuva 10). Samaan ryhmään kuulumisen tarkoittaa, että hapatteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Kuvasta 10 nähdään, että lusikalla arvioitu paksuus jakoi jogurtit kolmeen ja suussa arvioitu paksuus kuuteen ryhmään. Jogurtti 2 oli kummankin ominaisuuden perusteella paksuin. Happamuuden perusteella jogurtit jakaantuivat neljään ryhmään. Jogurtti 1 oli ylivoimaisesti happamin ja jogurtti 2 vähiten hapan. Jogurttimaisen maun perusteella jogurtit jakoutuivat vain kahteen ryhmään. Jogurtti 5 oli jogurttimaiselta maultaan voimakkain ja jogurtti 2 miedoin. Kermaisen/täyteläisen maun perusteella jogurtit jakaantuivat kol-

meen ryhmään. Jogurtti 3 oli kermaiselta/täyteläiseltä maultaan voimakkain ja jogurtti 1 miedoin.

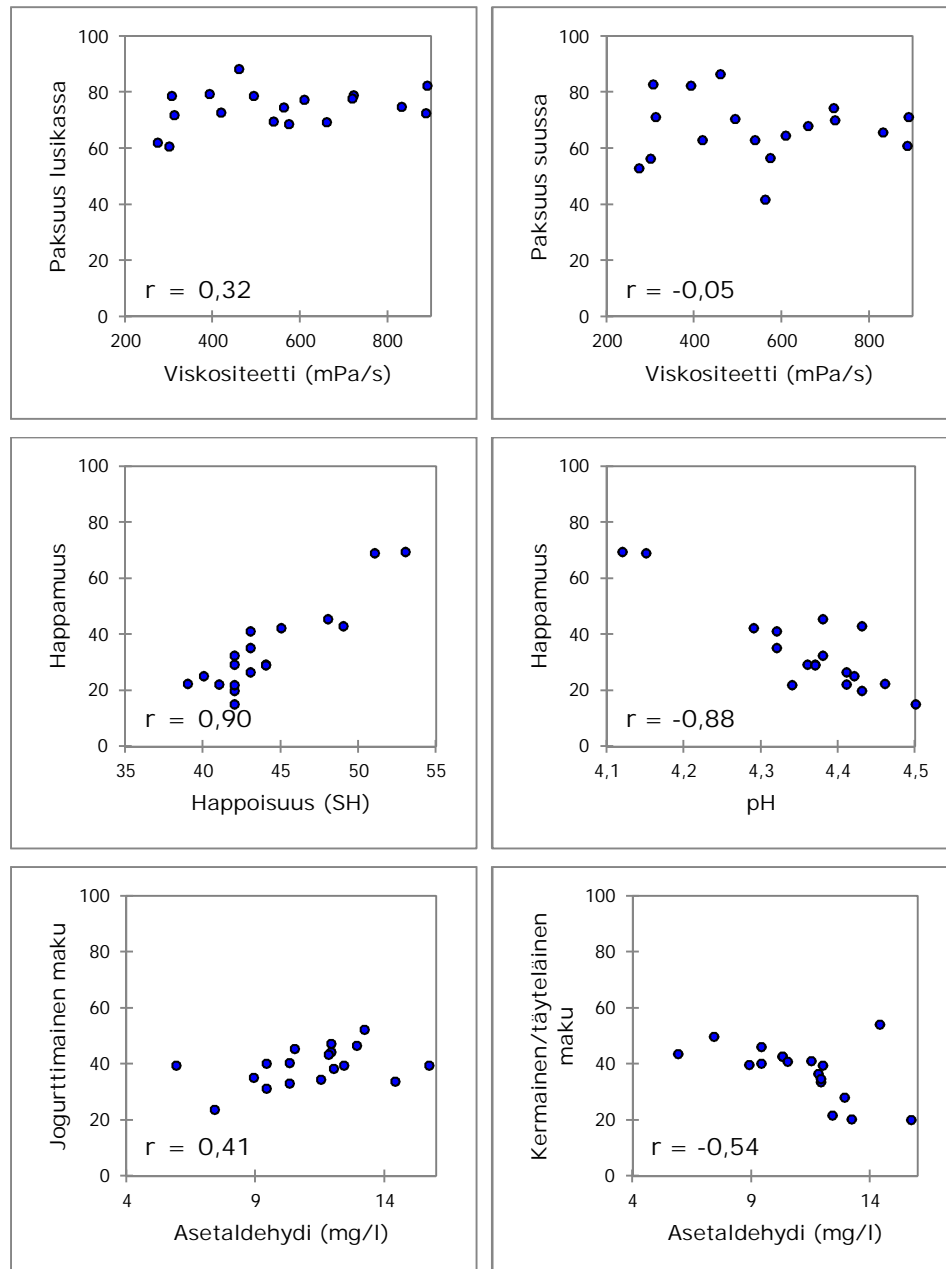


Kuva 10. Ominaisuuksien keskiarvot keskivirheineen. Toisistaan tilastollisesti merkitsevästi eroavat hapatteet (ominaisuuskohtaisesti) on eroteltu kirjaimin A–F ($p < 0,05$) (Tukeyn testi). ($n = 6-9$, arviointikerrasta riippuen).

