

Departement
INDUSTRIËLE EN BIOWETENSCHAPPEN

Master of Science in de biowetenschappen:
voedingsindustrie



Stabilisatoren in consumptie-ijs

Evaluatie van alternatieven voor guar gom



CAMPUS

Geel



Jens Van den Bosch

Academiejaar 2012-2013

VOORWOORD

Dit werk vormt de afsluiting van mijn opleiding tot Master in de Biowetenschappen optie voedingsindustrie aan Thomas More Kempen. Bij het tot stand komen van dit werk hebben heel wat mensen me bijgestaan. Daarom wil ik bij het begin van deze masterproef een woord van dank tot hen richten.

In de eerste plaats wil ik het management van Glacio bedanken voor de kans die ze mij gaven om een leerrijke stage te lopen in hun bedrijf.

Daarbij wil ik in het bijzonder Dhr. Koen Sterckx, R&D manager, en mevr. Els Van der Veken, food technologist, bedanken voor hun begeleiding en opvolging gedurende het ganse project. Verder wil ik hen bedanken voor de suggesties die me hielpen bij het uitwerken van deze masterproef. Ik wil ook alle andere medewerkers bedanken voor hun hulp en de aangename sfeer op de werkvloer.

Daarnaast wil ik ook Dhr. Eric Lens, mijn interne stagebegeleider, bedanken voor zijn deskundig advies bij het schrijven van deze masterproef.

Ook tot Dhr. Marc Coppens wil ik een woord van dank richten voor de raad bij de statistische verwerking van de resultaten.

Tot slot wil ik ook mijn ouders, broer, familie en medestudenten bedanken voor hun morele steun.

Jens Van den Bosch

Juni 2013

SAMENVATTING

Sinds eind 2011 steeg de prijs van guargom zeer sterk. In de lente van 2012 lag de prijs ongeveer tien keer hoger dan een jaar eerder. Omwille van die prijsstijging wilde Glacio het standaardbindmiddel, dat guargom bevat, vervangen door een bindmiddel (een poedervormig mengsel van stabilisatoren, emulgatoren en eventuele draagstoffen) zonder guargom. Op die manier wilde men de kosten van de ingrediënten beperken. De belangrijkste vereiste was dat de sensorische eigenschappen van het ijs niet mochten veranderen. Daarnaast waren het aantal en de aard van E-nummers die gebruikt worden en de procesvoering die behouden moest blijven, ook belangrijke eisen.

In het eerste deel werd wetenschappelijke literatuur geraadpleegd om na te gaan wat de functionele en sensorische eigenschappen van verschillende stabilisatoren zijn in consumptie-ijs. Ook werd ingegaan op de processen waarin stabilisatoren tussenkomen, met als voornaamste proces de herkristallisatie van ijskristallen. Uiteraard heeft ook het productieproces invloed op de eigenschappen van het consumptie-ijs. Daarom werd er de nodige aandacht aan besteed.

In het tweede deel werden verschillende bindmiddelen getest. Daarbij werd vooral gewerkt op basis van trial and error omdat de gewenste eigenschappen zeer specifiek zijn. Uit de sensorische testen bleek het zeer moeilijk te zijn om guargom te vervangen en daarbij vooral het mondgevoel niet te veranderen. Naast de sensorische testen werd nagegaan of de bindmiddelen de houdbaarheid beïnvloeden. Hierbij bleek dat vrijwel alle alternatieven de vorming van detecteerbare ijskristallen en dus de herkristallisatie, minder sterk vertragen dan het referentiebindmiddel.

Tot slot werd ook de smeltkarakteristiek bepaald. Bij het uitvoeren van de testen bleek het smeltgedrag slechts beperkt te veranderen. Enkel bij één bindmiddel was het verschil ook visueel waarneembaar wanneer het ijs geconsumeerd werd. De staalname en productiemethoden hebben een grote invloed op het smeltgedrag dat werd waargenomen.

Uit dit onderzoek bleek het bestaande recept nog steeds de beste prestaties te leveren. Het bleek zeer moeilijk te zijn om een ander bindmiddel te vinden dat voldoende scoorde op alle vereisten. Meestal was er een bepaald aspect dat niet voldeed. Een ander belangrijk gegeven is dat de prijs van guargom sterk daalde in de laatste maanden van 2012. Daardoor wogen de kosten van een aanpassing van de recepten niet meer op tegen de beperkte verhoging van de kostprijs van het bindmiddel. Wanneer in de toekomst de prijs van guargom terug stijgt, zal dit werk als basis gebruikt worden om dan een geschikt bindmiddel zonder guargom te vinden.

INHOUDSTAFEL

VOORWOORD	2
SAMENVATTING	3
INHOUDSTAFEL	4
AFKORTINGEN	7
INLEIDING	8
1 PRODUCTIEPROCES VAN CONSUMPTIE-IJS	10
1.1 Mengen	11
1.2 Pasteurisatie	11
1.3 Homogenisatie	12
1.4 Rijping	13
1.5 Bevriezen met luchtinslag	14
1.6 Verpakken en uitharden	15
2 SAMENSTELLING VAN STANDAARD CONSUMPTIE-IJS	16
2.1 Vet	16
2.2 Vetvrije melk drogestof	16
2.2.1 Lactose	16
2.2.2 Melkproteïnen	17
2.2.3 Asgehalte	17
2.3 Zoetstoffen	17
2.4 Stabilisatoren	18
2.5 Emulgatoren	18
2.6 Water	19
3 STRUCTUUR VAN CONSUMPTIE-IJS	20
3.1 Microstructuur van consumptie-ijs	20
3.1.1 Vetdruppels	21
3.1.2 Luchtbellen	21
3.1.3 Ijskristallen	21
3.1.4 Matrix	22
3.2 Vriescurve van consumptie-ijs	22
3.3 Hardheid	23
3.4 Smelten van consumptie-ijs	23
4 STABILISATOREN IN CONSUMPTIE-IJS	25
4.1 Functie	25
4.2 Stabilisatoren	27
4.2.1 Guargom	27
4.2.2 Johannesbroodpitmeel	27
4.2.3 Carboxymethylcellulose	28
4.2.4 Xanthaangom	29
4.2.5 Carrageen	30
4.2.6 Alginaat	31
4.2.7 Taragom	32
4.2.8 Gelatine	32
4.2.9 Andere plantaardige gommen	33
4.2.10 Combinaties van stabilisatoren	34

4.3	Wetgeving.....	35
5	MATERIAAL EN METHODEN	36
5.1	Alternatieve stabilisatoren	36
5.2	Productie van consumptie-ijs met alternatieve bindmiddelen.....	36
5.3	Metingen op bereide mix.....	36
5.3.1	pH.....	36
5.3.2	Kleur.....	37
5.3.3	Viscositeit	37
5.4	Sensorisch onderzoek	38
5.4.1	Inleiding	38
5.4.2	Referentiestaal	38
5.4.3	Codering van de stalen	39
5.4.4	Methode voor de sensorische beoordeling van de recepten	39
5.5	Heat shock test	40
5.5.1	Inleiding	40
5.5.2	Theoretische achtergrond.....	40
5.5.3	Algemene beschrijving.....	41
5.5.4	Beoordeling van de stalen	42
5.6	Smeltkarakteristiek.....	43
5.6.1	Inleiding	43
5.6.2	Theoretische achtergrond.....	43
5.6.3	Algemene beschrijving.....	44
5.6.3.1	Staalname	44
5.6.3.2	Proefopstelling.....	45
5.6.3.3	Werkwijze	45
5.6.3.4	Verwerken van de resultaten	46
6	RESULTATEN	47
6.1	Voorafgaande beoordeling	47
6.1.1	Resultaten van de voorafgaande beoordeling.....	47
6.2	Sensorische beoordeling	48
6.2.1	Eerste stalen met alternatieve bindmiddelen	48
6.2.1.1	Resultaten van de driehoekstesten	48
6.2.1.2	Besluit uit de sensorische testen	50
6.2.1.3	Tweede sensorische beoordeling	52
6.2.2	Aanpassingen aan recepturen of samenstelling van de bindmiddelen	52
6.2.2.1	Resultaten van de driehoekstesten	52
6.2.2.2	Besluit uit de sensorische testen	54
6.2.2.3	Beoordeling na opvriezen op lagere temperatuur	55
6.2.3	Chocolade en aardbei	55
6.2.3.1	Resultaten van de driehoekstesten van aardbeienijs.....	56
6.2.3.2	Resultaten van de driehoekstesten van chocolade-ijs.....	57
6.2.3.3	Besluit uit de sensorische testen	57
6.2.4	Industriële proefproductie	58
6.2.4.1	Resultaten van de driehoekstesten	58
6.2.4.2	Besluit uit de sensorische testen	59
6.2.5	Grootschalige sensorische test.....	59
6.2.5.1	Resultaten van de driehoekstesten	59
6.2.5.2	Besluit uit de sensorische testen	60
6.3	Heat shock test	61
6.4	Smeltkarakteristiek.....	63
6.4.1	Belang van de staalname	63
6.4.1.1	Plaats in de verpakking.....	63
6.4.1.2	Manier van afvullen	64
6.4.1.3	Temperatuur van het staal	64
6.4.2	Stalen geproduceerd in de pilot plant.....	65
6.4.2.1	Vergelijking van het smeltgedrag	66
6.4.2.2	First drop, maximale afsmeltsnelheid en maximaal afgesmolten massa.....	67
6.4.2.3	Besluit uit de smeltkarakteristieken.....	68
6.4.3	Stalen geproduceerd tijdens de industriële proefproductie	68
6.4.3.1	Vergelijking van het smeltgedrag	68
6.4.3.2	First drop, maximale afsmeltsnelheid en maximaal afgesmolten massa.....	69
6.4.3.3	Besluit uit de smeltkarakteristieken.....	70

BESLUIT 71	
BIJLAGE 1: OVERZICHT VAN DE GETESTE ALTERNATIEVEN.....	72
BIJLAGE 2: OVERZICHT VAN DE AANPASSINGEN AAN HET STANDAARDRECEPT	73
BIJLAGE 3: FORMULIER VOOR DE DRIEHOEKSTESTEN	74
BIJLAGE 4: RESULTATEN BIJ DE SMELTKARAKTERISTIEKEN.....	75
Stalen geproduceerd in de pilot plant.....	75
Stalen geproduceerd in de industriële proefproductie.....	76
LITERATUURLIJST	78

AFKORTINGEN

HTST: high temperature, short time = korte hittebehandeling bij hoge temperatuur

MSNF: milk solids non fat = vetvrije melk drogestof

CITREM: citric acid esters of monoglycerides = citroenzuuresters van monoglyceriden

LBG: locust bean gum = johannesbroodpitmeel

CMC: carboxymethylcellulose

PGA: propyleenglycolalginat

ref: referentie-ijs

alt: consumptie-ijs met alternatief bindmiddel

F.D.: first drop

M.A.: maximale afsmeltsnelheid

M.M.: maximaal afgesmolten massa

INLEIDING

Voorstelling van het stagebedrijf GLACIO NV

Glacio is een jong bedrijf dat op 1 januari 2004 startte als onafhankelijke eenheid. De oorsprong gaat echter terug tot 1972, wanneer de fabriek in Beerse gebouwd werd als een flexibele productiefaciliteit voor roomijs. De producten werden toen op de markt gebracht onder de naam 'Pinti' en waren bestemd voor de deur-aan-deurverkoop.

In 1983 volgde de overname door de Duitse Schöller-groep. Vanaf dan maakt Schöller NV het legendarische Mövenpick kwaliteitsroomijs en enkele andere producten. Als aanpassing op de continue vraag naar innovatieve producten tegen een lage prijs werd in 1996 de vestiging in Beerse omgevormd tot Europees expertisecentrum van de Schöller Holding. Schöller NV was toen vooral gericht op de gastronomie en op de deur-aan-deurverkoop. Deze markten eisten een hoge kwaliteit, een divers aanbod en innovatieve producten. Omwille van deze redenen werden zeer flexibele productiemethodes ontwikkeld. In 2001 werd in Japan een dochteronderneming opgericht: Schöller Japan Frozen Foods KK. Dat bedrijf legde zich toe op de lokale gastronomie. Pas recent, onder Glacio NV, werden de eerste stappen op de Japanse retailmarkt gezet.

In 2001 werd de Schöller Holding, die op dat moment wereldwijd een marktaandeel had van 2 %, overgenomen door de Nestlé-groep. Ook de fabriek in Beerse was bij die overname betrokken. Samen met andere ex-Schöller bedrijven heeft de vestiging in Beerse bijgedragen tot de versteviging van de positie van Nestlé op de markt van de gastronomie tot ongeveer 20 – 25 % van de Europese roomijsmarkt.

Begin 2004 werd de eenheid in Beerse overgenomen, van de Nestlé-groep, door het lokale management met een 'Management Buy Out'. De onderneming kreeg de naam Glacio NV. Ook de Japanse dochteronderneming kreeg een nieuwe naam: Glacio Ice Cream Japan KK. Het nieuwe management behoudt de focus op roomijsspecialiteiten voor de gastronomie en de deur-aan-deurverkoop. Het gamma is zeer uitgebreid en omvat ongeveer 300 verschillende producten. Daarvan wordt jaarlijks 20% vernieuwd. De capaciteit van de zes productielijnen in Beerse bedraagt maximaal 25 miljoen liter consumptie-ijs per jaar. Glacio NV is een producent van private labels. Dat wil zeggen dat producten gemaakt worden in opdracht van verschillende klanten die zelf voor marketing en verkoop zorgen. Enkel in Japan worden een aantal producten onder eigen naam op de markt gebracht.

Sinds oktober 2012 participeert het Duitse DMK Eis GmbH voor 33 % in Glacio. Beide bedrijven gaan in de toekomst nauw samenwerken bij het ontwikkelen van roomijsspecialiteiten. (Glacio, 2009; Glacio, 2012)

In februari 2013 werd IJsboerke uit Tielen overgenomen door Glacio. Daardoor verwerft Glacio ook een aanzienlijk marktaandeel op de Belgische markt voor consumptie-ijs.



1972



1983



2001



2004

Eén fabriek, meerdere logo's door de jaren heen.

Voorstelling van het project

In de huidige maatschappij nemen de verwachtingen van de consument ten opzichte van voeding enorm toe. Zo moet de kwaliteit hoog zijn voor een zo laag mogelijke prijs. Verder moet het product ook nog gemakkelijk zijn in gebruik. Om aan deze eisen te kunnen voldoen wordt er veel onderzoek gedaan naar alternatieve grondstoffen die de prijs kunnen drukken zonder dat de kwaliteit achteruitgaat.

Eén van de ingrediënten in consumptie-ijs waarvan de prijs de laatste tijd sterk is toegenomen, zijn de stabilisatoren, meer bepaald guargom. Die prijsstijging heeft meerdere oorzaken. Ten eerste wordt guargom geproduceerd uit zaden van een plant die voornamelijk in India en Pakistan groeit. Daardoor is de hoeveelheid die jaarlijks geproduceerd kan worden enigszins beperkt. Een tweede reden is de olie-industrie waar guargom gebruikt wordt voor het openbreken van nieuwe bronnen zodat er meer olie of gas uitgehaald kan worden. Die industrie koopt steeds grotere hoeveelheden guar aan waardoor er concurrentie met de voedingsindustrie ontstaat. Daarom zijn producenten en verbruikers van stabilisatoren op zoek naar alternatieven voor guargom.

Glacio gebruikt niet één stabilisator in zijn consumptie-ijs maar een mengsel van verschillende stabilisatoren om tot de gewenste smaak en textuur te komen. In dat mengsel is ook een emulgator aanwezig. Dat mengsel wordt door de leverancier kant-en-klaar geleverd zodat maar één keer een hoeveelheid moet worden afgewogen bij de bereiding van de ijsmix.

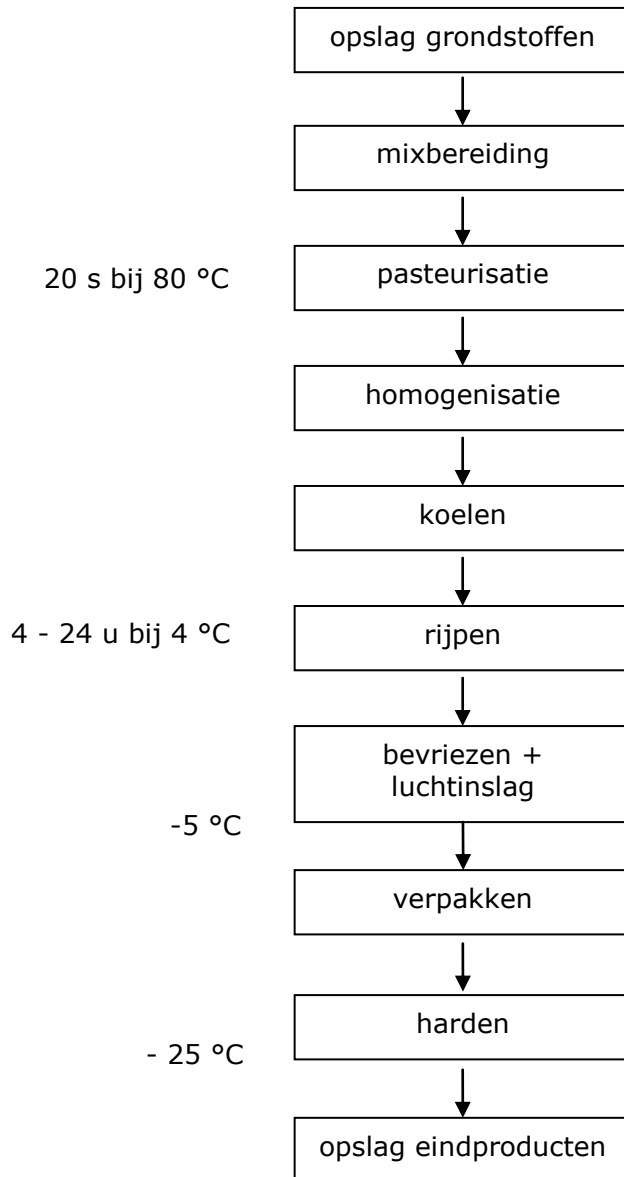
In het eerste, theoretische deel van deze thesis wordt kort het productieproces besproken omdat de gebruikte parameters invloed hebben op de eigenschappen van het consumptie-ijs. Daarna worden de ingrediënten en hun functie in het algemeen besproken. Verderop wordt er ingegaan op mogelijke alternatieven voor guargom en worden de eigenschappen van die alternatieven meer in detail toegelicht.

In het tweede deel van dit eindwerk wordt het praktisch werk besproken. Hierin wordt getracht om een alternatief stabilisatormengsel te vinden waarbij guargom wordt vervangen en waarbij de eigenschappen van het consumptie-ijs, zoals smaak en textuur, behouden blijven. Er werd gekozen om met Vanille Bourbon-ijs te werken als basis voor dit onderzoek omdat van dat ijs aanzienlijke hoeveelheden geproduceerd worden. Bij aanvang van mijn stage waren er reeds enkele testen uitgevoerd maar zonder het gewenste resultaat.

Omwille van het belang van de smaak en de textuur worden de stalen sensorisch getest door getrainde proefpersonen. Verder wordt een heat shock test uitgevoerd om na te gaan hoe goed de alternatieve stabilisatoren werken in vergelijking met het huidige mengsel. Dat betekent dat er nagegaan wordt of de houdbaarheid dezelfde blijft en of de weerstand tegen herkristallisatie dezelfde blijft. Ook de smeltkarakteristiek van de verschillende stalen werd bepaald. Bij het maken van de stalen werd steeds uitgegaan van een mengsel van stabilisatoren en een emulgator. Er werden mengsels getest van verschillende leveranciers en met verschillende samenstellingen.

1 PRODUCTIEPROCES VAN CONSUMPTIE-IJS

In onderstaand schema wordt een overzicht gegeven van de stappen in het productieproces van consumptie-ijs. De essentiële stappen zijn: mixbereiding, pasteurisatie, homogenisatie, rijping, bevriezing met luchtinslag, verpakking en uitharding. Daarnaast is er nog opslag van grondstoffen en afgewerkte producten.



Figuur 1.1: Schematisch overzicht van het productieproces van consumptie-ijs.

1.1 Mengen

De eerste stap in de ijsbereiding is het mengen van de ingrediënten. Dat mengsel wordt de ijsmix genoemd. Het is belangrijk voor de kwaliteit van het consumptie-ijs dat alle grondstoffen correct bewaard worden. De mengtank wordt meestal verwarmd en er is een roerwerk voorzien om alle ingrediënten goed te kunnen dispergeren. De juiste hoeveelheid en de volgorde waarin de grondstoffen in de mengtank gebracht worden, is van belang. Zo worden eerst de vloeibare ingrediënten zoals water, melk en room afgewogen en in de mengtank gebracht. Nadien worden de droge ingrediënten zoals suiker, melkpoeder, stabilisatoren en emulgatoren toegevoegd. De vaste stoffen worden traag en al roerend toegevoegd om de vorming van klonters te voorkomen. Stabilisatoren worden best gedispergeerd in een mengsel met een lage wateractiviteit zoals een suikerstroop die dan bij in de mixtank komt. Kleur- en smaakstoffen kunnen als laatste worden toegevoegd. Eventueel wordt ook een klein percentage rework toegevoegd. Hittelabiele aroma's en kleurstoffen of bijvoorbeeld fruit- of chocoladestukjes worden pas na de pasteurisatie toegevoegd. Bij Glacio worden de ingrediënten afgewogen met behulp van vier weegschalen. Eén voor de droge producten, één voor de vloeistoffen en een derde voor de vetten. De vierde weegschaal wordt gebruikt om kleine hoeveelheden, bijvoorbeeld een aroma, af te wegen. De verwarming van de ingrediënten gebeurt door de vloeibare ingrediënten voor te verwarmen tot ongeveer 65 °C, waarna door toevoeging van de vaste ingrediënten de temperatuur daalt tot ongeveer 50 °C. De mengtank zelf wordt dus niet verwarmd. (Clarke, 2004; Marshall, Goff & Hartel, 2003)

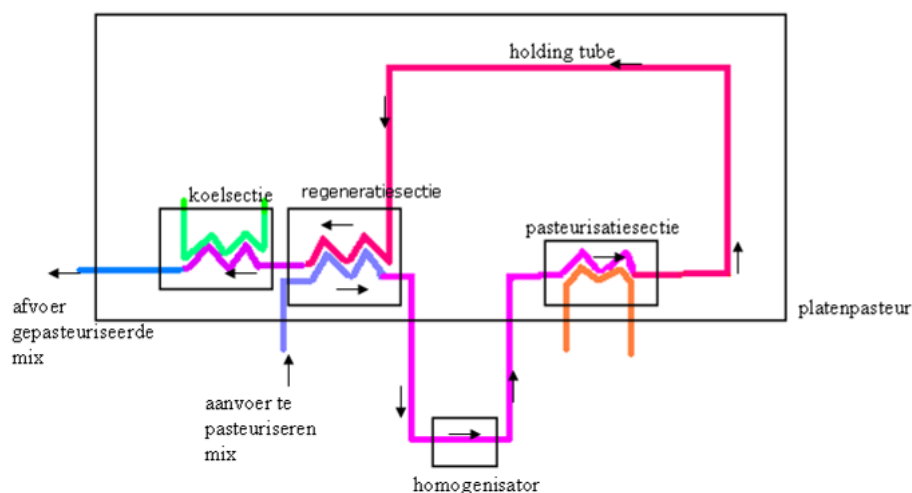
1.2 Pasteurisatie

Op industriële schaal wordt meestal gewerkt met een continue pasteurisatie. Daarbij gaat het om een high temperature short time (HTST) pasteurisatie. Ook Glacio past dit toe. Om de continue pasteurisatie te kunnen doen, wordt met een platenpasteur gewerkt. Die is opgebouwd met geprofileerde platen waardoor de mix warmte kan uitwisselen met een ander medium. In de regeneratiesectie van de pasteur is dat andere medium de reeds gepasteuriseerde mix. Hierdoor kan een deel van de warmte gerecupereerd worden. In de pasteurisatiesectie wordt de mix verder verhit met heet water of stoom en in de koelsectie wordt hij gekoeld met koelwater of een ander koelmiddel. Deze werking wordt verduidelijkt in figuur 1.2. Contact tussen de te pasteuriseren mix en de andere vloeistoffen moet steeds vermeden worden.

De pasteurisatie heeft meerdere doelen. Ten eerste is er het afdoden van micro-organismen. Ten tweede zorgt de opwarming ervoor dat vetkristallen gaan afsmelten waardoor de homogenisatie effectiever wordt.

Wanneer de mix de pasteurisatiesectie verlaat, heeft hij een temperatuur van ongeveer 80 °C. Die temperatuur moet minimum 20 seconden aangehouden worden. Dat gebeurt in een spiraalvormige, geïsoleerde buis die holding tube genoemd wordt. De wetgeving legt het minimum barema voor pasteurisatie vast als een verhitting tot 72 °C gedurende minstens 15 seconden. Om kwaliteitsredenen wordt echter voor de eerder vermelde hogere temperatuur gekozen. Nadien wordt de mix zo snel mogelijk gekoeld tot 4 °C om nieuwe uitgroei van micro-organismen te voorkomen. Na de pasteurisatie wordt de mix overgepompt in een rijpingstank.

Op kleinere schaal wordt met een batchpasteurisatie gewerkt. Dat wil zeggen dat de mix in de mengtank voldoende lang verhit wordt, bijvoorbeeld 30 minuten bij 70 °C. (Clarke, 2004; Marshall *et al.*, 2003; Verordening (EU) nr. 605/2010)



Figuur 1.2: Werkingsschema van de platenpasteur. Blauwe lijnen staan voor gekoelde ijsmix. Roze lijnen voor gedeeltelijk opgewarmde mix, rode lijnen staan voor mix op de gewenste pasteurisatietemperatuur. De groene lijn duidt het koelmedium aan en de oranje lijn een medium op hoge temperatuur.

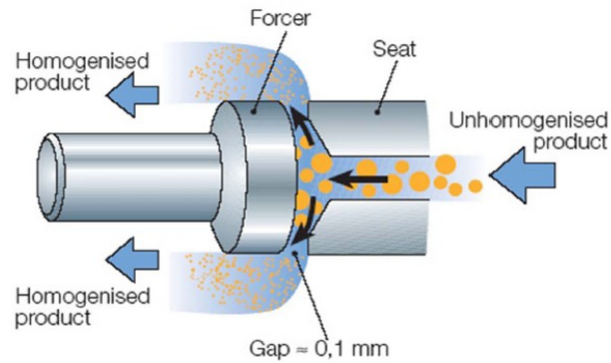
1.3 Homogenisatie

Als de mix een temperatuur van 60 – 65 °C bereikt heeft in de regeneratiesectie van de pasteur, wordt overgegaan naar de homogenisator. Door de hogere temperatuur kunnen vetglobulen makkelijker vervormd, ingesnoerd en uiteindelijk verkleind worden. Na de homogenisatie gaat de mix naar de pasteurisatiesectie.

Het doel van de homogenisatie is het verkleinen van de vetglobulen zodat ze niet gaan opromen en een stabiele emulsie wordt bekomen. Door de kleinere vetdruppels gaat de klontering van het vet in de vriezer trager. Om de klontering toch goed te laten verlopen, worden emulgatoren toegevoegd.

De homogenisatie wordt uitgevoerd door de mix door een zeer nauwe opening te persen. Dit werkingsprincipe wordt verduidelijkt in figuur 1.3. Op het moment dat de vetglobulen door de smalle opening gaan, ondervinden ze een plotse drukdaling en daardoor ook een versnelling. Die versnelling is zo groot dat disruptie optreedt waardoor de vetglobulen verkleinen. Ze worden verkleind tot ongeveer 1 µm. Daardoor wordt de oppervlakte van het vet-watergrensvlak veel groter.

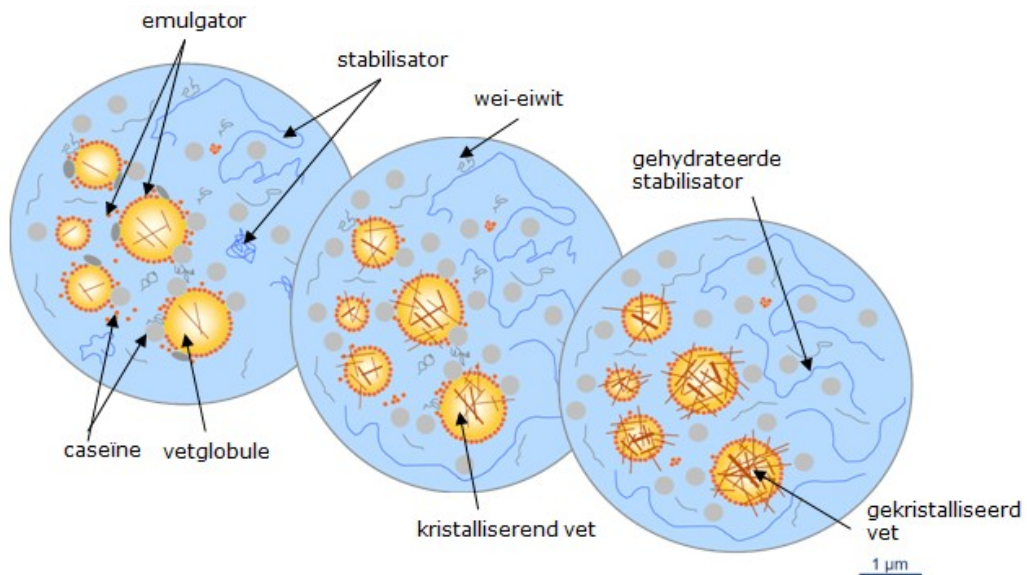
Om die reden gaan allerlei oppervlakte-actieve stoffen, zoals eiwitten en emulgatoren, op dat grensvlak adsorberen. Ook de textuur en zachtheid worden verbeterd door homogenisatie. De efficiëntie van de homogenisatie neemt toe naarmate de temperatuur stijgt tot ongeveer 80 °C. Er moet minstens bij 60 °C gewerkt worden om afbraak van vetten te vermijden op het moment dat de globulen openbreken, omdat bij die temperatuur lipase geïnactiveerd wordt. De homogenisatie kan gebeuren in één of twee stappen. Daarbij wordt in de eerste stap een hogere druk aangelegd dan in de tweede. De drukken zijn ondermeer afhankelijk van de gewenste eigenschappen van het consumptie-ijs en van de hoeveelheid vet in de ijsmix. Theoretisch wordt een druk van 150 atm (152 bar) aangelegd op de eerste homogenisatiekop en 35 atm (35,5 bar) op de tweede. Bij Glacio wordt gewerkt bij ongeveer 105 bar met één homogenisatiekop. (Clarke, 2004; Marshal *et al.*, 2003)



Figuur 1.3: Werkingsprincipe van een homogenisator. (Christensen, 2008)

1.4 Rijping

Na de pasteurisatie wordt de mix verpompt naar de rijpingstank en gekoeld tot 4 °C. De mix verblijft 4 tot 24 uur in de rijpingstank. Glacio beschikt in totaal over 29 rijpingstanks met een volume variërend van 3000 tot 29000 liter. Tijdens de rijping hebben de emulgatoren de tijd om te adsorberen op het oppervlak van de vetglobulen en er de proteïnen te vervangen. Dat is nodig omdat de grote eiwitmoleculen, vooral caseïne, de aggregatie van vetglobulen verhinderen. (Méndez-Velasco & Goff, 2012). Door de lage temperatuur gaat het vet kristalliseren. Het is nodig dat die kristallisatie bijna volledig doorgaat om tijdens het bevroren coalescentie te bevorderen. De kristallisatie duurt vrij lang omdat in elke vetglobule een kern gevormd moet worden. Een tweede aspect tijdens de rijping is dat de stabilisatoren de tijd hebben om te hydrateren. Dat is nodig om hun bijdrage aan de viscositeitsverhoging te optimaliseren. Stabilisatoren zoals guar gom en carboxymethylcellulose hydrateren reeds aanzienlijk tijdens de eerdere mixbereiding, maar andere zoals carrageen hebben meer tijd nodig om te hydrateren. Figuur 1.4 geeft een overzicht van de veranderingen die optreden tijdens het rijpen.



