

Helmi Lamminmäki

Laktoosittoman jäätelön tuotekehitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

22.4.2016

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Helmi Lamminmäki Laktoosittoman jäätelön tuotekehitys 35 sivua 22.4.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaajat	Lehtori Mikko Halsas 3 Kaverin Jäätelön omistaja Heikki Huotari
<p>Insinööriä tehtiin pienelle kotimaiselle jäätelötehtaalle, joka valmistaa lisäaineetonta ja kotimaisista raaka-aineista tehtyä jäätelöä. Työn tarkoituksena oli auttaa asiakasyritystä laktoosittoman jäätelön tuotekehityksessä. Yrityksellä on valikoimassaan vähälaktoosista jäätelöä, mutta laktoositonta jäätelöä ei ole vielä markkinoilla. Tuotekehityksessä olevan laktoosittoman jäätelön rakenteessa on esiintynyt niin kutsuttua hiekkaisuusvirhettä, joka johtuu tavallisesti laktoosin liiallisesta kiteytymisestä jäätelössä, vaikka jäätelö ei sitä sisällä.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia, miten eri raaka-aineet vaikuttavat laktoosittoman jäätelön rakenteeseen sekä selvittää, esiintyykö työssä valmistetuissa laktoosittomissa jäätelöissä asiakasyrityksen havaitsemaa hiekkaisuutta. Työn teoriaosassa käsiteltiin jäätelön raaka-aineita, koostumusta ja valmistusprosessia.</p> <p>Työn kokeellisessa osuudessa valmistettiin kolme koe-erää laktoositonta jäätelöä, joista ensimmäisessä oli muutettu jäätelön sokerisuhteita, toisessa jäätelön rasvapitoisuutta ja kolmannessa jäätelön kananmunapitoisuutta (emulgointiaine). Jäätelöitä arvioi aistinvaraisesti yrityksen edustaja koulun elintarvikelaboratoriossa. Lopuksi tehtiin vielä kokeet hiekkaisuuden osoittamiseksi tavallisesta ja laktoosittomasta jäätelöstä.</p> <p>Työssä valmistetuissa jäätelöissä oli pieniä eroja rakenteiden välillä, eikä yrityksen edustaja havainnut hiekkaisuutta koejäätelöissä. Yrityksen tulee suorittaa lisäkokeita tulevaisuudessa, ennen kuin tuotekehityksessä oleva laktoositon jäätelö voidaan kaupallistaa.</p>	
Avainsanat	jäätelö, laktoositon, rakenne, hiekkaisuus

Author Title	Helmi Lamminmäki Product Development of Lactose-Free Ice Cream
Number of Pages Date	35 pages 22 April 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Specialisation option	Product Development and Quality Control
Instructors	Mikko Halsas, Senior Lecturer Heikki Huotari, Owner of the company 3 Kaverin Jäätelö
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by a small domestic ice cream factory which manufactures food additive-free ice cream and ice cream whose ingredients are from Finland. The purpose of this thesis was to assist the client company in the product development of lactose-free ice creams. The company has low-lactose ice cream in their selection but they do not have lactose-free ice cream on the market yet. There has occurred sandiness in the structure of lactose-free ice creams due to lactose crystallization, even though there is no lactose present in the ice cream.</p> <p>The aim of the study was to examine the impact of ice cream ingredients on the structure of lactose-free ice cream to find out if there appears sandiness in the studied lactose-free test ice creams. The theory part of this thesis deals with ice cream ingredients, ice cream composition and the manufacturing process.</p> <p>The experimental part examines three lactose-free test ice creams whose contents had been changed. The first ice cream's sugar content, the second one's fat content and the third one's egg (emulsifier) content in the ice cream had been changed. The test ice creams were sensory evaluated by a representative of the company in the school's food laboratory. To indicate sandiness in ice cream, tests were made on ice cream containing lactose as well as on lactose-free ice cream.</p> <p>As a result, the representative of the company did not recognize any sandiness in the tested ice creams. There were minor differences between the structure of three test ice creams. The client company, however, needs to perform more studies on lactose-free ice creams before they can commercialize their product.</p>	
Keywords	ice cream, lactose-free, structure, sandiness

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Jäätelömarkkinat Suomessa	3
2.1	Laktoosi-intoleranssi	4
2.2	Laktoosittoman elintarvikkeen määritelmä	5
3	Jäätelön rakenne ja koostumus	6
3.1	Jäätelön määritelmä	6
3.2	Jäätelön rakenne	7
3.3	Jäätelön rasvapitoisuus	9
3.4	Jäätelön raaka-aineet	11
3.4.1	Maito ja kerma	11
3.4.2	Maitojauhe	13
3.4.3	Sokerit	14
3.4.4	Kananmuna	18
4	Jäätelössä käytettävät emulgointi- ja stabilointiaineet	18
5	Jäätelön valmistus tehtaassa	20
6	Työn tarkoitus	24
7	Materiaalit ja menetelmät	25
7.1	Jäätelöiden raaka-aineet ja reseptit	25
7.2	Jäätelön valmistusohje	25
7.3	Jäätelökokeet	27
8	Tulokset	30
9	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

1 Johdanto

Jäätelö voidaan määritellä jäädytetyksi elintarvikkeeksi, joka koostuu maitotuotteista, makeutusaineista sekä mahdollisista emulgointi- ja stabilointiaineista ja väriaineista [1, s. 1]. Jäätelöön voidaan lisätä myös erilaisia hilloja, marjoja, suklaata tai pähkinöitä [2, s. 67].

Jäätelön alkuperästä ei ole tarkkaa tietoa, mutta tiedetään, että Kiinassa on valmistettu mehujään kaltaista jälkiruokaa hedelmämehuista 200 vuotta ennen ajanlaskun alkua. Jäätelö levisi noin 1200-luvulla Eurooppaan, jossa sen valmistustaito kehittyi 1600-luvulla. Teollinen jäätelönvalmistus alkoi Amerikasta, jossa perustettiin ensimmäinen jäätelötehdas vuonna 1851. Kehittynyt jäätelönvalmistustekniikka siirtyi Amerikasta takaisin Eurooppaan. [2, s. 66.] Suomen jäätelöteollisuus sai alkunsa vuonna 1922, kun Suomeen perustettiin ensimmäinen jäätelötehdas, edelleen toiminnassa oleva Helsingin Jäätelötehdas [3].

Nykyään jäätelöstä löytyy lukuisia erilaisia variaatioita jogurttijäätelöistä serbetteihin (sorbetti, joka sisältää myös maitoa tai kermaa). Pinnalla olevat elintarviketrendit, kuten esimerkiksi lisääaineettomuus ja kuluttajien erikoisruokavaliot, pyritään ottamaan entistä paremmin huomioon jäätelöä valmistettaessa. Unilever Finlandin markkinointipäällikön Soile Seppälän mukaan varsinkin laktoosittomilla tuotteilla on kasvava kysyntä ja niiden myynti kasvaa vuosittain noin prosentin verran [4]. Tämä selittyy osaltaan laktoosittomien tuotteiden valmistustekniikan kehitymisellä sekä laktoosi-intoleranssin yleisyydellä, sillä noin joka kuudes suomalaisista kärsii laktoosi-intoleranssista [13, s. 252].

Työn tarkoituksena oli auttaa asiakasyritystä laktoosittoman jäätelön tuotekehityksessä ja sen saamisessa markkinoille. Yrityksellä on valikoimassaan vähälaktoosista jäätelöä, mutta laktoositonta jäätelöä ei ole vielä toistaiseksi myynnissä. Tuotekehityksessä olevan jäätelön rakenteessa on esiintynyt niin sanottua ”hiekkaisuusvirhettä”, mikä tavallisesti johtuu jäätelössä olevan laktoosin liiallisesta kiteytymisestä, jota laktoositon jäätelö ei kuitenkaan sisällä. Hiekkaisuusvirheen syynä oli todennäköisesti jokin muu tekijä. Työssä perehdyttiin jäätelön rakenteeseen ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Tavoitteena oli tutkia, miten eri raaka-aineet vaikuttavat jäätelön rakenteeseen ja selvittää, esiintyykö

valmistetuissa koejäätelöissä yrityksen havaitsemaa hiekkaisuutta. Teoriaosassa käsiteltiin jäätelön raaka-aineita, rakennetta, koostumusta ja valmistusprosessia.

Asiakasyrityksenä toimi 3 Kaverin Jäätelö (Heikki & Ilkka & Sauli Oy). 3 Kaverin Jäätelö on pieni kotimainen jäätelötehdas, joka on perustettu vuonna 2012. Yrityksen omistajat ovat Heikki Huotari, Ilkka Wikholm ja Sauli Saarnisto. Tehdas sijaitsee Kontulassa, Helsingissä, entisen Primulan tiloissa. Yrityksen arvioitu liikevaihto vuonna 2015 oli noin kaksi miljoonaa euroa ja työntekijöitä tehtaassa on kymmenkunta. [5.]

3 Kaverin Jäätelöä myydään ympäri Suomen noin tuhannesta K- ja S-marketista sekä irtomyyntinä noin kahdestakymmenestä kahvilasta [5]. 3 Kaverin jäätelöt valmistetaan puhtaista lähellä tuotetuista raaka-aineista. Jäätelöissä käytetty maito, kerma ja kananmunat ovat peräisin kotimaisilta tiloilta ja marjat kotimaisilta marjailoilta. 3 Kaverin Jäätelö eroaa muista jäätelön valmistajista oleellisesti siinä, että jäätelöissä ei käytetä keinotekoisia lisäaineita, kuten maku- väri tai aromiaineita. Jäätelövalikoima kasvaa koko ajan, ja tällä hetkellä makuja on 11 kappaletta, muun muassa lakritsia, vadelma-valkosuklaata, kahvijäätelöä, mustikka-kardemummaa, suklaata sekä paahdettua pähkinää ja kinuskia. [6.]

2 Jäätelömarkkinat Suomessa

Suomi on jäätelön kulutuksen kärkimaita, sillä Suomessa syödään eniten jäätelöä Euroopassa henkeä kohti ja neljänneksi eniten koko maailmassa. Ainoastaan Yhdysvallat, Australia ja Uusi-Seelanti menevät jäätelön kulutuksessa Suomen ohi. Jäätelön kulutus on pysynyt Suomessa suhteellisen tasaisena, sillä vuonna 1994 jäätelöä syötiin noin 13,3 litraa henkeä kohti ja vuonna 2011 jäätelönkulutus oli 12,1 litraa. Vuotuinen kokonaiskulutus on kasvanut viime vuosina, ja vuonna 2014 kokonaiskulutus oli noin 60 miljoonaa litraa. [7.]

Suomalaisille maistuu eniten kermajäätelö, jonka osuus myynnistä on noin 70 %. Kasvisrasvajäätelöä syö lähes joka viides, maitojäätelöä 6 % ja mehujäätä 3 %. [8.] Suomalaiset pitävät myös kovemmasta ja miedomman makuisesta jäätelöstä kuin muualla Euroopassa. Marjamaut, suklaa ja lakritsi ovat suomalaisten suosikkeja. [9.] Jäätelön myynnistä noin puolet muodostuu kotipakkauksista ja puolet erilaisista kerta-annoksista [8]. Nestlen Valiojäätelön vuonna 2011 teettämän kuluttajatutkimuksen mukaan kolme neljäsosaa suomalaisista piti jäätelön kotimaisuutta tärkeänä asiana. Kotimaisuutena pidettiin sitä, että jäätelö on valmistettu Suomessa ja raaka-aineet ovat peräisin Suomesta. [10.]

Suomen suurimmat jäätelönvalmistajat ovat nykyään ulkomaisessa omistuksessa. Sveitsiläinen Nestle osti entisen Valion jäätelöliiketoiminnan vuonna 2004 [11]. Brittiläinen Unilever taas osti Ingman Ice Creamin vuonna 2011. Nestlen ja Unileverin yhteenlaskettu markkinaosuus Suomen jäätelömyynnistä on noin kaksi kolmasosaa. [12.] Nestlen tuotemerkkejä ovat esimerkiksi Pingviini, Buffet ja Aino jäätelö. Unileverin tuotemerkkejä ovat taas muun muassa Magnum, Kingis ja Carte o' Dor. Suomen jäätelömarkkinoista noin yhden kolmasosan muodostavat pienet jäätelönvalmistajat, kuten 3 Kaverin Jäätelö, Helsingin Jäätelötehdas, Jäätelömestarit (Pappagallo) ja Suomisen Maito (Jymy jäätelö).