6.3 Aistinvaraisten arviointien yhteys muihin mittauksiin

Taulukossa 10 on esitetty aistinvaraisten arviointien ja muiden mittausten korrelaatiot (Pearson). Lihavoidut korrelaatiokertoimet ilmaisevat tilastollisesti merkitsevää korre-

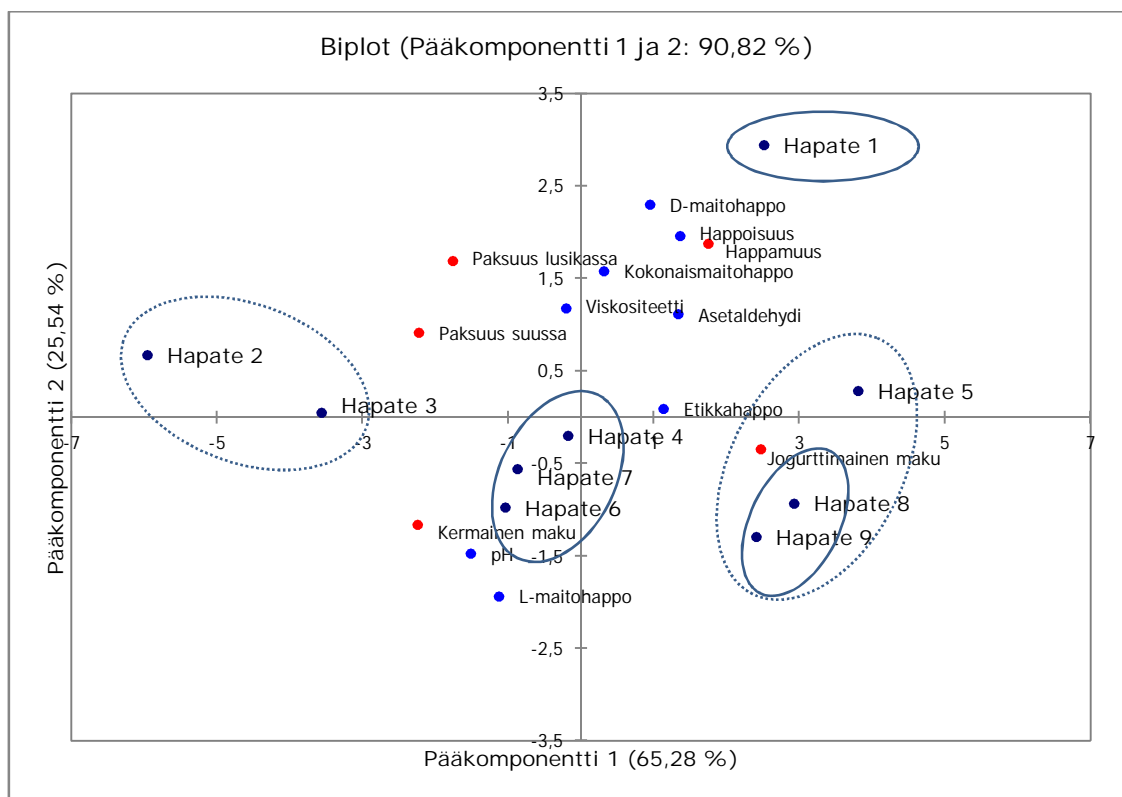
Tutkittaessa sitä, miten aistinvaraiset ominaisuudet korreloivat toisiinsa aistinvaraisiin ominaisuuksiin (taulukko 10), huomataan, että lusikassa arvioitu paksuus korreloi positiivisesti suussa arvioituun paksuuteen ($r = 0,69$). Happamuus korreloi positiivisesti jogurttimaiseen makuun ($r = 0,70$) ja negatiivisesti kermaiseen/täyteläiseen makuun ($r = -0,86$). Paksuus suussa korreloi positiivisesti kermaiseen/täyteläiseen makuun ($r = 0,63$).



Kuva 11. Sirontakuviot valittujen aistinvaraisten ominaisuuksien ja muiden mittausten korreloivuuksista. Kuvioden vasemmassa alareunassa muuttujien korrelaatiokerroin (r).

Työn tavoitteiden perusteella valittujen muuttujien välistä yhteyttä tarkasteltiin sironta-kuvioiden avulla (kuva 11). Kuvasta 11 nähdään, että viskositeettimittaus ja paksuus suussa eivät korreloineet keskenään ($r = -0,05$). Viskositeetti ja paksuus lusikassa sen sijaan korreloivat hieman, mutta eivät merkittävästi ($r = 0,32$). Aistittavan happamuuden ja happoisuuden (SH°) välinen yhteys oli lähes lineaarinen ($r = 0,90$). Aistittava happamuus ja pH korreloivat keskenään lähes yhtä voimakkaasti ($r = -0,88$). Jogurttimaisen maun ja asetaldehydipitoisuuden välillä oli lähes merkittävä korrelaatio ($r = 0,41$). Kermaisella/täyteläisellä maulla oli merkittävä, negatiivinen korrelaatio asetaldehydipitoisuuden kanssa ($r = -0,54$).

Aistinvaraisista ja muista mittauksista tehdyssä PCA-kuvassa (kuva 12) nähdään, että kaksi komponenttia selitti 90,8 % hapatteiden välillä esiintyvistä vaihtelusta. Ensimmäinen komponentti selittää tästä vaihtelusta 65,3 % ja toinen 25,5 %. Pääkomponentin 1 (x-akseli) voidaan todeta kuvaavan maullisia eroja ja pääkomponentin 2 (y-akseli) rakenteellisia eroja. Hapatteiden sijoittuminen kuvassa kertoo, että ne erosivat enemmän maullisten kuin rakenteellisten ominaisuuksiensa perusteella.



Kuva 12. Hapatteiden, profiilitestissä arvioitujen ominaisuuksien sekä valittujen muuttujien sijoittuminen kahden pääkomponentin mukaan.