Figuur 1.4: Veranderingen tijdens de rijping. Links de initiële situatie, in het midden na één uur rijpen bij 5 °C en rechts na 24 uur bij 5 °C. Er kristalliseert meer vet, emulgatoren plaatsen zich op het oppervlak van vetglobulen en stabilisatoren hydrateren. (Danisco, 2008)

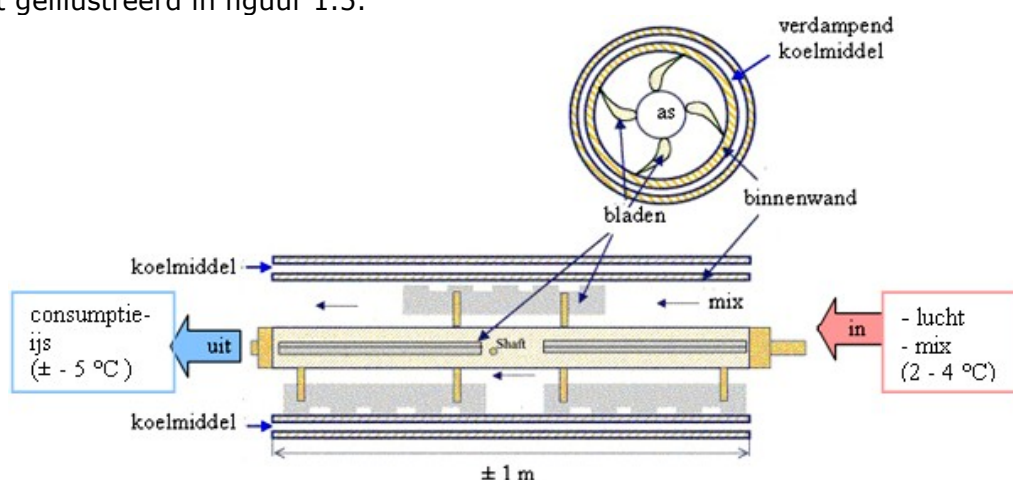
Tijdens het rijpen kunnen hittelabele ingrediënten zoals aroma's of kleurstoffen worden toegediend. Het is wel belangrijk dat deze producten voldoen aan strenge microbiologische eisen omdat er geen afdodende stap meer volgt.

De rijpingstank kan dienen als tijdelijke opslag of buffer tussen de mixbereiding en de verdere productie. Tijdens de rijping kunnen gemakkelijk stalen genomen worden voor kwaliteitscontrole. Typisch wordt het vet- en drogestofgehalte bepaald en de microbiële kwaliteit gecontroleerd. (Clarke, 2004; Marshall *et al.*, 2003)

1.5 Bevriezen met luchtinslag

Dit is de tweede stap in het productieproces die mee de eigenschappen van het consumptie-ijs zal bepalen. De eerste stap, de vetklontering is al gedeeltelijk gebeurd tijdens het rijpen. Tijdens het opvriezen wordt er lucht ingeslagen en worden ijskristallen gevormd. Dat gebeurt tegelijkertijd in een geschraapte warmtewisselaar.

Zo'n warmtewisselaar bestaat uit een dubbelwandige buis met daarin een roterend schraapsysteem of dasher. De diameter bedraagt ongeveer 20 cm en de lengte ongeveer 1 m. In de dubbele wand verdampt een koelmiddel zodat de wand een lage temperatuur heeft. Door die lage temperatuur groeien ijskristallen aan op de wand. Die ijskristallen worden weer van de wand geschraapt door de dasher. Samen met de mix wordt lucht ingeblazen in de trommel zodat die in de mix wordt gemengd. De opbouw wordt geïllustreerd in figuur 1.5.



Figuur 1.5: Werkingsprincipe van een geschraapte warmtewisselaar.
(Marshall *et al.*, 2003; Stamatiou, Meewisse & Kawaji, 2005)

De afgeschraapte ijskristallen worden onder de rest van de mix gemengd. Daardoor koelt de rest van de mix steeds verder af. Omdat meer en meer vloeibaar water in ijs wordt omgezet, stijgt de viscositeit van de resterende vloeibare fase en neemt de concentratie opgeloste stoffen toe. Die concentratietoename verlaagt op zijn beurt het vriespunt van de vloeibare fase. Het is belangrijk dat de ijskristallen zo klein mogelijk gehouden worden om er voor te zorgen dat het consumptie-ijs een gladde textuur heeft. Om dat te bereiken moet de tijd in de vriezer zo kort mogelijk zijn.

De luchtbelletjes die worden ingeslagen zijn vrij groot. Ze worden verkleind door de afschuifkrachten veroorzaakt door de dasher. Die kleine luchtbelletjes worden dan gestabiliseerd door de toegenomen viscositeit en door partieel gecoalesceerd vet. Ook proteïnen, geabsorbeerd op het oppervlak van de luchtbelletjes, zorgen voor stabilisatie. Tijdens deze stap ondergaan de vetglobulen een destabilisatie wat uiteindelijk leidt tot partiële coalescentie en de vorming van klonters. Het vet in de globulen kristalliseert slechts gedeeltelijk. Daardoor kunnen clusters van vetglobulen gevormd worden. Dat proces wordt partiële coalescentie genoemd.

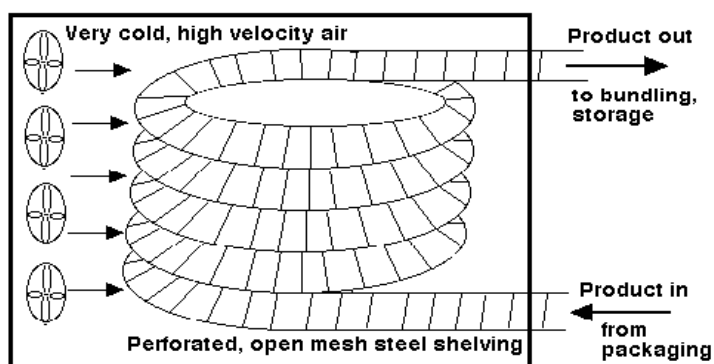
De bevroren mix verlaat de vriezer als een dikke vloeistof. Op dit moment kunnen stropen of vaste deeltjes zoals fruit- of chocoladestukjes worden toegevoegd. Daarbij moet, zoals eerder vermeld, contaminatie vermeden worden.

Op kleine schaal, bijvoorbeeld bij hoeveproducenten, wordt met een batchvriezer gewerkt. Het werkingsprincipe is vrijwel gelijkaardig aan dat van de continue vriezer. Het grootste verschil is echter dat er telkens ongeveer tien liter ijsmix opgevroren wordt, waarna die hoeveelheid uit de vriezer gehaald wordt en opnieuw begonnen kan worden. (Clark, 2009; Marshall *et al.*, 2003; J. Verheyen, persoonlijke communicatie, 19 mei 2012)

1.6 Verpakken en uitharden

Als het consumptie-ijs de continue vriezer verlaat, is het nog verpompbaar. Daardoor kan het gemakkelijk verpakt worden. Het consumptie-ijs kan afgevuld worden in bulkverpakkingen. Dat zijn de klassieke dozen van bijvoorbeeld één of twee liter of in grotere verpakkingen voor de horeca. Daarnaast kan het verpakt worden in individuele potjes. Er zijn ook veel mogelijkheden voor geëxtrudeerde vormen of andere speciale vormen. Die kunnen eventueel verder gedecoreerd worden met coatings of allerlei andere zaken zoals nootjes. Glacio heeft zich toegelegd op zulke specialiteiten. Een laatste mogelijkheid zijn de traditionele horentjes en consumptie-ijs op stokjes.

Na het verpakken wordt het consumptie-ijs uitgeharden. Dat wil zeggen dat het sterk gekoeld wordt waardoor een groot deel van het water bevroert. Daardoor wordt het consumptie-ijs stabiel en kan het lang bewaard worden. Het harden gebeurt in een hardingstunnel. Dat is een transportband die meestal in spiraalvorm door een gekoelde ruimte gaat. De temperatuur in die ruimte bedraagt $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$. De snelheid van de transportband bepaalt de verblijftijd in de tunnel. De verblijftijd is ondermeer afhankelijk van de grootte van de verpakking, waarbij grote verpakkingen een langere verblijftijd hebben. Het werkingsprincipe van de hardingstunnel wordt verduidelijkt in figuur 1.6. Individueel verpakte ijsspecialiteiten kunnen ook gehard worden met vloeibare stikstof. Dat gaat zeer snel maar is wel duur.



Figuur 1.6: Hardingstunnel met spiraal. (Goff, s.a.)

Tijdens het harden ondergaan de ijskristallen twee wijzingen. Ten eerste is er propagatie of de toename in grootte van de kristallen gevormd in de continue vriezer. Een tweede proces is herkristallisatie. Dat proces wordt verderop in deze thesis meer gedetailleerd besproken.

Na het harden worden de verpakkingen eventueel ingepakt in omdozen en dan gepalletiseerd. Daarna worden ze opgeslagen in een gekoelde opslagruimte. De temperatuur in zo'n koelhuis is typisch $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, bij Glacio is dat $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. De maximale bewaartemperatuur is wettelijk vastgelegd op $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Om kwaliteitsredenen wordt toch voor een lagere temperatuur gekozen. Die lagere temperatuur zorgt ervoor dat de ijskristallen minder sterk herkristalliseren als gevolg van temperatuurschommelingen. Van daaruit volgt dan een gekoelde distributie tot het product uiteindelijk bij de consument terecht komt. (Clarke, 2004; Marshall *et al.*, 2003)

2 SAMENSTELLING VAN STANDAARD CONSUMPTIE-IJS

In tabel 2.1 is een overzicht gegeven van de ingrediënten van een standaard consumptie-ijs. Verderop in dit deel zullen deze ingrediënten afzonderlijk meer gedetailleerd worden besproken.

Tabel 2.1: Samenstelling van standaard consumptie-ijs. (Marshall et al., 2003)

ingrediënten	%
vet	10 - 16
vetvrije melk drogestof caseïne, weipoeder, lactose, as (vitaminen + mineralen)	9 - 12
zoetstoffen	14 - 19
sucrose	10 - 14
glucosestroop	4 - 5
stabilisatoren	0 - 0,4
guargom, carrageen, johannesbroodpitmeel, ...	
emulgatoren	0 - 0,25
mono- en diglyceriden , polysorbaat 80, ...	
water	55 - 64

2.1 Vet

De vetfractie is belangrijk voor het consumptie-ijs. Ze verrijkt de flavour, geeft een karakteristieke gladde textuur, heeft een smerende werking in de mond, draagt bij aan de body en zorgt mee voor de gewenste smelteigenschappen.

Dat vet is volledig of gedeeltelijk afkomstig van melk en andere zuivelproducten waaronder boter en room. Naast melkvet wordt vaak plantaardig vet gebruikt bijvoorbeeld palmolie of, zoals bij Glacio, cocosvet. De keuze van het soort vet wordt bepaald door de wetgeving, de kostprijs, de smaak, de stabiliteit bij bewaring en de fysische eigenschappen. (Goff, 2006; Marshall et al., 2003)

2.2 Vetvrije melk drogestof

Vetvrije melk drogestof wordt in het Engels milk solids non fat (MSNF) genoemd. MSNF bestaat uit proteïnen, lactose, vitamines en mineralen. De bestanddelen dragen bij tot de smaak, de textuur, de body, de overrun, de smeltweerstand, de vriespuntsdaling en de viscositeit van de vloeibare fase en dus aan de stevigheid van het product. Naast melk zijn er nog andere bronnen van MSNF zoals weipoeder en botermelkpoeder. Deze bronnen zijn vaak goedkoper dan melkpoeder.

2.2.1 Lactose

Als gewone melk de bron is van MSNF dan bestaat die MSNF voor ongeveer 55 % uit lactose.

Lactose is niet zo zoet en slecht oplosbaar. Door de vriesconcentratie wordt een oververzadigde oplossing van lactose bekomen waardoor kristallisatie mogelijk wordt. Als lactosekristallisatie optreedt, zorgt dat voor zanderigheid.

Lactosekristallen worden al waargenomen in de mond vanaf een grootte van 15 μm . Dat komt omdat de kristallen veel scherpe hoeken hebben in tegenstelling tot de meer ronde ijskristallen die dan ook pas gedetecteerd worden als ze ongeveer 50 μm groot zijn. Stabilisatoren helpen om kristallisatie in de oververzadigde oplossing te voorkomen omdat ze de viscositeit van de vloeibare fase verhogen.

Omdat het lactosegehalte om bovenstaande redenen niet te hoog mag worden, is het gebruik van weipoeder beperkt. Weipoeder bevat van nature veel lactose. Een andere mogelijkheid is om het lactose uit melkproducten te verwijderen door ultrafiltratie of door het (gedeeltelijk) te hydrolyseren tot zijn monosachariden.

2.2.2 Melkproteïnen

De melkproteïnen maken ongeveer 37 % uit van de MSNF. De melkproteïnen bestaan hoofdzakelijk uit caseïnemicrocellen (± 80 %), weiproteïnen (± 20 %) en een beperkt gehalte aan enzymen. De proteïnen dragen sterk bij tot de structuur van het consumptie-ijs waaronder emulgiatie, luchtinslag en het vasthouden van water. Proteïnen vertonen een competitieve vervanging met emulgatoren vooral op het grensvlak van vetglobulen. De vervanging van proteïnen door emulgatoren is belangrijk om de partiële coalescentie van de vetglobulen efficiënt te laten verlopen waardoor de luchtballen gestabiliseerd worden. Dat komt omdat eiwitten voor een grotere sterische hindering zorgen dan emulgatoren.

2.2.3 Asgehalte

Ongeveer 8 % van de MSNF bestaat uit as. Die mineralen dragen bij tot de smaak en textuur maar een te hoog gehalte ervan leidt tot een metaalsmaak (Andersen, 2008; Flores & Goff, 1999; Goff, Verespej & Smith, 1999; Marshall *et al.*, 2003)

2.3 Zoetstoffen

Consumptie-ijs hoort een zoete smaak te hebben. Daarvoor zorgen de zoetstoffen. Naast de zoete smaak hebben ze nog andere functies. De voornaamste daarvan is de verlaging van het vriespunt van de vloeibare fase. Daarnaast dragen ze nog bij tot de textuur omdat ze drogestof toevoegen aan de mix.

In melk is van nature lactose aanwezig. Dat disacharide is niet zo zoet maar draagt wel bij tot de vriespuntsdaling.

De meest gebruikte zoetstof is sacharose. Daarom wordt de zoetheid van andere zoetstoffen ermee vergeleken. Vroeger werd vrijwel alleen sacharose gebruikt als zoetstof. Tegenwoordig worden vaak nog andere zoetstoffen gebruikt om verschillende redenen. Mogelijke redenen zijn de kostprijs, het verhogen van het drogestofgehalte zonder een te zoete mix te bekomen en het beïnvloeden van de textuur en de scheidbaarheid.

Mogelijke alternatieven voor sacharose zijn glucosestroop, invertsuikerstroop, fructose en maltodextrines. Om de calorische waarde van het consumptie-ijs te verlagen kunnen bijvoorbeeld suikeralcoholen zoals sorbitol, mannitol of xylitol gebruikt worden of andere laagcalorische zoetstoffen zoals aspartaam. Vrij recent zijn daar ook de zoete verbindingen uit de Steviaplant bijgekomen. (Farstrup, 2008; Marshall *et al.*, 2003)

2.4 Stabilisatoren

Stabilisatoren worden ook wel hydrocolloïden genoemd omdat ze hydrofiel zijn en colloïden vormen in een oplossing. De meest gebruikte stabilisatoren zijn polysachariden van plantaardige oorsprong.

Ze worden toegevoegd aan de ijsmix om het vrije water te binden of het water te immobiliseren in een gelstructuur.

Daardoor gaat de viscositeit toenemen. De interactie met water wordt meestal veroorzaakt door de vorming van waterstofbruggen tussen het vrije water en de vele hydroxylgroepen van de stabilisator.

De voornaamste functie is het behoud van de stabiliteit tijdens de bewaring. Zo vermijden ze vetoproming, weiafscheiding, inkrimping en expansie. Verder zorgen ze voor een goede body en textuur, weerstand tegen heat shock, goede smelteigenschappen en een stabiele schuimvorming. (Bahramparvar & Tehrani, 2011; Naresh & Shailaja, 2006)

De meeste gebruikte stabilisatoren zijn: guargom, johannesbroodpitmeel, natriumalginaat en carrageen.

In hoofdstuk vier wordt dieper ingegaan op de functie van stabilisatoren en worden de verschillende types meer in detail toegelicht.

2.5 Emulgatoren

Emulgatoren zijn oppervlakte-actieve stoffen. Dat wil zeggen dat hun moleculen opgebouwd zijn uit een hydrofiel en een lipofiel of hydrofoob deel. Ze bevorderen emulsievorming door de oppervlaktespanning tussen de olie- en de waterfase te verlagen. (Danisco, 2008)

In consumptie-ijs zijn voldoende proteïnen aanwezig om de nieuwgevormde vetglobulen na de homogenisatie te stabiliseren. Emulgatoren verlagen de oppervlaktespanning echter sterker dan proteïnen. Daardoor vervangen ze de proteïnen op het oppervlak van de vetglobulen en zorgen ze voor een dunnere grenslaag. Dat zorgt voor een vermindering van de stabiliteit van de vetglobulen waardoor partiële coalescentie mogelijk wordt tijdens het bevriezen met luchtinslag. Dat beïnvloedt de textuur en de smelteigenschappen. De destabilisatie van de vetglobulen vergemakkelijkt ook het inbrengen van lucht. Verder dragen emulgatoren bij tot de stabilisatie van de luchtballen omdat het hydrofobe deel van het molecuul zich ook naar de gasfase kan richten. De vervanging van proteïnen door emulgatoren aan het oppervlak van de vetglobulen gaat nog door tijdens de rijping. Ook de partiële coalescentie gebeurt gedeeltelijk tijdens de rijping. (Goff & Jordan, 1989; Goff, 1997; Marshall *et al.*, 2003)

De meest gebruikte emulgatoren zijn mono- en diglyceriden en polysorbaat 80. Minder gebruikte emulgatoren zijn monoglyceriden veresterd met organische zuren zoals CITREM (citric acid esters of monoglycerides). (Krog, 2002)

2.6 Water

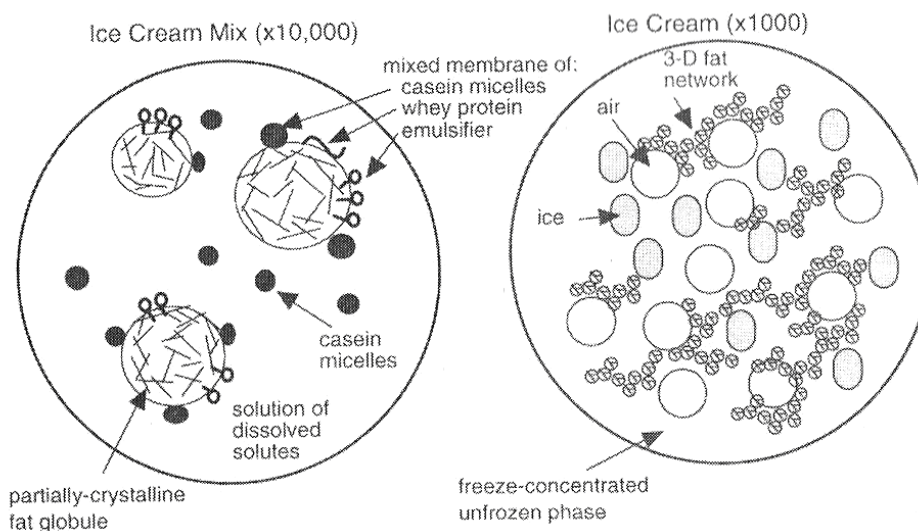
In consumptie-ijs komt water zowel onder vaste (ijskristallen) als onder vloeibare vorm voor. Ook bij diepvriestemperaturen is nog een deel van het water vloeibaar door het effect van vriespuntsdaling. Doordat vriesconcentratie optreedt in de vloeibare fase zorgen de opgeloste stoffen voor een verlaging van het vriespunt. De vriescurve geeft de relatie tussen de temperatuur en de hoeveelheid bevroren water weer. In figuur 3.2, in het volgende hoofdstuk, wordt een vriescurve afgebeeld en verder toegelicht.

Het water is afkomstig van vloeibare melkproducten, stropen en toegevoegd water. Er wordt water toegevoegd bij de mixbereiding om melkpoeders en andere poedervormige ingrediënten op te lossen. (Danisco, 2008; Marshall *et al.*, 2003)

3 STRUCTUUR VAN CONSUMPTIE-IJS

3.1 Microstructuur van consumptie-ijs

Zoals eerder aangehaald wordt de structuur van consumptie-ijs vooral gevormd tijdens het bevriezen met luchtinslag en tijdens het harden. Consumptie-ijs heeft een complexe structuur die beschreven kan worden als een gedeeltelijk bevroren schuim en als een emulsie. Figuur 3.1 geeft een voorstelling van de structuur.



Figuur 3.1: De structuur van consumptie-ijs. In het linkerdeel zijn vetglobulen en hun membraan van proteïnen en emulgator zichtbaar. In het rechterdeel zijn luchtballen zichtbaar gestabiliseerd door een netwerk van partieel gecoalesceerde vetglobulen en ijskristallen. Let ook op de verschillende vergroting in het linker- en rechterdeel. (Marshall et al., 2003)

Het schuim wordt gevormd door de luchtballen die omgeven zijn door ijsmix. De luchtballen worden gestabiliseerd door een netwerk van gekristalliseerd vet en proteïnen. Ook de gevormde ijskristallen dragen bij tot die stabilisatie doordat ze de luchtballen uit elkaar houden. De luchtballen, vet- en ijskristallen zijn omgeven door een vloeibare fase waarin naast water verschillende opgeloste stoffen aanwezig zijn zoals suikers, eiwitten, stabilisatoren en smaak- en kleurstoffen.

Roomijs is een vet-in-water emulsie omdat de vetglobulen uit de melk als druppels voorkomen in de waterige fase.

De structuur van consumptie-ijs wordt dus bepaald door een groot aantal verschillende elementen. In tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste elementen en de grootte van deze structuren. Ook caseïnemicellen worden in onderstaande tabel opgenomen omdat ze voorkomen op de grensvlakken van de verschillende fracties in het consumptie-ijs. Hoewel hun rechtstreekse invloed op de structuur beperkt is, hebben ze onrechtstreeks toch invloed door hun stabiliserende werking. (Chang & Hartel, 2002; Sofjan & Hartel, 2004)

Tabel 3.1: *Structuurelementen in consumptie-ijs en hun afmetingen. (Danisco, 2008)*

structuurelement	afmeting	volumefractie
luchtbellen	10-150 μm	$\approx 50\%$
ijskristallen	10-150 μm	$\approx 30\%$
lactose kristallen	1 – 25 μm (of afwezig)	0,5 %
individuele vetglobulen	$\approx 1\ \mu\text{m}$	6 % (incl. agglomeraten)
vetagglomeraten	2 – 100 μm	/
caseïnicellen	$\approx 0,1\ \mu\text{m}$	/

Op de vier componenten die het belangrijkste zijn voor de structuur wordt nu verder ingegaan.

3.1.1 Vetdruppels

Zowel in de matrix als op het oppervlak van luchtbellen zijn discrete en partieel gecoalesceerde vetglobulen aanwezig. Vetdruppels worden bedekt door proteïnen en emulgatoren. De verhouding tussen die twee bepaalt de mogelijkheid van de druppels om partieel te coaleseren. Door die partiële coalescentie wordt een netwerk gevormd van geklonterd vet. Op zijn beurt zorgt dat netwerk voor de stabilisatie van de luchtbellen.

3.1.2 Luchtbellen

Het volume lucht in consumptie-ijs kan sterk variëren maar wordt wettelijk beperkt. De luchtbellen hebben meestal een grootte van 20 tot 50 μm , waarbij de grootte toeneemt tijdens het harden. Dat gebeurt door twee verschillende mechanismen namelijk coalescentie en Ostwald-rijping. Door coalescentie wordt de schuimstructuur groffer. Ostwald-rijping of disproportioneerijng gebeurt door een drukverschil tussen luchtbellen. In kleine luchtbellen is de druk groter dan in de grote. Daardoor kan lucht doorheen de matrix diffunderen van kleine naar grote luchtbellen waardoor die laatste zullen aangroeien.

De luchtbellen worden gestabiliseerd en dus beschermd tegen vergroting door twee mechanismen:

- 1) adsorptie van eiwitten aan het oppervlak. Dat verlaagt de oppervlaktespanning en daardoor de kans op disproportioneerijng. Verder zorgt de sterische hinder ervoor dat coalescentie verhindert wordt;
- 2) adsorptie van vetdruppels aan het oppervlak. De vetdruppels vormen, zoals eerder aangehaald, een netwerk waardoor een soort van barrière ontstaat die coalescentie verhindert.

De belangrijkste functie van lucht in consumptie-ijs is zorgen voor een zacht product dat eetbaar is in bevroren toestand.

3.1.3 Ijskristallen

De ijskristallen vormen een discrete fase in consumptie-ijs. Producenten van consumptie-ijs wensen zoveel mogelijk kleine ijskristallen. Ijskristallen worden gevormd tijdens het opvriezen en groeien aan tijdens het harden.

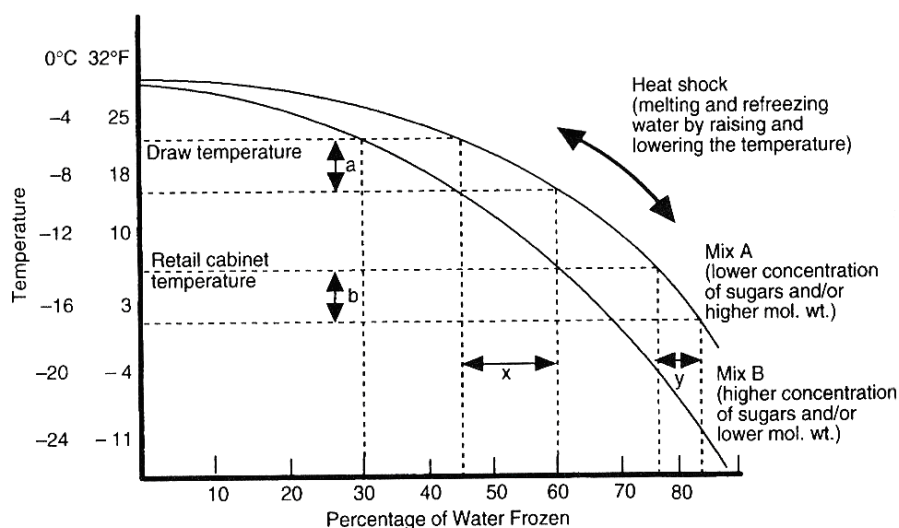
Ook kan herkristallisatie optreden tijdens de bewaring. Die herkristallisatie wordt beïnvloed door stabilisatoren, dat wordt in hoofdstuk vier verder besproken.

3.1.4 Matrix

De matrix is de vloeibare fase van de ijsmix met daarin opgeloste stoffen zoals suikers, stabilisatoren en melkeiwitten. Naarmate de temperatuur daalt, wordt deze fase steeds viskeuzer en daalt het vriespunt. Hydratatie van de stabilisatoren zorgt voor een verdere stijging van de viscositeit. (Goff, 1997; Goff, 2002; Sofjan & Hartel, 2004)

3.2 Vriescurve van consumptie-ijs

Een vriescurve geeft het verband weer tussen de temperatuur en de hoeveelheid bevroren water. Een vriescurve voor consumptie-ijs is weergegeven in figuur 3.2. Uit die figuur blijkt dat er steeds een hoeveelheid water vloeibaar blijft onafhankelijk van de temperatuur. Dat wordt veroorzaakt door het verschijnsel van vriesconcentratie. Tijdens het opvriezen en harden daalt de temperatuur waardoor steeds meer water bevriest in ijskristallen. Daardoor neemt het volume van de vloeibare fase af, waardoor op zijn beurt de concentratie opgeloste stoffen in de resterende vloeibare fase stijgt. Een hogere concentratie opgeloste stoffen zorgt voor een daling van het vriespunt van de vloeibare fase. Door die vriespuntsdaling moet de temperatuur steeds lager worden om nog water te kunnen bevriezen.



Figuur 3.2: Vriescurve voor twee verschillende ijsmixen. De vriescurve geeft het verband tussen de temperatuur en het percentage bevroren water. (Marshall et al., 2003)

De vriespuntsdaling hangt af van de hoeveelheid opgeloste moleculen aanwezig in de vloeibare fase en niet van de aard van die moleculen. De zoetstoffen leveren een sterke bijdrage aan de vriespuntsverlaging. Daarbij is het zo dat elk disaccharide voor een even grote daling van het vriespunt zorgt. Elke monosaccharide verlaagt het vriespunt 1,9 keer meer dan een disaccharide. Het zou eerder te verwachten zijn dat een monosaccharide het vriespunt twee keer meer verlaagt. Maar doordat een watermolecule wordt afgesplitst bij de vorming van een disaccharide uit twee monosacchariden, is dat maar 1,9 keer. Naast de zoetstoffen dragen ook andere opgeloste stoffen bij tot de vriespuntsdaling. Stabilisatoren zorgen niet voor een daling van het vriespunt. Meestal ligt het vriespunt van een ijsmix in de buurt van $-2,5$ °C.

De vriespuntsdaling kan berekend worden aan de hand van verschillende methodes. De meest ingewikkelde formules houden sterk rekening met de invloed van elk ingrediënt op de vriespuntsdaling. De meer eenvoudige formules doen dat niet. Daardoor geven ze wel een goede indicatie van het vriespunt maar zijn ze mogelijk onnauwkeurig. Marshall et al. (2003) stellen een berekening voor die gebaseerd is op eerder onderzoek. Met behulp van aparte formules wordt eerst de vriespuntsdaling van de suikers en zouten berekend. Daarna worden beide dalingen opgeteld om de uiteindelijke vriespuntsdaling te bekomen.