2.1 Laktoosi-intoleranssi

Laktoosi-intoleranssi on yhteisnimitys suolistossa imeytymättömän laktoosin eli maitosokerin aiheuttamille vatsaoireille. Oireina ilmenee ripulia, ilmavaivoja, vatsan turvotusta ja vatsakipuja. Oireiden syynä on laktoosin huono pilkkoutuminen ja imeytyminen, joka johtuu laktaasientsyymin osittaisesta tai täydellisestä puutteesta ohutsuolessa. Tilaa kutsutaan hypolaktasiaksi, ja sitä esiintyy noin 17 prosentilla suomalaisista. [13, s. 252.]

Laktoosi kattaa suurimman osa maidon hiilihydraateista. Se ei voi imeytyä suoraan, vaan laktaasientsyymin on ensin pilkkottava se. Suurimmalla osalla lapsista on 4 vuoden ikään asti riittävästi laktaasia, jotta laktoosi voi pilkkoutua täydellisesti. Laktaasientsyymin teho kuitenkin heikkenee iän myötä, ja osalla aikuisista laktaasivaikutus on lähes kokonaan hävinnyt. Nämä ihmiset eivät siten voi hyödyntää laktoosin sisältämää energiaa. [14 s. 399.]

Laktoosin pilkkoutumisen estyessä suolensisällössä on runsaasti laktoosia, joka vetää puoleensa vettä osmoosin vaikutuksesta ja veden imeytyminen suolesta vähenee. Laktoosi on myös erinomainen energianlähde paksusuolen bakteereille. Bakteerien pilkkouessa laktoosia muodostuu kaasua, joka venyttää paksusuolta ja aiheuttaa kipuja. Samalla syntyy runsaasti lyhytketjuisia rasvahappoja, jotka osmoosin vaikutuksesta imevät nestettä verestä paksusuoleen ja aiheuttavat ripulia. [14, s. 399.]

Laktoosi-intoleranssi voidaan diagnosoida laktoosirasituskokeella, jonka tuloksena saadaan tietoa laktaasientsyymin aktiivisuudesta. Hypolaktasia voidaan todeta myös geenitestillä tai hengitystestillä. Geenitestiä käytetään selvittämään yleisesti laktaasigeenin mutaatioita ja alttiutta laktoosi-intoleranssiin. Laktoosi-intoleranssin hoito on aina yksilöllistä, ja ruokavaliossa käytetään laktoosin sietokyvyn mukaan vähälaktoosisia tai täysin laktoosittomia maitotuotteita. [13, s. 252–253.] Laktoosia nautittaessa voidaan käyttää myös laktaasientsyymin-kapseleita, jotka pilkkovat laktoosin 80–90-prosenttisesti [13, s. 255].

2.2 Laktoosittoman elintarvikkeen määritelmä

Vähälaktoosisia ja laktoosittomia elintarvikkeita säännellään maa- ja metsätalousministeriön asetuksella erityisruokavaliovalmisteista (121/2010). Suomessa laktoosittomana elintarvikkeena pidetään sellaista tuotetta, joka sisältää vähemmän kuin 10 mg / 100 g tai 10 mg / 100 ml laktoosia. Vähälaktoosinen elintarvike taas saa sisältää vähemmän kuin 1 g / 100 g tai 1 g / 100 ml laktoosia (Taulukko 1). Euroopan unionissa ei ole toistaiseksi olemassa yhtenäisiä raja-arvoja vähälaktoosisien ja laktoosittomien elintarvikkeiden laktoosipitoisuuksille, joten Suomessa sovelletaan yhteispohjoismaalaisia raja-arvoja. [15.]

Taulukko 1. Vähälaktoosisen ja laktoosittoman elintarvikkeen pohjoismaiset raja-arvot [15].

Erityisruokavaliovalmiste	Laktoosin raja-arvo
Vähälaktoosinen elintarvike	< 10 mg / 100 g (100 ml)
Laktoositon elintarvike	< 1 g / 100 g (100 ml)

Vähälaktoosisessa maidossa laktoosi on pilkottu entsyymaattisesti laktaasientsyymillä glukoosiksi ja galaktoosiksi. Maito maistuu makeammalta kuin tavallinen maito sen sisältämän glukoosin ja galaktoosin takia. [16.] Laktoosittomassa maidossa suurin osa laktoosista on erotettu kromatografisesti ja loput pilkottu laktaasientsyymillä. Laktoositonta maitoa tulee kutsua maitojuomaksi, sillä EU:n lainsäädännön mukaan kulutusmaitotuotteesta laktoosia saa poistaa vain entsyymaattisesti. [17.]

Kun vähälaktoosinen tai laktoositon elintarvike tuodaan markkinoille Suomessa, on joko valmistajan tai maahantuojan tehtävä siitä erityisruokavaliovalmisteilmoitus Elintarviketurvallisuusvirasto Eviralle. Ilmoituksessa tulee olla malli pakkausmerkinnöistä, mutta Evira ei arvioi tuotteen koostumuksen tai pakkausmerkintöjen lainmukaisuutta. Elintarvikelain mukaan elintarvikealan toimija on itse velvollinen vastaamaan siitä, että tuote on asetusten ja säännösten mukainen. [18.]

3 Jäätelön rakenne ja koostumus

3.1 Jäätelön määritelmä

Kauppa- ja teollisuusministeriön jäätelöpäätös (KTM 1999/4) määrittelee jäätelön ma-
keutetuksi, jäädytetyksi elintarvikkeeksi, joka on tehty rasva-proteiiniemulsiosta ja tarkoi-
tettu nautittavaksi sellaisenaan tai osittain sulaneena [19]. Kermajäätelön ja maitojääte-
lön rasvan ja proteiinin tulee olla peräisin maidosta. Kermajäätelöksi saa nimittää jääte-
lää, joka sisältää maitorasvaa vähintään 8 painoprosenttia sekä maitoproteiinia vähin-
tään 2,5 p-%. Maitojäätelön tulee taas sisältää vähintään 2,5 p-% maitorasvaa sekä 2,5
p-% maitoproteiinia. Kermajäätelössä kuiva-aineen kokonaismäärän tulee olla vähintään
30 p-% kun taas maitojäätelössä kuiva-aineen kokonaismäärän tulee olla 26 p-%. [2.]
Jäätelön litrapainon tulee olla vähintään 475 grammaa [19].

Jäätelön pääraaka-aineita ovat maito, kerma, voi tai kasvirasva ja sokerit. Jäätelöihin
voidaan myös lisätä erilaisia lisukkeita, kuten kastikkeita, marjoja, hedelmiä tai krokant-
teja. Varsinaisten raaka-aineiden lisäksi jäätelöissä käytetään ulkonäköön, makuun ja
rakenteeseen vaikuttavia lisäaineita. Näitä ovat emulgointi- ja sakeuttamisaineet, elintar-
vikevärit ja aromiaineet. [2.] Alla olevassa taulukossa 2 on kuvattu jäätelön tyypillinen
koostumus.

Taulukko 2. Jäätelön tyypillinen koostumus painoprosentteina [21, s. 39].

Ainesosa	Määrä (m-%)
Rasva	7-15
Maitoproteiini	4-5
Laktoosi	5-7
Muut sokerit	12-16
Stabilointi- ja emulgointiaineet ja makuaineet	0,5
Kuiva-aineet	28-40
Vesi	60-72

Suomen lainsäädännössä oli vuoteen 2012 asti Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös
jäätelöstä (4/1999), jossa oli säännöksiä koskien muun muassa jäätelön määrittelyä, val-
mistusta, pakkausmerkintöjä, varastointia, kuljetusta ja myyntiä. Nykyisin on voimassa

maa- ja metsätalousministeriön asetus *Eräitä elintarvikkeita koskevista vaatimuksista* (264/2012). Uudessa asetuksessa ei ole erikseen säädetty jäätelöstä, eikä EU-lainsäädännössä ole jäätelöä koskevia vaatimuksia. Jäätelön myynnissä noudatetaan yleisiä pakkausmerkintävaatimuksia, jäätelö säilytetään pakastelämpötilassa ja jäätelön sisällön määrä ilmoitetaan painoyksiköin grammoissa tai kilogrammoissa. Vakiintuneita nimityksiä, kuten maitojäätelö, kermajäätelö ja pehmytjäätelö saa käyttää edellyttäen, etteivät ne johda kuluttajaa harhaan. [20.]

Euroglaces eli European Ice Cream Association on Euroopassa toimivien kansallisten jäätelönvalmistajien yhteenliittymä sekä jäätelöteollisuuden edunvalvoja Euroopan unionissa. European Ice Cream Association on laatinut muun muassa Euroopan yhteisen jäätelökoodin vuonna 2006. Jäätelökoodissa on määritelty eri jäätelövalmisteiden koostumus, nimistö ja mikrobiologinen laatu. Taulukossa 3 on esitetty Euroopan jäätelökoodin määrittelemät jäätelövalmistetyypit. [2.]

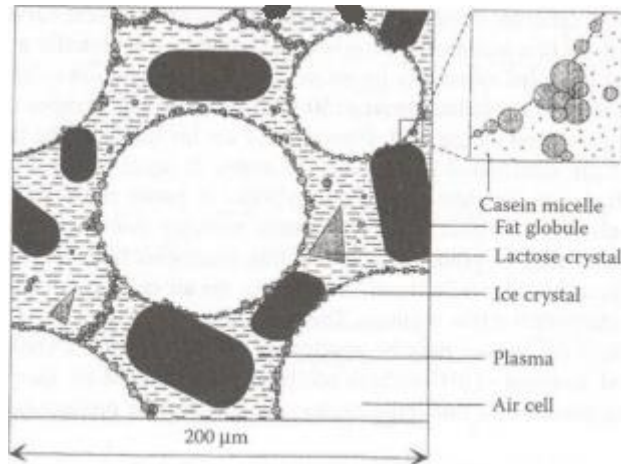
Taulukko 3. Euroopan jäätelökoodin määrittelemät jäätelövalmistetyypit [2, s. 66].

Jäätelötyyppi	Määritelmä
Jää, mehujää (water ice/ ice lolly)	Sisältää lähinnä vettä ja sokereita
Hedelmämehejujää (fruit ice)	Sisältää vähintään 15 % hedelmää
Jäätelö (ice cream)	Emulsio, joka koostuu vedestä ja/tai maidosta, rasvasta, proteiinista ja sokerista
Maitojäätelö (milk ice)	Sisältää maitorasvaa vähintään 2,5 %
Kermajäätelö (dairy ice cream)	Sisältää maitorasvaa vähintään 5 %
Sorbetti (shorbet)	Ei sisällä lisättyä rasvaa, hedelmää oltava vähintään 25 %

3.2 Jäätelön rakenne

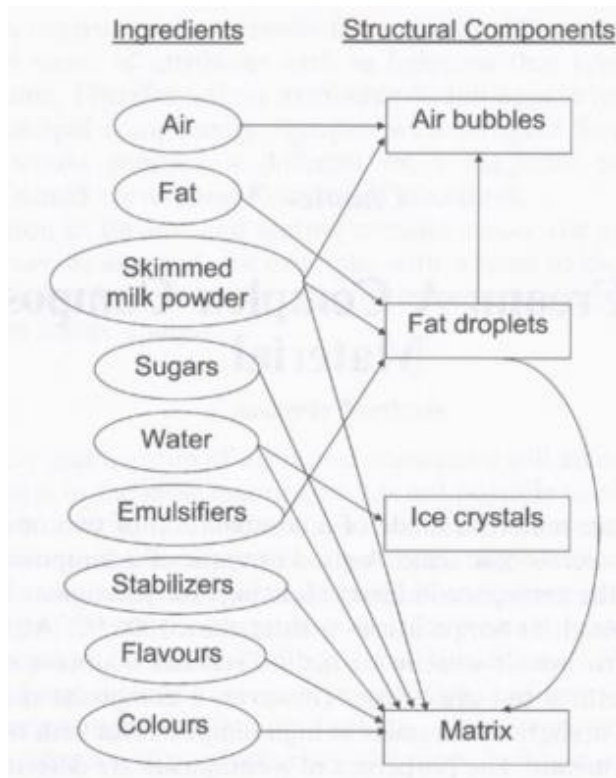
Jäätelö rakenne voidaan määritellä vaahdoksi, jossa ilma esiintyy kaasuna pieninä ilmasoluina osittain jäätyneessä faasissa. Jäätelö koostuu liukoisista aineista, kolloidaalisista aineista ja emulgoituneista aineista. Liukoisia aineita ovat muun muassa sokerit ja suolat. Kolloidaalisia aineita ovat proteiinit ja sakeuttamisaineet. Emulgoituneisiin aineisiin kuuluvat rasva sekä emulgointiaineet, jotka muodostavat jäätelön emulsiorakenteen.