Hapatteiden, aistinvaraisten ominaisuuksien ja muiden mittausten sijoittuminen kuvassa 12 kertoo niiden yhteneväisyyksistä ja suhteesta toisiinsa. Lähellä toisiaan olevat näytteet muistuttavat toisiaan, ja lähellä näytteitä olevat ominaisuudet ja muut mittaukset kuvaavat näitä näytteitä. Kuvaan 12 sijoittumisen perusteella hapatteet voidaan jakaa karkeasti neljään ryhmään: I (hapate 1), II (hapatteet 4, 6 ja 7), III (hapatteet 5, 8 ja 9) IV (hapatteet 2 ja 3). Kuvasta 12 nähdään myös, että happoisuus (SH°), aistittava happamuus ja D-maitohappo (D-maitohapon määrä) liittyivät toisiinsa ja kuvasivat erityisesti hapatteella 1 valmistettua jogurttia. L-maitohappo ja pH olivat hyvin lähellä hapateryhmää II. Jogurttimainen maku taas oli hyvin lähellä hapateryhmää III. Rakenteeseen liittyvät ominaisuudet paksuus lusikassa ja paksuus suussa sekä viskositeettimittaus sijoittuivat lähelle toisiaan.

7 Tulosten tarkastelu

7.1 Aistinvaraiset profiilit

Säilytyksen vaikutus jogurttien laatuun selvisi vertaamalla tuoreena ja PE-päivänä tehtyjen arviointien/analyysien tuloksia. Jogurttien 2 ja 3 pH oli laskenut yli 0,1 yksikköä ja happoisuus (SH°) noussut kaksi yksikköä. Jogurtin 4 pH oli pysynyt lähes samana, mutta happoisuus oli laskenut kaksi yksikköä. Muiden jogurttien pH oli pysynyt samana tai laskenut alle 0,1 yksikköä ja happoisuus (SH°) oli pysynyt samana tai muuttunut +/- yhdellä yksiköllä (pois lukien jogurtti 1). Näistä tuloksista nähdään, että aistittavassa happamuudessa havaittiin merkitseviä eroja, kun pH muuttui yli 0,1 yksikköä ja/tai happoisuus (SH°) kaksi yksikköä tai enemmän. Jogurtit 2 ja 3 pois lukien jogurteissa oli tapahtunut hyvin vähän tai ei ollenkaan jälkihappanemista ja jogurttia 7 lukuun ottamatta jogurteissa ei havaittu lainkaan heroittumista (jogurtin 7 heroittuminenkin vasta PE-päivänä). Tämä on hyvä asia, sillä jälkihappaneminen ja heroittuminen ovat ei-toivottua ja vähentävät tuotteen hyväksyttävyyttä kuluttajien keskuudessa (Gürakan & Altay 2010: 108; Özer & Kirmaci 2010: 256–258).

7.2 Hapatteiden erot ominaisuuksittain

Hapatteet voitiin jakaa lusikalla arvioidun paksuuden mukaan kolmeen ja suussa arvioidun paksuuden mukaan kuuteen ryhmään. Ero kertoo, että suussa arvioitu paksuus erotteli hapatteet paremmin toisistaan. Lusikalla arvioidun paksuuden arvioinnin epätarkkuuteen saattoivat vaikuttaa myös arvioijien erilaiset tavat suorittaa paksuuden arviointi, vaikka tämä pyrittiin saamaan ohjeistuksella yhtenäiseksi. Jogurtti 2 oli paksuinta niin lusikalla kuin suussakin arvioiden, mutta viskositeetiltaan se oli vasta neljänneksi paksuin. Suussa löysimmäksi arvioidun jogurtin 5 viskositeetti oli puolestaan kaikkein korkein. Paksuuksissa havaitut erot johtuvat hapatekantojen erilaisesta kyvystä tuottaa eksopolysakkarideja (Gürakan & Altay 2010: 109–110). Myös tuotetun eksopolysakkaridin laatu vaikuttaa paksuuteen ja rakenteeseen (Laverazzi ym. 1998: 71). Paksuusominaisuuksien ja viskositeettimittauksen yhteyttä on käsitelty myöhemmin luvussa 7.3.

Happamuuden perusteella muodostui hieman vähemmän ryhmiä kuin suussa arvioidun paksuuden perusteella. Happamuusarvioinnin tuloksia voidaan pitää luotettavampina, koska paksuus oli arvioitu aluksi ehkä liian laajalla skaalalla. Tätä tukee pääkomponenttianalyysin tulos, josta käy ilmi hapatteiden jakaantuminen enemmän maullisten kuin rakenteellisten ominaisuuksien perusteella. Aistinvaraisesti happamimmaksi arvioitu jogurtti 1 oli myös pH:ltaan ja happoisuudeltaan muita jogurtteja huomattavasti happamampi. Syy erittäin happamaan makuun saattoi olla huomattavan korkea D-maitohappopitoisuus. Muissa jogurteissa L-maitohappoa oli selvästi enemmän kuin D-maitohappoa. Toiseksi happamimmaksi arvioidussa jogurtissa 5 ei ollut poikkeavan korkeaa D-maitohappopitoisuutta. Happoisuus (SH°) sen sijaan oli korkea ja samaa tasoa jogurtin 1 kanssa, mutta pH oli kuten muilla, vähemmän happamilla jogurteilla. Jogurtin 5 aistittavan happamuuden saattoi aiheuttaa muita selvästi korkeampi etikkahappopitoisuus. Aistittavaan happamuuteen vaikuttivat todennäköisesti kokonaismaitohappopitoisuus, maitohapon laatu ja mahdollisesti etikkahappopitoisuus. Vaikka aistittava happamuus ja asetaldehydipitoisuus näyttivät korreloivan, jogurtit eivät olleet happamuuden mukaisessa järjestyksessä asetaldehydipitoisuuden perusteella. Happamuuden aistimiseen vaikuttaa myös jogurtin suutuntuma. Øhrstrom Rungen ym. (2003: 396) tutkimuksessa pH-arvoiltaan samanlaisista näytteistä suutuntumaltaan löysempi jogurtti arvioitiin happamammaksi.