In figuur 3.2 is de vriescurve gegeven voor twee mixen met een verschillende samenstelling. Mix A heeft een lagere concentratie opgeloste stoffen dan mix B. Daardoor zal bij een bepaalde temperatuur in mix A meer water bevroren zijn dan in mix B. Uit dezelfde figuur blijkt ook dat eenzelfde temperatuurschommeling niet steeds eenzelfde hoeveelheid water doet dooien of bevriezen. Bij een hogere temperatuur is er een groter percentage water dat smelt of bevriest dan bij een lagere temperatuur. Op de vriescurve is voor mix A de variatie bij een hogere temperatuur aangegeven met x en bij een lagere temperatuur met y . De hogere temperatuur is hier ongeveer $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dat is de temperatuur van de koeltoog in ijssalons. De lagere temperatuur ligt ongeveer op $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dat is de temperatuur van de diepvriezer bij bewaring door de consument. Door die sterkere variatie in hoeveelheid afgesmolten water zal herkristallisatie sneller optreden bij een hogere temperatuur. Dat is de reden waarom consumptie-ijs steeds bij een zo laag mogelijke temperatuur bewaard moet worden. (Marshall *et al.*, 2003; Petzold & Aguilera, 2009)

3.3 Hardheid

De hardheid van consumptie-ijs wordt uitgedrukt als zijn weerstand tegen vervorming door een extern aangelegde kracht en wordt gemeten met een penetrometer. De penetrometer, gebruikt in het onderzoek van Muse en Hartel (2004), werkt met een kegelvormige kop die net het oppervlak van het consumptie-ijs raakt bij aanvang van de test. Daarna wordt gemeten hoe diep de kop in het consumptie-ijs zakt onder invloed van de zwaartekracht, gedurende vijf seconden.

De hardheid wordt bepaald door meerdere factoren waaronder de grootte en het volume van de ijskristallen, de vetdestabilisatie en de overrun. De overrun is een maat voor de hoeveelheid ingeslagen lucht.

De hardheid neemt af als de overrun stijgt. Als er meer emulgator wordt toegevoegd, dus als er meer vetdestabilisatie is, neemt de hardheid toe. Ook grote ijskristallen of een grote hoeveelheid ijskristallen doen de hardheid toenemen. Omdat de samenstelling van het consumptie-ijs bovenstaande eigenschappen beïnvloedt, heeft ze ook invloed op de hardheid. (Muse & Hartel, 2004)

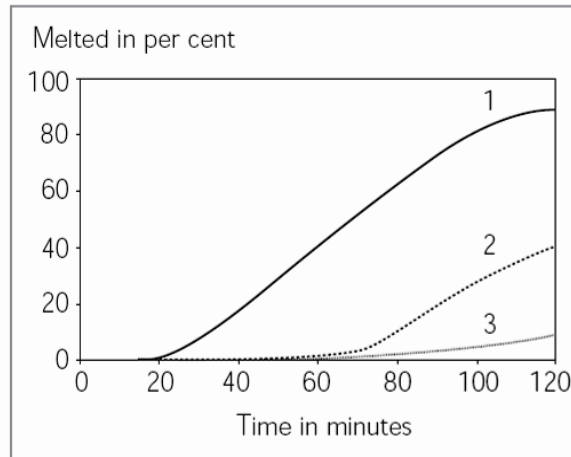
3.4 Smelten van consumptie-ijs

Het smeltgedrag van consumptie-ijs is een belangrijke kwaliteitsparameter die beïnvloed wordt door de vetdestabilisatie, de grootte van de ijskristallen, de overrun en de viscositeit van de ijsmix.

Wanneer consumptie-ijs bij kamertemperatuur geplaatst wordt, gebeuren er enkele veranderingen aan de structuur. Wanneer het ijs begint te smelten, komt er vloeibaar water vrij. Daardoor neemt de viscositeit van de mix af en sijpelt de vloeistof naar beneden. De tweede verandering is het instorten van de gestabiliseerde schuimstructuur.

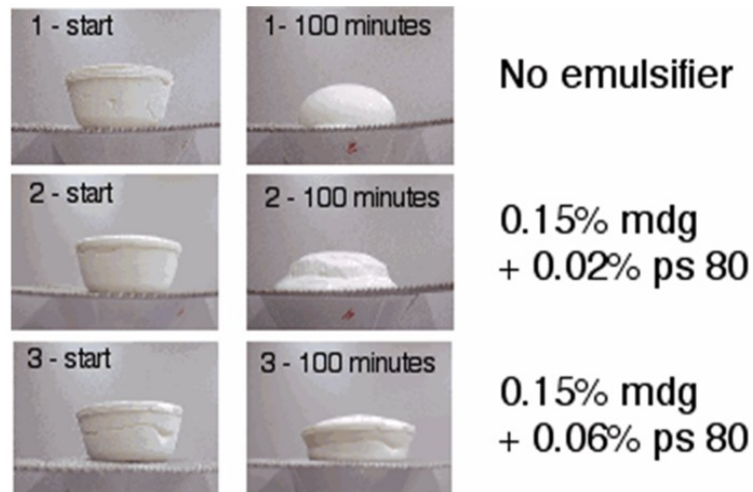
Het afsmelten wordt vertraagd door een stabiel vetnetwerk en dus door toevoeging van meer emulgator. Een tweede manier om afsmelten te vertragen is een hogere overrun. Doordat lucht een goede isolator is, zorgt die voor een tragere warmteoverdracht en dus voor een trager afsmelten.

Het afsmelten wordt getest door een bepaalde hoeveelheid consumptie-ijs op een zeef te plaatsen boven een weegschaal. Dat gebeurt bij kamertemperatuur, die constant gehouden wordt om verschillende metingen te kunnen vergelijken. Het afgesmolten consumptie-ijs druipt door de zeef op een schaal op de weegschaal. Na een vast tijdsinterval wordt telkens de massa afgesmolten consumptie-ijs bepaald. Die gegevens resulteren uiteindelijk in een smeltcurve. (Muse & Hartel, 2004) In figuur 3.3 is een voorbeeld van dergelijke curve gegeven.



Figuur 3.3: Smeltcurve van roomijs. 1: zonder emulgator/stabilisatorsysteem. 2 en 3 met verschillend emulgator/stabilisatorsysteem. (Dahl, 2007)

De invloed van emulgatoren is ook visueel zichtbaar bij het afsmelten van een volume consumptie-ijs, zoals te zien is in volgende figuur:

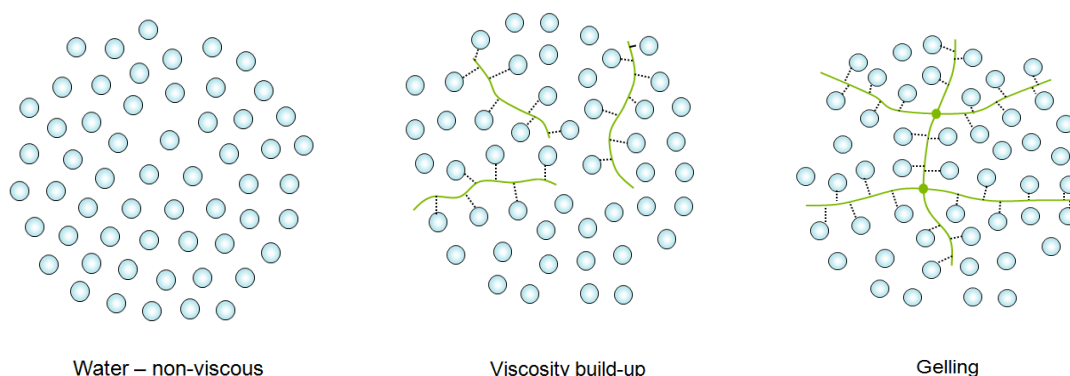


Figuur 3.4: De invloed van emulgatoren op het behoud van de vorm bij afsmelten. Mdg = mono- en diglyceriden, ps 80 = polysorbaat 80; beide zijn veel gebruikte emulgatoren in consumptie-ijs. (Goff, s.a. (b))

4 STABILISATOREN IN CONSUMPTIE-IJS

4.1 Functie

De belangrijkste functie van stabilisatoren in consumptie-ijs is het verminderen van de hoeveelheid vrij water in de ijsmix. Dat gebeurt door het vrij water te binden of door het te immobiliseren in een gelstructuur. (Naresh & Shailaja, 2006) Dat wordt geïllustreerd in figuur 4.1.



Figuur 4.1: Grafische voorstelling van de vermindering van de hoeveelheid vrij water door stabilisatoren. Links vrije watermoleculen, in het midden viscositeitstoename doordat watermoleculen gebonden worden aan stabilisatormoleculen, rechts het immobiliseren van water in een gelnetwerk doordat de stabilisatormoleculen met elkaar interageren. (Danisco, 2012)

Stabilisatoren hebben naast het verminderen van de hoeveelheid vrij water nog andere functies: ze zorgen voor een gladde textuur, een zekere mate van behoud van vorm tijdens het smelten, het verhogen van de viscositeit van de mix, het vermijden van synerese of weiafscheiding, het verminderen van vochtmigratie naar de lucht of het verpakkingsmateriaal en het vermijden van inkrimping tijdens de bewaring. (Bahramparvar & Tehrani, 2011)

Synerese ontstaat doordat de meest gebruikte polysachariden incompatibel zijn met melkproteïnen. Dat resulteert uiteindelijk in een visueel zichtbare afscheiding van een helder serum. Verschillende gommen hebben een verschillend effect op de weiafscheiding. Xanthaan is het meest incompatibel en zorgt dus het snelst voor synerese, gevolgd door guar en LBG. (Thaiudom & Goff, 2003) Synerese kan gecontroleerd worden door een secundaire stabilisator toe te voegen aan het consumptie-ijs. κ -carrageen wordt hier vaak voor gebruikt in lage concentraties. De manier waarop κ -carrageen synerese beperkt, wordt meer gedetailleerd besproken in punt 4.2.5. (Bahramparvar & Tehrani, 2011)

Stabilisatoren hebben ook effect op de overrun omdat ze de viscositeit verhogen en de luchtballen mee in stand houden. Tijdens het bevriezen met luchtinslag neemt de schijnbare viscositeit toe. Door de toegenomen afschuifkrachten neemt de maximale grootte van de luchtballen af.

Tijdens de bewaring zijn er veranderingen in de luchtballen, voornamelijk door drie mechanismen: Ostwald-rijping (disproportionering), coalescentie en drainering. Zowel procesparameters (vooral de bewaartemperatuur) en samenstelling (vooral de emulgator en stabilisator) hebben een invloed op de snelheden waarmee deze veranderingen gebeuren. Met drainering wordt bedoeld dat in de bovenste laag consumptie-ijs in de verpakking minder vocht aanwezig is in de lamellen tussen de luchtballen dan in de onderste. Dat komt door inwerking van de zwaartekracht. Bij Ostwald-rijping gaan moleculen diffunderen van kleine partikels naar grotere. Bewaren bij lagere temperatuur leidt tot inhibitie van de drainering en tot een verlaging van de snelheid van disproportionering en coalescentie.

Door de verhoging van de viscositeit van de vloeibare fase zorgen stabilisatoren ervoor dat disproportioneerende gehinbeerd wordt en ook drainering wordt hierdoor verminderd. (Chang & Hartel, 2002)

Nog andere defecten die verminderd kunnen worden door het toevoegen van stabilisatoren zijn: inkrimping en expansie. Inkrimping is het verlies aan volume nog voor er product uit de verpakking is genomen. Expansie gebeurt in de hardingskamer of tijdens het transport. Dat wordt zichtbaar door uitgezette of losgekomen deksels. Meerdere parameters kunnen aan de oorzaak liggen van deze volumeveranderingen. Onder andere heat shock, overmatige overrun, kleine ijskristallen, slechte menging van ingrediënten, overmatige vetagglomeratie, te veel emulgator of te weinig stabilisator. Ook verschillen in luchtdruk bijvoorbeeld door transport per vliegtuig hebben hier invloed op. (Dubey & White, 1997)

Verder hebben stabilisatoren een cryobeschermende werking. Dat wil zeggen dat ze de groei van ijskristallen door herkristallisatie beperken. Op de grootte van de initieel gevormde ijskristallen in de geschraapte warmtewisselaar hebben stabilisatoren weinig effect.

Het cryobeschermend effect wordt verklaard door drie mechanismen. Ten eerste is er de viscositeit en de mobiliteit van moleculen. Door toenemende viscositeit en daardoor de verminderde mobiliteit van de moleculen wordt de aangroei van ijskristallen beperkt. Als tweede mechanisme is er cryogelering. Door de vorming van gelstructuren wordt de diffusie van water en opgeloste stoffen beperkt. Het feit dat een aantal stabilisatoren die niet geleren effectiever zijn in het vertragen van herkristallisatie dan gelerende stabilisatoren wijst erop dat verminderde mobiliteit van moleculen niet de enige manier is waarmee stabilisatoren werken. Het derde mechanisme is de fasescheiding. Die kan bijdragen tot de vertraging van herkristallisatie. De beschermende werking is echter verschillend van stabilisator tot stabilisator. Zo zorgt LBG (johannesbroodpitmeel) voor een sterkere vermindering van herkristallisatie dan guargom. Dat komt door hun verschil in chemische structuur en omdat LBG een gel kan vormen in bepaalde omstandigheden. Guar is niet gelvormend maar bindt echter meer water dan LBG waardoor guar sterker bijdraagt aan de structuur. (Bahramparvar & Tehrani, 2011)

Stabilisatoren verhogen ook de smeltweerstand. Ze doen dat door hun waterbinding en verbetering van de viscositeit. Verder hebben stabilisatoren nog invloed op de thermische geleidbaarheid, die op zijn beurt de snelheid van het afsmelten beïnvloedt. (Bahramparvar & Tehrani, 2011)

De sensorische kenmerken van consumptie-ijs worden mee bepaald door de gebruikte stabilisatoren. De viscositeit van de vloeibare fase heeft invloed op het mondgevoel van het consumptie-ijs. En die viscositeit wordt in grote mate bepaald door de stabilisatoren. Onder mondgevoel verstaat men body en textuur. Daarnaast zorgen stabilisatoren voor een vermindering van het ijzig gevoel door hun invloed op herkristallisatie. (Bahramparvar & Tehrani, 2011) Soukoulis, Chandrinos en Tzia (2008) stelden vast dat de gebruikte stabilisator invloed heeft op het vrijstellen van de smaak van consumptie-ijs. Zij stelden vast dat hoe hoger het gehalte aan hydrocolloïden is, hoe beter de vanillesmaak van vanille-ijs werd waargenomen. Er kunnen echter problemen optreden als er te veel stabilisator wordt gebruikt. In dat geval ontstaat een overmatig hoge viscositeit, een zware body en een ongewenste smeltkarakteristiek. Ook kunnen smaakafwijkingen ontstaan door onder andere oxidatie als gevolg van een slechte bewaring. (Bahramparvar & Tehrani, 2011; Marshall *et al.*, 2003)

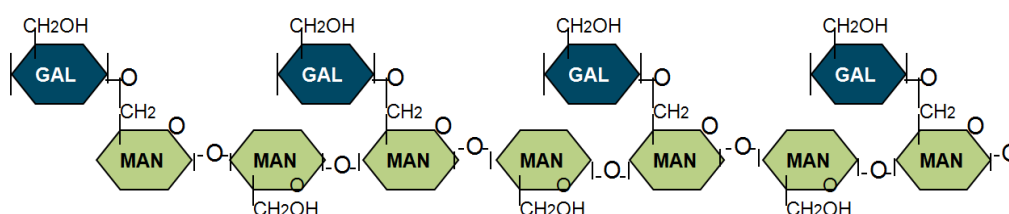
Voor de toepassing in consumptie-ijs worden, naast hun functionele kenmerken, nog bijkomende eisen gesteld aan stabilisatoren. Zo moeten ze een schone, neutrale smaak hebben, niet binden aan andere flavours, zorgen voor een aanvaardbaar smeltgedrag en de gewenste textuur geven. (Bahramparvar & Tehrani, 2011)

4.2 Stabilisatoren

In consumptie-ijs kunnen een aantal gommen en andere hydrocolloïden gebruikt worden als stabilisator. Hieronder zullen de belangrijkste besproken worden.

4.2.1 Guargom

Dit hydrocolloïde is afkomstig van de zaden van *Cyamopsis tetragonolobus* L.. Guargom is een geelachtig tot wit poeder dat niet hygroscopisch is. (Chudzikowski, 1971) Het behoort tot de galactomannanen. Dat betekent dat een guarmolecule is opgebouwd uit een lineaire keten van D-mannose die via een β -(1,4)-binding met elkaar gebonden zijn. Op die basisketen worden D-galactopyranosylresiduen gebonden via een α -(1,6)-binding. (Mirhosseini & Amid, 2012) De verhouding mannose op galactose is ongeveer 1,5. Deze waarde wordt beïnvloed door meerdere factoren waaronder de bereiding van de gom en de natuurlijke variatie in de zaden. (Daas, Schols & de Jongh, 2000). Het moleculair gewicht bedraagt ongeveer 2×10^6 g/mol. (Danisco, 2008) Het molecuul is niet-ionisch en wordt daardoor niet beïnvloed door de ionische sterkte of de pH van de oplossing waarin het zich bevindt. (Naresh & Shailaja, 2006) Een schematische voorstelling van de chemische structuur wordt getoond in figuur 4.2.



Figuur 4.2: Chemische structuur van guargom. (Danisco, 2012)

Door de sterke substitutie wordt het gemakkelijk gehydrateerd. Daardoor lost guar goed op in koud water. Het zorgt voor sterk viskeuze en tixotrope mixen in lage concentraties van ongeveer 0,2 %. (Marshall *et al.*, 2003; Naresh & Shailaja, 2006) Verder zorgt het voor een effectieve vermindering van de ongewenste effecten ten gevolge van heat shock. (Bahramparvar & Tehani, 2011)

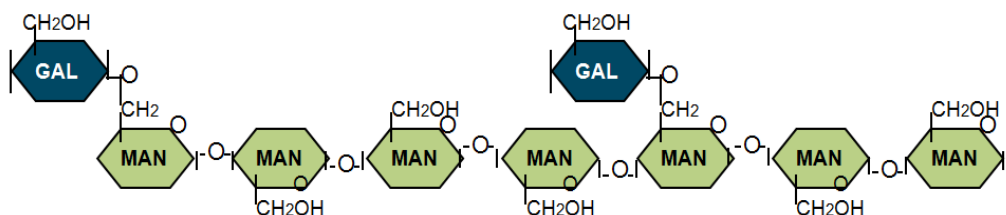
In consumptie-ijs werkt guargom synergistisch met andere hydrocolloïden. Enkele gevolgen van het gebruik van guar zijn: het sneller afsmelten van het consumptie-ijs en mogelijk het ontstaan van off-flavours bij hoge doseringen. (Danisco, 2012)

4.2.2 Johannesbroodpitmeel

Deze stabilisator heeft meerdere vertalingen in het Engels namelijk: locust bean gum (LBG) of carob gum.

LBG wordt geproduceerd uit het endosperm van de zaden van de Johannesbroodboom of *Ceratonia siliqua* L.. (Dakia, Blecker, Robert, Wathelet & Paquot, 2008) Deze boom groeit in het Middellandse Zeegebied en in streken met een gelijkaardig klimaat in de Verenigde Staten. (Shepperd, 2009)

De opbouw van LBG-moleculen is vergelijkbaar met die van guargom maar met minder galactoseresidu's. De verhouding mannose op galactose is ongeveer 3,5. (Daas *et al.*, 2000) De chemische structuur wordt afgebeeld in figuur 4.3. De substitutie is echter ongelijk verdeeld zodat er regio's zijn met veel galactose ('hairy regions') en regio's met weinig of geen galactose ('smooth regions'). Hierdoor vormt LBG sterk viskeuze oplossingen bij lage concentraties. Het moleculair gewicht bedraagt 4×10^5 tot 1×10^6 g/mol. (Kuntz, 2009)



Figuur 4.3: Chemische structuur van johannesbroodpitmeel. (Danisco, 2012)

Onder sommige omstandigheden, zoals heat shock, is het mogelijk dat een gel gevormd wordt door cross-linking tussen smooth regions. Door die cryogelering zorgt LBG ervoor dat herkristallisatie goed beperkt wordt bij temperatuurschommelingen. (Danisco, 2012; Goff *et al.*, 1999)

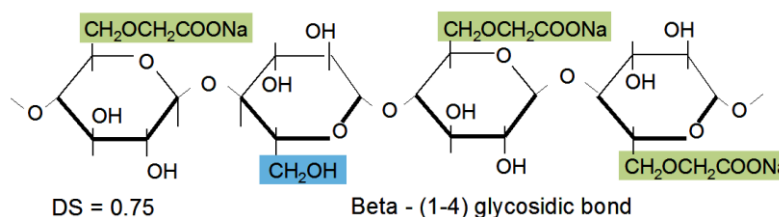
LBG wordt aanzien als een goede stabilisator voor consumptie-ijs. Hij zorgt echter voor een minder gommig mondgevoel dan guar maar er blijft toch voldoende cremigheid. Verder maskeert LBG de smaak van de mix niet en zorgt het voor een specifieke textuur. (Danisco, 2012; Marshall *et al.*, 2003) LBG werkt ook synergistisch met κ -carrageen en xanthaan.

LBG heeft een opwarming nodig om volledig gedispergeerd en gehydrateerd te worden. Dat komt door de lagere graad van substitutie. Deze verhitting wordt bereikt bij de pasteurisatie van de mix. Als LBG alleen gebruikt wordt als stabilisator is synerese mogelijk. Daarom wordt het meestal gebruikt in combinatie met carrageen of guar. (Bahramparvar & Tehrani, 2011; Naresh & Shailaja, 2006)

4.2.3 Carboxymethylcellulose

Carboxymethylcellulose wordt vaak afgekort als CMC. CMC wordt chemisch bereid uit cellulose. Daardoor heeft het een meer chemische perceptie bij de consument en is het verboden in biologische producten. (A. M. Andersen, persoonlijke communicatie, 3 juli 2012; Verordening (EU) nr. 889/2008) De bereiding van CMC uit cellulose wordt beschreven door Prenzo (2011). Als grondstof zijn verschillende cellulosehoudende bronnen mogelijk waaronder houtafval. Die cellulose wordt dan behandeld met natriumhydroxide. Daarna volgt een etherificatie met monochloorazijnzuur. Die reactie vervangt hydroxylgroepen door carboxymethylgroepen. Uit deze reactie ontstaat een geladen molecule dat geneutraliseerd wordt met een ion, meestal natrium. Na vermalen en standaardiseren bekomt men natriumcarboxymethylcellulose. De structuur van dit molecule wordt afgebeeld in figuur 4.4.

Hoe CMC zich gedraagt in oplossingen is volgens hetzelfde onderzoek voornamelijk toe te schrijven aan volgende eigenschappen: de substitutiegraad, de uniformiteit van die substitutie en de gemiddelde ketenlengte, uitgedrukt als polymerisatiegraad. Een hogere substitutie- en polymerisatiegraad leidt tot een hoger moleculair gewicht en dat leidt op zijn beurt tot oplossingen met een hogere viscositeit. Verder wordt de viscositeit nog beïnvloed door de temperatuur maar dat effect is reversibel zolang de verhitting niet te lang is en de pH van de oplossing niet beneden drie komt.



Figuur 4.4: Chemische structuur van natriumcarboxymethylcellulose met een substitutiegraad (DS) van 0,75. Dat betekent dat op ongeveer drie op vier glucosemonomeren een natriumcarboxymethylgroep gebonden is. (Danisco, 2012)

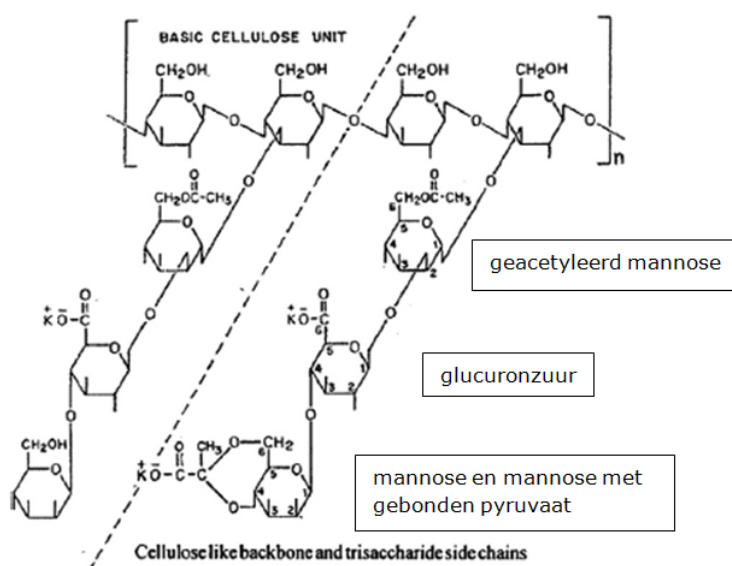
Het is mogelijk om andere substituenten op de celluloseketens te zetten. Zo kan ook methylcellulose of hydroxypropylcellulose gemaakt worden. Door de andere zijketens zijn de eigenschappen van deze moleculen verschillend van die van CMC. Dat maakt ze minder geschikt voor toepassing in consumptie-ijs. (Hoefler, 2000; Marshall *et al.*, 2003)

CMC lost gemakkelijk op in de mix en heeft een grote capaciteit om water vast te houden. Daardoor wordt het aanzien als een goede stabilisator in consumptie-ijs. (Marshall *et al.*, 2003) CMC zorgt voor een romig consumptie-ijs met een warm mondgevoel (A. M. Andersen, persoonlijke communicatie, 3 juli 2012) In combinatie met carrageen, LBG of guar wordt een stevige gel gevormd. (Bahramparvar & Tehrani, 2011)

4.2.4 Xanthaangom

Xanthaangom is een wateroplosbaar exo-polysaccharide en wordt bereid door een bacteriële fermentatie van *Xanthomonas campestris*. De productie gebeurt tijdens een aerobe fermentatie. Op het einde van de fermentatie wordt de bacterie afgedood. Na die verhitting van het medium wordt de gom neergeslagen met isopropanol. Daarna volgt een verdere opzuivering, een droogstap en wordt de gom verpakt. (Katzbauer, 1998)

De chemische structuur van xanthaan is een lineaire basisketen van D-glucose met β -(1,4)-bindingen en een trisaccharide als zijketen op elk tweede glucosemolecule. De basisketen is dus gelijk aan die van cellulose. De zijketen heeft volgende opbouw: β -D-mannose-(1,4)- β -D-glucuronzuur-(1,2)- α -D-mannose, bekeken vanaf het uiteinde naar de basisketen toe. Die zijketen is gebonden aan C3 van de basisketen. Aan ongeveer de helft van het eindstandige mannose is een pyruvaatmolecule gebonden aan C4 en C6. Het niet-eindstandig mannose draagt vaak een acetylgroep op C6. Deze chemische structuur wordt getoond in figuur 4.5. De xanthaanmoleculen organiseren zich als rechtsdraaiende helices. Die conformatie wordt gestabiliseerd door niet-covalente interacties, voornamelijk waterstofbruggen, tussen de zijketens en de hoofdketen. Het moleculair gewicht bedraagt 2×10^6 tot 20×10^6 g/mol en is afhankelijk van de fermentatiecondities en van de associatie tussen de moleculen. (Palaniraj & Jayaraman, 2011; Katzbauer, 1998)



Figuur 4.5: Chemische structuur van xanthaangom. (Palaniraj & Jayaraman, 2011)

Xanthaangom is oplosbaar in koud water, hydrateert snel en bindt het vrij water uit de mix. Verder is het hittestabiel, vrijwel onafhankelijk van de pH en zorgt het voor een schonere smaak dan andere gommen. In consumptie-ijs wordt xanthaan minder frequent gebruikt, en wanneer het gebruikt wordt is dat enkel in combinatie met andere gommen. Het wordt eerder gebruikt voor sorbet en waterijs dan voor ijs gebaseerd op melk. In probiotisch consumptie-ijs zorgt xanthaan voor een verbeterde zoete smaak en vanilleflavour en vermindert het de zure abstringentie. Verder zorgt de gom voor een meer romig karakter. Xanthaan verbetert de smeltkwaliteit en doet de smeltweerstand toenemen. Doordat dit polymeer niet verteerbaar is, verlaagt het de calorische waarde van levensmiddelen waarin het verwerkt wordt en doet het dienst als voedingsvezel. Xanthaan is synergistisch met LBG en guar gom.

Een mogelijk nadeel van xanthaan is dat het niet dezelfde textuur geeft als guar en LBG. Overmatig gebruik kan leiden tot een taai consumptie-ijs. Een bijkomend nadeel van deze gom is zijn kostprijs. (A. M. Andersen, persoonlijke communicatie, 3 juli 2012; Katzbauer, 1998; Marshall *et al.*, 2003; Naresh & Shailaja, 2006; Soukoulis, Lyroni & Tzia, 2010)

4.2.5 Carrageen

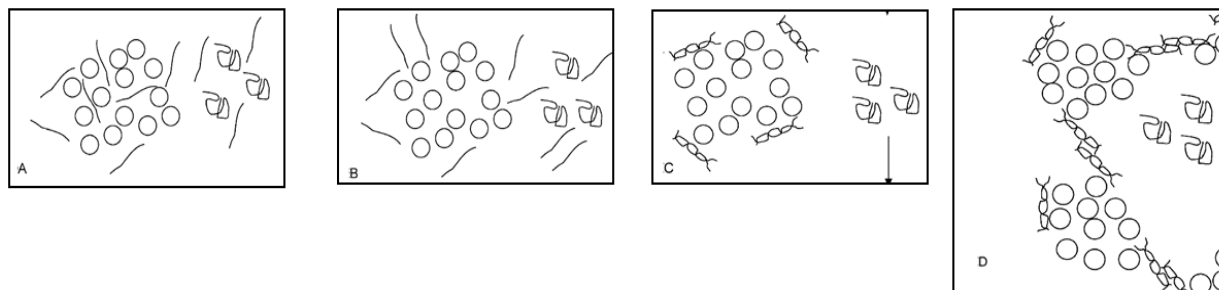
Carrageen wordt bereid uit zeewier. Het productieproces omvat meerdere stappen. De bereiding begint bij het oogsten van het zeewier. Daarna volgt een extractie met water in basisch milieu. Vervolgens wordt het carrageen neergeslagen met alcohol. Na enkele zuiveringsstappen en een standaardisatie is het poeder klaar voor gebruik. (Danisco, 2012)

Carrageen is een gesulfateerd, lineair polysaccharide. Het basismolecule in het polymeer is een dimeer van galactose en 3,6-anhydrogalactose. Van carrageen zijn er verschillende vormen die elk specifieke eigenschappen hebben. Het onderscheid wordt gemaakt door de hoeveelheid en de plaats van de sulfaatesterogroepen op het molecule. Het λ -carrageen heeft drie sulfaatesterogroepen per dimeer en is koud oplosbaar. ι -carrageen heeft twee sulfaatesterogroepen per dimeer en is minder goed oplosbaar. κ -carrageen heeft één sulfaatesterogroep per dimeer en kan sterke, thermoreversibele gels vormen. κ -2-carrageen is een blok-co-polymeer van κ - en ι -carrageen. Alle carrageenmoleculen zijn negatief geladen en worden daarom geneutraliseerd met kalium, natrium of calcium. (Falshaw, Bixler & Johndro, 2001)

In consumptie-ijs met een voldoende hoog vetgehalte kan λ -carrageen gebruikt worden omdat daarbij geen gelvorming nodig is om toch voldoende stabilisatie te krijgen. κ - en ι -carrageen hebben verhitting nodig om goed te hydrateren. De dosis varieert van 0,18 % tot 0,25 %. In softijs wordt vaak κ -carrageen gebruikt omwille van zijn gelvorming en de reactie met caseïne die weiafscheiding tegengaat. (Naresh & Shailaja, 2006)

κ -carrageen wordt ook frequent toegepast als secundair hydrocolloïde om synerese te vermijden. Dat betekent dat het gehalte ervan in het stabilisatormengsel eerder laag is. Synerese wordt vaak bevorderd door de incompatibiliteit van andere stabilisatoren met melkproteïnen. In deze toepassing heeft het carrageen weinig tot geen invloed op de viscositeit van de mix. Het mechanisme waarmee κ -carrageen synerese vermijdt, is gebaseerd op twee soorten interacties. Ten eerste moet er interactie zijn tussen caseïne en κ -carrageen. Die interactie gebeurt aan het oppervlak van de caseïnemicellen. De manier waarop de interactie tussen κ -carrageen en caseïne tot stand komt is nog niet helemaal bepaald maar het onderzoek gaf duidelijke aanwijzingen dat de sulfaatgroepen van het carrageen er bij betrokken zijn. Ten tweede moet er aggregatie optreden tussen κ -carrageenhelices. Die aggregatie op zich is een soort beperkte gelvorming maar de concentratie κ -carrageen is te laag om een echte driedimensionale polymere gel te vormen.