Jäätelön mikrorakenne on esitetty alla olevassa kuvassa 1. Jäätelön rakenteellisia pääosia ovat jääkiteet (kokoluokka keskimäärin 40 μm), ilmasolut (koko keskimäärin 60 μm), laktoosikiteet, rasvapallot (koko noin 0,6 μm) sekä maidon kaseiinimisellit (koko keskimäärin 100 nm). [2.]



Kuva 1. Jäätelön mikrorakenne kun lämpötila on noin -5 °C [22].

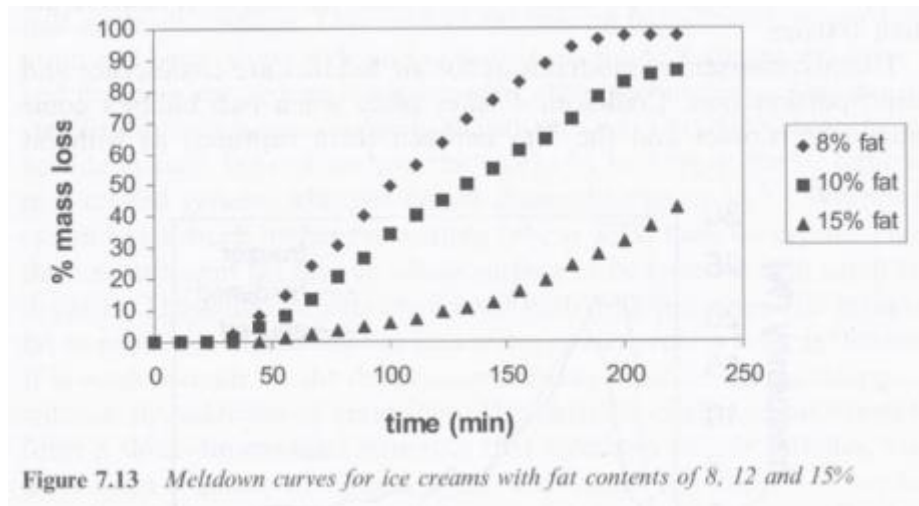
Jäätelön rakenteesta on jätää noin 30 %, ilmaa 50 %, rasvaa 5 % ja 15 % muuta liuosta, kuten muun muassa sokereita, proteiineja ja emulgointiaineita. Jäätelössä esiintyvät kaikki kolme aineen olomuotoa: kiinteä, neste ja kaasu. Kiinteä osa koostuu jäädästä ja rasvasta. Neste on jäätelössä oleva liuos, joka koostuu siihen liuenneista sokereista ja emulgointiaineista. Kaasu on peräisin taas jäätelön vispauksen yhteydessä syntyneistä ilmakaasukuplista. [21, s. 13.] Kuvassa 2 on esitetty kaaviona eri raaka-aineiden yhteydet jäätelön rakenteeseen.



Kuva 2. Jäätelön raaka-aineiden yhteys jäätelön mikrorakenteeseen [21, s. 136].

3.3 Jäätelön rasvapitoisuus

Jäätelön rasvapitoisuus on yleensä 8–10 p-% luokkaa jäätelömassasta. ”Premium”-jäätelöissä rasvapitoisuus saattaa olla jopa 15–20 p-% jäätelön painosta. Jäätelön sisältämä rasva on yleensä maitorasvaa, voita, kermaa tai kasvirasvaa. [21, s. 45.] Tavallisia jäätelössä käytettäviä kasvirasvoja ovat kookosrasva, palmuöljy, soijaöljy, rypsiöljy, maapähkinäöljy ja auringonkukkaöljy [2]. Rasvalla on monia toiminnallisia ominaisuuksia jäätelössä: se toimii jäätelöön syntyvän vaahdon stabiloijana, se antaa jäätelölle kermaisen ja täyteläisen maun, se hidastaa jäätelön sulamista ja se toimii maun kantajana varsinkin rasvaliukoisissa yhdisteissä [21, s. 45].



Kuva 3. Jäätelön rasvapitoisuuden vaikutus jäätelön sulamiskäyttäytymiseen [21, s. 149]

Jäätelön sisältämä rasvapitoisuus vaikuttaa jäätelön sulamisnopeuteen. Kuvan 3 mukaan 8-rasvaprosenttinen jäätelö sulaa paljon nopeammin kuin 10-rasvaprosenttinen tai 15-rasvaprosenttinen jäätelö. Tämä tarkoittaa sitä, että mitä enemmän rasvaa jäätelö sisältää, sitä hitaammin se sulaa ja säilyttää alkuperäisen rakenteensa. [21, s. 149.] Jäätelön sisältämä rasva koostuu usean eri rasvahapon seoksesta, joten sillä ei ole tarkkaa sulamispistettä ja sen sulaminen tapahtuu tietyllä lämpötilavälillä. Rasvoilla on sulamisprofiili, joka kuvaa kiinteän rasvan ja nestemäisen eli sulaneen rasvan määrää lämpötilan funktiona. Sulamisprofiiliin vaikuttaa rasvahappoketjun pituus sekä sen tyydytetyisyysaste. Lyhyet ja tyydyttymättömät rasvat sulavat alhaisissa lämpötiloissa. [21, s. 47.] Sulamislämpötilaa voidaan nostaa kovettamalla eli hydraamalla tyydyttymättömiä rasvoja. Hydrauksessa tyydyttymättömien rasvahappoketjujen kaksoissidoksiin lisätään vetyä, jolloin kaksoissidos aukeaa ja muuttuu yksinkertaiseksi sidokseksi eli rasvahappo tyydyttyy. [23, s. 58.]

Korkeissa lämpötiloissa sulavat tyydyttyneet ja pitkäketjuiset rasvat tekevät jäätelöstä vahamaisen, kun taas alhaisissa lämpötiloissa sulavat tyydyttymättömät ja lyhytketjuiset rasvat eivät stabiloi riittävästi jäätelön vaahtomaista rakennetta. Maitorasva antaa kuitenkin jäätelölle pehmeän ja kermaisen rakenteen, koska sen sisältämillä rasvahapoilla on sopiva sulamisprofiili. [21, s. 47–48.]

3.4 Jäätelön raaka-aineet

3.4.1 Maito ja kerma

Maito sisältää massaprosentteina noin 87 % vettä, 3,5 % proteiineja, 4,3 % rasvaa, hiilihydraatteja 4,7 % ja pieniä määriä kivennäisaineita, kuten kalsiumia ja fosforia. Maito sisältää myös vesi- ja rasvaliukoisia vitamiineja, kuten C- ja D-vitamiineja. Maidon koostumus vaihtelee muun muassa lehmärodun, lypsykauden, ravinnon, ympäristöolojen ja lypsyn vaiheiden mukaan. [24.]

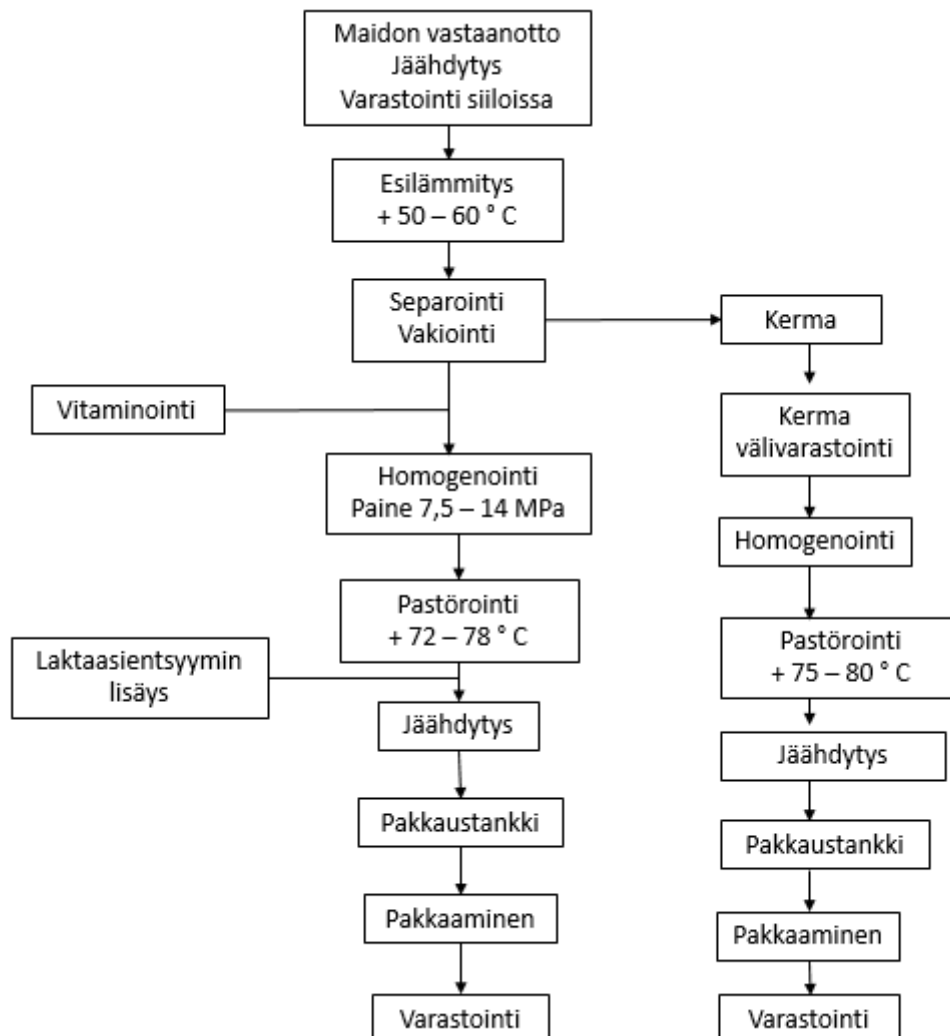
Maito sisältää pääasiassa kahdenlaisia proteiineja: kaseiinia (80 %) ja heraproteiinia (20 %). Kaseiinit ovat veteen liukenemattomia, kun taas heraproteiinit ovat vesiliukoisia. Kaseiinien päätyyppejä maidossa ovat alfa-, beeta ja kappakaseiini. Kaseiinit muodostavat kaseiinimisellejä ja kun niihin liittyy kalsiumfosfaattia, ne sulkevat sisäänsä rasvan ja antavat maidolle valkoisen värin. Kaseiinit kestävät hyvin kuumennusta, ja esimerkiksi juuston valmistuksessa ne saostetaan kymosiini-nimisellä entsyymillä. Heraproteiineja ovat esimerkiksi beetalaktoglobuliini, alfalaktalbumiini, immunoglobuliinit ja seerumialbumiini. Heraproteiinit saostuvat kun maito kuumennetaan 70–80 °C:seen. [24.]