Vähiten ryhmiä muodostui jogurttimaisen maun perusteella. Hapatteiden välille ei siis juuri saatu eroa tämän ominaisuuden perusteella. Tähän saattoi vaikuttaa se, että ominaisuutta oli melko hankala arvioida eivätkä kaikki arvioijat välttämättä arvioineet sitä samalla tavalla. Jatkossa ryhmän koulutuksessa tulisikin löytää parempi keino simuloida ja esittää tätä ominaisuutta, jotta tämä jogurttimakujen kannalta tärkeä ominaisuus arvioitaisiin tarkemmin. Asetaldehydin on todettu liittyvän suoraan maustamattomien jogurttien flavoriin ja makuun (Anon 3 2006: 6). Sirontakuvioiden perusteella nähtiin, että jogurttimaisen maun ja asetaldehydipitoisuuden välillä oli yhteys, vaikka ne eivät korreloineetkaan merkitsevästi. Jogurtti 5 oli jogurttimaiselta maultaan voimakkein. Syynä tähän ei voida kuitenkaan pitää yksin asetaldehydipitoisuutta, sillä muissa jogurteissa oli tätäkin korkeampia asetaldehydipitoisuuksia. Poikkeavana tekijänä jogurtissa 5 oli muihin jogurteihin verrattuna erittäin korkea etikkahappopitoisuus ja matala kokonaismaitohappopitoisuus. Tässä tutkimuksessa kemialliset analyysit ais-

tinvaraisen arvioinnin tukena auttoivat tulkitsemaan, mistä tekijöistä jogurttimainen maku muodostuu.

Kermaisen/täyteläisen maun perusteella ryhmiä muodostui kolme. Positiivinen korrelaatio suussa arvioidun paksuuden kanssa ja negatiivinen korrelaatio aistittavan happamuuden kanssa kertoivat, että kermainen/täyteläinen maku koettiin eri lailla riippuen tuotteen paksuudesta ja happamuudesta. Toisin sanoen rakenteeltaan löysää jogurttia ei välttämättä mielletä kermaiseksi/täyteläiseksi ja voimakas happamuus voi vähentää kermaisen/täyteläisen maun aistittavuutta. Kermaisen/täyteläisen maun ja myös asetaldihydipitoisuuden välillä havaittiin juuri ja juuri merkitsevä negatiivinen korrelaatio. Voimakkaimmiksi arvioitujen jogurttien 2 ja 3 tai miedoimmaksi arvioidun jogurtin 1 välille ei löytynyt selittäviä tekijöitä kemiallisista analyyseistä. Erot kermäisessä/täyteläisessä maussa eri jogurttien välillä johtuivat edellä mainittujen asioiden lisäksi todennäköisesti muista hapatteiden tuottamista, tässä tutkimuksessa määrittämättömistä aineenvaihduntatuotteista (mm. diasetyyli ja dimetyylisulfidi) (Schäfer 2012).

7.3 Aistinvaraisten arviointien yhteys muihin mittauksiin

D- ja L-maitohapon korreloivuuksia aistittavan happamuuden ja kermaisen/täyteläisen maun kanssa tulee tarkastella varauksella. Korrelaatio johtui lähes pelkästään jogurtin 1 korkeasta D-maitohappopitoisuudesta ja aistittavasta happamuudesta (kermäisen/täyteläisen maun aistittavuuden jäädessä happamuuden takia erittäin miedoksi). Vääristymää aiheutti myös jogurtin 1 poikkeuksellisen matala pH (pH 4,15). Näiden tulosten perusteella ei voida sanoa varmaksi, miten D-maitohappo vaikuttaa aistittavaan happamuuteen ja/tai kermäiseen/täyteläiseen makuun.

Asetaldehydin määrä korreloi aistittavaan happamuuteen, ja sillä oli myös heikko negatiivinen korrelaatio kermäiseen/täyteläiseen makuun. Jogurttimaisen maun kanssa se ei korreloinut merkitsevästi, mutta niiden välillä oli yhteys. Kemiallisten koostumusanalyysien tuloksista nähdään, että asetaldihydipitoisuus ei välttämättä vaikuta yksin ja suoraan aistittavaan happamuuteen. Esimerkiksi jogurtti 3, jonka asetaldihydipitoisuus oli korkea, arvioitiin miedosti happamaksi. Kirjallisuuden mukaan asetaldihydin aistittavuus riippuu myös pH:sta: matalammassa pH:ssa syntyy voimakkaampi aistimus (Øhrstrom Runge ym. 2003: 394).

Happoisuus ja pH korreloivat (pH negatiivisesti, koska laskiessaan happamuus voimistuu) erittäin voimakkaasti aistittavan happamuuden kanssa ja melko voimakkaasti jogurttimaisen maun kanssa sekä negatiivisesti kermaisen/täyteläisen maun kanssa. Happoisuuden ja pH:n voidaan siis todeta olevan luotettavia instrumentaalisia mittareita aistittavan happamuuden kuvaamisessa. Kermaista/täyteläistä makua taas ei voida päätellä suoraan happoisuuden tai pH-arvon perusteella.

Sirontakuviosta nähdään, että tässä tutkimuksessa lusikassa arvioitu paksuus korreloi viskositeetin kanssa hieman, mutta ei merkitsevästi. Suussa arvioitu paksuus taas ei korreloinut viskositeetin kanssa ollenkaan. Syynä tähän oli mahdollisesti viskosimetrin ja lusikassa arvioidun mittauksen samankaltaisuus mekaanisessa mielessä. Suussa paksuus koetaan ja edelleen arvioidaan aivan eri tavalla. Suussa aistittuun paksuuteen vaikuttaa mekaanisen paksuuden lisäksi suutuntuma (*mouthfeel*) eli se, miten arvioitava tuote leviää/tarttuu suuhun ja kuinka kauan se pysyy suussa. Suutuntumaan vaikuttaa muun muassa jogurtin rasvapitoisuus (Gürakan & Altay 2010: 104). Rakenteen aistimiseen vaikuttaa myös tuotteen lämpötilan muutos pureskelun aikana (Karhunen & Tuorila 2008: 47).