Wanneer beide mechanismen tegelijk voorkomen, is er een inhibitie van macroscopische fasescheiding. Eén mechanisme afzonderlijk is niet voldoende. Er moet nog opgemerkt worden dat, ook al wordt macroscopische fasescheiding geïnhibeerd, er nog steeds microscopische fasescheiding optreedt. (Schorsch, Jones & Norton, 2000; Spagnuolo, Dalgleish, Goff & Morris, 2005) Deze werking wordt geïllustreerd in figuur 4.6.



Figuur 4.6: Schematische voorstelling van de stabiliserende werking van κ -carrageen. (A) Bij hoge temperatuur ($> 40\text{ }^{\circ}\text{C}$) is κ -carrageen in spoelvormige conformatie verspreid in de oplossing. Caseïne komt voor in geconcentreerde regio's door incompatibiliteit met LBG. (B) κ -carrageen wordt vantussen de caseïnemicellen gedreven door samenklitten van caseïne tot een domein. (C) κ -carrageen neemt helix-conformatie aan bij afkoeling en zit rond het caseïnedomein. (D) Interactie tussen nabijgelegen κ -carrageenhelices en tussen κ -carrageenhelices en caseïnemicellen. Dit stabiliseert de domeinen en voorkomt fasescheiding. (Schorsch et al., 2000; Spagnuolo et al., 2005)

Een mogelijk probleem is dat carrageen een minder goede perceptie heeft bij de consument omdat bij sterke verhitting van carrageen in zure omstandigheden carcinogene verbindingen worden gevormd. Deze situatie komt echter niet voor in consumptie-ijs. (A.M. Andersen, persoonlijke communicatie, 3 juli 2012; Provisco Swiss Food Systems, 2012)

4.2.6 Alginaat

Deze stabilisator wordt geproduceerd uit bruine marine algen. *Laminaria hyperborea*, *Ascophyllum nodosum* en *Macrocystis pyrifera* zijn enkele soorten waaruit alginaat geproduceerd wordt. (Goh, Heng & Chan, 2012)

De stappen in het productieproces zijn vergelijkbaar met die van de productie van carrageen. De gebruikte oplosmiddelen vormen het voornaamste verschil. Bij alginaat wordt een natriumcarbonaatoplossing gebruikt. Na die extractie wordt het alginaat neergeslagen met een zuur. Daarna volgt nog een opzuivering in meerdere stappen en als laatste een standaardisatie tot het eindproduct. (Danisco, 2012)

Het polymeer is opgebouwd uit twee monomeren: D-mannuronzuur en L-guluronzuur. De mannuronzuureenheden zijn aan elkaar gebonden met α -(1,4)-bindingen terwijl het guluronzuur β -(1,4)-bindingen heeft. De monomeren worden geordend tot een blok-copolymeer. Afhankelijk van het soort zeewier en de plaats waar het groeit, verschilt de onderlinge ordening van de blokken monomeren, waardoor ook de eigenschappen van het alginaat variëren.

Alginaatmoleculen zijn geladen door de vele carboxylgroepen in het molecule. Daardoor komen ze voor als zout. Natriumalginaat wordt het meest gebruikt en is oplosbaar in water. Calciumalginaat is niet oplosbaar in water door interacties tussen calcium en polyguluronzuurregio's. Door die interactie wordt een stevige gel gevormd die hittestabiel is. Het mechanisme voor de vorming van de junction zones in de gel is het zogenaamde eierdoosmodel waarbij calciumionen zich tussen twee parallel polyguluronzuurregio's bevinden.

Door de carboxylgroepen te laten reageren met propyleenoxide wordt propyleenglycolalginaat (PGA) gevormd. Bij commercieel PGA zijn 50 tot 85 % van de carboxylgroepen veresterd. Door die verestering is een oplossing van PGA veel minder gevoelig voor een lage pH en polyvalente kationen. Omwille van die eigenschap wordt PGA gebruikt wanneer een reactie met calcium ongewenst is of wanneer oppervlakte activiteit gewenst is. (BeMiller, 2008) Uitgaande van deze bevindingen kan besloten worden dat PGA beter toepasbaar is in consumptie-ijs dan niet-veresterd alginaat.

Deze stabilisator geeft een kouder, frisser mondgevoel aan het consumptie-ijs. Deze eigenschappen komen naar voor in Italiaans consumptie-ijs. (A. M. Andersen, persoonlijke communicatie, 3 juli 2012)

Alginaat is zowel oplosbaar in koud als in warm water maar kan degraderen als het te lang op hoge temperatuur wordt gehouden. Het wordt niet vaak gebruikt in consumptie-ijs onder andere omwille van de hoge prijs. (Bahramparvar & Tehrani, 2011; Marshall *et al.*, 2003)

4.2.7 Taragom

Deze gom is net als LBG en guar een galactomanaan. Het wordt minder vaak gebruikt dan de twee eerder genoemde galactomananen. (BeMiller, 2008) Taragom wordt geproduceerd uit zaden van *Caesalpine spinosa* L.. (Mirhosseini & Amid, 2012)

De verhouding mannose op galactose bedraagt ongeveer drie. (Klyosov, Dotsenko, Hinz & Sinitsyn, 2012) Taragom is oplosbaar in koud water en hydrateert dan ook. Verhitting doet de viscositeit nog toenemen. De dosis taragom is 20 tot 25 % lager dan die van LBG om dezelfde eigenschappen te bekomen. De gom is ook bestand tegen hoge afschuifkrachten. Taragom zorgt voor een goede bescherming tegen de effecten van heat shock en zorgt voor een romig mondgevoel. (GumTechnology, 2012)

Taragom is stabiel tijdens verhittingsprocessen. Zo weerstaat het temperaturen tot 145 °C en is het bestand tegen een batchsterilisatie van 30 minuten bij 121 °C. Deze eigenschappen zijn vergelijkbaar met die van LBG en heel wat beter dan die van guar. (SilvaTeam, 2012)

In vergelijking met guar geeft tara een gladde en zachte textuur. Het zorgt ook voor een betere vrijgave van de smaak. In combinatie met xanthaan of carrageen vormt tara een zachte gelstructuur. (SilvaTeam, 2012)

4.2.8 Gelatine

Deze stabilisator is een dierlijk polypeptide. In het verleden is gelatine veel gebruikt als stabilisator in consumptie-ijs maar het werd steeds meer vervangen door plantaardige polysachariden. De reden hiervoor is de toegenomen beschikbaarheid en lagere kostprijs van die plantaardige polysachariden. Gelatine vormt een zwakke gel die smelt in de mond waardoor geen gommig mondgevoel ontstaat. (Marshall *et al.*, 2003)

Naresh en Shailaja (2006) bevestigen dit. De gelatinegel wordt gevormd wanneer een warme gelatine-oplossing afkoelt beneden 30 – 35 °C. Als de gel opnieuw boven deze temperatuur komt, smelt hij af. Volgens hen is het mogelijk dat type A gelatine, afkomstig van een zure bereiding, negatief reageert met carrageen.

Een nadeel is dat gelatine weinig bescherming biedt tegen de effecten van temperatuurschommelingen en dat het niet aanvaardbaar is in bepaalde religies of voor vegetariërs. (Bahramparvar & Tehrani, 2011)

4.2.9 Andere plantaardige gommen

Naast bovengenoemde stabilisatoren bestaan er nog veel andere hydrocolloïden van allerlei oorsprong. Enkele voorbeelden zijn pectine, Arabische gom, fenugreekgom, agar, konjacgom, mesquitegom, enz. (Mirhosseini & Amid, 2012)

Omwille van verschillende redenen worden deze niet of nauwelijks gebruikt in consumptie-ijs. Ten eerste is er de wetgeving. De gommen moeten een E-nummer hebben en als ze dat hebben moeten ze nog toegelaten zijn in consumptie-ijs. Een tweede reden zijn de technische eigenschappen van de gom. Agar is hier een voorbeeld van omdat de gelstructuur die bij het koelen van de mix gevormd wordt, volledig vernietigd wordt tijdens het bevriezen met luchtinslag. Een derde reden is dat er goedkopere alternatieven zijn voor een bepaald hydrocolloïde. Dat kan bijvoorbeeld het geval zijn wanneer de productie ervan zeer beperkt is. (A.M. Andersen, e-mailbericht, 9 juli 2012)

Pectine is opgebouwd uit een keten van galacturonzuur die gedeeltelijk veresterd is met methylestergroepen. Het wordt niet gebruikt in melk-gebaseerd consumptie-ijs. Pectine wordt soms echter wel toegepast in sorbets en in sauzen die in consumptie-ijs gemengd worden. (Danisco, 2012)

Fenugreek is ook een galactomannaan net zoals LBG, guar en tara. Fenugreek heeft een mannose op galactose verhouding van één. (BeMiller, 2008) Deze gom heeft effect op de bloedsuikerspiegel en op het cholesterolgehalte. (Mirhosseini & Amid, 2012) Hij wordt nog maar weinig toegepast omwille van zijn trage hydratatie, ongewenste smaak en de moeilijkheid om een homogene dispersie te maken. (Chang, Cui, Roberts, Ng & Wang, 2011)

Malvanootgom wordt geëxtraheerd uit enkele soorten planten van de familie *Sterculiaceae*. Die plant groeit in Oost-Azië. Het is een polysacharide opgebouwd uit galactose, arabinose en rhamnose met een verhouding van 1: 1,67: 1,01. Het wordt vooral gebruikt voor medische doeleinden en in sommige gelvormige desserts. (Mirhosseini & Amid, 2012)

Mesquitezaadgom is afkomstig van de zaden van legumenosen van het geslacht *Prosopis*. Deze plant groeit in Noord-Amerika en Peru. Volgens Mirhosseini & Amid (2012) is de verhouding mannose op galactose 1,1 en ligt het moleculair gewicht tussen 9×10^5 en 1×10^6 g/mol. De eigenschappen zijn verder vergelijkbaar met LBG en guar. (Chaires-Martinez, Salazar-Montoya & Ramos-Ramírez, 2008)

Konjacgom is een glucomanaan. Dat betekent dat dit polysacharide opgebouwd is uit glucose en mannose. Het wordt geproduceerd door *Amorphophallus konjac*. Het vormt geen gels in zuiver water maar zorgt voor een viskeuze oplossing. Gelering kan echter wel in aanwezigheid van basische coagulanten zoals calciumhydroxide en na deacetylering. Konjac wordt vooral gebruikt om het vetgehalte van allerlei verwerkte vleesproducten, zoals verschillende soorten worst, te verlagen. (Jimenez-Colmenero, Cofrades, Herrero, Solas & Ruiz-Capillas, 2012) Voor zover gekend wordt konjac niet gebruikt als stabilisator in consumptie-ijs.

Arabische gom is afkomstig van de *Acacia senegal* en wordt om die reden ook wel acaciagom genoemd. Hij wordt vooral gebruikt als emulgator voor flavours in frisdranken. Het is een heteropolysacharide met ongeveer 2 % proteïne. Arabische gom wordt zelden gebruikt in consumptie-ijs. (Alftrén, Peñarrieta, Bergenstahl & Nilsson, 2012)

4.2.10 Combinaties van stabilisatoren

Het gebruik van één stabilisator leidt zelden tot de gewenste fysico-chemische en sensorische eigenschappen van consumptie-ijs. Daarom worden vrijwel altijd mengsels van verschillende stabilisatoren gebruikt. Om dezelfde reden worden verschillende emulgatoren en mengsels ervan gebruikt. (Murtaza, Ud Din, Huma, Shabbir & Mahmood, 2004)

Welke stabilisatoren en emulgatoren gebruikt worden, hangt af van de wensen van de producent van het consumptie-ijs en van de wensen van de consument. De leveranciers stellen hun mengsels meestal samen op maat van de ijsproducent. Vaak is de productontwikkeling dan ook gebaseerd op trail and error. (Marshall *et al.*, 2003)

Ook het type ijs bepaalt de samenstelling van het mengsel van stabilisatoren en emulgatoren. Zo wordt voor sorbet een ander mengsel gebruikt dan voor roomijs. Om te illustreren dat er ook tussen leveranciers onderling een verschil is worden hieronder enkele voorbeelden gegeven van samenstellingen van mengsels voor een bepaalde toepassing.

Ingrema Swiss (2012 (a) en (b)) gebruikt een mengsel van guar en LBG als stabilisatoren en mono- en diglyceriden van vetzuren als emulgator voor ijs gebaseerd op melk. Voor waterijs en sorbets worden LBG, guar, CMC en carrageen gebruikt als stabilisatoren en mono- en diglyceriden van vetzuren als emulgator.

Danisco (2012) gebruikt voor ijs, gebaseerd op melk, LBG, guar en carrageen als stabilisatoren en mono- en diglyceriden als emulgator. Methylcellulose, pectine en LBG worden gebruikt als stabilisatoren voor waterijs en sorbets. Er wordt geen emulgator gebruikt voor deze toepassing.

Een andere mogelijke combinatie is die van guar en xanthaan met gedistilleerde monoglyceriden als emulgator. Het mengsel bevatte steeds 65 % glucose als vulstof, 15 % gedistilleerde monoglyceriden en 20 % stabilisatoren in wisselende verhoudingen. Uit onderzoek bleek dat het mengsel met 75 % guar (15 % van het totale mengsel) en 25 % xanthaan de hoogste overrun en de beste sensorische beoordeling kreeg. (Murtaza *et al.*, 2004)

Uit een onderzoek van Soukoulis *et al.* (2008) blijkt κ -carrageen goed te werken als secundaire stabilisator. Het begunstigt de werking van de primaire stabilisator. De effecten die waargenomen werden, zijn het verbeteren van de reologische eigenschappen en een verbetering van het stabiliserend effect onder milde bevroren bewaring. De reden hiervoor is dat, zoals eerder aangehaald, κ -carrageen een gel vormt door interactie met caseïne. De beste werking werd bekomen in combinatie met natriumalgiinaat of in combinatie met xanthaan. (Soukoulis *et al.*, 2008)

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de eigenschappen van verschillende stabilisatoren. Door deze eigenschappen te vergelijken met de gewenste eigenschappen kan men tot het meest geschikte mengsel van stabilisatoren komen. Een opmerking bij de tabel is echter dat ook emulgatoren deze eigenschappen beïnvloeden.

Tabel 4.1: Eigenschappen van de meest gebruikte stabilisatoren in consumptie-ijs.
(Danisco, 2012)

eigenschap	alginaat	carrageen	CMC	guar	LBG	xanthaan
viscositeit mix	gemiddeld	laag	hoog	Hoog	gemiddeld	gemiddeld
textuur	kort	kort	lang	chewy	lang	chewy
body	bros	bros	glad	glad	glad	glad
mondgevoel	koud	koud	warm	koud	warm	koud
smelt- weerstand	goed	matig	matig	goed	zeer goed	matig
weerstand tegen heat shock	matig	matig	goed	slecht	zeer goed	goed
vrijgave van smaak	goed	goed	matig	slecht	zeer goed	goed

Naast de keuze van de gebruikte stabilisatoren en emulgator(en) beïnvloedt ook hun onderlinge verhouding de eigenschappen van het consumptie-ijs waarin ze gebruikt worden. (Murtaza *et al.*, 2004)

4.3 Wetgeving

In het Koninklijk Besluit van 11 juni 2004 betreffende consumptie-ijs staat niet rechtstreeks vermeld welke stabilisatoren toegelaten zijn in consumptie-ijs.

In de Verordening (EU) nr. 1333/2008 inzake levensmiddelenadditieven staat aangegeven welke stabilisatoren toegelaten zijn. Volgens deze Verordening worden stabilisatoren als volgt gedefinieerd: "stoffen die het mogelijk maken de fysisch-chemische toestand van een levensmiddel te handhaven; stabilisatoren omvatten stoffen die het mogelijk maken een homogene dispersie van twee of meer onmengbare stoffen in een levensmiddel te handhaven, stoffen die een bestaande kleur van een levensmiddel stabiliseren, fixeren of intensifiëren en stoffen die het bindend vermogen van het levensmiddel vergroten, onder meer door de vorming van crosslinks tussen eiwitten waardoor afzonderlijke deeltjes tot een gereconstitueerd levensmiddel worden gebonden."

Volgende stabilisatoren zijn toegelaten in consumptie-ijs volgens het quantum satis principe: alginezuur en alginaten (E400–E404), agar-agar (E406), carrageen (E407), johannesbroodpitmeel (E410), guarpitmeel (E412), arabische gom (E414), xanthaangom (E415), taragom (E417), gellangom (E418), pectine (E440) en cellulose en afgeleide producten waaronder CMC (E460-E469).

Konjacgom (E425) is slechts toegelaten in levensmiddelen aan een maximaal gehalte van 10 g/kg. Cassiagom (E427) is toegelaten in consumptie-ijs voor maximaal 2,5 g/kg.

Emulgatoren worden volgens Verordening (EU) nr. 1333/2008 gedefinieerd als: "stoffen die een homogene menging van twee of meer onmengbare fasen, zoals olie en water, in een levensmiddel mogelijk maken of in stand houden."

Voor de emulgatoren die het meest in consumptie-ijs gebruikt worden, gelden volgens dezelfde Verordening onderstaande toegelaten hoeveelheden:

- Polysorbaten (E432–E 436) zijn in consumptie-ijs toegelaten tot 1g/kg;
- Mono- en diglyceriden van vetzuren (E471) die als emulgator worden gebruikt, zijn quantum satis toegelaten;
- Voor enkele minder frequent gebruikte emulgatoren gelden maximumgehalten die gespecificeerd worden in de bijlagen van Verordening (EU) nr. 1333/2008.

5 MATERIAAL EN METHODEN

5.1 Alternatieve stabilisatoren

Glacio gebruikt een poedervormig mengsel van een emulgator en meerdere stabilisatoren. Dat mengsel wordt door de leverancier samengesteld zodat bij de mixbereiding in één keer de juiste hoeveelheid kan worden afgewogen. Deze manier van werken moet behouden blijven. Daarom zijn alle geteste alternatieven ook mengsels van emulgator(en) en verschillende stabilisatoren. Het mengsel van emulgatoren en stabilisatoren wordt ook wel bindmiddel genoemd.

Omdat het probleem rond guar al enige tijd geleden de kop begon op te steken, werd door Glacio al actie ondernomen op dit vlak. Die eerste testen waren echter niet succesvol. In de periode voorafgaand aan mijn onderzoek werd door de mensen van Glacio reeds een selectie gemaakt van leveranciers die mogelijk in aanmerking komen voor het leveren van bindmiddel. Die leveranciers werden, bij aanvang van de stage, gevraagd wat hun alternatieven zonder guar zijn. Van die alternatieven werden stalen opgevraagd. In bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van de geteste alternatieven.

5.2 Productie van consumptie-ijs met alternatieve bindmiddelen

Om de bekomen alternatieve bindmiddelen te testen worden kleine hoeveelheden consumptie-ijs bereid.

De stalen werden gemaakt in de pilot plant. Dat is een kleinschalige productie-eenheid voor consumptie-ijs. Het productieproces in de pilot plant is echter niet helemaal hetzelfde als in de industriële productie. Een van de grootste verschillen is dat er in de pilot plant met een batchpasteurisatie gewerkt wordt tegenover de continue pasteurisatie in de industriële productie. Verder worden de procesparameters van de industriële productie zo veel mogelijk nagebootst.

Wanneer de mix gepasteuriseerd is wordt hij door middel van een platenwarmtewisselaar gekoeld. Daarna wordt de mix in kunststofvaten gedurende een nacht bewaard in de koelcel bij een temperatuur van ongeveer 3 °C. Daarna worden de stalen opgevroren in een continue vriezer. Het consumptie-ijs wordt, afgevuld in dozen, in de vriescel geplaatst om uit te harden. Dat gebeurt bij een temperatuur van ongeveer - 24 °C. Die temperatuur varieert echter doordat de vriescel veel gebruikt wordt en de deur regelmatig geopend en gesloten wordt. De stalen blijven minstens een week in de vriescel vooraleer de sensorische testen aanvangen.

5.3 Metingen op bereide mix

Net voor het opvriezen van de stalen werd een monster genomen van de mix die gedurende een nacht rijpte bij 3 °C. Van dat monster werd de kleur en de pH gemeten. Daarnaast werd van elk monster een indicatieve viscositeitsmeting uitgevoerd.

5.3.1 pH

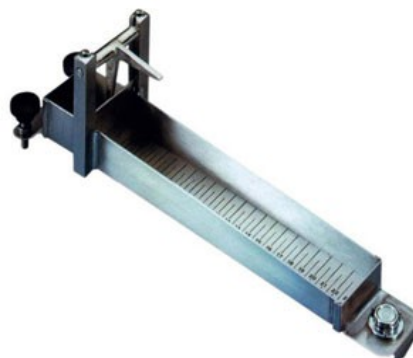
Van elke mix werd de pH bepaald. Dat gebeurde in het labo met volgende pH-meter: WTW Inolab pH level 1. Dat toestel wordt dagelijks geijkt door de laboranten met een buffer van pH 4 en een van pH 7. Samen met de pH wordt de temperatuur gemeten maar die gegevens worden verder niet beschouwd in deze studie.

5.3.2 Kleur

Ook de kleur van elke mix werd bepaald. In het labo is daarvoor het volgende toestel aanwezig: Konica Minolta Chroma meter CR-410 gekoppeld aan Data Processor DP-400 van dezelfde fabrikant. Dit toestel wordt dagelijks geijkt met een wit plaatje. Voor de kleurmeting worden speciale cups (Konica Minolta CR-A50) gebruikt met een doorzichtige kunststoffen onderzijde. Deze cups werden tot de aangegeven hoogte gevuld, waarna de meting wordt uitgevoerd. Tijdens de meting flitst de lamp van het toestel drie keer. Een keer om de L-waarde te bepalen, een tweede keer om de a-waarde te bepalen en een derde keer voor de b-waarde. De kleur van de mix wordt dus uitgedrukt aan de hand van deze drie parameters. De L-waarde staat daarbij voor de luminantie of lichtsterktecomponent, de a-waarde voor de groen-rood component en de b-waarde voor de blauw-geel component van de kleur.

5.3.3 Viscositeit

Van elke mix werd een indicatie voor de viscositeit bepaald. Dat gebeurde nadat de mix vijf dagen bewaard werd bij 3 °C. Die keuze werd gemaakt omdat in de industriële productie een mix tot vijf dagen in de rijpingstank mag blijven. Bij die lange bewaring is er een bindmiddel dat ervoor zorgt dat de mix zo viskeus wordt dat hij niet meer verpompbaar is. Het bindmiddel dat deze eigenschap heeft, is niet het bindmiddel waarvoor in dit onderzoek en alternatief gezocht wordt, maar om een gelijkaardig probleem te vermijden werd een indicatie voor de viscositeit bepaald. De bepaling gebeurde met een Bostwick Consistometer van CSC Scientific Co., Inc. Dat is een gootje dat voorzien is van een poort die zeer snel geopend kan worden met behulp van een veer. Vanaf de poort is er elke halve centimeter een maatstreep aangebracht. De goot heeft een bepaalde helling. Om die helling constant te houden is het toestel voorzien van twee stelschroeven en een cirkelvormige waterpas. Door het luchtbelletje in het midden van de cirkel op de waterpas te plaatsen heeft het toestel steeds dezelfde helling. Omdat bij Glacio geen vaste werkwijze beschikbaar is voor dit toestel werd een eigen methode uitgewerkt. Die bestaat erin om eerst het staal vijf keer linksom en vijf keer rechtsom te roeren in een acht-vorm. Daarna werd er 50 mL mix afgemeten die vervolgens achter het gesloten poortje werd gegoten. Daarna werd de poort geopend en werd na tien seconden genoteerd, in centimeter, hoe ver de mix gelopen was op de schaal.



Figuur 5.1: Bostwick Consistometer van CSC Scientific Co., Inc. Links bovenaan zijn de stelschroeven zichtbaar. De poort die door een veer zeer snel opent is gesloten op deze afbeelding. De maatstreepjes zijn zichtbaar en rechts onderaan is de cirkelvormige waterpas zichtbaar. (Geneq, s.a.)

5.4 Sensorisch onderzoek

5.4.1 Inleiding

Smaak en mondgevoel zijn zeer belangrijke eigenschappen van levensmiddelen. Ze zijn echter moeilijk te meten en bovendien verschilt de appreciatie van een bepaalde eigenschap van mens tot mens. Daarom wordt in dit type van testen de mens als meetinstrument gebruikt. Dat houdt echter enkele beperkingen in. Zo kan niet iedereen even goed een bepaald smaakverschil detecteren. Verder kan het gedrag van een individuele persoon ook variabel zijn. Daar moet dus rekening mee gehouden worden.

Voor het sensorisch testen van consumptie-ijs zijn een aantal punten van belang. Zo moeten de stalen dezelfde temperatuur hebben als wanneer de consument het ijs zou consumeren. Dat gebeurt door de stalen voldoende lang voor de test, typisch een nacht, in een geschikte vriezer te plaatsen. Een gebruikelijke temperatuur hiervoor is tussen -18 en -15 °C. Het is belangrijk dat alle stalen dezelfde temperatuur hebben omdat anders de smelteigenschappen variëren.

Een ander belangrijk punt is dat er de mogelijkheid moet zijn om de mond te spoelen tussen de verschillende stalen door. Dat voorkomt dat de smaak van het ene staal die van het andere gaat beïnvloeden. Ook het vet in het consumptie-ijs heeft invloed want dat bedekt de smaakreceptoren. Als er niet gespoeld zou worden, wordt daardoor de smaak van de eerste stalen anders waargenomen dan die van de stalen die later in de test geproefd worden. Bij de uitgevoerde testen werd hiervoor mineraalwater voorzien. (Alvarez, 2009)

5.4.2 Referentiestaal

Als referentiestaal werd een vanille-ijs geselecteerd met een recept waarbij alle parameters vrij goed aan de standaard voldoen. Het gaat daarbij om Vanille Bourbon. Een bijkomende reden is dat vanille een zachte smaak heeft waardoor eventuele smaakdefecten, veroorzaakt door het bindmiddel, gemakkelijk gedetecteerd kunnen worden. De samenstelling van het referentie-ijs wordt weergegeven in tabel 5.1.

In vergelijking met het standaardrecept wordt er voor de testen echter geen kleurstof toegevoegd. Ook bij het referentiestaal wordt geen kleurstof gebruikt. Dat wordt gedaan vanuit economisch oogpunt en om eventuele kleurverschillen tussen de verschillende stabilisatormengsels zichtbaar te maken.

Het referentiebindmiddel Cremodan® SE 716 bevat mono- en diglyceriden als emulgator en LBG en guargom als stabilisatoren.

Tabel 5.1: Samenstelling van het referentie-ijs.

omschrijving	drogestof (%)	totaal vet (%)	melkvet (%)	MSNF (%)
voor pasteurisatie				
water	0	0	0	0
magermelkconcentraat	7,88	0,11	0,11	7,76
sacharose	14,49	0	0	0
plantaardig vet	10	9,98	0	0
glucosestroop	4,47	0,01	0	0
bindmiddel	0,71	0,55	0	0
zout	0,01	0	0	0
na pasteurisatie				
aroma	0	0	0	0
totaal	37,56	10,65	0,11	7,76

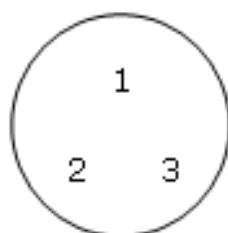
5.4.3 Codering van de stalen

Alle stalen worden gecodeerd om goed het overzicht te bewaren. De code wordt samengesteld uit twee getallen, gescheiden door een punt. Het eerste getal geeft aan welk alternatief bindmiddel gebruikt wordt en het tweede geeft de versie aan. Bijvoorbeeld de code 5.2 betekent dat dit staal de tweede versie met alternatief bindmiddel nummer 5 is. In de tabel in bijlage twee wordt een overzicht gegeven van de aanpassingen van het basisrecept.

De hoeveelheid bindmiddel die moet worden toegevoegd is afhankelijk van verschillende factoren. Ten eerste is de samenstelling van de alternatieve bindmiddelen van groot belang omdat niet elke stabilisator dezelfde invloeden heeft. Ten tweede zijn er de eisen die de klant stelt op vlak van eigenschappen. Bij het testen van de alternatieven wordt vooral gewerkt volgens trial and error. Ook de leveranciers van de alternatieven raden dat aan. Zij geven enkel indicaties van hoeveelheden omdat veel afhangt van de gewenste eigenschappen en die worden bepaald door de mensen van Glacio en de klanten.

5.4.4 Methode voor de sensorische beoordeling van de recepten

Voor de sensorische beoordeling van de recepten wordt steeds een driehoekstest gebruikt. Daarbij worden telkens drie bolletjes ijs op een bord geschikt. Van die drie zijn er telkens twee dezelfde en één verschillend. Op elk bord wordt minstens één bolletje referentie-ijs voorzien. De plaatsing van de bolletjes op het bord gebeurt volgens onderstaande schets maar verder gebeurt ze volledig willekeurig. Elk bolletje wordt voorzien van een willekeurig getal van drie cijfers om de identificatie op het formulier mogelijk te maken. (Soukoulis *et al.*, 2010)



Figuur 5.2: Grafische voorstelling van de schikking van de stalen bij een driehoekstest.

Een voorbeeld van het gebruikte formulier is te vinden in bijlage drie.

Wanneer er een verschil waar te nemen is, moet het staal dat verschillend is van de andere twee omcirkeld worden. Daarna moet meer specifiek aangegeven worden op welke manier men een afwijking waarneemt. Dat kan zijn bij de smaakbeleving, bij de textuur of bij de body van het consumptie-ijs. Bij textuur en body worden mogelijke afwijkingen gespecificeerd op het formulier. Ten slotte wordt de proefpersoon gevraagd om aan te geven naar welk staal zijn voorkeur uitgaat. Ook voor eventuele opmerkingen is plaats voorzien. Elke test wordt uitgevoerd door dezelfde vijf getrainde proefpersonen van Glacio.

De bekomen resultaten worden nadien verwerkt met behulp van statistiek over proporties. Daarmee wordt nagegaan of het aangepaste recept als verschillend wordt waargenomen ten opzichte van het referentierecept.

De kans om toevallig het recept verschillend van de twee andere te kiezen is steeds $1/3$. Doordat het recept verschilt van het referentierecept wordt de kans om het juiste recept te kiezen groter dan $1/3$. Volgende hypothesen kunnen dus gesteld worden:

H_0 – hypothese: $\pi = 1/3$

H_1 – hypothese: $\pi > 1/3$

Daarbij is π de kans op het kiezen van het verschillende staal.

Als: $p > 0,05$: wordt de H_0 – hypothese niet verworpen. Er is dus geen aanuiding om te besluiten dat het recept als verschillend wordt ervaren van de referentie.

$p < 0,05$: wordt de H_0 – hypothese verworpen en dus wordt de H_1 – hypothese aangenomen. Dat betekent dat er wel een aanuiding is dat het recept als verschillend wordt waargenomen ten opzichte van de referentie.