Maito sisältää myös noin viittäkymmentä erilaista entsyymiä, jotka toimivat biokemiallisissa reaktioissa katalyyttinä. Katalyytit nopeuttavat kemiallisia reaktioita kulumatta itse reaktion aikana. Maidossa olevat entsyymit ovat joko maidon luontaisia entsyymejä tai bakteeriperäisiä. [23.] Maidon tärkeimpiä luontaisia entsyymejä ovat peroksidaasi, katalaasi, fofataasi, lipaasi ja proteinaasi [1, s. 51]. Entsyymit vaikuttavat muun muassa maidon hajuun, makuun ja säilyvyyteen [24].

Maidon ja kerman meijerikäsittelyä on kuvattu kuvassa 4. Maidon käsittely alkaa vastaanotetun maidon punnituksella, jäädytyksellä ja laatu- sekä koostumustutkimuksilla. Jäädytys takaa sen, että maito säilyy moitteettomana ennen käsittelyä. Maito jäädytetään suljetussa laitteistossa +2...+4 asteiseksi. Tämän jälkeen maito esilämmitetään +50–60 °C:seen separointia ja vakiointia varten. Separoinnissa maidosta erotetaan rasva, jolloin syntyy rasvatonta maitoa ja kermaa. Vakioinnissa maidon rasvapitoisuus säädetään halutulle tasolle. Vakioinnilla voidaan raakamaitoon lisätä kermaa tai rasvatonta maitoa tai separoida siitä rasvaa pois. Vitamioinnissa maitoon lisätään D-vitamiinia. [25.]

Homogenoinnissa maidon rasva pilkkotaan niin pieneksi, että se pysyy tasaisesti maidon joukossa eli muodostuu emulsio. Homogenointi estää rasvan nousemisen maidon pinnalle. Homogenointi tapahtuu johtamalla noin +60 asteiseksi lämmitetty maito korkealla paineella ohuen raon läpi, jolloin maidon rasvapisarat pilkkoutuvat pienemmiksi. Homogenointi tehdään homogenisaattorilla, jossa on korkeapainepumppu ja homogenointipää, josta maito johdetaan läpi. [25.]

Pastöroinnilla eli lämpökäsittelyllä voidaan tehokkaasti tuhota maitoa pilaavat entsyymit sekä tautia aiheuttavat vegetatiiviset mikrobit. Pastöroinnissa maito kuumennetaan vähintään 72 °C:seen 15 sekunnin ajaksi. Pastörointi suoritetaan suljetussa laitteistossa, pastöörissä, jonka toiminta perustuu levylämmönvaihtimen periaatteeseen. [2, s 25.]



Kuva 4. Maidon ja kerman valmistusprosessi (muokattu) [2, s. 27].

Kerma valmistetaan maidosta separoinnilla ja sen tulee sisältää vähintään 10 p-% maitorasvaa, jotta sitä voidaan kutsua kermaksi. Kuohukerma ja vispikerma sisältävät eniten rasvaa, jopa 38 p-%. Separoinnissa maidosta erotetaan rasva, jolloin syntyy rasvatonta maitoa ja kermaa. Separointi tapahtuu separaattorissa, jonka toiminta perustuu keskipakovoimaan ja maidon rasvaisen osan ja rasvattoman osan erilaisiin tiheyksiin. Separoinnissa käytetään yleisesti +45–55 °C:n lämpötilaa. [2, s. 24.]

Maidon proteiineilla on erilaisia tärkeitä vaikutuksia jäätelön rakenteeseen. Ne stabiloivat jäätelössä olevaa emulsiorakennetta, sillä proteiinit ovat pinta-aktiivisia aineita. Ne myös auttavat vaahdon ja ilmakuplien syntymisessä sekä vaikuttavat jäätelön rakenteen kautta jäätelön makuun. [21, s. 40.] Kermalla voidaan lisätä jäätelön rasvapitoisuutta ja se vaikuttaa myös jäätelön vispautuvuuteen, mikä edesauttaa ilmavan rakenteen syntymistä.

3.4.2 Maitojauhe

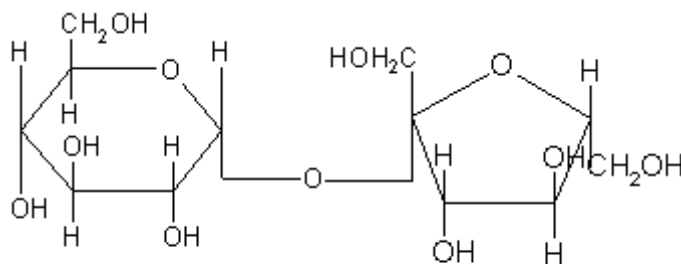
Maitojauhe valmistetaan kuivattamalla pastöroitua maitoa eli poistamalla siitä vesi. Yleisin maidon kuivatusmenetelmä on sumutus- eli spray-kuivaus. Sumutuskuivausta käytetään yleensä nestemäisten raaka-aineiden kuivaukseen. Spray-kuivurissa suspensio tai neste sumutetaan pieninä pisaroina kuivurin alaosassa olevien suuttimien läpi, jonka jälkeen ne kuivuvat kuivurin pohjalta puhallettavassa kuumassa ilmassa ja nousevat katossa olevasta aukosta kerättäviksi. Kuivauksen etuna on, että raaka-aineen kemialliset ja mikrobiologiset reaktiot hidastuvat tai lakkaavat kokonaan ja tuotteen säilyvyysaika pitenee. [2, s. 58.]

Maidon rasvaton kuiva-aine koostuu proteiinista, laktoosista ja kivennäisaineista. Rasvaton maitojauhe vaikuttaa jäätelön rakenteeseen ja ravitsemukselliseen arvoon. Maitojauheen sisältämä proteiini parantaa jäätelön vispautuvuutta ja sitoo vettä, jonka seurauksena jäätelön viskositeetti paranee ja jäisyys vähenee. Kuiva-aineen määrä riippuu tuotteen rasvapitoisuudesta. Rasvattoman kuiva-aineen määrä tulee olla vähintään 85 prosenttia jäätelön sisältämästä rasvamäärästä. Maitojauheen annostelussa tulee myös ottaa huomioon sen sisältämä laktoosin määrä, sillä laktoosia tulee olla enintään 9 masaprosenttia jäätelömassasta. Liiallinen laktoosi kiteytyy herkästi jäisiksi teräviksi kiteiksi, jotka aiheuttavat jäätelöön hiekkaisuusrakennevirheen. [2, s. 67.]

3.4.3 Sokerit

Jäätelössä yleisimmin käytetty sokeri on sakkaroosi eli ruoko- tai juurikassokeri. Jäätelössä voidaan käyttää myös glukoosia, dekstroosia, glukoosisiirappia eli tärkkelyssiirappia, fruktoosia, hunajaa sekä keinotekoisia makeutusaineita, kuten sorbitolia tai sakariinia. [2, s. 68.] Sokerit antavat jäätelölle makean perusmaun ja vaikuttavat jäätelön kiinteeyteen. Ne alentavat jäätymispistettä, jolloin jääkiteiden kasvu hidastuu ja jäätelöstä tulee pehmeämpää. Sokerit lisäävät myös jäätelömassan viskositeettia. Viskositeetti kasvaa sokerin molekyylipainon kasvaessa. Korkea viskositeetti tekee jäätelöstä pehmeämpää ja juoksevampaa, jolloin sitä on myös helpompi lusikoida. [21, s. 42.]

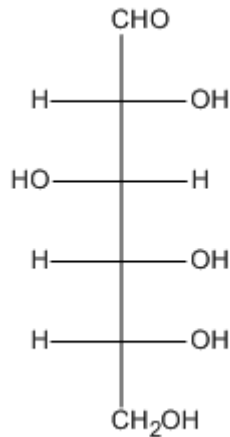
Sakkaroosi eli ruokosokeri ($C_{12}H_{22}O_{11}$) on disakkaridi, joka koostuu kahdesta monosakkaridista: glukoosista ja fruktoosista [26]. Sakkaroosi voidaan hydrolysoida eli pilkkoa monosakkarideikseen joko happohydrolyysillä tai entsyymaattisesti. Syntyneessä seoksessa on saman verran glukoosia ja fruktoosia, jolloin sokeria kutsutaan inverttisokeriksi. Inverttisokeria käytetään myös jonkin verran jäätelönvalmistuksessa. [27.]



Sakkaroosi

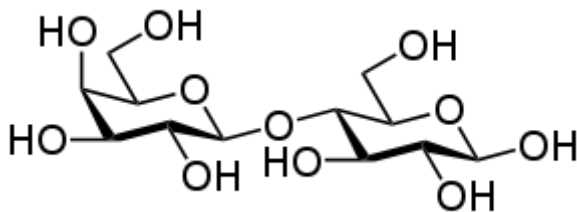
Kuva 5. Sakkaroosin kemiallinen rakennekaava [26].

Dekstroosi eli rypälesokeri ($C_6H_{12}O_6$) on monosakkaridi. Dekstroosia kutsutaan myös beeta D-glukoosiksi. Etuliite beeta johtuu happisillan viereiseen hiiliatomiin sitoutuneen hydroksyyliiryhmän asennosta. D-glukoosissa hydroksyyliiryhmä on asymmetriseen hiiliatomiin sitoutuneena katsottuna oikealla. [28.] Asymmetrisellä hiiliatomilla tarkoitetaan hiiliatomia, joka on sitoutunut neljään eri atomiin tai atomiryhmään. Tämä tekee D-glukoosista kiraalisen eli se on glukoosin optinen isomeeri. [29, s. 112–113.]



Kuva 6. Dekstroosin rakennekaava [28].

Laktoosi on disakkaridi, joka koostuu kahdesta happisillan yhdistämästä monosakkariidista, jotka ovat glukoosi ja galaktoosi. Laktoosin empiirinen kaava on $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Laktoosi muodostuu, kun glukoosi ja galaktoosi sitoutuvat toisiinsa beeta-1-4-glykosidisidoksella. [30.]



Kuva 7. Laktoosin rakennekaava [30].

Glukoosisiirappi eli tärkkelyssiirappi on tärkkelyksestä entsymaattisesti tai happohydrolyysillä asteittain pilkottu siirappi [2, s. 229]. Se sisältää glukoosia, maltoosia ja pitkäkettuisia sokereita. Glukoosisiirapin ominaisuuksia kuvaa dekstroosiekvivalentti- eli DE-luku, joka ilmaisee pelkistävien sokereiden määrän prosentteina glukoosiksi laskettuna siirapin kuiva-aineesta. Luku vaihtelee glukoosisiirapeilla välillä 20–60. [2, s. 28.] Tärkkelyssiirapit hidastavat tai estävät kiteytymistä, alentavat makeutta, parantavat sokeriliuosten kokonaisliukoisuutta, kasvattavat viskositeettia, vaikuttavat tasapainokosteuteen, säilyvyyteen, juoksevuuuteen ja hidastavat kosteusmuutoksia varastoitessa. [2, s. 229.]

Taulukko 4. Sokereiden suhteelliset makeudet (muokattu) [27].

Sokeri	Makeus
Sakkaroosi	1
Glukoosi	0,6-0,7
Fruktoosi	0,8-1,4
Dekstroosi	0,7
Tärkkelyssiirappi (DE 60)	0,3-0,6
Tärkkelyssiirappi (DE 40)	0,3-0,4

Yllä olevassa taulukossa 4 on esitetty sokereiden suhteelliset makeudet. Taulukosta huomataan, että sakkaroosi ja fruktoosi ovat suhteellisesti makeimmat, kun taas tärkkelyssiirapin ja glukoosin makeudet ovat vain noin puolet niiden makeudesta. Käyttämällä erilaisia sokereita ja vaihtelemalla niiden suhteita saadaan muutettua jäätelön rakennetta haluttuun suuntaan. Sakkaroosin määrästä voidaan korvata noin puolet muilla sokereilla [2, s. 68].