Rohm ym. (1994) löysivät tutkimuksissaan heikon korrelaation viskositeetin ja suutuntuman välille (*set type* -jogurteja). Pitkäsen (2010) löytämät viskositeetin ja aistittavan paksuuden (paksuus lusikassa) väliset korreloivuudet riippuivat siitä, millä viskosimetrillä mittaukset oli tehty. Näistä tutkimuksista voidaan päätellä, että viskositeettia ei voida suoraan verrata suussa aistinvaraisesti arvioituun paksuuteen. Lusikalla arvioituun paksuuteen viskositeetilla näyttäisi kuitenkin olevan jonkinlainen yhteys.

PCA-kuvaajan kaksi pääkomponenttia selittävät lähes kokonaan hapatteiden välisen vaihtelun. Hapate 1 oli erillään muista runsaan happamuuden, happoisuuden ja korkean D-maitohappopitoisuutensa vuoksi. Se oli selkeästi erityylinen hapate kuin muut testatuista hapatteista. Hapatteet 4, 6 ja 7 muodostivat ryhmän asettuen lähes kuvan keskelle. Tätä ryhmää ei määritellyt mikään tietty ominaisuus, ja ne olivatkin neutraaleimmat testatuista hapatteista. Hapatteet 8 ja 9 olivat hyvin lähellä toisiaan, ja samaan ryhmään voidaan katsoa kuuluvaksi myös hapate 5. Ryhmää kuvasi erityisesti jogurttimainen maku. Hapate 5 liittyy toisaalta myös happamuuteen ja happoisuuteen sekä asetaldehydiin. Hapatteet 2 ja 3 olivat samalla suunnalla, mutta eivät välttämättä

muodostaneet selkeää ryhmää. Niitä kuvasi erityisesti kermanen/täyteläinen maku ja paksuus.

7.4 Tutkimuksen toteutuksen arviointi

Aistinvaraisten arviointien jakautuminen useammalle arviointikerralle on ei-toivottavaa, koska tulokset eivät ole tällöin välttämättä aivan yhtenäisiä. Arviointien yhteneväisyyteen vaikuttaa negatiivisesti esimerkiksi arvioijien vireystila, joka saattaa vaihdella eri arviointikerroilla, ja jos arviointikertojen välillä kuluu useita päiviä, eivät arvioijat voi tarkasti muistaa, kuinka he arvioivat edellisen kerran näytteet. Tässä tutkimuksessa arviointeja pyrittiin yhdenmukaistamaan luvussa 5.2.1 kuvatulla kalibrointinäytteellä. Kalibrointinäytteen tarkoituksena oli, että arvioijilla olisi arviointikerrasta toiseen kiinteä vertailukohta, mihin he voisivat tukea arviointinsa.

Paremmän hyödyn saamiseksi kalibrointinäytteen käyttö olisi voitu toteuttaa hieman eri tavalla. Luvussa 5.2.1 kuvatun sijaan kalibrointinäytteenä käytetty jogurtti olisi voitu arvioida jokaisella arviointikerralla näytteiden joukossa. Näytteille olisi saatu myös tällä tavalla kiinteä vertailukohta, ja lisäksi samalla olisi saatu tietoa raadin toistettavuudesta. Kalibrointinäytteessä havaittujen laadunvaihtelujen johdosta myös viskositeettimitaus ja mahdollisesti kemialliset koostumusanalyysit olisivat antaneet tietoa, kuinka paljon vakioidussa prosessissa valmistetussa tuotteessa esiintyy luonnollista vaihtelua. Esiintyneet laadunvaihtelut saattoivat aiheuttaa pientä virhettä arviointiin. Kalibrointinäytteen käyttö jatkossa vaatiikin menetelmän kehittämistä.

Profiilitestin ominaisuuksien, niiden sanallisten ankkureiden ja taulukossa 9 kuvattujen referenssinäytteiden valinta oli erittäin haastavaa, koska hapatteiden mahdollisesti tuottamien ominaisuuksien ennustaminen osoittautui vaikeaksi. Profiilitestissä arvioitu kiiltävyys (ankkurit matta–kiiltävä) ei ollut kovin erotteleva ominaisuus, sillä kaikki jogurtit olivat pääsääntöisesti kiiltäviä. Parempi ulkonäköominaisuus olisi ollut esimerkiksi verkkomaisuus (ankkurit sileä–verkkomainen), koska tämä olisi kuvannut paremmin jogurttien ulkonäössä esiintynyttä vaihtelua. Myös venyvyys olisi ollut käyttökelpoinen ominaisuus, sillä jogurteissa havaittiin niin lyhyttä kuin venyvääkin rakennetta.

Hapatteen ja arviointiajankohdan yhteisvaikutus paksuusominaisuuksien arvioinnissa osoitti, että arviointi oli epäjohdonmukaista eri arviointikerroilla. Jogurtit 1–3 arvioitiin tuoreena paksummiksi kuin PE-arvioinnissa. Muissa jogurteissa paksuus sen sijaan lisääntyi tuore-arvioinnista PE-arviointiin. Syy hieman epäjohdonmukaiseen arviointiin oli mahdollisesti se, että ensimmäisellä arviointikerralla paksuuden arvioinnissa käytettiin huomattavasti enemmän arviointiasteikon yläpäättä kuin myöhemmillä kerroilla. Ensimmäisen arviointikerran jogurtit olivat myös kalibrointinäytettä ja referenssinäytettä huomattavasti paksumpia, mikä osaltaan vaikutti ominaisuuden poikkeavan voimakkaaseen arviointiin. Arviointien edetessä raati kalibroitiin ja arvioinnit muuttuivat tarkemmiksi. Vaikka viskositeettimittaukset eivät korreloineet merkittävästi aistittaviin paksuusominaisuuksiin, voitiin mittauksilla kuitenkin osoittaa jogurttien rakenteessa tapahtuvan sakenemista säilytyksen aikana (pois lukien jogurtti 4). Jogurtin viskositeetin ja aistittavan paksuuden kasvua säilytyksen aikana tukevat myös aiemmat tutkimustulokset (Saint-Eve ym. 2008).