De statistische test wordt uitgevoerd met behulp van SPSS Statistics 20.0 van IBM. Er wordt gebruik gemaakt van de Binomial Test uit het menu van niet-parametrische testen. Deze methode wordt gebruikt bij de grootschalige sensorische test. Bij de sensorische testen met vijf proefpersonen worden deze hypothesen getest met de functie binomcdf van het grafisch rekentoestel TI-83 Plus (Texas Instruments).

5.5 Heat shock test

5.5.1 Inleiding

Een heat shock test wordt uitgevoerd om de invloed van temperatuurfluctuaties op de kwaliteit van het consumptie-ijs te bestuderen. Temperatuurfluctuaties zijn negatief voor de kwaliteit van het ijs omdat ze voor de aangroei van ijskristallen zorgen. Zowel emulgatoren als stabilisatoren hebben een grote rol in het beperken van het kwaliteitsverlies. Emulgatoren zorgen voor vetagglomeratie waardoor de luchtbellen gestabiliseerd worden. Stabilisatoren helpen de aangroei van ijskristallen te verminderen. (Danisco, 2007)

5.5.2 Theoretische achtergrond

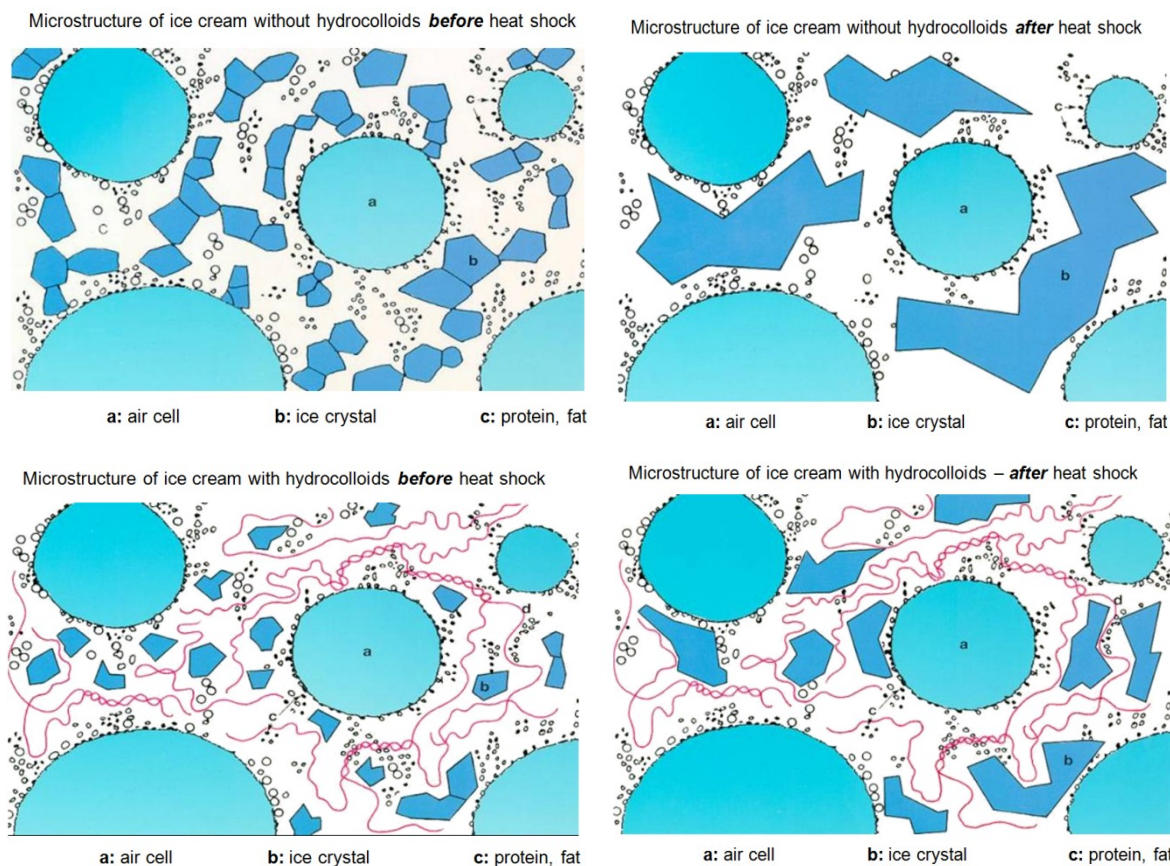
Ijskristallen worden gevormd tijdens het initieel vriesproces in de geschraapte warmtewisselaar. Daarna groeien ze verder aan tijdens de opslag. De grootte van de ijskristallen is kritisch voor de kwaliteit. Grote ijskristallen zijn ongewenst omdat die resulteren in een ijzige, groffe textuur. (Petzold & Aguilera, 2009)

Tijdens de bewaring treedt herkristallisatie op. Herkristallisatie is het proces waarbij de vorm, het aantal en de grootte van de ijskristallen verandert. Tijdens de herkristallisatie verdwijnen kleine kristallen, fuseren kristallen en groeien de grote kristallen. Herkristallisatie wordt voornamelijk veroorzaakt door temperatuurfluctuaties tijdens de bewaring.

Het is belangrijk dat de ijskristallen niet gedetecteerd worden tijdens de consumptie. Daarom is het nodig dat de kristallen kleiner blijven dan $50 \mu\text{m}$ want dat is de grens voor detectie in de mond. Te veel grote ijskristallen geven ook een ruw en oneffen uitzicht aan het product.

Tijdens een heat shock test wordt gezorgd voor temperatuurfluctuaties zodat herkristallisatie kan optreden en de vermindering van de kwaliteit gevolgd kan worden. Tijdens het opwarmen smelten de kleinste ijskristallen het eerst af en pas later de grote. Als het consumptie-ijs nadien terug gekoeld wordt, gaat het vrijgestelde water opnieuw bevriezen maar dit keer aan het oppervlak van de bestaande ijskristallen omdat er geen nieuwe kristallen gevormd kunnen worden.

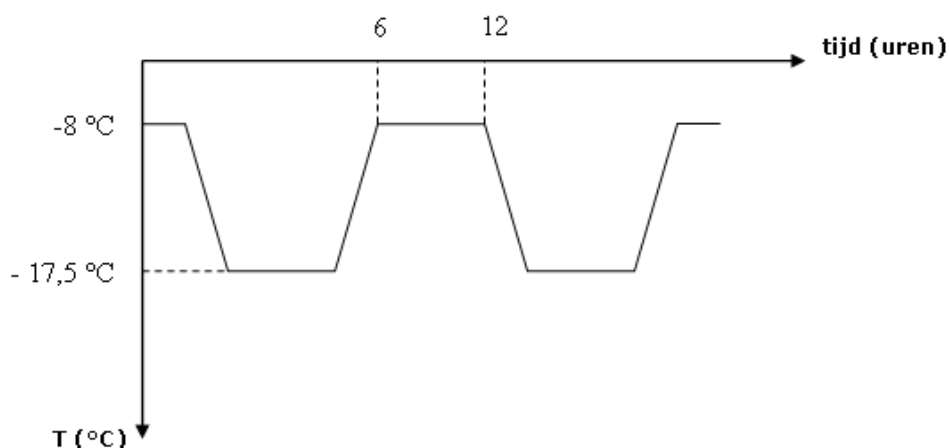
Stabilisatoren beperken de aangroei van ijskristallen tijdens dooi-vriescycli doordat ze de viscositeit van de vloeibare fase verhogen waardoor diffusie bemoeilijkt wordt. Ze hebben echter geen invloed op de vriespuntsdaling en op de initiële kristalvorming. In figuur 5.3 wordt de invloed van stabilisatoren op herkristallisatie getoond. (Flores & Goff, 1999)



Figuur 5.3: Bovenaan het effect op de grootte van de ijskristallen door temperatuurschommelingen zonder stabilisator. Onderaan het effect op de grootte van de ijskristallen door temperatuurschommelingen met stabilisator. (Danisco, 2012)

5.5.3 Algemene beschrijving

Er wordt gebruik gemaakt van een standaarddiepvriezer waarbij de thermostaat verwijderd is. Die werd vervangen door een regelaar die de temperatuur laat fluctueren over een bepaalde periode. Die regelaar is verbonden met het koelelement en met een verwarmingselement in de vriezer. Daarmee worden de gewenste temperatuurschommelingen bekomen. Op het moment dat de ingestelde tijdsduur bij de laagste temperatuur ($-17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) verlopen is, wordt het verwarmingselement ingeschakeld door een signaal van de regelaar. Als de gewenste maximumtemperatuur van $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ bereikt is, wordt het verwarmingselement uitgeschakeld en wordt deze temperatuur gedurende het ingestelde tijdsinterval constant gehouden door het koelelement op het gepaste tijdstip in te schakelen. Als dan de periode bij de hoogste temperatuur doorlopen is, wordt het koelelement ingeschakeld om de temperatuur terug te doen dalen tot $-17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Daarna zorgt de regelaar er weer voor dat die temperatuur behouden blijft gedurende de ingestelde tijd. De tijdsperiode waarin de temperatuur constant gehouden wordt, is ingesteld op zes uur. Dat resulteert in volgend temperatuurverloop.



Figuur 5.4: Temperatuurverloop in de heat shock vriezer.

Deze temperatuurschommelingen zorgen ervoor dat één week in de heat shock vriezer tot hetzelfde kwaliteitsverlies leidt als drie maanden bewaring bij de consument en in de distributieketen.

De test loopt over een periode van zes weken. Als het staal na deze zes weken nog geschikt is voor consumptie, wordt de houdbaarheid vastgelegd op 18 maanden. (Pandelaers, 2012)

5.5.4 Beoordeling van de stalen

De stalen worden elke week op dezelfde dag en hetzelfde tijdstip geëvalueerd. Dat gebeurt door ze uit de heat shock vriezer te halen, waarna ze beoordeeld worden door een getrainde proefpersoon. Hierbij worden de ontwikkelde stalen vergeleken met een referentiestaal. De houdbaarheid van het referentiestaal bedraagt 18 maanden. Dat betekent dat het referentie-ijs minstens zes weken kwalitatief goed blijft in de heat shock vriezer.

Bij de beoordeling van de stalen wordt rekening gehouden met de volgende criteria:

- uitzicht: ijskristallen, kleur, textuur, inkrimping, ...
- mondgevoel: zanderigheid, ijskristallen, smeltgedrag, body, koudegevoel, ...
- smaak: meer of minder aroma, zoeter, romiger, droger, cremiger, ...

De drie bovenstaande criteria worden als volgt beoordeeld:

2: Er is een groot verschil met het referentie-ijs. Het verschil is positief en dus is er geen reden om aan te nemen dat de houdbaarheid korter is dan die van het referentie-ijs.

1: Er is een positief verschil waar te nemen met het referentie-ijs. Dit verschil is te klein om aan te nemen dat de houdbaarheid niet dezelfde zou zijn als die van het referentie-staal.

0: Er is geen verschil merkbaar ten opzichte van het referentie-ijs.

-1: Er is een negatief verschil waar te nemen ten opzichte van het referentie-ijs. Het verschil is echter te klein om te stellen dat de houdbaarheid korter is dan die van het referentie-ijs.

-2: Er is een groot verschil merkbaar met het referentie-ijs. Dat verschil is zodanig uitgesproken in negatieve zin dat de houdbaarheid korter moet zijn dan die van het referentie-ijs.

5.6 Smeltkarakteristiek

5.6.1 Inleiding

Het smeltgedrag is een zeer belangrijke kwaliteitsparameter voor de consument. Het consumptie-ijs mag niet te snel smelten, maar anderzijds zorgt een te traag afsmelten ervoor dat de smaak te traag wordt vrijgegeven. Er moet dus een zeker evenwicht gevonden worden.

De smeltkarakteristiek geeft het verband tussen de hoeveelheid afgesmolten consumptie-ijs en de tijd. Aan de hand van een smeltkarakteristiek kan de stabiliteit van de schuimstructuur van consumptie-ijs bepaald worden. Bij het bepalen van de smeltkarakteristiek wordt de snelheid van het afsmelten van een bepaald volume consumptie-ijs gevolgd. (Marshall *et al.*, 2003; Dahl, 2007)

5.6.2 Theoretische achtergrond

Tijdens het afsmelten van consumptie-ijs vinden twee processen plaats. Ten eerste is er de instorting van de schuimstructuur. Naarmate de temperatuur stijgt, daalt de viscositeit van de serumfase waardoor die als het ware tussen de andere structuurelementen door naar beneden sijpelt. Het tweede proces is het uit elkaar vallen van het vetnetwerk waardoor de schuimstructuur verder gedestabiliseerd wordt.

Uit de voorgaande alinea wordt duidelijk dat zowel de samenstelling als de processing van de mix invloed heeft op het smeltgedrag.

Vanuit het oogpunt van de samenstelling zijn vooral emulgatoren en stabilisatoren belangrijk. Ook het vet heeft een aanzienlijke bijdrage in de smelteigenschappen van consumptie-ijs.

Emulgatoren zorgen voor een betere destabilisatie van de vetstructuur waardoor de vetstructuur langer blijft bestaan wanneer het consumptie-ijs wordt blootgesteld aan kamertemperatuur. Het vetgehalte bepaalt de mate van destabilisatie en beïnvloedt dus ook het smeltgedrag. Vanuit de processing heeft de homogenisatie invloed op het vetnetwerk. Homogenisatie zorgt voor kleinere vetglobulen. Daardoor verbetert de textuur van het consumptie-ijs maar de partiële coalescentie van de vetglobulen wordt bemoeilijkt. Door het toevoegen van emulgatoren blijft partiële coalescentie wel mogelijk.

Stabilisatoren zorgen voor een trager afsmelten van het consumptie-ijs omdat ze water vasthouden. Daardoor blijft de viscositeit van het serum hoger en zakt er minder vloeistof uit.

Een laatste procesparameter die invloed heeft op het smeltgedrag is de overrun. Of met andere woorden de hoeveelheid lucht die ingeslagen wordt. Aangezien lucht een goede isolator is, wordt door een hoge overrun de warmteoverdracht tussen het consumptie-ijs en de omgeving bemoeilijkt. Daardoor zal het consumptie-ijs trager afsmelten. Verder zorgt het grotere aantal luchtballen ervoor dat het serum dat uit wil zakken een langere weg moet afleggen, waardoor het afsmelten verder wordt vertraagd. (Goff *et al.*, 1999; Muse & Hartel, 2004)

5.6.3 Algemene beschrijving

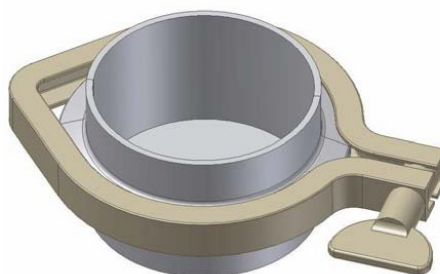
5.6.3.1 Staalname

Bij de staalname moet met een aantal zaken rekening gehouden worden. Ten eerste moet het staal representatief zijn voor het hele lot. Een tweede aandachtspunt zijn temperatuurfluctuaties tijdens het nemen van de stalen. Fluctuaties moeten zoveel mogelijk vermeden worden omdat er anders ijskristallen zullen herkristalliseren. Dat heeft een invloed op het smeltgedrag. Om die reden worden de stalen in de vriescel genomen.

De stalen worden steeds in het midden van de verpakking genomen omdat het consumptie-ijs aan de buitenkant een andere smeltkarakteristiek heeft. Dat komt doordat het ijs aan de buitenkant een meer gestabiliseerde vetstructuur heeft en dus trager smelt.

Het is belangrijk dat alle stalen hetzelfde volume hebben. Daarom kan gebruik worden gemaakt van een cilindrisch maatrecipiënt dat in figuur 5.5 is afgebeeld. Dat is een afsluitbare metalen cilinder met een hoogte van 4 cm en een diameter van 8 cm. Daarmee wordt een volume van 200 mL bekomen. Er wordt voor deze afmetingen gekozen omwille van de grootte van de zeef die voor de test gebruikt wordt. Door het afsmelten neemt het oppervlak van het staal toe. Als de diameter van het staal te groot is, wordt een deel van het afgesmolten consumptie-ijs opgehouden tegen de wand van de zeef. Dat moet steeds vermeden worden.

Na het nemen van de stalen worden ze een nacht in de vriescel geplaatst bij $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ zodat alle stalen dezelfde temperatuur hebben en de temperatuur over het ganse volume dezelfde is. (Van Tichelt, 2005)



Figuur 5.5: Cilindrisch maatrecipiënt van 200 mL. (Van Tichelt, 2005)

Bij het nemen van de stalen bleek bovenstaande methode echter zeer onpraktisch. Daarom werd op een andere manier gewerkt waarbij de afmetingen van het staal wel hetzelfde gehouden werden.

Er werd een roestvrij stalen cilinder gemaakt met een lengte van 8,5 cm. Deze werd in het midden van de doos voor ongeveer 6 cm in het ijs gedrukt. Daarna werd hij uit de doos verwijderd. Dan werd de onderkant van het staal glad afgesneden. Met behulp van een soort stempel werd het staal uit de cilinder verwijderd tot op een hoogte van 4 cm. Daarop werd het staal losgesneden van het overige ijs zodat de bovenste laag van de doos niet gebruikt werd voor de test. Nadien werden de bekomen stalen dan bewaard in een apart recipiënt totdat ze gebruikt werden.

Om nog vlotter te werken werden cilinders gemaakt van 4 cm hoogte. Die werden gebruikt wanneer een nieuwe mix opgevroren werd. Deze laatste manier gaf de beste stalen maar kon om praktische redenen niet altijd gebruikt worden. Deze cilinders werden ondergedompeld in een voldoende hoge doos vers consumptie-ijs. Op die manier wordt de andere structuur in de buitenste lagen zo veel mogelijk vermeden.

5.6.3.2 Proefopstelling

Om de smeltkarakteristiek te bepalen, wordt gebruik gemaakt van een analysezeef die gemonteerd wordt op een statief en boven een weegschaal geplaatst wordt. De zeef (DIN 4188) heeft een diameter van 200 mm en een diagonale poriëndiameter van 2,5 mm. De weegschaal heeft een nauwkeurigheid van 0,1 g. De opstelling wordt in de pilot plant op kamertemperatuur geplaatst.

Die temperatuur werd zo constant mogelijk gehouden maar door het gebruik van de verschillende installaties in de pilot plant varieerde die tussen 18 en 21 °C. De gebruikte opstelling wordt getoond in figuur 5.6.



Figuur 5.6: Opstelling voor het opnemen van een smeltkarakteristiek. De zeef werd evenwijdig opgesteld met het oppervlak van de tafel. De thermometer werd gebruikt om de omgevingstemperatuur op te volgen. De meetsonde van de thermometer werd opgesteld ter hoogte van het afsmeltend ijs.

Zelfs op het einde van de test blijft er nog een zekere hoeveelheid ijs op de zeef liggen. Wat overblijft is een gestabiliseerde vetstructuur en andere vaste componenten uit het ijs zoals suikers en emulgatoren. (Van Tichelt, 2005)

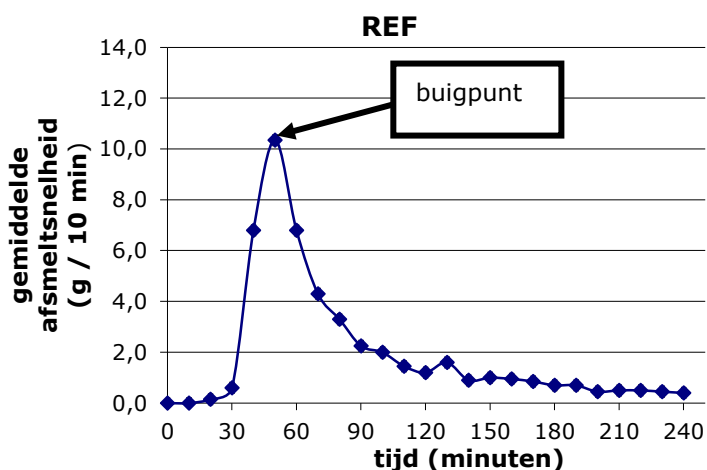
5.6.3.3 Werkwijze

Eerst wordt de zeef gewogen en het opvangreceptieel op de weegschaal getarreerd. Daarna wordt het staal uit het maatreceptieel genomen en zo snel mogelijk op de zeef geplaatst. Vervolgens wordt gedurende vier uur om de tien minuten de massa van het gesmolten ijs in het opvangreceptieel genoteerd. Ook het moment waarop de eerste druppel door de zeef valt, wordt genoteerd. Dat tijdstip wordt de first drop genoemd. Na vier uur wordt de zeef en de resterende ijsmassa gewogen. (Van Tichelt, 2005)

5.6.3.4 Verwerken van de resultaten

Per staal worden drie aspecten van de afsmelting bekeken:

- de first drop: dit is de tijd gemeten vanaf de start van de test totdat de eerste druppel in het opvangreceptiënt valt;
- de maximale afsmeltsnelheid: dit wordt bepaald aan de hand van de maximale richtingscoëfficiënt. Om de benaderde richtingscoëfficiënt te zoeken van een rechte door het buigpunt moet de helling van de raaklijn door dat punt gekend zijn. Het buigpunt wordt bepaald door het verschil te nemen van de afgesmolten massa tussen twee opeenvolgende tijdstippen. Van elk staal wordt het maximumverschil (het buigpunt) bepaald. Daarvan wordt het gemiddelde berekend. Dat gemiddelde maximumverschil is de maximale richtingscoëfficiënt of maximale afsmeltsnelheid;
- de maximaal afgesmolten massa: dit is de massa van het afgesmolten ijs in het opvangreceptiënt na vier uur. Om rekening te houden met variaties in het afsmeltproces wordt het gemiddelde berekend van verschillende metingen van een bepaald type consumptie-ijs.
(Van Tichelt, 2005)



Figuur 5.7: Grafische voorstelling van de bepaling van het buigpunt.

6 RESULTATEN

6.1 Voorafgaande beoordeling

De gegevens die bekomen werden uit de metingen van pH, kleur en consistentie worden gebruikt om een eerste selectie te maken tussen de verschillende mogelijke alternatieven. Ook de prijs werd in beschouwing genomen. Aan elke leverancier werd een prijsofferte gevraagd en op basis daarvan werd de cost in use berekend. Dat is de prijs per kilogram vermenigvuldigd met het percentage bindmiddel dat gebruikt werd. Die cost in use werd ook berekend voor het huidige bindmiddel. Om de prijs te vergelijken wordt de cost in use gebruikt omdat die zowel rekening houdt met de prijs per kilogram als met de dosering.

Een derde belangrijk aspect is de samenstelling van de bindmiddelen en daaruit volgend de declaratie in de ingrediëntenlijst. Een zo beperkt mogelijke wijziging ten opzichte van het referentiebindmiddel is gewenst.

Een ander criterium was de verpakking waarin het bindmiddel aangekocht kan worden. Om de huidige werkmethode te kunnen behouden moesten de leveranciers in staat zijn om hun product in big bags te leveren.

Ten slotte werd gekeken naar de eigenschappen van de mix tijdens de bereiding en tijdens het bevriezen met luchtinslag. Er werd ondermeer gelet op schuimvorming en op het bereiken van de gewenste overrun.

6.1.1 Resultaten van de voorafgaande beoordeling

Het stabiliseringssysteem Fibresol 120 voldeed niet tijdens deze beoordeling. Tijdens de pasteurisatie in de pilot plant ontstond een aanzienlijke hoeveelheid schuim. Dat zou voor problemen zorgen mocht dit bindmiddel in de eigenlijke productie gebruikt worden. Een tweede negatief punt voor dat product is dat het niet verkrijgbaar is in big bags. Aglumix IC 1112 werd negatief beoordeeld omwille van zijn hoge prijs.

Met de samenstelling werd in dit stadium slechts beperkt rekening gehouden. Verderop wordt er wel rekening gehouden met het aantal en de aard van de E-nummers.

Alle andere bindmiddelen voldeden voor de eerste beoordeling ondanks dat er kleine afwijkingen waren van de gemeten waarden ten opzichte van het referentierecept. Voor de pH en de kleur waren die afwijkingen beperkt. De viscositeit van sommige mixen week wel aanzienlijk af van die van de referentie maar de meeste mixen waren dunner dan de referentie. Dat levert niet direct problemen op bij de productie waardoor die stalen geen negatieve beoordeling kregen. Enkel Cremodan® SE 7093 had een hogere viscositeit dan de referentie maar kreeg geen negatieve beoordeling.

Na de voorafgaande beoordeling werd besloten om alle alternatieve bindmiddelen op te nemen in de sensorische testen.

6.2 Sensorische beoordeling

6.2.1 Eerste stalen met alternatieve bindmiddelen

6.2.1.1 Resultaten van de driehoekstesten

Het consumptie-ijs met het alternatieve bindmiddel werd samen met het referentierecept beoordeeld op sensorische eigenschappen door middel van driehoekstesten. In onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van de resultaten van de driehoekstesten.

Een driehoekstest geeft als resultaat "juist" wanneer het bolletje met het bindmiddel dat maar één keer voorkomt in de test geselecteerd wordt. Een voorbeeld verduidelijkt dat. In een driehoekstest wordt één bolletje ijs met een bepaald alternatief en twee bolletjes ijs met het referentiebindmiddel op een bord gelegd. Wanneer de proefpersoon het alternatief als verschillend aanduidt, is de test juist. Als één van de bolletjes met het referentiebindmiddel wordt aangeduid, is de test fout. Het resultaat "juist" duidt dus op een sensorisch onderscheid tussen het geteste bolletje en de bolletjes referentie-ijs.

Bij de redenen worden eigenschappen opgesomd waarop het staal met het alternatieve bindmiddel afwijkt van het referentie-ijs. Tenslotte is ook de statistische beoordeling opgenomen. In de tabellen worden volgende afkortingen gebruikt: ref staat voor referentie-ijs, alt voor ijs met een alternatief bindmiddel.

Driehoekstest 1: versie: 1.1	ref	Cremodan® Dairyline 100	Cremodan® Dairyline 100
Fout: 3	<u>Redenen:</u> zoeter, ijziger, minder body, meer vanille smaak, minder kleverig, kouder		
Juist: 2	<u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 3x alt		

De statistische test geeft een p-waarde van 0,54. Dat betekent dat er weinig tot geen verschil wordt waargenomen tussen het referentiestaal en de stalen met het alternatieve bindmiddel. Het gaat hierbij dus om een geschikt alternatief.

Driehoekstest 2: versie: 2.1	Cremodan® SE 7152	ref	ref
Fout: 2	<u>Redenen:</u> kouder, kleveriger, zachter, smelt iets sneller, meer vanille		
Juist: 3	<u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 2x alt, 1x beide		

De resultaten van deze driehoekstesten leiden in de statistische test tot een p-waarde van 0,21. Er wordt dus geen significant verschil waargenomen tussen dit alternatief en het referentierecept. Ook dit alternatief is dus mogelijk geschikt voor de vervanging van het huidige bindmiddel.

Driehoekstest 3: versie: 3.1	Cremodan® SE 7093	Cremodan® SE 7093	ref
Fout: 0	<u>Redenen:</u> ijziger, kouder, vaster, minder body, smelt sneller, kleveriger		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 5x ref		

Hier is het resultaat zeer duidelijk, statistiek toepassen is dus overbodig. Cremodan® SE 7093 is niet geschikt als alternatief omdat het voor afwijkende sensorische eigenschappen zorgt. Het is opmerkelijk dat de proefpersonen een kouder mondgevoel merken terwijl, volgens de literatuur CMC voor een romig en warm mondgevoel zou zorgen.

Driehoekstest 4: versie: 4.1	ref	Pectacon® M-6040	ref
Fout: 1	<u>Redenen:</u> minder aroma, ijziger, minder body, kouder, minder kleverig, harder		
Juist: 4	<u>Voorkeuren:</u> 3x ref, 2x alt		

Ook hier is het resultaat duidelijk. Het alternatieve bindmiddel wordt als verschillend ervaren. De p-waarde van de statistische test is 0,05.

Driehoekstest 5: versie: 5.1	ref	ref	Pectacon® M-6075
Fout: 5	<u>Redenen:</u> warmer, zachter, sneller weg, minder ijzig, cremiger, kouder, minder body		
Juist: 0	<u>Voorkeuren:</u> 3x ref, 2x beide		

Het resultaat is duidelijk en het toepassen van statistiek is dus overbodig. De proefpersonen nemen geen verschil waar tussen het referentierecept en het alternatieve bindmiddel. Alle proefpersonen duiden een referentie-ijs aan als afwijkend.

Driehoekstest 6: versie: 6.1	Fibresol 120	Fibresol 120	ref
Fout: 0	<u>Redenen:</u> veel kouder, kortere textuur, minder overrun		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 5x ref		

Omwille van het eenduidige resultaat is het niet nodig om hierbij nog statistiek toe te passen. Dit alternatief is dus niet geschikt. Ook bij de eerste beoordeling werd dit bindmiddel al afgekeurd.

Driehoekstest 7: versie: 7.1	Aglumix IC 1112	ref	Aglumix IC 1112
Fout: 1	<u>Redenen:</u> vaster, waterig, kouder, afwijkende structuur		
Juist: 4	<u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 2x alt, 1x geen		

Uit de resultaten blijkt dat het ijs met het nieuwe bindmiddel sensorisch afwijkt van het referentie-ijs. De p-waarde van de statistische test bedraagt 0,05.

Driehoekstest 8: versie: 8.1	ref	ref	Lygomme™ FM 4754
Fout: 2	<u>Redenen:</u> andere structuur, minder cremig, ijziger, korrelig		
Juist: 3	<u>Voorkeuren:</u> 4x ref, 1x geen		

Met een p-waarde van 0,21 geven de proefpersonen geen opmerkelijk verschil aan.

Driehoekstest 9: versie: 9.1	ref	Ingresan G19/E	Ingresan G19/E
Fout: 0	<u>Redenen:</u> minder romig, kouder, minder cremig, valt uiteen, korrelig		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 4x ref, 1x geen		

Het resultaat is duidelijk. Er wordt een verschil geproefd tussen beide recepten en de voorkeur van de proefpersonen ligt bij het referentierecept.

Driehoekstest 10: versie: 10.1	ref	Ingresan G17-super	ref
Fout: 0	<u>Redenen:</u> minder romig, ijziger, koud, valt uiteen, korrelig		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 5x ref		

Het resultaat is hier zeer duidelijk dus statistiek toepassen is niet nodig. Ingresan G17-super wijkt te veel af om als bindmiddel gebruikt te worden.

Driehoekstest 11: versie: 11.1	Ingresan G15-super	ref	ref
Fout: 1	<u>Redenen:</u> zeer ijzig, zanderig, koud, korrelig		
Juist: 4	<u>Voorkeuren:</u> 5x ref		

Uit de resultaten blijkt dat de sensorische eigenschappen van Ingresan G15-super afwijken van het referentie-ijs. De p-waarde van de statistische test is 0,05. Dit ligt op de grens om aan te nemen dat er een significant verschil wordt waargenomen. Omdat daarbij ook de voorkeur van alle proefpersonen uitgaat naar het referentie-ijs wordt besloten dat dit bindmiddel niet geschikt is.

6.2.1.2 Besluit uit de sensorische testen

Van de elf geteste alternatieven werden er vier geselecteerd waarmee verder gewerkt is. De andere alternatieven werden ongeschikt bevonden. De redenen daarvoor zijn verschillend van staal tot staal en zijn zowel gebaseerd op de voorafgaande beoordeling als op de resultaten van het sensorisch onderzoek.