Dekstroosi liukenee hyvin veteen ja alentaa jäätelön jäätymispistettä tehokkaammin kuin sakkaroosi, jolloin saadaan pehmeämpää jäätelöä. Sitä voidaan käyttää korvaamaan noin 25 % sakkaroosin määrästä. Glukoosisiirappi eli tärkkelyssiirappi vaikuttaa edullisesti jäätelön rakenteeseen, sillä se nostaa viskositeettia, jolloin jääkiteiden koko pysyy pienenä ja niitä syntyy runsaasti. Samalla muiden sokereiden kiteytyminen estyy ja jäätelöstä saadaan pehmeämpi. Glukoosisiirappi parantaa sokeriliuosten kokonaisliukoisuutta. Glukoosisiirappi vaikuttaa jäätelön kykyyn kestää lämmönvaihteluita, jolloin säilyvyys pitenee. Glukoosisiirappia voidaan käyttää myös noin 25 % sokereiden kokonaismäärästä. [2, s. 68–69.] Dekstroosi ja glukoosisiirappi ovat suhteelliselta makeudeltaan alhaisempia kuin sakkaroosi, jolloin niiden suhteita voidaan vaihtaa muuttamatta oleellisesti jäätelön makeutta.

Taulukko 5. Sokereiden erilaisia ominaisuuksia [2, s. 69].

Sokerityyppi	Keskimääräinen molekyylipaino (g/mol)	Suhteellinen jäätymispisteen alenema °C	Suhteellinen makeus
Tärkkelyssiirappi 40	435	0,8	40
Maltoosisiirappi	417	0,9	40
Sakkaroosi	342	1,0	100
Laktoosi	342	1,0	30
Tärkkelyssiirappi 60	295	1,2	60
Sorbitoli	182	1,9	60
Glukoosi	180	1,9	70

Sokereiden molekyylipaino vaikuttaa oleellisesti seoksen jäätymispisteen alenemaan. Taulukon 5 avulla voidaan päätellä, että mitä pienempi sokerin molekyylipaino on, sitä tehokkaammin se alentaa seoksen jäätymispistettä. Kun jäätymispiste alenee, jäätelöstä tulee pehmeämpää, sillä jääkiteiden kasvu hidastuu ja ne jäävät pienemmiksi. Taulukon 5 perusteella monosakkaridit glukoosi ja sorbitoli alentavat tehokkaammin jäätymispistettä kuin esimerkiksi sakkaroosi tai tärkkelyssiirappi 40. Dekstroosin ollessa glukoosin isomeeri, sen molekyylipaino ja ominaisuudet ovat samat, joten sitä suositetaan sakkaroosin osittaisena korvaajana. Sokerin aiheuttama suhteellinen jäätymispisteen alenema voidaan laskea kuvan 8 kaavan avulla.

$\Delta T = \frac{1860 \times C}{M(100 - C)}$	Jossa 18,6 = jäätymispisteen aleneman vakio C = liunneen aineen pitoisuus / 100 g liuosta M = sokerin molekyylipaino
-----------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Kuva 8. Suhteellisen jäätymispisteen aleneman laskukaava [2, s. 69]

3.4.4 Kananmuna

Kananmunan keltuaista käytetään emulgointiaineena kotitekoisissa, luonnollisesti valmistetuissa ja lisäaineettomissa jäätelöissä. Myös valkuaista voidaan käyttää jäätelönvalmistuksessa, jolloin valkuaisen sisältämät proteiinit vaikuttavat edullisesti jäätelön vispautuvuuteen ja ilmavuuteen. Kananmunan keltuaisesta noin puolet, 50 % on vettä, 16 % proteiinia, 9 % lesitiiniä, 23 % rasvaa, 0,3 % hiilihidraatteja ja 1,7 % mineraaleja. Keltuaisen sisältämä lesitiini toimii emulgointiaineen tavoin jäätelössä yhdistäen rasva- ja vesifaasin toisiinsa, jolloin syntyy öljy-vedessä emulsio. Keltuaista käytetään jäätelössä noin 0,5–3,0 m-%. Jos keltuaista käytetään enemmän se saattaa tuoda jäätelöön kananmunamaisen maun. [21, s. 49–50.] Kananmunan keltuainen vaikuttaa edullisesti jäätelön rakenteeseen, mutta ei vaikuta jäätympisteeseen. Se nostaa viskositeettia ja parantaa jäätelön vispausominaisuuksia. [1, s. 29.] Jäätelön valmistuksessa voidaan käyttää pastöroitua, tuoretta, pakastettua tai kuivattua kananmunan keltuaista [21, s. 49].

4 Jäätelössä käytettävät emulgointi- ja stabilointiaineet

Asiakasyrityksen jäätelöissä ei käytetä keinotekoisia lisäaineita; näihin lukeutuvat keskeisimpinä emulgointi- ja stabilointiaineet. Ainoa jäätelöissä käytetty lisäaine on luonnosta peräisin oleva Johanneksen leipäpuujauhe, jota käytetään sakeuttamisaineena. Useimmat jäätelön valmistajat käyttävät sen sijaan jäätelöissään useita erilaisia keinotekoisia lisäaineita. Emulgointi- ja stabilointiaineiden lisäksi jäätelöissä käytetään myös väri- ja aromiaineita.

Emulgointi- ja sakeuttamisaineita käytetään jäätelön rakenteen ylläpitämiseksi. Sakeuttamisaineet voidaan luokitella kahteen ryhmään: gelatiineihin ja kasvipärisiin sakeuttamisaineisiin. Gelatiinit ovat eläinperäisiä, aminohappoja sisältäviä sakeuttamisaineita. Niitä saadaan esimerkiksi nahasta ja luusta. Kasvipärisiä ovat taas esimerkiksi agar, karrageeni, alginaatit, selluloosajohdannaiset ja kumit (tragantti, LBG ja guar). [2, s. 69.]

Sakeuttamisaineet vaikuttavat valmiin jäätelön pehmeuteen. Ne sitovat vettä ja estävät siten suurien jääkiteiden muodostumisen jäätelöön. Sakeuttamisaineiden tärkeänä teh-

tävä on estää lämpötilavaihteluiden aiheuttaman karkean ja jäisen rakenteen muodostuminen jäätelöön. Sakeuttamisaineita käytetään yleensä noin 0,2–0,3 % jäätelömassan määrästä. Määrät riippuvat sakeuttamisaineen ominaisuuksista, massan kuiva-ainepitoisuudesta ja käytetyistä prosessilaitteista. [2, s. 69.]

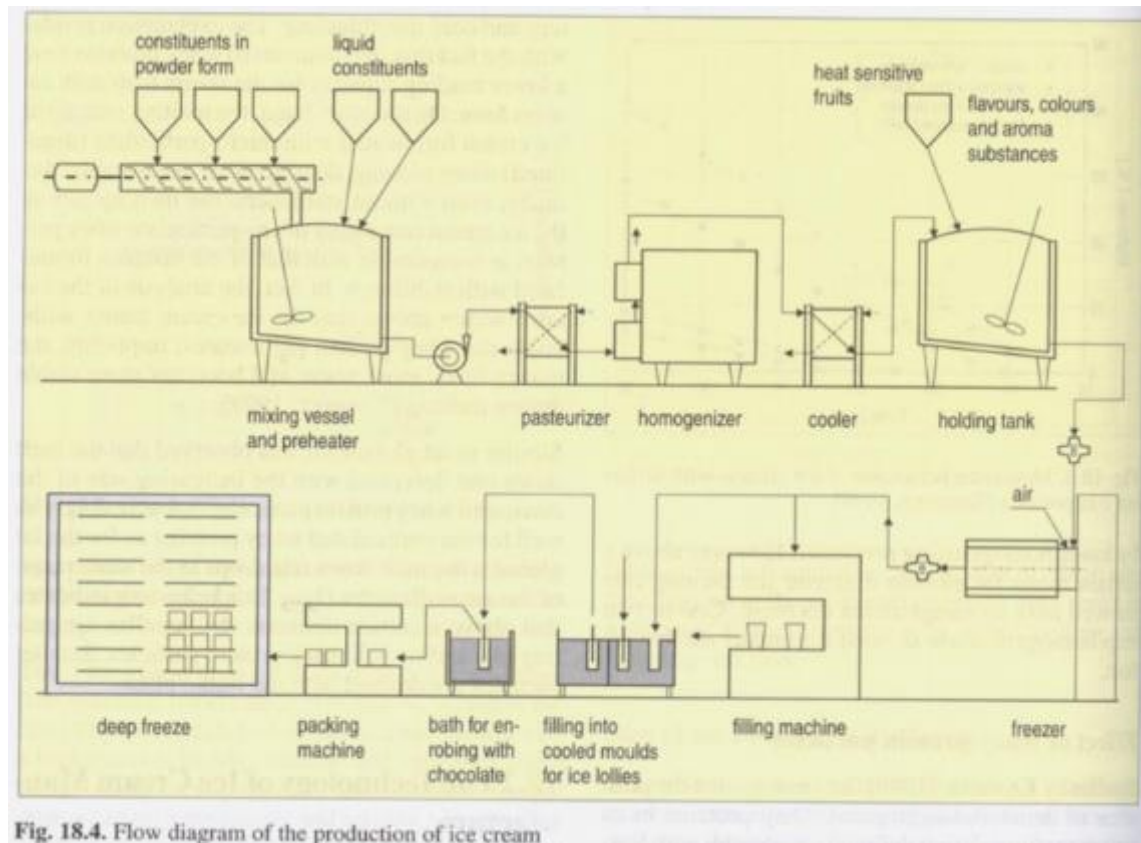
Jäätelössä yleisimmin käytettyjä sakeuttamisaineita ovat Na- ja propyleeniglykoliaalgiinatit, guarkumi, Johanneksen leipäpuunjauhe (LBG), karboksimeetyliselluloosa (CMC), karrageeni, pektiini ja gelatiini. Yleensä käytetään useampaa sakeuttamisainetta tai niiden seosta, sillä niiden ominaisuudet ja vaikutukset jäätelöön vaihtelevat. Jos sakeuttamisaineita käytetään liikaa, saattaa jäätelöstä tulla liian sitkeää. [2, s. 69.]

Emulgointiaineena jäätelössä käytetään yleisimmin rasvahappojen mono- ja diglyseridejä. Niiden käyttömäärä on noin 0,2 % jäätelömassasta. Ne parantavat jäätelön rakennetta, lyhentävät vispauksaika ja saavat aikaan ilman tasaisen jakautumisen jäätelössä. Jos emulgointiaineita käytetään liikaa, jäätelön sulaminen hidastuu ja saattaa syntyä rakennevirheitä. [2, s. 70.]

Väriaineita käytetään Suomessa suhteellisen vähän verrattuna muihin EU maihin tai Yhdysvaltoihin, esimerkiksi vaniljajäätelössä väriaineita ei yleensä käytetä ollenkaan. EU:n lainsäädännön mukaan sallittuja atsoväriaineita pyritään myös Suomessa käyttämään hyvin varovaisesti, sillä osan niistä on todettu olevan haitallisia terveydelle ja ympäristölle. Aromiaineita käytetään usein sinällään antamaan makua tai vahvistamaan luontaisesta maun antajasta saatavaa makua. [2, s. 70.]