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tutkia, onko eri hapatteiden välillä aistinvaraisesti tai kemiallisesti havaittavia eroja ja korreloivatko nämä tulokset keskenään. Aistinvaraisten arviointien ja muiden mittausten perusteella testatut hapatteet voitiin ryhmitellä karkeasti neljään ryhmään. Hapate 1 oli selkeästi erityylinen hapate kuin mikään muu. Se oli voimakkaan hapan, mikä näkyi myös korkeana happoisuutena (SH°) ja D-maitohappopitoisuutena sekä matalana pH:na. Hapatteet 4, 6 ja 7 muodostivat ryhmän, joita ei määritellyt mikään tietty ominaisuus. Ne olivat neutraaleimmat testatuista hapatteista. Hapatteet 8 ja 9 olivat samankaltaisia ja niitä kuvasi erityisesti jogurttimainen maku. Samaan ryhmään voi laskea kuuluvan myös hapatteen 5. Se oli kuitenkin hapatteita 8 ja 9 happamampi ja sillä oli korkeampi happoisuus (SH°) sekä asetaldehydipitoisuus. Neljännen ryhmän hapatteita 2 ja 3 kuvasi erityisesti kermainen/täyteläinen maku ja rakenteen paksuus. Hapatteita 2 ja 3 lukuun ottamatta jogurteissa havaittiin hyvin vähän tai ei ollenkaan ei-toivottua jälkihappanemista.

Aistinvaraisten arviointien ja muiden mittausten välille löydettiin tilastollisesti merkitseviä korreloivuuksia ja yhteyksiä. Happoisuus (SH°) ja pH ennustivat yleisesti aistittavaa happamuutta. Asetaldehydin määrä ja aistittava happamuus korreloivat, mutta happamuusjärjestys ei kuitenkaan ollut suoraan linjassa asetaldehydipitoisuuden kanssa. Kirjallisuuden perusteella asetaldehydin aistittavuuden todettiin riippuvan myös pH-arvosta; matalampi pH aiheuttaa voimakkaamman aistimuksen (Øhrstrom Runge ym. 2003: 394). Asetaldehydipitoisuuden ja jogurttimaisen maun välillä oli yhteys. Voimakkaampi yhteys voitaisiin saavuttaa, jos raatia harjoitettaisiin lisää kyseisen ominaisuuden arviointiin. Paksuus suussa oli yhteydessä kermaiseen/täyteläiseen makuun. Mitä paksumpi jogurtti, sitä voimakkaampana kermainen/täyteläinen maku aistittiin. Happamuus taas vähensi kermaisen/täyteläisen maun aistittavuutta. Viskositeettimittauksen ja lusikalla arvioidun paksuuden välillä oli heikko yhteys, mutta suussa aistittua paksuutta viskositeettimittaus ei kuvannut lainkaan. Jogurtin paksuus arvioitiin tarkemmin suussa kuin lusikalla. Viskositeettimittauksilla voitiin osoittaa, että jogurtit (yhtä lukuun ottamatta) sakenivat säilytyksen aikana.

Tutkimuksella pystyttiin selvittämään se, minkälaista tietoa hapatteista voidaan saada systemaattisella testauksella. Jatkossa tutkimusta ei todennäköisesti kuitenkaan tehdä jogurteille yhtä laajana, vaan se kytketään esimerkiksi selvitykseen, jossa tiettyä tuo-

tetta halutaan erilaistaa hapatteiden avulla. Mahdollista saattaa myös olla, että tulevaisuudessa vastaavanlainen hapatetutkimus tehdään piimätuotteille. Testatuista hapateista varahapatteeksi saattaa soveltua vain yksi hapate. Valinta vaatii kuitenkin vielä lisäselvityksiä ja tuotekohtaisia kokeita. Muut varahapatteiksi ajatellut hapatteet osoittautuivat ainakin tämän tutkimuksen perusteella sopimattomiksi.

Lähteet

American Society for Testing and Materials (ASTM). 1981. Guidelines for the selection and training of sensory panel members. Philadelphia: ASTM Publication.

Anonyymi. 2011. Valiojogurtti® suomalaisten suosikki jo 60-luvulta. Valio Oy kotisivu. <<http://www.valio.fi/tuotteet/artikkeli/valiojogurtti---suomalaisten-suosikki-jo-60-luvulta/>>. Luettu 30.5.2012.

Anonyymi 2. 2006. YO-MIX™ Yogurt cultures - A palette of texture and flavour for yogurts and fresh fermented milks. Danisco.

Anonyymi 3. 2006. Yo-Flex® revised edition, September 2006. Technical Brochure. Chr. Hansen A/S.

Anonyymi 4. 2011. Ravintoarvot / 100 g, kevytmaito, täysmaito. Fineli®. Terveystien ja hyvinvoinnin laitos. <<http://www.fineli.fi/food.php?foodid=684&lang=fi>> Luettu 19.4.2012.

Anonyymi 5. n.d. Homogenisaattorin toimintaperiaate. Hämeen ammatti-instituutti. Milk works. <http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMI/Milkworks/Oppimateriaali/kasittely_meijerissa/homogenointi/homogenisaattorin_toimintaperiaate> Luettu 4.5.2012.

Anonyymi 6. n.d. Facultative mutualism. Biology online.org. <http://www.biology-online.org/dictionary/Facultative_mutualism> Luettu 21.5.2012

Anonyymi 7. n.d. Probiotics news. <<http://www.probioticsnews.creativetesting.co.uk/library/scientific-visuals/high-resolution>> Luettu 21.5.2012

Anonyymi 8. 2012. FIZZ by Biosystemes. Biosystemes kotisivu. <www.biosystemes.com/fizz.php>. Luettu 21.3.2012.