In tabel 6.1 wordt weergegeven welke alternatieven geselecteerd of uitgesloten werden en om welke redenen. Een beoordeling "IN" geeft aan dat het alternatief goed is bevonden en dat het geschikt is om mee verder te werken. Een beoordeling "UIT" geeft aan dat het alternatief ongeschikt is en dat er geen verdere testen mee gebeuren. Per leverancier werd er maximaal één alternatief geselecteerd. De alternatieven die voor de beste sensorische eigenschappen zorgden zijn Pectacon® M-6075 en Lygomme™ FM 4754. Op basis van de andere gegevens en sensorische eigenschappen die slechts weinig afwijken, werden Cremodan® SE 7152 en Ingresan G17-super opgenomen in de verdere testen.

Tabel 6.1: Selectie van geschikte alternatieven op basis van de voorafgaande beoordeling en van het eerste sensorisch onderzoek.

bindmiddel	code	beoordeling	redenen
Cremodan® Dairyline 100	1.1	UIT	Dit is een bindmiddel met een laag gehalte guar. Daardoor is het slechts een tijdelijke oplossing waarbij in de toekomst nog een verandering nodig is. De prijs ervan is vrij hoog.
Cremodan® SE 7152	2.1	IN	Dit bindmiddel zorgt voor goede sensorische eigenschappen. Verder zijn er niet te veel nieuwe E-nummers en is de prijs lager dan die van het referentiebindmiddel.
Cremodan® SE 7093	3.1	UIT	Er zijn meer nieuwe E-nummers, waaronder carrageen, dat liefst vermeden wordt. De viscositeit van de mix is vrij hoog.
Pectacon® M-6040	4.1	UIT	Dit alternatief bevat te veel E-nummers en bovendien zijn de sensorische eigenschappen afwijkend van de referentie.
Pectacon® M-6075	5.1	IN	De sensorische eigenschappen van dit alternatief gelijken zeer sterk op het referentie-ijs. Een nadeel zijn de bijkomende E-nummers.
Fibresol 120	6.1	UIT	De mix schuimt sterk bij de bereiding, de gewenste overrun wordt niet gehaald en de sensorische eigenschappen zijn sterk verschillend van het referentie-ijs. Verder is het product niet verkrijgbaar in big bags.
Aglumix IC 1112	7.1	UIT	De prijs van dit alternatief is te hoog en het bevat te veel E-nummers.
Lygomme™ FM 4754	8.1	IN	Dit alternatief heeft zeer goede sensorische eigenschappen. De prijs is aanzienlijk lager dan die van het referentiebindmiddel. Een nadeel is dat het niet verkrijgbaar is in big bags.
Ingresan G19/E	9.1	UIT	De sensorische eigenschappen van dit alternatief zijn te verschillend van het referentie-ijs.
Ingresan G17-super	10.1	IN	Dit bindmiddel heeft minder E-nummers dan het referentiebindmiddel en een lagere kostprijs. De sensorische eigenschappen zijn enigszins afwijkend maar niet te sterk.
Ingresan G15-super	11.1	UIT	De sensorische eigenschappen wijken te sterk af en er is een alternatief van deze leverancier dat beter geschikt is.

6.2.1.3 Tweede sensorische beoordeling

Na de eerste driehoekstesten werden de vier geselecteerde alternatieven opnieuw onderworpen aan een sensorische test. De test was nu geen driehoekstest maar een zogenaamde blinde test waarbij de proefpersonen consumptie-ijs met de vier alternatieve bindmiddelen samen met het referentie-ijs beoordelen op smaak en schepbaarheid. Dit keer werd die test uitgevoerd met twee proefpersonen. Eén van de twee heeft de vorige sensorische testen niet meegedaan maar is wel één van de getrainde proefpersonen van Glacio NV.

Er werd gekozen om de schepbaarheid of scoopability enkel te bepalen aan de hand van proefpersonen en niet aan de hand van een hardheidsmeting. Die keuze werd gemaakt omdat de hardheidsmeting moeilijk uit te voeren is en omdat de resultaten niet altijd even betrouwbaar zijn. Naar schepbaarheid voldeden alle stalen maar toch waren er onderlinge verschillen. Cremodan® SE 7152 zorgt voor een ijs dat harder is dan de referentie. De andere stalen zijn vergelijkbaar met de referentie.

De sensorische eigenschappen van de vier geselecteerde alternatieven werden nadien vergeleken met die van de referentie. De referentie werd omschreven als romig, zonder vettig te worden en was meer chewy dan de alternatieven. Cremodan® SE 7152 gaf een vettiger mondgevoel dan de referentie maar toch dachten beide proefpersonen dat dit de referentie was. Pectacon® M-6075 kreeg de voorkeur van beide proefpersonen omwille van zijn smeug karakter ondanks dat er toch wat verschil is met de referentie. Lygomme™ FM 4754 werd als kouder en ijziger ervaren. Er werden zelfs kleine kristallen waargenomen. Het laatste alternatief, Ingresan G17-super, had volgens de proefpersonen minder body en was kouder. De smaak van het ijs was snel weg.

In afnemende volgorde was de voorkeur van de proefpersonen: Pectacon® M-6075, Lygomme™ FM 4754, het referentiebindmiddel en als laatste werd Cremodan® SE 7152 aangeduid. De resultaten vanuit de eerste driehoekstesten worden dus bevestigd in deze test.

6.2.2 Aanpassingen aan recepturen of samenstelling van de bindmiddelen

Omdat bij de eerste reeks van geteste alternatieven geen enkele echt helemaal goed was, werden er aanpassingen gedaan. De aanpassingen gebeurden in samenspraak met de leveranciers van de verschillende alternatieven. De leverancier van Cremodan® SE 7152 raadde twee aanpassingen aan. Ten eerste werd de temperatuur van de vriezer verlaagd zodat de temperatuur van het ijs dat de vriezer verliet daalde. Verder werd een lagere concentratie van dat bindmiddel getest. De andere leveranciers stelden telkens een andere samenstelling of een andere verhouding van de stabilisatoren voor. Bij Pectacon® M-6103 en M-6104 werden de onderlinge verhoudingen van de stabilisatoren aangepast. Ingrema voegde taragom toe aan Ingresan G-17/D en Ingresan G-18/B. De exacte samenstelling van de bijkomende alternatieve bindmiddelen is te vinden in bijlage 1. In bijlage 2 worden de aanpassingen aan het standaardrecept meer in detail weergegeven. Ondanks de goede beoordeling van Lygomme™ FM 4754 in de eerste test werd besloten om dit alternatief stop te zetten. De reden hiervoor is dat de leverancier geen mogelijkheid zag om het product in big bags te leveren en dat is, zoals eerder besproken, een vereiste.

6.2.2.1 Resultaten van de driehoekstesten

Aan de hand van de voorgestelde aanpassingen werden in de pilot plant nieuwe stalen consumptie-ijs bereid. Zeven dagen na de productie werden de stalen door vijf getrainde proefpersonen van Glacio beoordeeld in een driehoekstest. De resultaten van die testen worden hieronder besproken. Alle alternatieven die in deze test beoordeeld zijn, werden ingevroren bij de standaardtemperatuur van -3,8 °C.

Driehoekstest 12: versie: 2.2	ref	Cremodan® SE 7152	Cremodan® SE 7152
Fout: 1	<u>Redenen:</u> rare smaak, kouder, minder boterig, iets minder body		
Juist: 4	<u>Voorkeuren:</u> 3x ref, 1x alt, 1x beide		

De p-waarde van de statistische test bedraagt 0,05. Dat betekent dat er een significant verschil is tussen beide soorten consumptie-ijs.

Driehoekstest 13: versie: 2.3	Cremodan® SE 7152	ref	Cremodan® SE 7152
Fout: 1	<u>Redenen:</u> kouder, beetje ijziger, minder body, minder gummy		
Juist: 4	<u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 2x alt, 1x beide		

Het resultaat is hier vrij duidelijk maar toch werd de statistische test toegepast. De p-waarde van die test bedraagt 0,05. Het ijs met het alternatieve bindmiddel wordt dus als verschillend ervaren ten opzichte van het referentie-ijs.

Driehoekstest 14: versie: 12.1	ref	Pectacon® M-6104	ref
Fout: 0	<u>Redenen:</u> ijziger, kouder, minder body, slechte structuur, brokjes		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 5x ref		

De resultaten zijn zeer duidelijk, een statistische verwerking is dus niet nodig. Alle proefpersonen merkten een verschil tussen het referentie-ijs en het ijs met het alternatief bindmiddel.

Driehoekstest 15: versie: 13.1	Pectacon® M-6103	Pectacon® M-6103	ref
Fout: 2	<u>Redenen:</u> kouder, ijziger, korter van structuur, minder body		
Juist: 3	<u>Voorkeuren:</u> 3x ref, 2x beide		

De p-waarde van de statistische test is 0,21. Er is dus geen significante aanduiding om aan te nemen dat beide recepten als verschillend worden ervaren. Hieruit blijkt dat de onderlinge verhouding van de gehalten van de verschillende stabilisatoren in het bindmiddel een aanzienlijke invloed heeft op de sensorische eigenschappen want het enige verschil tussen Pectacon® M-6104 en Pectacon® M-6103 is net die verhouding.

Driehoekstest 16: versie: 14.1	Ingresan G-17/D	ref	Ingresan G-17/D
Fout: 2	<u>Redenen:</u> minder vetzig, kleveriger, kouder, ijziger, minder body maar dicht bij elkaar		
Juist: 3	<u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 1x alt, 2x geen		

De p-waarde van de statistische test is 0,21. Dat betekent dat er geen significante aanduiding is om aan te nemen dat beide recepten als verschillend worden ervaren.

Driehoekstest 17: versie: 15.1	Ingresan G-18/B	ref	ref
Fout: 0	<u>Redenen:</u> minder kleverig, ijziger, kouder, minder vetzig, te chewy		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 1x ref, 3x alt, 1x geen		

Een statistische verwerking is hier niet nodig, het resultaat is duidelijk. De proefpersonen merken allemaal een verschil op tussen het ijs met het alternatief bindmiddel en het referentie-ijs. Uit de samenstelling van Ingresan G-17/D en Ingresan G-18/B blijkt dat de ballaststoffen die in dat laatste bindmiddel gebruikt worden een negatieve invloed hebben op de sensorische eigenschappen.

6.2.2.2 Besluit uit de sensorische testen

Er werd besloten om drie mogelijkheden te weerhouden uit de test. De redenen waarom een bindmiddel al dan niet geselecteerd werd, zijn weergegeven in tabel 6.2. Die redenen zijn voornamelijk gebaseerd op het sensorisch onderzoek omdat bijvoorbeeld de prijs of het aantal E-nummers slechts weinig verschillen met die uit de eerste beoordeling.

Er werd besloten om Cremodan® Dairyline 100 opnieuw op te nemen in de testen omdat de markt voor guar zich lijkt te stabiliseren en de prijs niet verder toeneemt. Een belangrijke bijkomende reden is dat met dat alternatief bindmiddel de ingrediëntenlijst op de verpakking dezelfde kan blijven.

Omdat de verschillen met het referentie-ijs zeer klein geworden zijn, werd besloten om met de vier overgebleven alternatieven een industriële proefloop te doen. Daarnaast zal ook met het referentierecept een dergelijke proefloop gedaan worden. De proefloop wordt gedaan omdat de procesparameters een invloed hebben op de sensorische eigenschappen van het ijs en op de werking van het emulgator-stabilisator-systeem. De voornaamste verschillen tussen de industriële productie en de productie in de pilot plant is de manier van pasteuriseren en opvriezen. In de pilot plant wordt met een batch pasteurisatie gewerkt terwijl dat in productie continu is. En door de andere bouw van de vriezers in de industriële productie ten opzichte van die in de pilot plant kunnen ook hier verschillen ontstaan. Een laatste punt dat mogelijk verschil kan geven is het harden. In de pilot plant gebeurt dat op -24 °C, in de industriële productie is dat op -40 °C.

Tabel 6.2: Selectie van geschikte alternatieven na aanpassing, op basis van sensorisch onderzoek.

bindmiddel	code	beoordeling	redenen
Cremodan® SE 7152	2.2	UIT	Dit bindmiddel kreeg een negatieve sensorische beoordeling ten opzichte van de andere.
Cremodan® SE 7152	2.3	IN	De sensorische beoordeling van dit bindmiddel in lagere concentratie was beter. Meerdere proefpersonen gaven hier de voorkeur aan.
Pectacon® M-6104	12.1	UIT	De structuur van het ijs met dit bindmiddel week sterk af van het referentie-ijs.
Pectacon® M-6103	13.1	IN	De sensorische eigenschappen van het ijs met het alternatief bindmiddel gelijken zeer goed op die van het referentie-ijs.
Ingresan G-17/D	14.1	IN	Dit alternatief kreeg een goede sensorische beoordeling.
Ingresan G-18/B	15.1	UIT	De sensorische eigenschappen van het ijs met dit alternatief bindmiddel weken sterk af van het referentie-ijs.

6.2.2.3 Beoordeling na opvriezen op lagere temperatuur

Op aanraden van de leverancier van Cremodan® SE 7152 werd de mix met dat bindmiddel op een lagere temperatuur opgevroren dan de standaardtemperatuur. Dat werd gedaan voor de mix met 0,5 % bindmiddel (2.2) en voor de mix met 0,45 % bindmiddel (2.3). De temperatuur van het ijs werd eerst 0,5 °C (13 %) verlaagd tot -4,3 °C en nadien tot -5,2 °C (37 %), wat de laagst mogelijke temperatuur van de vriezer is. Dat werd bereikt door de koeling van de wand van de vriezer op een lagere temperatuur in te stellen.

Deze stalen werden apart beoordeeld ten opzichte van de referentie in een blinde test. Dat betekent dat de proefpersoon eerst de stalen proeft en vergelijkt en pas nadien de etiketten te zien krijgt.

Het staal met 0,5 % bindmiddel, opgevroren bij -4,5 °C werd omschreven als kouder en minder vetzig dan het referentie-ijs. Dit staal was volgens de proefpersoon het beste van de vier. Opgevroren bij -5,2 °C leidde dezelfde concentratie tot vrijwel identieke sensorische eigenschappen als het staal dat opgevroren werd bij -4,5 °C.

Het staal met 0,45 % bindmiddel dat opgevroren werd bij -4,5 °C was iets kleveriger dan het staal, opgevroren op dezelfde temperatuur met het hogere gehalte bindmiddel.

Opgevroren bij -5,2 °C leidde de concentratie van 0,45 % bindmiddel tot een iets kouder ijs dat meer chewy en iets kleveriger was dan bij -4,5 °C.

Naarmate het ijs langer op tafel stond, werden de verschillen tussen het referentie-ijs en de vier ijsvarianten kleiner.

In het algemeen geeft opvriezen bij -4,5 °C een iets kouder ijs dat een beetje minder vetzig is. Maar aangezien het ijs niet kouder mag worden van mondgevoel dan de referentie is dat een ongewenst effect. De temperatuur van -5,2 °C gaf problemen met het afvullen omdat het ijs vrij hard werd en de gewenste overrun niet gehaald kon worden. Omwille van bovenstaande redenen en het feit dat de onderlinge verschillen tussen de varianten zeer klein waren, werd besloten om de temperatuur voor het opvriezen op de standaardtemperatuur te houden.

6.2.3 Chocolade en aardbei

Uit de voorgaande testen van vanille-ijs blijkt dat de verschillen tussen het referentie-ijs en het ijs met de alternatieve bindmiddelen vrij klein geworden zijn. Daarom werd besloten om de geselecteerde bindmiddelen ook te testen in ijs met chocolade- en aardbeiensmaak. De keuze voor aardbei werd gemaakt omdat dat de meest geproduceerde vruchtensmaak is. Chocolade-ijs werd getest omdat de cacao de structuur van het ijs verandert. Het zou kunnen dat niet alle alternatieve bindmiddelen deze wijziging op dezelfde manier tot uiting laten komen ten opzichte van het referentiebindmiddel. Beide referentierecepten worden vaak gebruikt door Glacio. Van het recept werd enkel het bindmiddel aangepast. Van de alternatieve bindmiddelen werden dezelfde concentraties gebruikt als deze voor het vanille-ijs.

Na 24 uur rijpen werd van elke mix een staal genomen. Daarop gebeurde in het labo een pH- en een kleurmeting. Geen enkel alternatief bindmiddel week voor deze parameters significant af van de referentiemix. Omdat uit de metingen bij de vanille-ijsmix bleek dat geen van de mixen met de geteste alternatieve bindmiddelen een te sterk afwijkende viscositeit had, werd deze bepaling niet uitgevoerd op de mixen van het chocolade- en aardbeienijs.

Het bereide consumptie-ijs werd sensorisch beoordeeld in een driehoekstest. De beoordeling gebeurde door dezelfde proefpersonen die ook het vanille-ijs beoordeelden. De testen werden gespreid over twee dagen. De eerste dag werd het aardbeienijs beoordeeld, de tweede dag het chocolade-ijs. Die keuze werd gemaakt om de proefpersonen niet te veel stalen achter elkaar te laten proeven. Een bijkomende reden is dat de smaken nogal sterk verschillen.

6.2.3.1 Resultaten van de driehoekstesten van aardbeienijs

Driehoekstest 18: versie: 1.3	ref	Cremodan® Dairyline 100	ref
Fout: 2	<u>Redenen:</u> iets kouder, luchtiger, iets cremiger, minder body, (zeer) klein verschil		
Juist: 3	<u>Voorkeuren:</u> 3x ref, 1x beide, 1x geen		

Dit bindmiddel geeft een goed resultaat. Het verschil met het referentie-ijs is klein. Dat is ook te zien aan de voorkeuren die verspreid zijn. De p-waarde van de statistische test bedraagt 0,21. Dat bevestigt het kleine verschil met het referentie-ijs.

Driehoekstest 19: versie: 2.5	Cremodan® SE 7152	ref	Cremodan® SE 7152
Fout: 0	<u>Redenen:</u> ijziger, kouder, minder body, minder cremig, duidelijk verschil		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 3x ref, 1x alt, 1x geen		

Hier merken de proefpersonen duidelijk een verschil tussen het ijs met het alternatief bindmiddel en het referentie-ijs.

Driehoekstest 20: versie: 13.3	Pectacon® M-6103	Pectacon® M-6103	ref
Fout: 2	<u>Redenen:</u> iets sneller weg, minder kleverig, minder body, kouder, aangenamer, zeer vergelijkbaar		
Juist: 3	<u>Voorkeuren:</u> 1x ref, 2x alt, 1x beide, 1x geen		

Het ijs met dit bindmiddel lijkt sterk op het referentie-ijs. Er zijn zelfs meer proefpersonen die hun voorkeur geven aan het alternatief dan aan de referentie. Die situatie komt niet veel voor. Toch blijven steeds heel kleine verschillen merkbaar. De p-waarde van de statistische test bedraagt 0,21. Er is dus geen significante aanduiding om aan te nemen dat er verschillen opgemerkt worden.

Driehoekstest 21: versie: 14.3	ref	Ingresan G-17/D	Ingresan G-17/D
Fout: 1	<u>Redenen:</u> meer mousse-structuur, kouder, minder body, minder cremig, zeer vergelijkbaar		
Juist: 4	<u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 2x alt, 1x geen		

De mening van de proefpersonen is hier verdeeld. Evenveel geven hun voorkeur aan het ijs met alternatief bindmiddel als aan het referentie-ijs. Toch wordt er een significant verschil (p-waarde: 0,05) opgemerkt met het referentie-ijs.

6.2.3.2 Resultaten van de driehoekstesten van chocolade-ijs

Driehoekstest 22: versie: 1.2	ref	Cremodan® Dairyline 100	Cremodan® Dairyline 100
Fout: 1	<u>Redenen:</u> cremiger, even koud, minder body		
Juist: 4	<u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 1x alt, 1x beide, 1x geen		

De meningen van de proefpersonen zijn hier verdeeld. Zo zijn er personen die het ijs met het alternatief bindmiddel cremiger vinden dan het referentie-ijs terwijl een andere persoon het ijs met alternatief bindmiddel net omschrijft als minder cremig dan het referentie-ijs. De p-waarde van de statistische test is 0,05. Er wordt dus een verschil gemerkt.

Driehoekstest 23: versie: 2.4	Cremodan® SE 7152	ref	Cremodan® SE 7152
Fout: 0	<u>Redenen:</u> kouder, ijziger, cremiger, minder body, minder kleverig, duidelijk verschil		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 4x ref, 1x alt		

Ook bij het ijs met dit alternatief bindmiddel is er enige verdeeldheid over de cremigheid. Alle proefpersonen merken echter verschillen tussen het referentie-ijs en het ijs met het alternatieve bindmiddel.

Driehoekstest 24: versie: 13.2	ref	ref	Pectacon® M-6103
Fout: 2	<u>Redenen:</u> minder ijzig, kouder, minder gummy, meer mousse-structuur		
Juist: 3	<u>Voorkeuren:</u> 4x ref, 1x geen		

Ondanks het redelijke aantal foute antwoorden geven de proefpersonen hun voorkeur aan het referentie-ijs. Uit de redenen blijkt dat er vooral een verschil in structuur wordt waargenomen. De p-waarde van de statistische test bedraagt 0,21.

Driehoekstest 25: versie: 14.2	ref	Ingresan G-17/D	ref
Fout: 0	<u>Redenen:</u> minder cremig, iets minder gummy, dicht bij elkaar, kouder		
Juist: 5	<u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 2x alt, 1x geen		

Uit het resultaat blijkt dat er een duidelijk verschil wordt geproefd ten opzichte van het referentie-ijs. Toch geven twee proefpersonen hun voorkeur aan het referentie-ijs.

6.2.3.3 Besluit uit de sensorische testen

De resultaten blijken in dezelfde lijn te liggen als deze voor het vanille-ijs. Cremodan® Dairyline 100 en Pectacon® M-6103 lijken het best op het referentie-ijs. Bij de andere bindmiddelen is het verschil iets groter. Uit de resultaten blijkt ook dat het moeilijker is om verschillen in mondgevoel en smaak waar te nemen als het ijs een meer uitgesproken smaak heeft. Dat blijkt uit het feit dat er bij het chocolade-ijs tegenstellingen zijn in de besluiten van de proefpersonen bij drie van de vier geteste stalen. Omdat in aardbei-ijs de smaak nog niet zo uitgesproken is, werden hierin dergelijke tegenstellingen niet waargenomen. Een andere mogelijke verklaring voor die tegenstellingen is dat de verschillen met het referentie-ijs zeer klein geworden zijn.

6.2.4 Industriële proefproductie

6.2.4.1 Resultaten van de driehoekstesten

Driehoekstest 26: versie: 1.4	Cremodan® Dairyline 100	ref	Cremodan® Dairyline 100
Fout: 0	<u>Redenen:</u> zeer dicht bij elkaar, kouder, minder body, kleveriger, cremiger, kleinste verschil van de 4 <u>Voorkeuren:</u> 3x ref, 2x geen		
Juist: 5			

Zoals ook door de eerdere testen werd aangetoond, is de gelijkenis tussen het ijs met het alternatief bindmiddel en het referentie-ijs zeer goed. De voorkeur van de proefpersonen gaat uit naar het referentie-ijs of ze hebben geen voorkeur omwille van het kleine verschil.

Driehoekstest 27: versie: 2.6	Cremodan® SE 7152	Cremodan® SE 7152	ref
Fout: 0	<u>Redenen:</u> kouder, minder body, kortere structuur, kleveriger, zeer dicht bij elkaar <u>Voorkeuren:</u> 3x ref, 2x geen		
Juist: 5			

De sensorische eigenschappen blijken nog licht verschillend te zijn van het referentie-ijs. De voorkeur van de meeste proefpersonen gaat uit naar het referentie-ijs.

Driehoekstest 28: versie: 13.4	ref	Pectacon® M-6103	ref
Fout: 1	<u>Redenen:</u> kouder, minder body, andere structuur, kleveriger, kortere structuur, ijziger <u>Voorkeuren:</u> 2x ref, 1x beide; 2x geen		
Juist: 4			

Ook bij dit bindmiddel wordt er een verschil geproefd ten opzichte van het referentie-ijs. De voorkeuren van de proefpersonen zijn echter wat meer verdeeld hoewel geen enkele zijn voorkeur geeft aan het alternatief bindmiddel. De p-waarde van de statistische test bedraagt 0,05. Er wordt dus een verschil waargenomen.

Driehoekstest 29: versie: 14.4	ref	ref	Ingresan G-17/D
Fout: 0	<u>Redenen:</u> (iets) kouder, minder body, kortere structuur, dicht bij elkaar, droger, cremiger <u>Voorkeuren:</u> 1x ref, 2x alt, 2x geen		
Juist: 5			

Opvallend bij dit bindmiddel is dat meer proefpersonen hun voorkeur geven aan het ijs met het alternatief bindmiddel dan aan het referentie-ijs. Dat geeft aan dat het verschil tussen het ijs met Ingresan G-17/D en het referentie-ijs zeer klein is.

Omwille van de eenduidige resultaten is het toepassen van de statistische test bij driehoekstesten 26, 27 en 29 niet nodig.

6.2.4.2 Besluit uit de sensorische testen

Het is opvallend dat vrijwel alle testen juist werden beantwoord. Waarschijnlijk is dat te wijten aan het feit dat de proefpersonen ook alle voorgaande testen uitvoerden en dus de eigenschappen van de verschillende bindmiddelen zeer goed kennen. De verschillen in processing tussen de pilot plant en de industriële productie blijken slechts een beperkte invloed te hebben op de sensorische eigenschappen omdat dezelfde opmerkingen als tijdens de eerdere tests naar voor komen.

Ijs met Cremodan® Dairyline 100 of Ingresan G-17/D geeft het kleinste verschil. Wel is het verschil tussen ijs met Cremodan® SE 7152 en het referentie-ijs hier kleiner dan in de eerdere testen. Bij het ijs met Pectacon® M-6103 worden wel nog kleine verschillen geproefd.

6.2.5 Grootschalige sensorische test

Omdat de verschillen heel klein geworden zijn, werd besloten om een sensorische test te doen met een breder publiek. Dat publiek was samengesteld uit arbeiders en bedienden van Glacio die echter niet dagelijks het ijs proeven en die ook niet deelnamen aan de eerdere sensorische testen. De deelnemers werden op vrijwillige basis uitgenodigd voor de test.

De sensorische test werd ook uitgevoerd als driehoekstest. Omwille van het groot aantal deelnemers werd echter gekozen om per test de stalen telkens met A, B en C te benoemen. Ook werden de bolletjes ijs niet op borden geschikt maar in kartonnen wegwerppotjes. Het formulier werd ook vereenvoudigd. De eigenschappen mondgevoel, ijzigheid en body werden beoordeeld.

6.2.5.1 Resultaten van de driehoekstesten

Driehoekstest 30: versie 1.4	ref	Cremodan® Dairyline 100	Cremodan® Dairyline 100
Fout: 13	<u>Redenen:</u> ijziger, warmer, meer body, vaak ook gelijk, kartonsmaakje		
Juist: 14	<u>Voorkeuren:</u> 9x ref, 4x alt, 4x beide, 10x geen		

De p-waarde van de statistische test bedraagt 0,04. Er is dus een significante aanduiding om te besluiten dat de proefpersonen een verschil merken tussen de twee types consumptie-ijs. Met andere woorden: uit dit sensorisch onderzoek blijkt dat Cremodan® Dairyline 100 een minder geschikt alternatief bindmiddel zou kunnen zijn. Eerdere tests spreken dat echter tegen.

Driehoekstest 31: versie: 2.6	ref	Cremodan® SE 7152	ref
Fout: 16	<u>Redenen:</u> kouder, even ijzig, gelijke body, ijziger, meer body, warmer		
Juist: 11	<u>Voorkeuren:</u> 13x ref, 1x alt, 0x beide, 13x geen		

De statistische test van deze resultaten geeft een p-waarde van 0,27. Er is dus een significante aanduiding om aan te nemen dat de proefpersonen geen verschil merken tussen beide recepten. Uit de voorkeuren blijkt echter dat ijs met Cremodan® SE 7152 niet voor de gewenste sensorische eigenschappen zorgt.

Driehoekstest 32: versie: 13.4	Pectacon® M-6103	Pectacon® M-6103	ref
Fout: 17	<u>Redenen:</u> minder body, even koud, even ijzig, kouder, minder ijzig		
Juist: 10	<u>Voorkeuren:</u> 4x ref, 8x alt, 3x beide, 12x geen		

De p-waarde die voortvloeit uit de resultaten bedraagt 0,41. Er is dus een significante aanduiding dat er tussen beide recepten weinig verschillen worden ervaren door de proefpersonen. Pectacon® M-6103 is dus een geschikt alternatief bindmiddel wat betreft de sensorische eigenschappen.

Driehoekstest 33: versie: 14.4	Ingresan G- 17/D	ref	Ingresan G- 17/D
Fout: 21	<u>Redenen:</u> kouder, even ijzig, gelijke body, ijziger, minder body		
Juist: 6	<u>Voorkeuren:</u> 5x ref, 7x alt, 2x beide, 13x geen		

Uit deze resultaten volgt een p-waarde van 0,85. Dus er is geen significante aanduiding om te besluiten dat de twee recepten als verschillend worden ervaren. De voorkeur van de proefpersonen gaat ook meer uit naar het ijs met het alternatief bindmiddel dan naar het referentie-ijs.

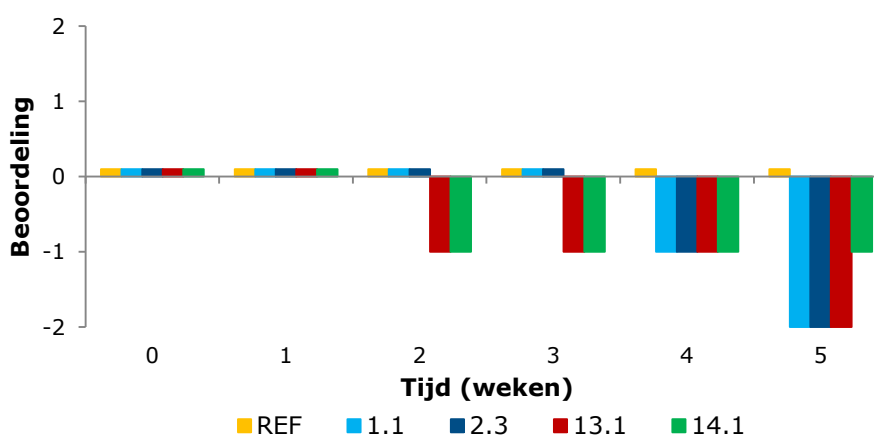
6.2.5.2 Besluit uit de sensorische testen

Uit de test blijkt dat Cremodan® Dairyline 100 en Ingresan G-17/D goede alternatieven zijn omdat de eigenschappen van ijs met deze bindmiddelen sterk gelijken op die van het referentie-ijs. Voor Ingresan G-17/D is dat verschil nog kleiner dan voor Cremodan® Dairyline 100. Ingresan G-17/D heeft daarbij het bijkomend voordeel dat het geen guar gom bevat. De goede gelijkentis tussen ijs met deze bindmiddelen en het referentie-ijs wordt verklaard door het feit dat hun samenstelling ook sterk gelijkt op die van het referentiebindmiddel. Bij de twee andere bindmiddelen merkten de proefpersonen wel een verschil met het referentie-ijs. Deze bindmiddelen zijn dus minder geschikt om een verandering door te voeren. In totaal werden 37 testen afgenomen. Daarvan waren 27 formulieren bruikbaar. De andere werden onvoldoende duidelijk ingevuld of niet alle vier de alternatieve ijssoorten werden beoordeeld.