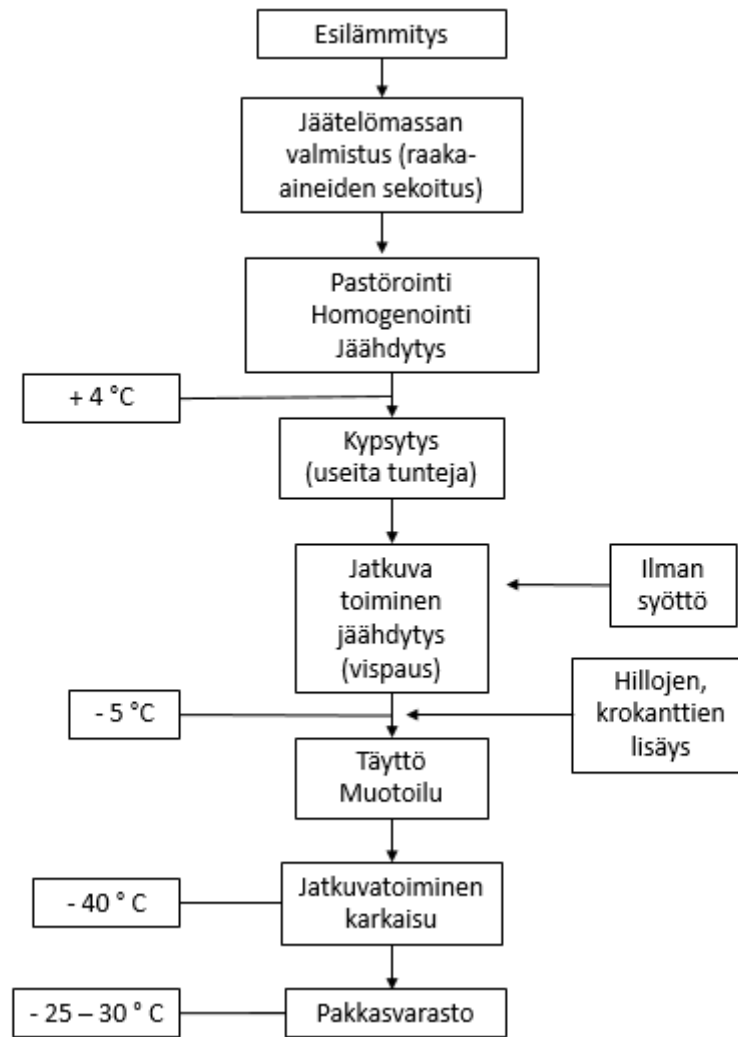
5 Jäätelön valmistus tehtaassa

Jäätelön teollinen valmistusprosessi koostuu jäätelömassan valmistuksesta, massan homogenoinnista ja pastöroinnista, massan kypsytyksestä, vispauksesta, jäädytyksestä, muotoilusta, kuorrutuksesta ja pakkauksesta, karkaisusta, pakkauksesta tukkupakkauksiin ja varastoinnista pakkasvarastossa [2, s. 71]. Kuvassa 9 on esitetty jäätelön valmistukseen tarvittava laitteisto tehtaassa.



Kuva 9. Jäätelön teollisessa valmistuksessa käytettävä laitteisto [22].

Jäätelömassan valmistus aloitetaan sekoittamalla kuivat aineet, kuten sokerit, maitojauhe ja stabilointiaineet, nestemäisiin aineisiin, kuten maitoon, kermaan ja rasvaan. Kuiva-aineet ovat herkkiä paakkuuntumaan, joten ne lisätään hitaasti pienissä erissä massaun. Yleensä jäätelömassa myös suodatetaan, jolloin mahdollisesti syntyneet paakut voidaan poistaa seoksesta. Jäätelömassa esilämmitetään seuraavaa vaihetta varten +65 asteeseen. [21, s. 61–62.] Jäätelön valmistusprosessin päävaiheet on esitetty kuvassa 10.



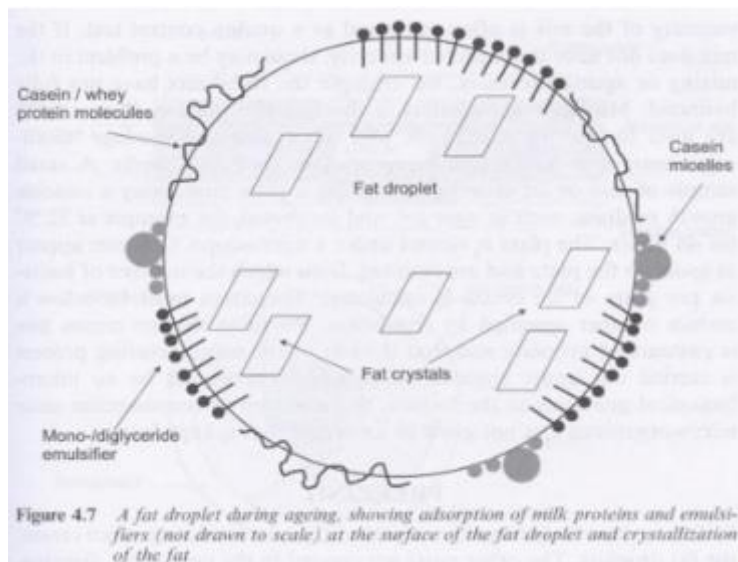
Kuva 10. Jäätelön valmistuksen prosessikaavio (muokattu) [2, s. 71].

Jäätelömassa homogenoidaan johtamalla se 150–200 barin paineella homogenointipään läpi, jolloin maidossa olevat rasvapisarat hajoavat pienemmiksi kasvattaen niiden pinta-alaa. Rasvapisaroita ympäröinyt fosfolipidi- ja proteiinikalvo rikkoontuu, ja niiden ympärille muodostuu uusi kalvo maidon kaseiiniproteiineista. Rasvapisaroita ympäröi sitten vahvempi proteiinikalvo, joka estää niiden yhteenliittymisen. [21, s. 63–64.] Homogenointi muuttaa jäätelön rakenteen emulsioksi. Tämä on perusteena jäätelön rakenteen muodostumiselle.

Pastöroinnissa jäätelömassa lämpökäsitellään eli kuumennetaan +72–78 °C:seen 15–20 sekunniksi [23]. Pastöroinnin tarkoitus on tuhota kaikki patogeeniset mikrobit seok-

sesta. Se myös parantaa eri aineiden liukoisuutta, sulattaa rasvoja, lisää massan viskositeettia eli alentaa juoksevuutta ja pidentää säilyvyysaikaa. [1, s. 148.] Pastörointi tehdään yleensä levylämmönvaihtimen tai putkilämmönvaihtimen avulla [23].

Pastöroinnin jälkeen jäätelömassa jäädytetään asteittain noin +4 °C:seen ja sen annetaan kypsyä kypsytystankeissa vähintään neljä tuntia. Jäätelömassaa myös sekoitetaan varovasti aika ajoin. Kypsytyksen aikana osa rasvojen pintaan liittyneistä maitoproteiineista, kaseiineista korvautuu emulgointiaineilla ja rasvat alkavat kiteytyä ja jäätyä sisältä. Rasvapisaroiden kiteytyminen nähdään kuvassa 11. Käytetyt stabilointiaineet sitovat vettä itseensä ja turpoavat. Kypsytyksen tulee kestää riittävän kauan, jotta massan vispaus ja jäädytys onnistuvat. [21, s. 65–67.]



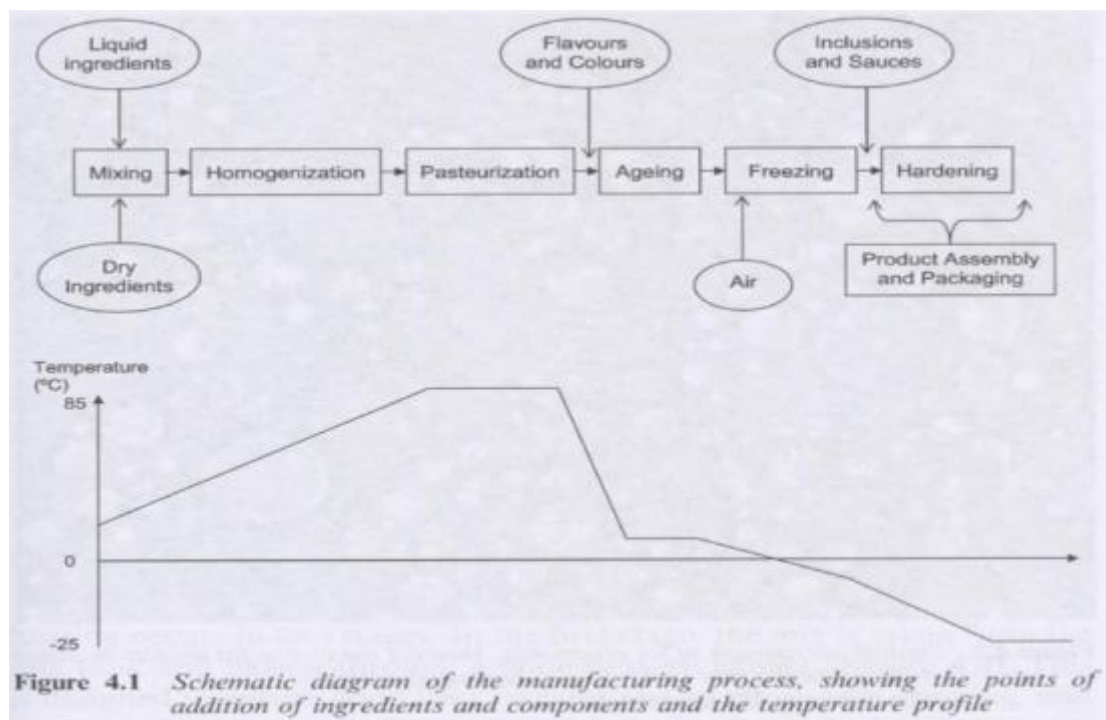
Kuva 11. Rasvakiteiden muodostuminen kypsytyksen aikana [21, s. 67].

Massan vispauksen aikana massa jäädytetään -5 °C:seen. Vispauksen tarkoituksena on tuoda jäätelöön ilmaa ja saada jäätelö jäätymään tasaisemmin. [21, s. 68] Vispauksen aikana jäätelön tilavuus kaksinkertaistuu ja muodostuu ilmava ja pehmeä rakenne. Jäädytyksen aikana muodostuvat jäätelön kannalta tärkeät jääkiteet, ja vispauksen jälkeen noin 50 % jäätelön sisältämästä vedestä on jääkiteinä. Jääkiteiden muodostumisen seurauksena myös jäätyvätön faasi tiivistyy ja rasvat joutuvat pienempään tilaan, jolloin osa niiden pintakalvorakenteesta vaurioituu. [2, s. 71.]

Vispattu jäätelö annostellaan pakkauksiin ja muotoillaan halutulla tavalla. Jäätelö voidaan kuorruttaa esimerkiksi suklaalla tai koristella pähkinöillä. Jäätelöön voidaan lisätä

myös hilloa tai kastiketta. Jos jäätelöön lisätään aromeja tai väriaineita, ne lisätään yleensä ennen vispausta. [21, s. 66.]

Jäätelön pakkauksen jälkeen tapahtuu karkaisu eli jäädytys, jossa lämpötila lasketaan nopeasti $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen. Tämä tehdään yleensä levykarkaisulla tai karkaisutunnelissa. Kylmäaineena käytetään tehtaissa yleensä nestetyypeä tai ammoniakkaa. Jäätyminen tapahtuu kahdella eri tavalla: jääkiteiden lisääntymisellä ja jääkiteiden uudelleen kiteytymisellä, jolloin jääkiteiden koko kasvaa. Karkaisun tulisi tapahtua nopeasti, jotta jääkiteitä syntyisi enemmän, kuin että niiden koko kasvaisi. Jäätelön rakenteen kannalta tulisi syntyä mahdollisimman paljon pieniä jääkiteitä, jolloin jäätelöstä tulee pehmeää. Tavoitteena on myös saada 90 prosenttia vedestä jäätymään, jolloin jäätelöstä tulee kovaa. [21, s. 77–78.] Lämpötilan hallinta jäätelön valmistuksen eri vaiheissa on hyvin tärkeää ja vaikuttaa valmistusprosessin onnistumiseen. Kuvassa 12 on lämpötilakuvaaja jäätelön valmistuksen eri vaiheista. Tärkeimpiä kohtia lämpötilan hallinnassa ovat pastöroinnin lämpötila ($75\text{--}85\text{ }^{\circ}\text{C}$), kypsytyksen aikana lämpötila noin $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, vispauksessa noin $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötila ja tärkeimpänä jäädytys eli karkaisu, jossa lämpötila lasketaan noin $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jäätelöä tulee säilyttää $-18\text{...}-25\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa.



Kuva 12. Lämpötilaprofiili jäätelön eri valmistusvaiheissa [21, s. 61].

Jääkiteillä on jäätelön rakenteeseen ja suutuntumaan oleellinen vaikutus. Jääkiteiden koon ylittäessä 40–50 mikrometriä ne alkavat tuntua suussa. Suutuntumasta tulee karkea, vaikka vain osa jääkiteistä ylittäisi kynnyksarvon. Jääkiteiden koko riippuu niiden jäätymisnopeudesta. [2, s. 72.]