Brunsvold, K. & Grunert, K.G. 2007. Consumer attitude measures and food product development. Teoksessa: MacFie, Hal. (ed.) Consumer-led food product development. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Bylund, Gösta. 1995. Dairy processing handbook. Lund: Tetra Pak Processing Systems AB.

Carpenter, Roland, P.; Lyon, David, H. & Hasdell, Terry, A. 2000. Guidelines for sensory analysis in food product development and quality control. Second edition. Gaithersburg. Aspen Publishers Inc.

Cheng, Hefa. 2010. Volatile Flavor Compounds in Yogurt: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Volume 50, Issue 10, 2010.

EU:n maitotuoteasetus N:o 1234/2007. 2007. Liite XII, II 2 a.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) ja World Health Organization (WHO). 2011. Codex Alimentarius, Milk and Milk Products, Second edition. Rooma.

Gürakan, G. Candan & Altay, Neslihan. 2010. Yoghurt Microbiology and Biochemistry. Teoksessa: Yildiz, Fatih. (ed.) Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Heiniö, Raija-Liisa & Lapveteläinen, Anja. 2008. Näytteiden välisten erojen mittaaminen. Teoksessa: Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. (eds.) Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino.

Helferich, William & Westhoff, Dennis. 1980. All about yogurt. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Hugenholtz, J.; Starrenburg, M.; Boels, I.; Sybesma, W.; Chaves, A.C.; Mertens A. & Kleerebezem, M. n.d. Metabolic engineering of lactic acid bacteria for the improvement of fermented dairy products. Verkkodokumentti. Wageningen Centre for Food Sciences and NIZO food research. Hollanti. <<http://academic.sun.ac.za/Natural/biochem/btk/book/Hugenholtz.pdf>> Luettu 24.4.2012.

Karhunen, Leila & Tuorila, Hely. 2008. Aistien toiminta ja aistihavaintojen luokitukset. Teoksessa: Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. (eds.) Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino.

Kälviäinen, Niina; Roininen, Katariina & Appelbye, Ulla. 2008. Raadin valinta, harjaannuttaminen ja seuranta. Teoksessa: Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. (eds.) Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino.

Lauridsen, Kirsten. 2012. Danisco, Tanska. Suullinen esitys 13.2.2012, Helsinki.

Lavezzari, D.; Sozzi, T. & Pirovani, F. 1998. Microorganisms producing polysaccharides: differentiation betweenropy and thickening strains. Teoksessa: International Dairy Federation, Texture of fermented milk products and dairy desserts. Brysseli: International Dairy Federation.

Lawless, Harry T. & Heymann, Hildegarde. 1999. Sensory evaluation of food: principles and practices. Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc.

Miettinen, Sanna-Majja & Tuorila, Hely. 2008. Voimakkuuden keston mittaaminen. Teoksessa: Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. (eds.) Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino.

Mustonen, Sari; Appelbye, Ulla & Tuorila, Hely. 2008. Aistinvaraisen kokeen suunnittelu ja toteutus. Teoksessa: Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. (eds.) Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino.

Mustonen, Sari; Vehkalahti, Kimmo & Tuorila, Hely. 2008. Mielitymysten ja hyväksyttävyyden mittaaminen. Teoksessa: Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. (eds.) Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät. Helsinki: Yliopistopaino.

- Parekh, S.; Vinci, V.A. & Strobel, R.J. 2000. Improvement of microbial strains and fermentation processes. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Volume 54, Number 3, 2000.
- Pitkänen, Saara. 2010. Instrumentaalisten ja aistinvaraisten rakennemittausten vastavuus hapanmaitovalmisteissa. Maisterin tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Rohm, H.; Kovac, Aleša & Kneifel, W. 1994. Effects of starter cultures on sensory properties of set-style yoghurt determined by quantitative descriptive analysis. *Journal Of Sensory Studies*. Volume 9, Issue 2, pages 171–186, June 1994.
- Roininen, Katariina; Heiniö, Raija-Liisa & Vehkalahti, Kimmo. 2008. Kuvailevat menetelmät. Teoksessa: Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. (eds.) *Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Routray, Winny & Mishra, Hari N. 2011. Scientific and Technical Aspects of Yoghurt Aroma and Taste: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol 10, 2011. s. 208–220.
- Saint-Eve, A.; Lévy, C.; Le Moigne, M.; Ducruet, V. & Souchon, I. 2008. Quality changes in yogurt during storage in different packaging materials. *Food chemistry*, Volume 110, Issue 2, 15 September 2008, s. 285–293.
- Schmid, K. & Schlothauer, R.-C. 2002. New Probiotic Bifido Strain for Immune Stimulation. Teoksessa: *International Dairy Federation, Fermented Milk*. Brysseli: International Dairy Federation.
- Schäfer, Uwe. 2012. Analysis of dairy products. Raportti 2.2.2012. Symrise. Saksa.
- Silfverberg, P. 2002. Consistency of stirred fermented milk after fermentation. Teoksessa: *International Dairy Federation, Fermented Milk*. Brysseli: International Dairy Federation.
- Stenby, E. 1998. Teoksessa: Tamime, A.Y. & Robinson, R.K. 2007. *Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and technology*. Third edition. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Stone, H. & Sidel, J.L. 2007. Sensory research and consumer-led food product development. Teoksessa: MacFie, Hal. (ed.) *Consumer-led food product development*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Tamime, A.Y. & Robinson, R.K. 2007. *Tamime and Robinson's Youghurt: Science and technology*. Third edition. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Tuorila, Hely; Parkkinen, Kirsti & Tolonen, Katri. 2008. *Aistit ammattikäyttöön*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. 2008. Aistinvarainen tutkimus: tieteenala ja käyttöalueet. Teoksessa: Tuorila, Hely & Appelbye, Ulla. (eds.) *Elintarvikkeiden aistinvaraiset tutkimusmenetelmät*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Walstra, Pieter; Wouters, Jan T.M. & Geurts, Tom J. 2006. *Dairy Science and Technology*. Second edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Yildiz, Fatih. 2010. Overview of Yogurt and Other Fermented Dairy Products. Teoksessa: Yildiz, Fatih. (ed.) Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Øhrstrom Runge, M.; Folkenberg, D.M.; Guldager, H.S.; Stenby, E. & Skriver, A. Sensory evaluation of yogurt flavour. Teoksessa: International Dairy Federation, Fermented milk. Brysseli: International Dairy Federation.