6.3 Heat shock test

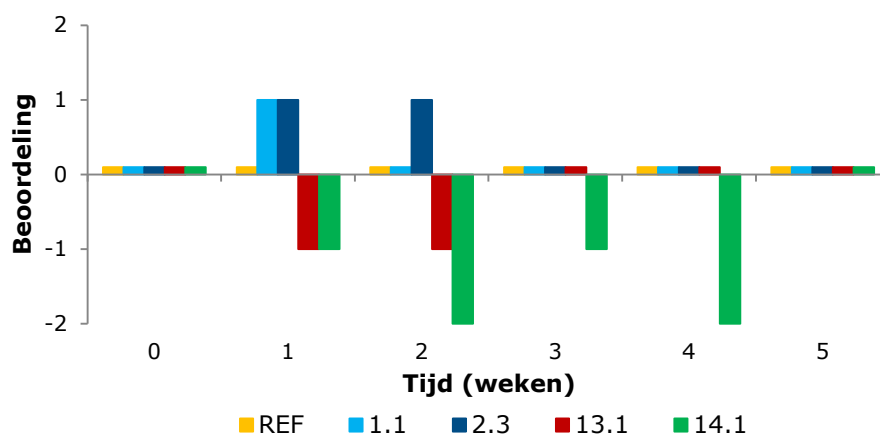
De heat shock testen werden uitgevoerd met ijsstalen geproduceerd in de pilot plant. Zoals blijkt uit de sensorische testen (6.2) en uit de bepaling van de smeltkarakteristieken (6.4) zouden de stalen uit de industriële productie mogelijk een andere beoordeling kunnen opleveren.

In figuur 6.1 wordt de beoordeling van het uitzicht van de ijsstalen grafisch voorgesteld. Het referentie-ijs vertoont geen afwijkingen gedurende zes weken. Alle andere stalen vertonen een negatieve afwijking. Het gaat daarbij steeds om de vorming van ijskristallen op het oppervlak. Bij de stalen 1.1, 2.3 en 13.1 worden gedurende de laatste week te veel ijskristallen gevormd om nog te voldoen aan de eisen. Bij deze bindmiddelen vermindert de houdbaarheid van het ijs dus met ongeveer drie maanden. De stalen die als beoordeling -1 krijgen, vertonen een beperkte vorming van ijskristallen die nog aanvaardbaar is.



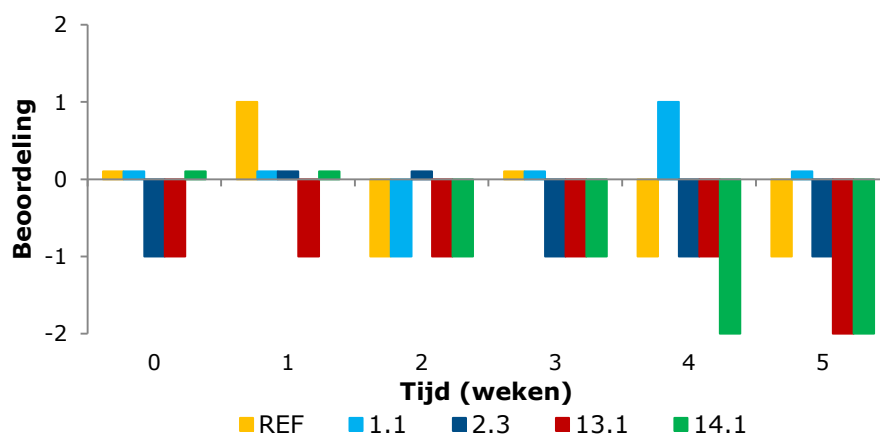
Figuur 6.1: Beoordeling van het uitzicht van de ijsstalen gedurende zes weken.

De beoordeling van de smaak van de ijsstalen wordt voorgesteld in figuur 6.2. Bij aanvang is er, zoals uitgelegd bij de sensorische testen, een beperkt smaakverschil. Uit de figuur blijkt dat de smaak varieert gedurende de bewaarperiode. De positieve evolutie in de smaak bij enkele bindmiddelen is te wijten aan het meer cremige karakter van het ijs. Vooral bij Ingresan G-17/D evolueert de smaak negatief omdat de cremigheid van het ijs afneemt. Ook verdwijnt de smaak van het ijs snel. Gedurende de laatste week van de test verkleinen de smaakverschillen sterk. Dat is hoofdzakelijk te wijten aan de sterke mate waarin ijskristallen aanwezig waren. Ook de iets hogere temperatuur van de vriezer op het moment van het proeven heeft mogelijk een invloed.



Figuur 6.2: Beoordeling van de smaak van de ijsstalen gedurende zes weken.

In figuur 6.3 wordt de beoordeling van het mondgevoel getoond. Deze parameter is het meest variabel van de drie beoordeelde parameters. De beoordelingen met waarde -1 zijn allemaal te wijten aan het kouder aanvoelen van het ijs. Dat negatief kenmerk komt bij elk alternatief tot uiting, wat ook al aangegeven werd in de sensorische testen. Ook bij het referentie-ijs treden veranderingen op. Na een week verdwijnt de vette film in de mond wat eerder gewenst is. Nadien wordt het mondgevoel gladder tot zelfs een beetje slijmerig. Dat is ongewenst. Bij Ingresan G-17/D is de achteruitgang naar het einde van de bewaarperiode te wijten aan het meer compact en chewy worden van de textuur.



Figuur 6.3: Beoordeling van het mondgevoel van de ijsstalen gedurende zes weken.

Uit de heat shock test blijkt dat de geteste alternatieven sneller ijskristallen vormen op het oppervlak. Aangezien dat een zeer belangrijke kwaliteitsparameter is, moet daar zeker rekening mee gehouden worden. Over de drie beoordeelde parameters heen blijkt dat Ingresan G-17/D het minst geschikt is om het huidige bindmiddel te vervangen. Mogelijk is dat te verklaren door de taragom in dat bindmiddel. Uit tabel 4.1 blijkt dat guargom een slechte weerstand heeft tegen heat shock en LBG net een heel goede. De eigenschappen van taragom liggen tussen die van guargom en LBG in. Vandaar mogelijk de lagere weerstand van dit bindmiddel.

6.4 Smeltkarakteristiek

De werkwijze voor het bepalen van de smeltkarakteristiek zoals beschreven in 5.6.3 werd voor elk staal tweemaal uitgevoerd. Die keuze werd gemaakt omdat het smeltgedrag niet het belangrijkste element is in de selectie van een bindmiddel zonder guargom. Bovendien neemt het bepalen van een smeltkarakteristiek veel tijd in beslag, ondermeer doordat het aantal beschikbare opstellingen beperkt is. Omwille van het beperkte aantal herhalingen is de betrouwbaarheid van statistische analyses zeer beperkt. Daarom wordt ervoor gekozen om deze niet uit te voeren. Van de twee herhalingen werd enkel het gemiddelde berekend. Om een betrouwbare statistische verwerking mogelijk te maken zijn minstens vijf herhalingen wenselijk.

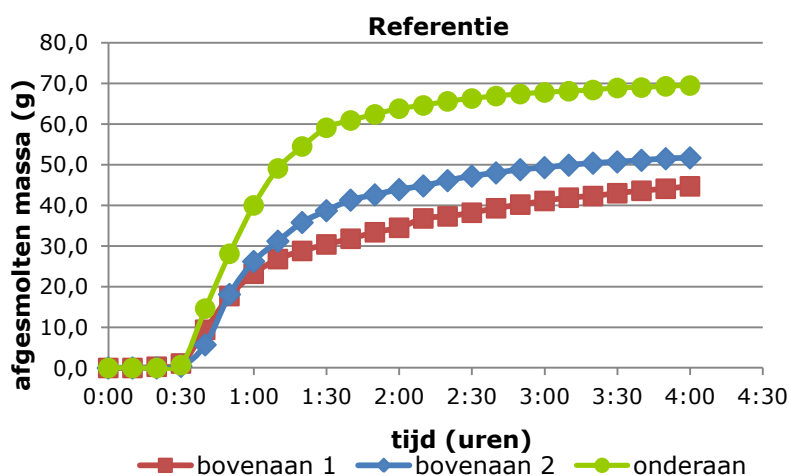
6.4.1 Belang van de staalname

Proefondervindelijk werd vastgesteld dat het nemen van een staal zeer belangrijk is. De plaats in de verpakking waar het staal wordt genomen, de manier waarop de verpakking werd afgevuld en de temperatuur van het staal zijn de belangrijkste invloedsfactoren.

Door de aanzienlijke verschillen kon niet overal dezelfde schaal gebruikt worden. Daarmee moet rekening gehouden worden bij het bestuderen van de verschillende grafieken. Doordat niet alle grafieken gebaseerd zijn op hetzelfde recept kunnen ze ook niet onderling vergeleken worden, enkel grafieken 6.8 en 6.10 zijn met elkaar te vergelijken. Daar werd de schaal dan ook zo veel mogelijk gelijk gemaakt.

6.4.1.1 Plaats in de verpakking

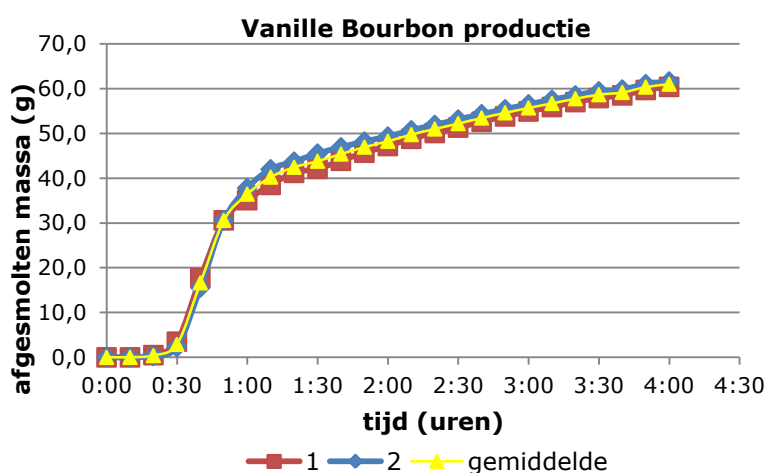
Om het aantal verpakkingen te beperken dat nodig was om de smeltkarakteristiek te bepalen, werd eerst geprobeerd om de twee stalen onder elkaar te nemen. Dat bleek echter geen goed idee te zijn. Het staal dat zich onderaan in de doos bevond, smolt veel meer af dan het staal dat bovenaan in de doos genomen werd. Dat is te zien in figuur 6.4. Een mogelijke verklaring hiervoor is de manier van afvullen. Die zal in 6.4.1.2 uitgebreider worden toegelicht. Om de herhaalbaarheid te verbeteren werden de stalen uit twee verpakkingen op dezelfde plaats genomen. Dit werd vastgesteld bij het referentiestaal. Om een gelijkaardig probleem bij de andere bindmiddelen te vermijden, werd per herhaling steeds een andere verpakking gebruikt zodat het staal telkens bovenaan de doos genomen kon worden.



Figuur 6.4: De plaats waar het staal in de verpakking genomen wordt, heeft duidelijk invloed. Een staal genomen onderaan de verpakking smelt sneller dan een staal genomen bovenaan.

6.4.1.2 Manier van afvullen

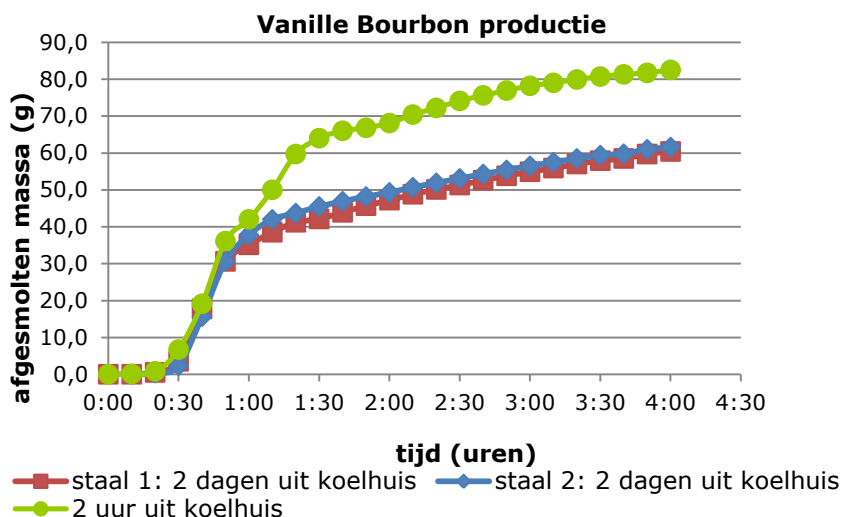
Omdat de manier van afvullen mogelijk een oorzaak is van de variatie in de smeltkarakteristieken van beide herhalingen werd de smeltkarakteristiek van een Vanille Bourbon ijs bepaald dat in de industriële productie gemaakt werd. Het recept van dit ijs is verschillend van de gebruikte referentie. Daarom kunnen de bekomen waarden niet vergeleken worden. In de pilot plant worden de verpakkingen handmatig afgevuld door de streng ijs die uit de vriezer komt gelijkmatig te verdelen over de doos. De manier waarop het ijs aangedrukt wordt, kan echter variëren. In de industriële productie worden de verpakkingen in één keer machinaal afgevuld. Daardoor is het onderlinge verschil tussen de dozen kleiner. Deze hypothese werd bevestigd na het bepalen van de smeltkarakteristiek. Het staat dat in de industriële productie gemaakt werd, vertoonde veel minder spreiding tussen de verschillende herhalingen.



Figuur 6.5: Stalen uit de productie vertonen veel minder spreiding dan stalen afgevuld in de pilot plant.

6.4.1.3 Temperatuur van het staal

Een derde aandachtspunt is de temperatuur van het staal. Er werd vastgesteld dat wanneer de temperatuur van het staal lager is, er meer ijs afsmelt. Dat is te zien in figuur 6.6. De oorzaak lag bij het feit dat het staal genomen werd uit een verpakking die slechts een uur op voorhand uit het koelhuis (-30 °C) genomen was en in de vriescel van de pilot plant (-20 °C) geplaatst werd. De andere stalen werden pas gebruikt nadat ze twee dagen in die vriescel stonden. Bij het nemen van het staal viel op dat het ijs uit de eerste verpakking veel harder was dan het ijs uit de twee verpakkingen uit de vriescel. Die hardheid bemoeilijkte de staalname ernstig. Ook dat heeft mogelijk een invloed gehad op het smeltgedrag. Alle stalen werden minstens een week na de productie ervan geanalyseerd zodat de structuur voldoende tijd kreeg om te stabiliseren.



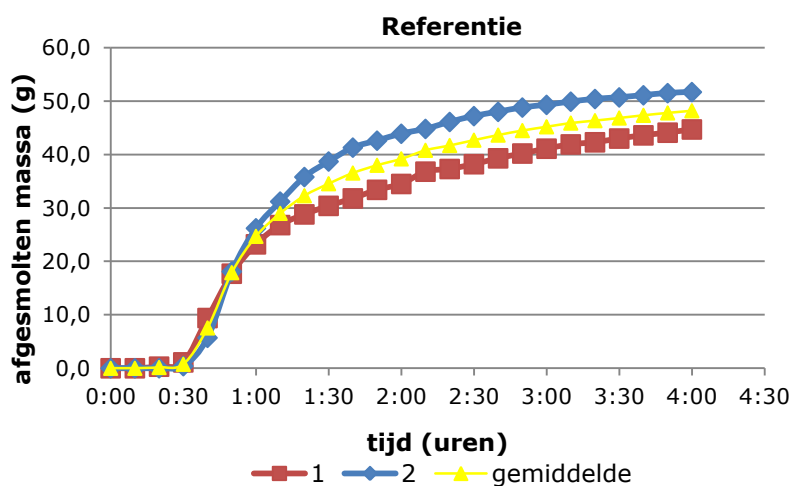
Figuur 6.6: Invloed van de temperatuur op het smeltgedrag. Een lagere temperatuur leidde tot sneller afsmelten.

6.4.2 Stalen geproduceerd in de pilot plant

De smeltkarakteristiek werd bepaald van het referentie-ijs en van het ijs met alle bindmiddelen die geselecteerd werden in punt 6.2.2. Het gaat daarbij om recepten 1.1, 2.3, 13.1 en 14.1. Het consumptie-ijs in deze test werd steeds geproduceerd in de pilot plant.

De smeltkarakteristieken van alle stalen vertoonden een vergelijkbaar verloop. In het begin smelt het consumptie-ijs zeer traag. Nadien is er een fase waarin het afsmelten zeer snel verloopt. Naar het einde toe gaat het afsmelten terug veel trager. Ondanks het gelijkaardig verloop zijn er toch grote verschillen tussen de verschillende stalen.

Als eerste werd de smeltkarakteristiek van het referentierecept bepaald. Die is te zien in figuur 6.7.



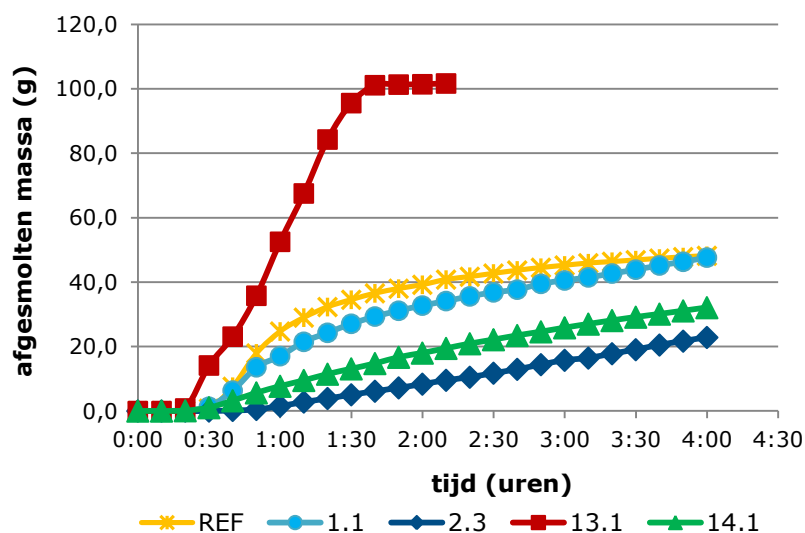
Figuur 6.7: Smeltkarakteristiek van het referentierecept.

6.4.2.1 Vergelijking van het smeltgedrag

Van het consumptie-ijs met de andere bindmiddelen werd op gelijkaardige manier de smeltkarakteristiek opgenomen. Het gemiddelde dat berekend werd uit de twee herhalingen wordt getoond in figuur 6.8. Een opmerkelijk feit was dat het verschil tussen de twee herhalingen bij elk alternatief kleiner was dan dat tussen de twee herhalingen van het referentie-ijs. Een mogelijke reden daarvoor is dat de afvulling van de verpakkingen gelijkmatiger gebeurde doordat meer ervaring opgedaan werd.

De verschillende bindmiddelen zorgen duidelijk voor andere smeltkarakteristieken. Het smeltgedrag van Cremodan® Dairyline 100 (1.1) lijkt sterk op dat van de referentie. Dat is verklaarbaar doordat beide bindmiddelen weinig verschillen in samenstelling. Het smeltgedrag van de andere wijkt sterker af van het referentie-ijs. Daarbij wijkt Pectacon® M-6103 het sterkst af. Het opnemen van de smeltkarakteristiek van dat staal werd vroegtijdig stopgezet omdat het volledige staal afgesmolten was. In de grafiek is dat te zien aan de afgesmolten massa die gedurende 30 minuten constant blijft. Cremodan® SE 7152 (2.3) smelt het traagst van alle alternatieven. De smeltkarakteristiek van dit alternatief verloopt vrijwel lineair terwijl dat bij de andere niet het geval is. Wat opviel, was dat de afgesmolten massa vrijwel alleen water was. Bij de andere stalen trad er ook waterafscheiding op in de afgesmolten massa maar toch leek deze nog vrij goed op ijsmix. Ingresan G-17/D (14.1) smelt wat trager dan de referentie maar de afwijking is niet al te groot. Wat verder blijkt uit de karakteristieken, is dat het smeltgedrag van 14.1 en 2.3 veel gelijkenis vertoont ondanks hun verschillende samenstelling.

Uit deze figuur is ook de maximaal afgesmolten massa te bepalen. Dat is de massa die hoort bij het punt dat na vier uur genoteerd werd. Deze parameter vertoont duidelijke verschillen tussen de bindmiddelen.



Figuur 6.8: Vergelijking van de smeltkarakteristieken van de verschillende alternatieven.

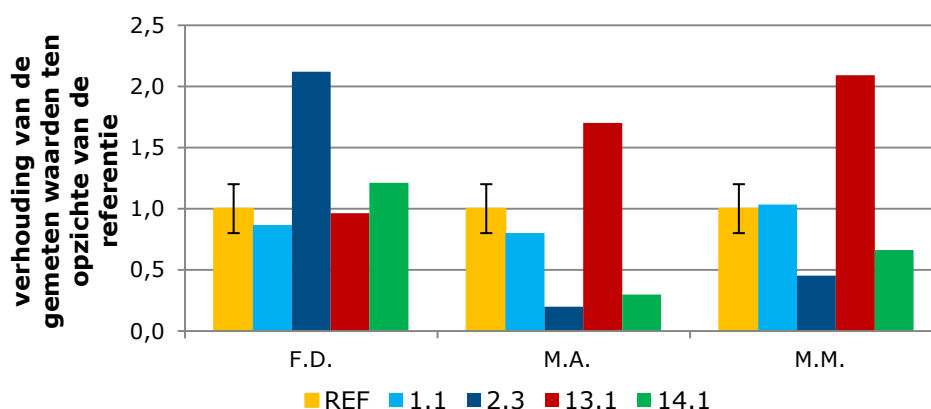
6.4.2.2 First drop, maximale afsmeltsnelheid en maximaal afgesmolten massa

De drie berekende parameters van de smeltkarakteristiek worden getoond in figuur 6.9. In bijlage 4 zijn de bekomen waarden weergegeven in tabel B.1. In grafiek 6.9 stelt de hoogte van elk staafje de verhouding voor van de bekomen waarde bij ijs met een bepaald bindmiddel op de waarde van het referentie-ijs. Dat betekent: hoe dichter een bepaald staafje bij één ligt, hoe beter de gelijkenis met het referentie-ijs is.

De keuze om de resultaten op deze manier weer te geven werd gemaakt omdat de mate waarin het smeltgedrag van een ijsoort met alternatief bindmiddel op dat van het referentie-ijs gelijk belangrijker is dan de absolute waarde van de beschouwde parameters. Op deze manier kan die mate van gelijkenis gemakkelijk visueel worden beoordeeld.

De foutbalken op de staafjes van het referentie-ijs geven een spreiding aan van 20 % in positieve en negatieve richting. De zone die door de foutbalken wordt aangegeven gaat dus steeds van 0,8 tot 1,2. Wanneer een staafje van een ijsoort met een alternatief bindmiddel binnen deze zone valt, wordt dat als gelijkend beschouwd.

De keuze voor de 20 % is als volgt gemaakt. Tussen twee metingen van een bepaald recept werd de spreiding bepaald als de absolute waarde van het verschil tussen de eerste en de tweede meting. Het bekomen resultaat daarvan werd gedeeld door de gemiddelde waarde van de twee metingen van het referentie-ijs. Van dat laatste resultaat werd het gemiddelde berekend over alle recepten heen en de uitkomst daarvan, afgerond op één decimaal, bedraagt 0,2. Deze berekening wordt ook getoond in de tabel in bijlage 4. In de kolom "beoordeling" van die tabel wordt voor de referentie berekend hoeveel 20 % van het gemeten gemiddelde bedraagt. Voor de recepten met alternatieve bindmiddelen wordt aangegeven of ze voldoende gelijkend zijn of niet.



Figuur 6.9: Verhoudingen van de first drop (F.D.), de maximale afsmeltsnelheid (M.A.) en de maximaal afgesmolten massa (M.M.) van het ijs met alternatieve bindmiddelen ten opzichte van het referentie-ijs.

Bij de first drop zijn er duidelijke verschillen tussen de bindmiddelen. Op dit punt lijkt ijs met 13.1 (Pectacon® M-6103) het sterkst op het referentie-ijs maar voor de rest van de smeltkarakteristiek is dat dan weer niet het geval. Het verschil tussen het referentie-ijs en 1.1 is ook klein genoeg om als gelijkend beschouwd te worden. Het ijs met recept 14.1 is net niet gelijkend maar het verschil is uiterst klein. Bij 2.3 duurt het veel langer vooraleer de eerste druppel valt dan bij de andere alternatieven. Dat strookt met de verdere smeltkarakteristiek. Ook daarin is het 2.3 dat het traagst afsmelt.

De maximale afsmeltsnelheid werd berekend door het maximale verschil tussen twee tijdstippen te delen door tien, omdat er tussen twee metingen telkens tien minuten zit. Op deze parameter komt het ijs met Cremodan® Dairyline 100 het dichtst in de buurt van het referentie-ij. Zoals ook eerder al het geval was, wijkt ijs met Cremodan® SE 7152 (recept 2.3) het sterkst af van het referentie-ij. 13.1 heeft de hoogste maximale afsmeltsnelheid omdat dit staal al na iets meer dan twee uur volledig was weggesmolten terwijl van de andere stalen na vier uur slechts minder dan de helft was afgesmolten.

De maximaal afgesmolten massa is, zoals eerder aangehaald, de totale massa ijs die is afgesmolten gedurende vier uur. Ze wordt bepaald door het verschil te nemen van de massa ijs bij aanvang van de proef en de resterende massa ijs na vier uur. Dat komt overeen met het eindpunt van de curven in figuur 6.8. Uit de gegevens blijkt dat Cremodan® Dairyline 100 het meest op de referentie gelijkt. De reden hiervoor is de samenstelling van beide bindmiddelen die slechts weinig verschilt. De andere bindmiddelen zijn onvoldoende gelijkend voor deze parameter.

6.4.2.3 Besluit uit de smeltkarakteristieken

Het bepalen van de smeltkarakteristieken heeft tot doel om de invloed van de geteste bindmiddelen op het smeltgedrag na te gaan. Daarbij is het belangrijk dat het smeltgedrag van het ijs met de alternatieve bindmiddelen zoveel mogelijk gelijkt op dat van het referentie-ij.

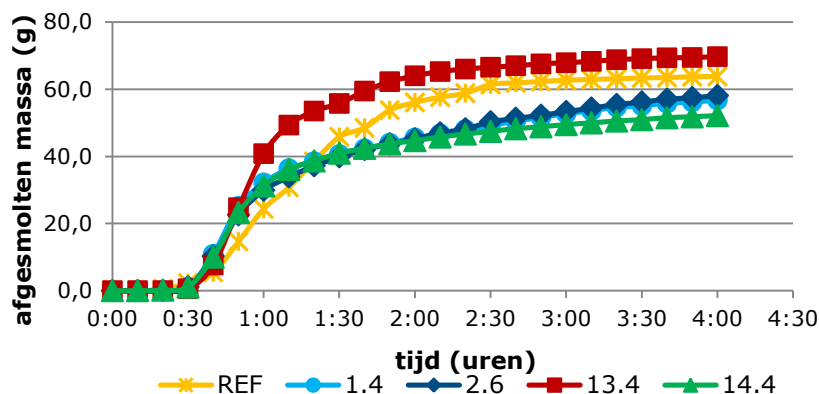
Zowel uit de drie geteste parameters van de smeltkarakteristiek (first drop, maximale afsmeltsnelheid en maximaal afgesmolten massa) als uit de smeltcurve zelf blijkt dat Cremodan® Dairyline 100 (1.1) het sterkst lijkt op de referentie, terwijl Pectacon® M-6103 (13.1) het sterkst afwijkt van de referentie. Van de andere alternatieven is het moeilijk om een eenduidig besluit te trekken omdat, afhankelijk van de beschouwde parameter, het ene bindmiddel al meer gelijkt op de referentie dan het andere.

Op basis van het smeltgedrag werd geen enkel alternatief uitgesloten maar deze gegevens zullen wel mee in beschouwing genomen worden bij de algemene beoordeling.

6.4.3 Stalen geproduceerd tijdens de industriële proefproductie

6.4.3.1 Vergelijking van het smeltgedrag

Met vier geselecteerde bindmiddelen werd een proefproductie gedaan op industriële schaal. Om een goede vergelijking mogelijk te maken werd ook met de referentie een proefproductie gedaan. Van dit consumptie-ij werd per bindmiddel de smeltkarakteristiek in tweevoud opgenomen. Daarvan werd het gemiddelde berekend. Het zijn die gemiddelde waarden die in figuur 6.10 getoond worden.



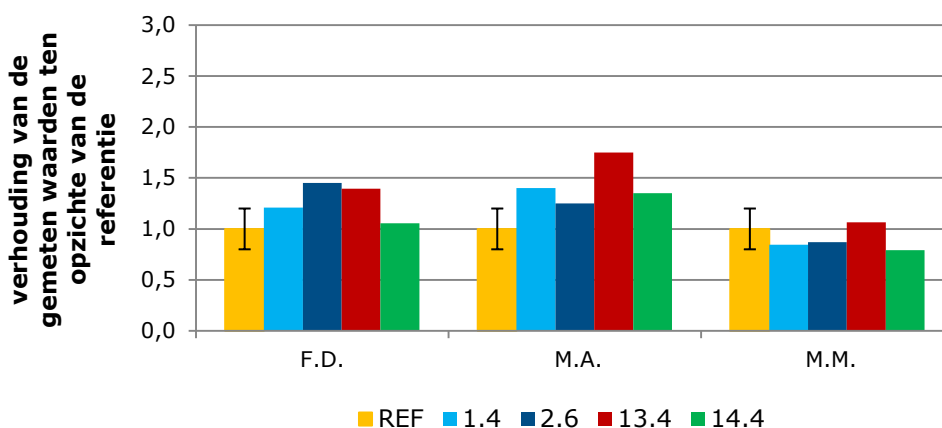
Figuur 6.10: Vergelijking van de smeltkarakteristieken van consumptie-ijs met de geteste bindmiddelen, geproduceerd in de industriële productie.

Uit de grafiek blijkt dat het onderlinge verschil tussen het ijs met de verschillende bindmiddelen heel wat kleiner is geworden ten opzichte van de stalen uit de pilot plant. Een verklaring hiervoor is de manier van afvullen. Die gebeurt in de industriële productie op een geautomatiseerde manier waardoor deze bewerking veel beter reproduceerbaar is. In punt 6.4.1.2 werd hier dieper op ingegaan. Het referentie-ijs en het ijs met Pectacon® M-6103 smelten iets sneller af. Dat is mede te wijten aan het feit dat deze stalen bij aanvang van de test iets groter waren dan de andere.

Bij het uitvoeren van deze testen werd, net als bij de voorgaande, ervaren dat een volledig reproduceerbare staalname zeer moeilijk is als deze moet gebeuren uit een reeds ingevroren verpakking.

6.4.3.2 First drop, maximale afsmeltsnelheid en maximaal afgesmolten massa

In figuur 6.11 worden de drie parameters getoond die berekend worden bij de smeltkarakteristiek. De berekeningen om tot deze grafiek te komen zijn analoog aan deze in 6.4.2.2. De absolute waarden van deze metingen evenals de resultaten van de berekeningen worden getoond in tabel B.2 in bijlage 4.