Karkaisun jälkeen jäätelöt siirretään pakkasvarastoon $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$:seen. Vähittäistavarakaupoissa jäätelöä tulee säilyttää vähintään $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa. Varastointilämpötilassa ei enää muodostu uusia jääkiteitä, vaan lämpötilavaihteluiden aikana jääkiteet kasvavat ja sulanut vesi kiteytyy uudelleen entisten jääkiteiden päälle. [2, s. 73.]

6 Työn tarkoitus

Työn tarkoituksena oli tutkia, miten raaka-aineet vaikuttavat jäätelön rakenteeseen ja esiintyykö valmistetuissa koejäätelöissä asiakasyrityksen havaitsemaa hiekkaisuusvirhettä. Asiakasyrityksen kohdalla kyseessä oli noin joka kolmannessa valmistetussa erässä esiintyvä hiekkaisuusvirhe, joka tavallisesti johtuu laktoosin liiallisesta kiteytymisestä jäätelössä. Hiekkamaisessa jäätelössä tuntuu jäätelön sulaessa suussa pieniä kovia hiekkamaisia kiteitä (laktoosia). Koe-erissä käytetyt raaka-aineet (maito, maitojauhe ja kerma) olivat kuitenkin laktoosittomia.

Työssä tehtiin ensin useita esikokeita tavallisesta jäätelöstä, jotta jäätelön valmistusprosessi saataisiin toistettavaksi. Näiden jälkeen valmistettiin kuusi erää laktoositonta jäätelöä (laktoositon maito, laktoositon kerma ja laktoositon maitojauhe), joista kolme valittiin jatkokäsittelyyn. Näissä kolmessa oli myös muutettu alkuperäistä reseptiä sokereiden, rasvapitoisuuden ja kananmunan (emulgointiaine) suhteen. Tarkoituksena oli selvittää, miten raaka-ainemuutokset vaikuttavat jäätelöiden rakenteisiin ja esiintyykö niissä hiekkaisuusvirhettä. Tämän jälkeen valmistettiin vielä erä laktoositonta ja tavallista jäätelöä, joiden molempien maitojauheen määrä kaksinkertaistettiin hiekkaisuusvirheen tunnistamista ja havaitsemista varten. Jäätelöt valmistettiin Vantaalla, Metropolian elintarvikelaboratorion tiloissa, koulun De Longhi ICK6000-jäätelökoneella. Jäätelöiden rakennetta arvioi koululla aistinvaraisesti yrityksen edustaja.

7 Materiaalit ja menetelmät

7.1 Jäätelöiden raaka-aineet ja reseptit

Jäätelöissä käytetyt raaka-aineet olivat maito, maitojauhe, kerma, kananmuna ja sokerit. Sokereina käytettiin sakkaroosia, dekstroosia ja glukosisiirappia. Mausteena jäätelöissä käytettiin vaniljatangon siemeniä. Yritys toimitti jäätelöiden valmistuksessa tarvittavat kuiva-aineet eli sokerit ja maitojauheen sekä jäätelöpakkaukset. Jäätelöreseptit pohjautuivat yrityksen antamaan reseptiin, joka oli suuntaa antava, muttei kuitenkaan yrityksen alkuperäinen resepti. Käytettyjen jäätelöreseptien raaka-aineiden määriä tai suhteita ei voida salassapitosyistä tässä työssä kertoa.

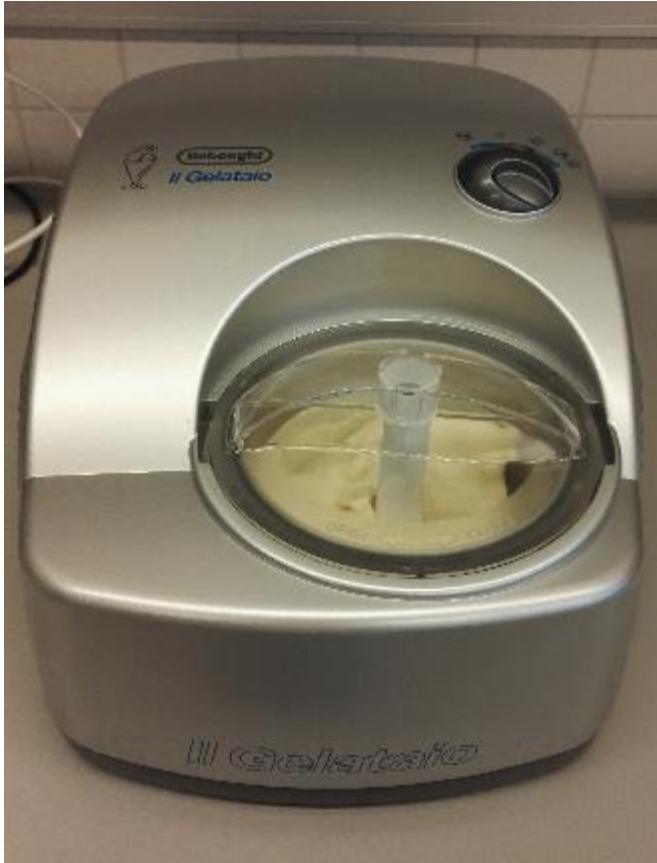
7.2 Jäätelön valmistusohje

Jäätelön valmistus aloitettiin punnitsemalla oikea määrä maitoa kattilaan ja pastöroitiin lämmittämällä maito 75–85 °C:seen. Lämpimään maitoon lisättiin samalla sekoittaen valmiiksi punnitut sokerit, maitojauhe sekä vaniljatangon siemenet. Syntyneeseen seokseen lisättiin kevyesti vatkatun kerma ja kananmuna. Massa asetettiin jäähautteeseen jäähtymään (kuva 13). Lämpömittarilla tarkistettiin, että massa oli jäähtynyt noin -1 °C–0 °C:ksi.



Kuva 13. Massan jäähaude.

Tämän jälkeen massa kaadettiin jäätelökoneeseen (De Longhi ICK6000), joka oli esijäähdytetty (kuva 14). Koneessa jäähdytys- ja sekoitusvaiheen kesto oli noin 15–20 minuuttia, jonka jälkeen jäätelö pakattiin välittömästi kylmiin 2,5 dl:n pahvipurkkeihin. Pahvipurkit vietiin pakastimeen, jossa ne olivat noin kaksi vuorokautta $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa. Valmiit jäätelöt siirrettiin toiseen pakastimeen, jossa niitä säilytettiin $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa.



Kuva 14. Jäätelökone De Longhi ICK6000.

7.3 Jäätelökokeet

Työssä valmistettiin ensin useita esikokeita tavallisesta jäätelöstä, jotta jäätelön valmistusprosessi saataisiin toistettavaksi varsinaisia kokeita varten. Esikokeiden jälkeen valmistettiin 6 erää laktoositonta jäätelöä erilaisilla resepteillä, joista kolme valittiin jatkokäsittelyyn. Näistä kolmesta oli ensimmäisessä muutettu jäätelön sokerisuhteita, toisessa jäätelön rasvapitoisuutta ja kolmannessa jäätelön kananmunapitoisuutta. Lopuksi tehtiin vielä hiekkaisuuden havaitsemiseksi kokeet tavallisesta ja laktoosittomasta jäätelöstä nostamalla maitojauheen määrä niissä kaksinkertaiseksi.

Ensimmäisessä jäätelökokeessa oli kasvatettu sekä dekstroosin että glukoosisiirapin määrää 3 %:lla laskettuna jäätelön kokonaismassasta. Sokereiden kokonaismäärästä niiden osuus oli yhteensä 60 % ja sakkaroosin 40 %. Toisessa jäätelökokeessa oli lisätty kerman määrää 5 % jäätelön kokonaismassasta ja kolmannessa kananmunaa oli lisätty

4 % massan kokonaismäärästä (taulukko 6). Yrityksen antama resepti oli 700 g massalle, mutta jäätelöresepteissä käytettiin puolikasta massaa (350 g), sillä jäätelökoneen maksimitilavuus oli 600 g.

Taulukko 6. Jäätelökokeet.

Jäätelökoe	Sokerit	Rasva	Kananmuna
Jäätelökoe I	+ 3 % dekstroosia + 3 % glukoosisiirappia	Alkuperäinen	Alkuperäinen
Jäätelökoe II	Alkuperäinen	+ 5 % kermaa	Alkuperäinen
Jäätelökoe III	Alkuperäinen	Alkuperäinen	+ 4 % kananmuna

Jäätelökokeiden valmistuksessa ne pastöroitiin + 78–80 °C:n lämpötilassa ja jäähauteen lämpötilaksi mitattiin 0 °C astetta. Jäätelökone esijäähdytettiin noin 10 minuutiksi ennen massan lisäystä koneeseen. Ensimmäinen jäätelökoe oli koneessa 16 minuuttia, toinen koe 15 minuuttia ja kolmas 18 minuuttia. Kaikki kokeet pakattiin kahteen 0,25 litran pahvipurkkeihin ja siirrettiin pakastimeen -25 °C:n lämpötilaan.



Kuva 15. Jäätelöt pakattiin yrityksen 0,25 L:n pahvipurkkeihin.

Hiekkaisuuden havaitsemiseksi kasvatettiin maitojauheen määrä kaksinkertaiseksi sekä laktoosia sisältävässä jäätelössä että laktoosittomassa jäätelössä (laktoositon maitojauhe). Muuten jäätelöissä käytetyt raaka-aineiden määrät olivat samat kuin yrityksen antamassa reseptissä. Maitojauheen määrää kasvatettiin, sillä laktoosin määrä on siinä hyvin korkea, noin 53 p-%. Laktoosin osuus laktoosia sisältävässä jäätelökokeessa oli 11 p-%, kun sen määrän tulisi olla korkeintaan 9 p-%, jotta hiekkaisuusvirhettä eli laktoosin kiteytymistä ei syntyisi. Taulukossa 7 on kerrottu maitojauheen määrä kokonaisuudesta.

Taulukko 7. Maitojauheen määrä koejäätelöissä.

Jäätelökoe	Maitojauheen määrä (m-%)
Tavallinen jäätelö	15 %
Laktoositon jäätelö	15 %

8 Tulokset

Aistinvaraisen arvioinnin suorittanut yrityksen edustaja ei havainnut yhdessäkään kolmesta jäätelökokeesta hiekkaisuusvirhettä. Näissä laktoosittomissa jäätelöissä oli pieniä suussa tuntuvia jääkiteitä, mutta ne olivat todennäköisesti valmistusprosessiin liittyvästä lämpötilan vaihtelusta tai jäätelön valmistusprosessista johtuvia rakennevirheitä. Jäätelökokeissa oli hyvin pieniä eroja rakenteiden välillä.

Ensimmäisessä kokeessa oli käytetty enemmän dekstroosia ja glukosisiirappia, joiden tarkoituksena oli laskea sulamispistettä ja saada jäätelöstä lusikoitavampaa ja pehmeämpää. Toisessa kokeessa jäätelön rasvapitoisuutta oli kasvatettu nostamalla kerman määrää 4 %, jonka tarkoituksena oli hidastaa jäätelön sulamista ja lisätä viskositeettia. Kolmannessa kokeessa oli nostettu kananmunan määrää 5 %, jotta jäätelön rakenteesta tulisi kuohkeampi ja pehmeämpi. Raaka-aineiden muutokset olivat kuitenkin pieniä, joten niiden vaikutukset rakenteeseen eivät tulleet vahvasti esille. Suuremmilla raaka-ainemuutoksilla erot jäätelöiden rakenteeseen olisivat todennäköisesti tulleet selvemmin havaittavaksi.

Jäätelökokeissa, joissa maitojauheen määrää oli nostettu, oli aistinvaraisesti arvioitaessa selvä ero rakenteiden välillä. Laktoosia sisältävässä jäätelössä tuntui suussa pieniä jäisiä hiekkamaisia kiteitä, kun taas laktoosittomassa jäätelössä kiteitä ei ollut. Yrityksen omissa laktoosittomissa jäätelökokeissa esiin tulevalle hiekkaisuudelle ei löydetty syytä, mutta siihen voi vaikuttaa usea tekijä, kuten kuiva-aineen määrä eli maitojauheen määrä, valmistuksen aikana aiheutuvat lämpöshokit tai raaka-aineiden muutokset reseptissä. Alla olevassa kuvassa 16 on listattu yhteyksiä jäätelön rakenteen ja sen aistinvaraisen laadun välillä.