Özer, Barbaros. 2010. Strategies for Yoghurt Manufacturing. Teoksessa: Yildiz, Fatih. (ed.) Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Özer, Barbaros & Kirmaci, Hüseyin Avni. 2010. Quality Attributes of Yogurt and Functional Dairy Products. Teoksessa: Yildiz, Fatih. (ed.) Development and Manufacture of Yogurt and Other Functional Dairy Products. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Profiilitesti, paperiversio

PROFIILITESTI**1. Ulkonäkö (matta – kiiltävä)**

Valon heijastuvuus näytteen pinnasta. Matta (viilin homekerros). Kiiltävä (peilin pinta).

matta |-----| *kiiltävä*

2. Paksuus lusikalla mitattuna

Anna näytteen pudota 5 cm:n korkeudelta lusikasta näyteastiaan. Löysä (yhtenäinen virta). Paksu (putoaa klöntteinä).

löysä |-----| *paksu*

3. Paksuus suussa

Ota reilu lusikallinen suuhun. Löysä (Paksu (kuin A+ täyteläinen).

löysä |-----| *paksu*

4. Happamuus

Happaman maun voimakkuus. Mieto (hyvin vähäinen maitohapon maku). Voimakas (hyvin voimakas maitohapon maku).

mieto |-----| *voimakas*

6. Jogurttimainen maku

Jogurttimaisen aromikas maku.

mieto |-----| *voimakas*

7. Kermainen/täyteläinen maku

mieto |-----| *voimakas*

**Kuvaile kutakin näytettä kahdella näitä erityisesti kuvaavalla sanalla.
(esim. makea, paksu, venyvä, hapana, täyteläinen, viilimäinen, jne.)**

Eri hapatteilla valmistettujen jogurttien kemialliset koostumusanalyysit, pH ja viskositeetti

Hapate	Proteiini (%)	Rasva (%)	Galaktoosi (%)	Glukoosi (%)	Laktoosi (mg/kg)	Laktoosi (%)	D-maitohappo (%)	L-maitohappo (%)	Kokonaismaitohappo (%)	Sitruunahappo (%)	Sitraatti (%)	Asetaldehydi (mg/l)	Muura-haishappo (mg/100 g)	Etikkahappo (%)	Happoisuus (SH)	pH	Viskositeetti (mPa/s)
Tuore																	
1	4,56	2,50	1,77	1,45	7100	0,71	0,49	0,69	1,18	0,15	0,14	15,7	7,1	0,000	51	4,15	490
2	4,60	2,48	1,70	1,50	11000	1,11	0,04	0,90	0,94	0,16	0,15	7,4	1,7	0,005	42	4,50	460
3	4,53	2,47	1,78	1,47	10000	1,00	0,05	0,91	0,96	0,13	0,12	14,4	11,0	0,010	43	4,41	390
4	4,48	2,53	1,98	1,46	10000	1,01	0,08	0,85	0,92	0,15	0,14	9,4	0,2	0,003	44	4,37	310
5	4,52	2,54	1,51	0,93	21000	2,06	0,10	0,71	0,80	0,17	0,15	12,9	0,2	0,180	49	4,43	560
6	4,48	2,54	2,10	1,67	7100	0,71	0,03	0,86	0,89	0,16	0,15	10,3	0,2	0,000	42	4,43	540
7	4,47	2,54	2,04	1,58	9500	0,95	0,03	0,88	0,91	0,13	0,12	11,5	0,2	0,020	39	4,46	420
8	4,47	2,53	1,59	1,45	9800	0,98	0,05	0,93	0,98	0,12	0,11	11,9	0,2	0,010	43	4,32	300
9	4,46	2,53	1,69	1,58	8400	0,84	0,05	0,94	0,99	0,11	0,10	11,8	0,2	0,010	42	4,36	270
PE																	
1			2,24	1,44	6500	0,65	0,46	0,67	1,13	0,14	0,13	13,2	0,2	0,005	53	4,12	570
2			1,97	1,43	10000	1,03	0,20	0,94	1,14	0,15	0,14	5,9	0,2	0,000	44	4,37	720
3			2,01	1,44	9500	0,95	0,04	0,91	0,95	0,16	0,14	11,9	0,2	0,010	45	4,29	660
4			1,97	1,50	9800	0,98	0,09	0,92	1,01	0,17	0,16	9,4	4,2	0,023	42	4,34	310
5			1,50	0,93	21000	2,06	0,11	0,70	0,81	0,16	0,15	12,4	0,2	0,190	48	4,38	890
6			2,11	1,69	6800	0,68	0,05	0,91	0,95	0,12	0,11	8,9	0,2	0,017	41	4,41	720
7			1,77	1,53	9400	0,94	0,02	0,85	0,87	0,17	0,16	10,3	0,2	0,018	40	4,42	890
8			1,99	1,42	9700	0,97	0,04	0,88	0,93	0,18	0,16	10,5	0,2	0,017	43	4,32	610
9			2,09	1,58	8400	0,84	0,03	0,87	0,89	0,14	0,13	12,0	0,2	0,027	42	4,38	830