Figuur 6.11: Verhoudingen van de first drop (F.D.), de maximale afsmeltsnelheid (M.A.) en de maximaal afgesmolten massa (M.M.) van het ijs met alternatieve bindmiddelen ten opzichte van het referentie-ijs.

Bij de first drop komt ijs met Ingrensan G-17/D (14.4) het dichtst in de buurt van het referentie-ijs. Het ijs met recept 1.4 bevindt zich nauwelijks voorbij de grens om als gelijkend beschouwd te worden. De andere bindmiddelen zorgen voor een trager smeltend ijs. Bij alle bindmiddelen duurt het langer vooraleer de eerste druppel door de zeef valt in vergelijking met de stalen geproduceerd in de pilot plant.

De verklaring hiervoor is waarschijnlijk dat de gewenste overrun in de industriële installatie beter bereikt wordt dan in de pilot plant. Verder is het verschil tussen de bindmiddelen ook kleiner. Dat wordt verklaard door de meer uniforme structuur en de uniforme manier van afvullen. De spreidingen zijn nog aanzienlijk maar in vergelijking met de stalen uit de pilot plant zijn ze wel kleiner. Ook het onderlinge verschil tussen de stalen met verschillende bindmiddelen is kleiner.

Bij de maximale afsmeltsnelheid blijkt dat ijs met Pectacon® M-6103 iets sneller smelt dan de andere stalen. Ook de andere parameters bevestigen dat. Wat verder nog opgemerkt kan worden, is dat de waarde van de referentie en van 13.4 vrijwel hetzelfde zijn als de waarden van de stalen uit de pilot plant. Voor de andere bindmiddelen is er wel een aanzienlijk verschil. Cremodan® SE 7152 lijkt het meest op de referentie ook al valt het net buiten de zone van 20 %. De spreiding van de resultaten tussen beide herhalingen per staal is steeds zeer klein.

Uit de gegevens van de maximaal afgesmolten massa blijkt dat Pectacon® M-6103 het best op de referentie lijkt. De andere stalen bevinden zich net op de grens om als gelijkend beschouwd te worden. Zoals bij het staal uit de pilot plant smelt ijs met Pectacon® M-6103 (13.4) het meest af. Het verschil met de andere stalen is echter veel kleiner.

6.4.3.3 Besluit uit de smeltkarakteristieken

Uit de bepaling van de smeltkarakteristieken van de stalen uit de industriële proefproductie kan besloten worden dat de verschillen tussen de ijsoorten met verschillende bindmiddelen veel kleiner zijn. Dat geldt voor alle parameters van het smeltgedrag die bepaald werden. Er kan dus ook besloten worden dat het industriële productieproces reproduceerbaarder verloopt dan het proces in de pilot plant. Op zich is dat geen groot probleem maar er dient wel rekening mee gehouden te worden bij nieuwe ontwikkelingen. Uit de smeltkarakteristieken zelf kan afgeleid worden dat enkel Pectacon® M-6103 nog behoorlijk afwijkt van de referentie. Dat kan verklaard worden vanuit de samenstelling van dat bindmiddel. De voornaamste stabilisatoren die het bevat zijn CMC en xanthaan. Net die hebben een lagere smeltweerstand dan guar gom en LBG, zoals blijkt uit tabel 4.1. De verschillen tussen de andere stalen zijn te klein om beduidend te zijn.

BESLUIT

Het doel van de stage was het zoeken van een bindmiddel dat geen guargom bevat en waarbij de sensorische eigenschappen van het ijs behouden blijven. Ook de houdbaarheid en het smeltgedrag moesten zoveel mogelijk hetzelfde blijven. Naast de kenmerken van het ijs werd ook nog rekening gehouden met andere aspecten zoals de prijs, het aantal E-nummers en het feit dat het bindmiddel in big bags verkrijgbaar moet zijn.

Uit de sensorische testen blijkt dat geen enkel van de geteste bindmiddelen zonder guar voor dezelfde eigenschappen kan zorgen. Het mondgevoel was meestal kouder en minder cremig. Op dit vlak scoort Ingresan G-17/D het beste. Dat komt omdat zijn samenstelling het meest overeenstemt met het origineel bindmiddel. In plaats van guargom bevat het taragom. Beide gommen behoren tot de galactomannanen en zijn chemisch dan ook weinig verschillend. Ook Cremodan® Dairyline 100 zorgde voor goed gelijkende sensorische eigenschappen wat te wijten is aan het feit dat het guargom bevat, het zij aan een lagere dosis dan in het referentiebindmiddel.

De houdbaarheid van de ijssoorten met de geteste bindmiddelen wijkt niet sterk af van de houdbaarheid van het referentie-ijs. Toch blijkt dat er iets sneller ijskristallen gevormd worden waardoor de houdbaarheidsperiode best met enkele maanden ingekort kan worden om klachten van klanten te vermijden.

Bij het testen van het smeltgedrag bleek de processing een belangrijke invloed te hebben. Zeker bij de stalen geproduceerd in de pilot plant zorgt dat mogelijk voor afwijkingen. Het onderlinge verschil tussen de bindmiddelen blijkt beperkt te zijn. Cremodan® Dairyline 100 en Cremodan® SE 7152 blijken het dichtst in de buurt te liggen van de referentie. De reden hiervoor is dat ze geproduceerd worden door de leverancier van het referentiebindmiddel die zelf ook heel wat onderzoek heeft verricht naar de vervanging van guargom.

Wat vooral op te merken valt uit de resultaten van de testen is dat het bindmiddel en dan vooral de stabilisatoren daarin, een grote invloed hebben op de eigenschappen van het ijs. Het blijkt ook dat een bepaald bindmiddel dat wel goed scoort op een bepaalde test, veel minder goed kan scoren op een andere test. Dat maakt het zeer moeilijk om een keuze te maken.

In overleg met het management van Glacio werd beslist om voorlopig niet van bindmiddel te veranderen omwille van bovenstaande reden. Door een goede oogst en de stagnerende behoefte van de olie-industrie is de prijs van guargom gedaald, waardoor het behoud van het recept geen negatieve impact meer heeft op de kostprijs. Wel zal de situatie rond guar opgevolgd worden. Wanneer de prijs terug fel zou stijgen, zal dit werk dienen als basis voor verder onderzoek naar een geschikt bindmiddel zonder guar.

BIJLAGE 1: OVERZICHT VAN DE GETESTE ALTERNATIEVEN

fabrikant	naam	samenstelling
Danisco	Cremodan® SE 716 (referentie)	E 471, E 410, E 412
Danisco	Cremodan® Dairyline 100	E 471, E 410, E 412
Danisco	Cremodan® SE 7093	E 471, E 466, E 407
Danisco	Cremodan® SE 7152	E 471, E 466, E 410
Acatris Netherlands BV	Pectacon® M-6040	E471, E 410, E 466, E415, E 401, E 407, dextrose
Acatris Netherlands BV	Pectacon® M-6075	E 471, E 466, E 415, E 410, dextrose
Acatris Netherlands BV	Pectacon® M-6103	E 471, E 415, E 466, E 410, dextrose
Acatris Netherlands BV	Pectacon® M-6104	E 471, E 466, E 415, E 410, dextrose
Campus S.p.A.	Fibresol 120	plantaardige vezel
SilvaTeam Food Ingredients	Aglumix IC 1112	E 477, E 471, E 417, E 407
Cargill	Lygomme™ FM 4754	E 471, E 466, E 410, E 407
Ingrema AG	Ingresan G-15 super	E 471, ballaststoffen, E 410
Ingrema AG	Ingresan G-17 super	E 471, ballaststoffen, E 410
Ingrema AG	Ingresan G-17/D	E 471, E 410, E 417
Ingrema AG	Ingresan G-18/B	E 471, E 410, E 417, ballaststoffen
Ingrema AG	Ingresan G-19/E	E 471, E 410, ballaststoffen

E-nummer	productnaam	functie
E 401	natriumalgiinaat	stabilisator
E 407	carrageen	stabilisator
E 410	johannesbroodpitmeel	stabilisator
E 412	guarpitmeel	stabilisator
E 415	xanthaangom	stabilisator
E 417	taragom	stabilisator
E 466	(natrium)carboxymethylcellulose	stabilisator
E 471	mono- en diglyceriden van vetzuren	emulgator
E 477	propyleenglycerolesters van vetzuren	emulgator

BIJLAGE 2: OVERZICHT VAN DE AANPASSINGEN AAN HET STANDAARDRECEPT

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de aanpassingen van het standaardrecept. Er werd steeds tot eenzelfde massa mix gekomen door afhankelijk van de hoeveelheid bindmiddel, de hoeveelheid water aan te passen.

code	bindmiddel	gehalte (%)
ref	referentie (Cremodan® SE 716)	0,75
1.1	Cremodan® Dairyline 100	0,50
1.2	Cremodan® Dairyline 100 (choco)	0,50
1.3	Cremodan® Dairyline 100 (aardbei)	0,50
1.4	Cremodan® Dairyline 100 (proefproductie)	0,50
2.1	Cremodan® SE 7152	0,50
2.2	Cremodan® SE 7152 (standaard + lagere temperatuur)	0,50
2.3	Cremodan® SE 7152 (standaard + lagere temperatuur)	0,45
2.4	Cremodan® SE 7152 (choco)	0,45
2.5	Cremodan® SE 7152 (aardbei)	0,45
2.6	Cremodan® SE 7152 (proefproductie)	0,45
3.1	Cremodan® SE 7093	0,50
4.1	Pectacon® M-6040	0,50
5.1	Pectacon® M-6075	0,60
6.1	Fibresol 120	0,30
7.1	Aglumix IC 1112	0,60
8.1	Lyogomme™ FM 4754	0,40
9.1	Ingresan G19/E	0,70
10.1	Ingresan G17-super	0,70
11.1	Ingresan G15-super	0,70
12.1	Pectacon® M-6104	0,60
13.1	Pectacon® M-6103	0,60
13.2	Pectacon® M-6103 (choco)	0,60
13.3	Pectacon® M-6103 (aardbei)	0,60
13.4	Pectacon® M-6103 (proefproductie)	0,60
14.1	Ingresan G-17/D	0,70
14.2	Ingresan G-17/D (choco)	0,70
14.3	Ingresan G-17/D (aardbei)	0,70
14.4	Ingresan G-17/D (proefproductie)	0,70
15.1	Ingresan G-18/B	0,70

BIJLAGE 3: FORMULIER VOOR DE DRIEHOEKSTESTEN

Is er een verschil waar te nemen tussen de volgende drie stalen?

Zo ja: Omcirkel het staal dat verschillend is van de andere twee.

Op welk vlak is er een verschil waar te nemen? Is dat een verschil op basis van smaak, textuur of mondgevoel? Gelieve dat aan te geven in onderstaande tabel bij het nummer van het staal dat volgens u verschillend is.

Een + geeft aan dat die eigenschap beter is dan bij de andere twee stalen. Een - geeft aan dat die eigenschap als minder goed ervaren wordt dan bij de andere twee.

Schrijf de nummers van de stalen in de bovenste rij van de tabel.

staal			
smaak (aromabeleving)			
	textuur/structuur		
ijzig [minder = + ; meer = -]			
cremigheid (boterig, vettig mondgevoel) [minder = + ; meer = -]			
	body		
mondgevoel [warmer = + ; kouder = -]			
body [meer = + ; minder = -]			
kleverig/gummy [minder = + ; meer = -]			
Waar gaat je voorkeur naar toe, naar het dubbele of het enkele staal?			
Opmerkingen			

BIJLAGE 4: RESULTATEN BIJ DE SMELTKARAKTERISTIEKEN

Stalen geproduceerd in de pilot plant

In onderstaande tabel worden de bekomen waarden getoond voor de first drop, de maximale afsmeltsnelheid en de maximaal afgesmolten massa van de stalen geproduceerd in de pilot plant. De verhouding wordt telkens berekend door de gemiddelde waarde van een bepaald recept te delen door de gemiddelde waarde van het referentie-ijs. De spreiding wordt berekend door de absolute waarde te nemen van het verschil tussen de twee metingen per recept. De waarde in de kolom spreiding/gemiddelde wordt bekomen door de spreiding te delen door de gemiddelde waarde van het referentie-ijs. In de kolom beoordeling staat bij de referentie aangegeven hoeveel 20 % van het gemiddelde bedraagt. Voor de andere recepten wordt aangegeven of ze voldoende gelijkend zijn of niet.

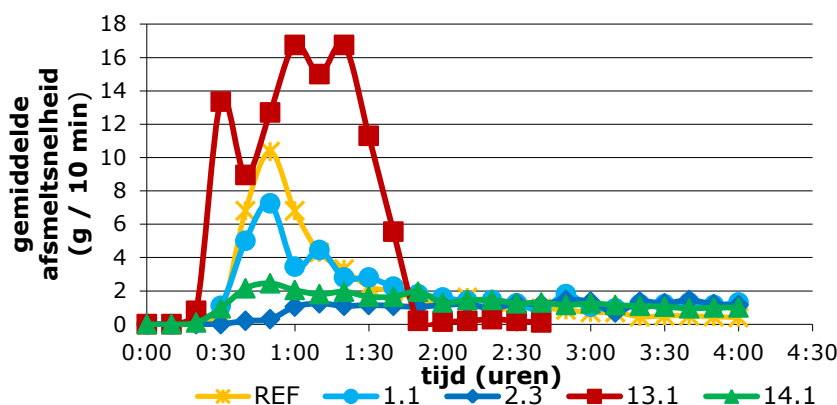
Tabel B.1: Resultaten van de first drop, de maximale afsmeltsnelheid en de maximaal afgesmolten massa bij de bepaling van de smeltkarakteristieken van de stalen geproduceerd in de pilot plant.

code	1	2	gemiddelde first drop	verhouding	spreiding	spreiding/gemiddelde	beoordeling
REF	14' 24"	21' 35"	18' 00"	1,0	07' 11"	0,40	03' 36"
1.1	13' 42"	17' 28"	15' 35"	0,9	03' 46"	0,21	gelijkend
2.3	45' 05"	31' 09"	38' 07"	2,1	13' 56"	0,77	afwijkend
13.1	17' 48"	16' 51"	17' 20"	1,0	00' 57"	0,05	gelijkend
14.1	23' 45"	19' 52"	21' 48"	1,2	03' 53"	0,22	afwijkend

code	1	2	gemiddelde maximale afsmeltsnelheid (g/min)	verhouding	spreiding (g/min)	spreiding/gemiddelde	beoordeling
REF	0,8	1,2	1	1,0	0,4	0,40	0,2
1.1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,1	0,10	gelijkend
2.3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,10	afwijkend
13.1	1,7	1,6	1,7	1,7	0,1	0,10	afwijkend
14.1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,10	afwijkend

code	1	2	gemiddelde maximale afgesmolten massa (g)	verhouding	spreiding (g)	spreiding/gemiddelde	beoordeling
REF	44,7	51,7	48,2	1,0	7	0,15	9,6
1.1	50,5	49,1	49,8	1,0	1,4	0,03	gelijkend
2.3	21,3	22,2	21,8	0,5	0,9	0,02	afwijkend
13.1	94,9	106,6	100,8	2,1	11,7	0,24	afwijkend
14.1	34,7	29	31,9	0,7	5,7	0,12	afwijkend

In grafiek B.1 wordt de gemiddelde afsmeltsnelheid per tien minuten getoond. De punten in deze grafiek worden bekomen door het verschil te nemen tussen twee opeenvolgende massa's. Door het maximum van een curve te delen door tien wordt de gemiddelde maximale afsmeltsnelheid van een bepaald recept bekomen.



Figuur B.1: Gemiddelde afsmeltsnelheid (g/10min) van de stalen geproduceerd in de pilot plant.

Stalen geproduceerd in de industriële proefproductie

In onderstaande tabel worden de bekomen waarden getoond voor de first drop, de maximale afsmeltsnelheid en de maximaal afgesmolten massa van de stalen geproduceerd tijdens de industriële proefproductie. De berekeningen gebeuren analoog als deze voor de stalen uit de pilot plant.

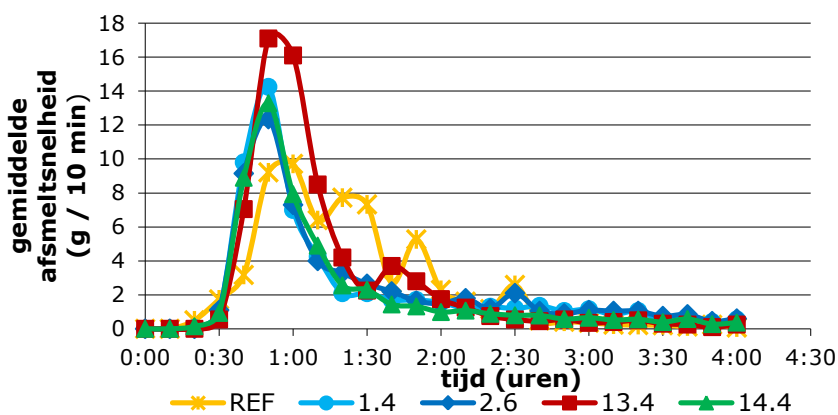
Tabel B.2: Resultaten van de first drop, de maximale afsmeltsnelheid en de maximaal afgesmolten massa bij de bepaling van de smeltkarakteristieken van de stalen geproduceerd in de industriële proefproductie.

code	1	2	gemiddelde first drop	verhouding	spreiding	spreiding/gemiddelde	beoordeling
REF	16' 05"	17' 58"	17' 01"	1,0	01' 53"	0,11	03' 24"
1.4	22' 49"	18' 22"	20' 35"	1,2	04' 27"	0,26	afwijkend
2.6	21' 20"	28' 06"	24' 43"	1,5	06' 46"	0,40	afwijkend
13.4	24' 10"	23' 19"	23' 45"	1,4	00' 51"	0,05	afwijkend
14.4	14' 52"	21' 02"	17' 57"	1,1	06' 10"	0,36	gelijkend

code	1	2	gemiddelde maximale afsmeltsnelheid (g/min)	verhouding	spreiding (g/min)	spreiding/gemiddelde	beoordeling
REF	1	1	1,0	1,0	0	0,00	0,2
1.4	1,4	1,4	1,4	1,4	0	0,00	afwijkend
2.6	1,3	1,2	1,3	1,3	0,1	0,10	afwijkend
13.4	1,8	1,7	1,8	1,8	0,1	0,10	afwijkend
14.4	1,3	1,4	1,4	1,4	0,1	0,10	afwijkend

code	1	2	gemiddelde maximale afgesmolten massa (g)	verhouding	spreiding (g)	spreiding/gemiddelde	beoordeling
REF	73,5	58,4	66,0	1,0	15,1	0,23	13,2
1.4	54,2	57,4	55,8	0,8	3,2	0,05	gelijkend
2.6	60,3	54,6	57,5	0,9	5,7	0,09	gelijkend
13.4	66,5	73,8	70,2	1,1	7,3	0,11	gelijkend
14.4	49,5	55,1	52,3	0,8	5,6	0,08	afwijkend

In grafiek B.2 wordt de gemiddelde afsmeltsnelheid per tien minuten getoond. De opbouw en verwerking van deze grafiek verloopt analoog met die bij de stalen uit de pilot plant. Ook uit deze grafiek blijkt dat de onderlinge verschillen tussen stalen die geproduceerd werden in de industriële productie aanzienlijk kleiner zijn dan deze tussen stalen geproduceerd in de pilot plant.



Figuur B.2: Gemiddelde afsmeltsnelheid (g/10min) van de stalen geproduceerd in de industriële proefproductie.

LITERATUURLIJST

- Alfrén, J., Peñarrieta, J.M., Bergenstahl, B. & Nilsson, L. (2012). Comparison of molecular and emulsifying properties of gum arabic and mesquite gum using asymmetrical flow field-flow fractionation. *Food Hydrocolloids*, 26 (1), 54-62.
- Alvarez, V.B. (2009). Chapter 10: ice cream and related products. In Clark, S., Costello, M., Drake, M. & Bodyfelt, F. (Eds.), *Sensory evaluation of dairy products* (2nd ed.) (p. 271-333). New York: Springer Science + Business Media.
- Andersen, A.M. (2008). Milk solids non fat (MSNF) in ice cream. *Danisco ice cream training course*. Onuitgegeven presentatie.
- Bahramparvar, M. & Tehrani, M.M. (2011). Application and functions of stabilizers in ice cream. *Food reviews international*, 27 (4), 389-407.
- BeMiller, J.N. (2008). 6.4 Gums and Related Polysaccharides. Fraser-Reid B., Tatsuta, K. & Thiem J. (Eds.). *Glycoscience*. Berlijn: Springer- Verlag Berlin Heidelberg.
- Chaires-Martinez, L., Salazar-Montoya, J.A & Ramos-Ramírez, E.G. (2008). Physicochemical and functional characterization of the galactomannan obtained from mesquite seeds (*Prosopis pallida*). *European Food Research and Technology*, 227 (6), 1669-1676.
- Chang, Y.H., Cui, S.W., Roberts, K.T., Ng, P.K.W. & Wang, Q. (2011). Evaluation of extrusion-modified fenugreek gum. *Food Hydrocolloids*, 25 (5), 1296-1301.
- Chang, Y. & Hartel, R.W. (2002). Stability of air cells in ice cream during hardening and storage. *Journal of Food Engineering*, 55 (1), 59-70.
- Christensen, F.H. (2008). Ice cream processing, part I. Danisco ice cream training course. Onuitgegeven presentatie.
- Chudzikowski, R.J. (1971). Guar gum and its applications. *Journal of the Society of Cosmetic Chemists of Great Britain*, 22 (1), 43-60.
- Clarke, C. (2004). *The science of ice cream*. (p. 60-83). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Clark, J.P. (2009). Chapter 11: ice cream. *Food Engineering Series, Case studies in food engineering* (vol. 2, p. 103-11). New York: Springer Science + Business Media.
- Daas, P.J.H., Schols, H.A. & de Jongh, H.H.J. (2000). On the galactosyl distribution of commercial galactomannans. *Carbohydrates Research*, 329 (3), 609-619.
- Dahl, L. (2007). Determination of the melting rate of ice cream. *Technical memorandum 2520, Danisco*. Onuitgegeven nota's.
- Dakia, A.P., Blecker, C., Robert, C., Wathélet, B. & Paquot, M. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food Hydrocolloids*, 22 (5), 807-818.
- Danisco. (2007). Heat shock stability test for ice cream. *Technical memorandum 2524, Danisco*. Onuitgegeven nota's.
- Danisco. (2008). Ice cream training course 2008, onuitgegeven presentaties.
- Danisco. (2012). Ice cream training course 2012, onuitgegeven presentaties.

- Dubey, U.K. & White, C.H. (1997). Ice cream shrinkage: a problem for the ice cream industry. *Journal of Dairy Science*, 80 (12), 3439-3444.
- Falshaw, R., Bixler, H.J., Johndro, K. (2001). Structure and performance of commercial kappa-2-carrageenan extracts I. Structure analysis. *Food Hydrocolloids*, 15 (4-6), 441-452
- Farstrup, K. (2008). Sugars for ice cream. *Danisco ice cream training course*. Onuitgegeven presentatie.
- Flores, A.A. & Goff, H.D. (1999). Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers. *Journal of Dairy Science*, 82 (7), 1408-1415.
- Geneq. (s.a.). Bostwick Consistometer. Gevonden op het internet: http://www.geneq.com/catalog/en/consisto_botwick.html, 13 augustus 2012.
- Glacio. (2009). Ice cream designers. Gevonden op het internet: www.glacio.be, 3 juli 2012.
- Glacio. (2012). *Glacio presentation*. Onuitgegeven presentatie.
- Goff, H.D. (1997). Colloidal aspects of ice cream- a review. *International Dairy Journal*, 7 (6-7), 363-373.
- Goff, H.D. (2002). Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 7 (5-6), 432-437.
- Goff, H.D. (2006). Ice cream. In Fox, P.F. & McSweeney, P.L.H. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids*, (p. 441-450). New York: Springer Science + Business Media.
- Goff, H.D. (s.a.). Ice cream manufacture. Gevonden op het internet: <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icmanu.html>, 20 juli 2012.
- Goff, H.D. (s.a. (b)). Structure of ice cream. Gevonden op het internet: <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icstructure.html>, 24 juli 2012.
- Goff, H.D. & Jordan, W.K. (1989). Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, 72 (1), 18-29.
- Goff, H.D., Verespej, E. & Smith, A.K. (1999). A study of fat and air structures in ice cream. *International Dairy Journal*, 9 (11), 817-829.
- Goh, C.H., Heng, P.W.S. & Chan, W.L. (2012). Alginates as a useful natural polymer for microencapsulation and therapeutic applications. *Carbohydrate Polymers*, 88 (1), 1-12.
- GumTechnology. (2012). CoyoteBrand Tara Gum. [Brochure]. Gevonden op het internet: [http://www.gumtech.com/products/ProductResults.php?preapp=Dairy&app=ice cream](http://www.gumtech.com/products/ProductResults.php?preapp=Dairy&app=ice%20cream), 13 juli 2012.
- Hoefler, A.C. (2000). Introduction to food gums: chemistry, functionality and applications. *Hercules Incorporated Food Gums Group, Wilmington*. Gevonden op het internet: <http://class.fst.ohio-state.edu/fst621/Additive%20classes/ggum3.pdf>, 10 juli 2012.
- IngremaSwiss. (2012 (a)). Ingresan G-10 Serie. [Productspecificatie].

IngremaSwiss. (2012 (b)). Ingresan G-30 Serie. [Productspecificatie]

Jimenez-Colmenero, F., Cofrades, S., Herrero, A.M., Solas, M.T. & Ruiz-Capillas C. (2012). Konjac gel for use as potential fat analogue for healthier meat product development: Effect of chilled and frozen storage. *Food Hydrocolloids*, 30 (1), 351-357.

Katzbauer, B. (1998). Properties and applications of xanthan gum. *Polymer Degradation and Stability*, 59 (8), 81-84.

Klyosov, A.A., Dotsenko, G.S., Hinz, S.W.A. & Sinitsyn, A.P. (2012). Structural features of β -(1-4)-D-galactomannans of plant origin as a probe for β -(1-4)-mannanase polymeric substrate specificity. *Carbohydrate Research*, 352 (11), 65-69.

Koninklijk besluit van 11 juni 2004 betreffende consumptie-ijs. (2004,23 juli). *Belgisch Staatsblad*.

Krog, N. (2002). Food emulsifiers-chemical structure and physico-chemical properties. *Technical paper 18, Danisco*. Onuitgeven nota's.

Kuntz, L. (2009). Locust bean gum: good as gold. *Food Product Design*, 18 (8).
Gevonden op het internet: <http://www.foodproductdesign.com/topics/gums-starches.aspx>, 9 juli 2012.

Marshall, R.T., Goff, H.D. & Hartel, R.W. (2003). *Ice cream (sixth edition)*. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers.

Méndez-Velasco, C. & Goff, H.D. (2012). Fat structure in ice cream: A study on the types of fat interactions. *Food Hydrocolloids*, 29 (1), 152-159.

Mirhosseini, H. & Amid, B.T. (2012). A review study on chemical composition and molecular structure of newly plant gum exudates and seed gums. *Food Research International*, 46 (1), 387 - 398.

Murtaza, M. A., Ud Din, G.M., Huma, N., Shabbir, M.A. & Mahmood, S. (2004). Quality evaluation of ice cream prepared with different stabilizers/emulsifier blends. *International journal of agriculture & biology*, 6 (1), 65-67.

Muse, M.R. & Hartel, R.W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. *Journal of Dairy Science*, 87 (1), 1-10.

Naresh, L. & Shailaja, U. M. (2006). Stabilizer blends and their importance in ice cream industry – A Review. *New Zealand Food Magazine*.

Palaniraj, A. & Jayaraman, V. (2011). Production, recovery and applications of xanthan gum by *Xanthomans campestris*. *Journal of Food Engineering*, 106 (1), 1-12.

Pandelaers, L. (2012). *Melkvervanging in consumptie-ijs: receptuuroptimalisatie in functie van kostprijs*. Onuitgegeven masterthesis, Katholieke Hogeschool Kempen, Departement Industriële en Biowetenschappen.

Petzold, G. & Aguilera, J.M. (2009). Ice morphology: fundamentals and technological applications in foods. *Food Biophysics*, 4 (4), 378-396.

Prenzo, A. (2011). The world of cellulose gums. *Food product design*, 21 (5), 1-3.
Gevonden op het internet: <http://www.foodproductdesign.com/topics/gums-starches.aspx>, 9 juli 2012.

Provisco Swiss Food Systems. (2012). News/information: raw material: carrageenan. Gevonden op het internet: http://www.provisco.ch/english/infothek_rohstoffe_carrageen.html, 13 juli 2012.

Schorsch, C., Jones, M.G. & Norton, I.T. (2000). Phase behaviour of pure micellar casein/ κ -carrageenan systems in milk salt ultrafiltrate. *Food Hydrocolloids*, 14 (4), 347-358.

Shepperd, W.D. (2009). *Ceratonia siliqua* L. - carob. *Agriculture Handbook No. 727* (p. 371-373). Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

SilvaTeam. (2012). Food ingredients: tara gum. Gevonden op het internet: <http://en.silvateam.com/Products-Services/Food-Ingredients/Tara-gum>, 13 juli 2012.

Sofjan, R.P. & Hartel, R.W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *International Dairy Journal*, 14 (3), 255-262.

Soukoulis, C., Chandrinou, I. & Tzia, C. (2008). Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ -carrageenan on storage quality of vanilla ice cream. *LWT- Food Science and Technology*, 41 (10), 1816-1827.

Soukoulis, C., Lyroni, E. & Tzia, C. (2010). Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yoghurt and milk fat content. *LWT- Food Science and Technology*, 43 (9), 1351-1358.

Spagnuolo, P.A., Dagleish, D.G., Goff, H.D. & Morris, E.R. (2005). Kappa-carrageenan interactions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydrocolloids*, 19 (3), 371-377.

Stamatiou, E., Meewisse, J.W., Kawaji, M. (2005). Ice slurry generation involving moving parts. *International Journal of Refrigeration*, 28 (1), 60-72. Gevonden op het internet: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014070070400146X>, 20 juli 2012.

Thaïudom, S. & Goff, H.D. (2003). Effect of κ -carrageenan on milk protein polysaccharide mixtures. *International Dairy Journal*, 13 (9), 763-771.

Van Tichelt, G. (2005). *Pilootinstallatie voor bereiding van consumptie-ijs: Handleiding, smeltkarakteristiek en heat shock test*. Onuitgegeven eindwerk, Katholieke Hogeschool Kempen, Departement Industriële en Biowetenschappen.

Verordening (EU) nr. 605/2010 van de commissie van 2 juli 2010 tot vaststelling van de volks- en diergezondheidsvoorwaarden en de veterinaire certificeringsvoorschriften voor het binnenbrengen in de Europese Unie van rauwe melk en zuivelproducten, bestemd voor menselijke consumptie. (2010, 10 juli). *Publicatieblad van de Europese Unie*, 1 (L175), 1-24.

Verordening (EU) nr. 889/2008 van de commissie van 5 september 2008 tot vaststelling van bepalingen ter uitvoering van Verordening (EG) nr. 834/2007 van de Raad inzake de biologische productie en de etikettering van biologische producten, wat de biologische productie, de etikettering en de controle betreft. (2008, 18 september). *Publicatieblad van de Europese Unie*, 1 (L250), 1-84.

Verordening (EU) nr. 1333/2008 van het Europees parlement en de raad van 16 december 2008 inzake levensmiddelenadditieven. (2008, 31 december). *Publicatieblad van de Europese Unie*, 16 (L354), 16-33.