Table 7.3 *Links between microstructure, physical and sensory properties*

<i>Microstructure</i>	<i>Physical property</i>	<i>Sensory property</i>
Ice content and contiguity, air content, matrix viscosity	Young's modulus, hardness, yield stress	Firmness on spooning/ in mouth, crumbliness, scoopability
Ice content and contiguity	Latent heat, thermal conductivity	Coldness, amount of cooling
Ice crystal size, air bubble size		Smoothness, coarseness, iciness
Air content	Young's modulus	Lightness
Fat content, fat partial coalescence, matrix viscosity	Meltdown rate	Rate of melt
Matrix volume fraction, stabilizer and fat content	Viscosity when melting	Thickness, mouth coating, gumminess
Lactose crystals		Sandiness

Kuva 16. Jäätelön rakenteen yhteys sen aistinvaraisiin ominaisuuksiin [22].

9 Yhteenveto

Laktoosin kiteytyminen eli hiekkaisuus jäätelössä on ollut pitkään jäätelönvalmistajia koskettava ongelma. Se on ollut ongelmana siitä lähtien, kun huomattiin, että rasvattoman kuiva-aineen lisäys vaikutti suotuisasti jäätelön rakenteeseen. Pian myös huomattiin, että maitojauheen lisääminen jäätelöön aiheuttaa siihen rakennevirheen, joka jäätelöä syötäessä tuntuu siltä, kuin ”suu olisi täynnä hiekkaa”. Hiekkaisuusvirheen on todettu johtuvan maitojauheen sisältämästä laktoosista ja sen kiteytymistä jäätelössä. Sitä saattaa kuitenkin esiintyä myös laktoosittomassa jäätelössä. Hiekkaisuutta on tutkittu pitkään, mutta vieläkään ei pystytä täysin selittämään, miksi toisissa jäätelöissä esiintyy hiekkaisuutta ja toisissa taas ei. [31.]

Työssä valmistetuissa laktoosittomissa koejäätelöissä ei havaittu hiekkaisuutta. Koejäätelöissä oli rakennevirheenä kiteisyyttä, mutta se oli todennäköisesti jäätelön jäätymistä vasta tai valmistusprosessista johtuvaa. Raaka-aineiden muutosten vaikutukset eivät myöskään selvästi näkyneet koejäätelöissä. Suuremmilla raaka-ainemuutoksilla olisi vaikutus jäätelöiden rakenteeseen tullut mahdollisesti paremmin esille. Hiekkaisuusko-

keissa, joissa maitojauheen määrää oli nostettu, laktoosia sisältävässä jäätelössä oli aistinvaraisesti arvioitaessa hiekkaisuutta, kun taas laktoosittomassa jäätelössä varsinaista hiekkaisuutta ei ollut.

Työssä käytetty valmistusprosessi vaikutti osaltaan myös jäätelöiden rakenteisiin. Tutkitut jäätelöt oli valmistettu pienemmässä mittakaavassa kuin yrityksen vastaava valmistus: pieni jäätelökone ei vastaa yrityksen teollisia laitteita. Valmistusvaiheista kypsytyks (tunteja tai yön yli) ja vispausvaihe jätettiin kokonaan suorittamatta. Karkaisussa käytetty lämpötila oli huomattavasti alhaisempi (-25 °C) kuin teollisessa jäätelön valmistuksessa käytetty lämpötila (-40 °C), jolloin jäätelö jäättyi myös hitaammin. Mahdollinen syy jäätelöissä esiintyvälle kiteisyydelle oli myös se, että jäätelöt ehtivät hieman sulaa pakkausvaiheessa ennen kuin ne siirrettiin pakastimeen.

Työn tutkimusasetelman olisi pitänyt olla hieman erilainen hiekkaisuuden osalta, sillä hiekkaisuutta tutkittaessa maitojauheen määrä on tärkein muuttuja, jolloin sen suhteita tutkimalla olisi saatu parempia tuloksia. Kokeita olisi tullut suorittaa enemmän ja satunnaistaa ne arviointivaiheessa tulosten luotettavuuden kannalta. Työssä perehdyttiin kuitenkin jäätelön rakenteeseen vaikuttaviin tekijöihin ja opittiin, miten eri raaka-aineet vaikuttavat valmiin jäätelön rakenteeseen.

Yrityksen havaitsemaa hiekkaisuutta laktoosittomassa jäätelössä ei saatu työn kokeilla aikaan. Yrityksen tulee suorittaa jatkossa lisäkokeita jäätelön rakenteen suhteen ennen kuin laktoositonta jäätelöä saadaan markkinoille. Työssä huomattiin, kuinka paljon tuotekehitykseen kuluu aikaa ja resursseja. Huolellinen koesuunnittelu on siten tarpeen. Jäätelönvalmistus on yllättävän monimutkainen prosessi ja on vaikeaa valmistaa onnistunutta jäätelöä, joten jäätelönvalmistajilla riittää haasteita tulevaisuudessa.

Lähteet

- 1 Marshall, Robert T., Arbuckle, W.S. 2000. Ice Cream. 5th edition. Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc.
- 2 Saarela, Anna-Maria ym. 2010. Elintarvikeprosessit. Kuopio: Suomen Graafiset Palvelut Oy Ltd. 3.
- 3 Helsingin Jäätelötehdas. Verkkodokumentti. <<http://helsinginjaatelotehdas.fi/yrityksesta.html>>. Luettu 28.2.2016.
- 4 Tuominen Petra & Mettänen Heli. 2015. Kesän jäätelöuutuudet paljastettiin: Runsaasti lakua ja laktoositonta. Verkkodokumentti. <<http://www.makuja.fi/artikkelit/4840086/ajankohtaista/kesan-jaatelouutuudet-paljastettiin-runsaasti-lakua-ja-laktoositonta-katso-lista/>> Luettu 25.2.2016.
- 5 Hertsi, Anneli. 2015. Suussa sulavia makuja Kontulasta. Verkkodokumentti. Kauppalehti. <<http://www.kauppalehti.fi/uutiset/suussa-sulavia-makuja-kontulasta/jLJyi6tw>>. Luettu 8.9.2015.
- 6 Kolmen Kaverin Jäätelö. 2016. Verkkodokumentti. <<http://www.3kaveria.fi/?lang=fi>>. Luettu 15.9.2015.
- 7 Puranen, Tuula. 2014. Suomalainen syö vuodessa näin paljon jäätelöä. Verkkodokumentti. Keskisuomalainen. <<http://www.ksml.fi/uutiset/keski-suomi/suomalainen-syo-vuodessa-nain-paljon-jaatelo/1849913>> Luettu 20.5.2015
- 8 Jäätelö maistuu suomalaisille entistä paremmin. 2006. Verkkodokumentti. <<http://www.ruokatieto.fi/uutiset/jaatelo-maistuu-suomalaisille-entista-paremmiin>>. Luettu 10.2.2016.
- 9 Suomalaisten jäätelömaku: kovaa, kermaista, mietoa ja marjaista. 2007. Verkkodokumentti. <<http://www.ruokatieto.fi/uutiset/suomalaisten-jaatelomaku-kovaa-kermaista-mietoa-ja-marjaista>>. Luettu 9.2.2016.
- 10 Kuluttajatutkimus: valmistusmaa määrittää onko jäätelö lähellä tuotettu. 2011. Verkkodokumentti. <<http://www.ruokatieto.fi/uutiset/kuluttajatutkimus-valmistusmaa-maarittaa-onko-jaatelo-lahella-tuotettu>>. Luettu 9.2.2016.
- 11 Kilpailuvirasto hyväksyi Nestlen ja Valion jäätelökaupan. 2004. Verkkodokumentti. <<http://www.hameensanomat.fi/uutiset/talous/193395-kilpailuvirasto-hyvakysi-nestlen-ja-valion-jaatelokaupan>>. Luettu 29.1.2016.
- 12 Suomen jäätelömarkkinoista kahden jätin kilpailukenttä. 2011. Verkkodokumentti. <<http://www.kauppalehti.fi/uutiset/suomen-jaatelomarkkinoista-kahden-jatin-kilpailukentta/s8XBf64Y>>. Luettu 1.2.2016.

- 13 Haglund Berit ym. 2011. Ihmisen ravitsemus. Sanoma Pro. 10.-11. painos.
- 14 Egil Haug ym. 2007. Ihmisen fysiologia. Werner Soderström Osakeyhtiö. 1.-3. painos.
- 15 Vähälaktoosiset ja laktoosittomat elintarvikkeet. Evira. 2015. Verkkodokumentti. <<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus+ja+myynti/erityisruokavaliovalmistet/vahalaktoosiset+ja+laktoosittomat+elintarvikkeet/>>. Luettu 13.6.2016.
- 16 Laktoosi-intolerantin maitovalmisteet. Maito ja terveys. 2011. Verkkodokumentti. <http://www.maitojaterveys.fi/www/fi/?we_objectID=472>. Luettu 14.6.2016.
- 17 Uusi teknologia mahdollisti uuden maitotuotteen. Kehittyvä elintarvike. Verkkodokumentti. <<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/32-uusi-teknologia-mahdollisti-uuden-maitotuotteen>>. Luettu 12.6.2016.
- 18 Ilmoitus erityisruokavaliovalmisteen markkinoille saattamisesta. Evira. 2015. Verkkodokumentti. <http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus+ja+myynti/erityisruokavaliovalmistet/ilmoitus+erityisruokavaliovalmisteen+markkinoille+saattamisesta/>. Luettu 13.6.2016.
- 19 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös jäätelöstä. Finlex. 1999. Verkkodokumentti. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19990004>>. Luettu 5.1.2016.
- 20 Jäätelö. 2013. Evira. Verkkodokumentti. <<http://www.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/valmistus+ja+myynti/tuotekohtaisia+vaatimuksia/jaatelo/>>. Luettu 7.1.2016.
- 21 Clarke, Chris. 2004. The Science of Ice Cream. The Royal Society of Chemistry.
- 22 Alatossava, Tapani. 2015. Elintarvikesuunnittelu- ja prosessoinnin kurssi. Luentomateriaali. Helsingin yliopisto.
- 23 Lehtiniemi Kalle ym. 2006. Mooli 3. Otavan kirjapaino Oy. 1.-2.painos.
- 24 Maidon kemiaa. Milk Works. Verkkodokumentti. <<http://www.milkworks.fi/oppimateriaali/mita-maito-on/maidon-kemiaa/Sivut/default.aspx>>. Luettu 20.5.2015.
- 25 Maidon käsittely meijerissä. 2016. Maito ja terveys. Verkkodokumentti. <http://www.maitojaterveys.fi/www/fi/maitotietoa/tietoa_maitovalmisteista/maidon_kasittely/mita_tarkoittaa.php>. Luettu 25.3.2015.
- 26 Sokerit. Helsingin yliopisto 2002. Verkkodokumentti. <<http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/elintarvikkeet/sokerit.htm>>. Luettu 12.5.2015.
- 27 Sokerilajit. Dansukker 2014. Verkkodokumentti. <<http://www.dansukker.fi/fi/tietoa-sokerista/sokerilajit.aspx>>. Luettu 8.5.2015.

28 Glukoosi. 2015. Wikipedia. Verkkodokumentti. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Gluukoosi>>. Luettu 11.9.2015.

29 Lehtiniemi Kalle ym. 2007. Mooli 2. Otavan kirjapaino Oy. 2.-4. painos.

30 Laktoosi. 2014. Wikipedia. Verkkodokumentti. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Laktoosi>>. Luettu 12.5.2015.

31 Lactose Crystallization In Ice Cream. Journal of dairy science. Verkkodokumentti. <[http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(62\)89398-9/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(62)89398-9/pdf)>. Luettu 24.3.2016.

