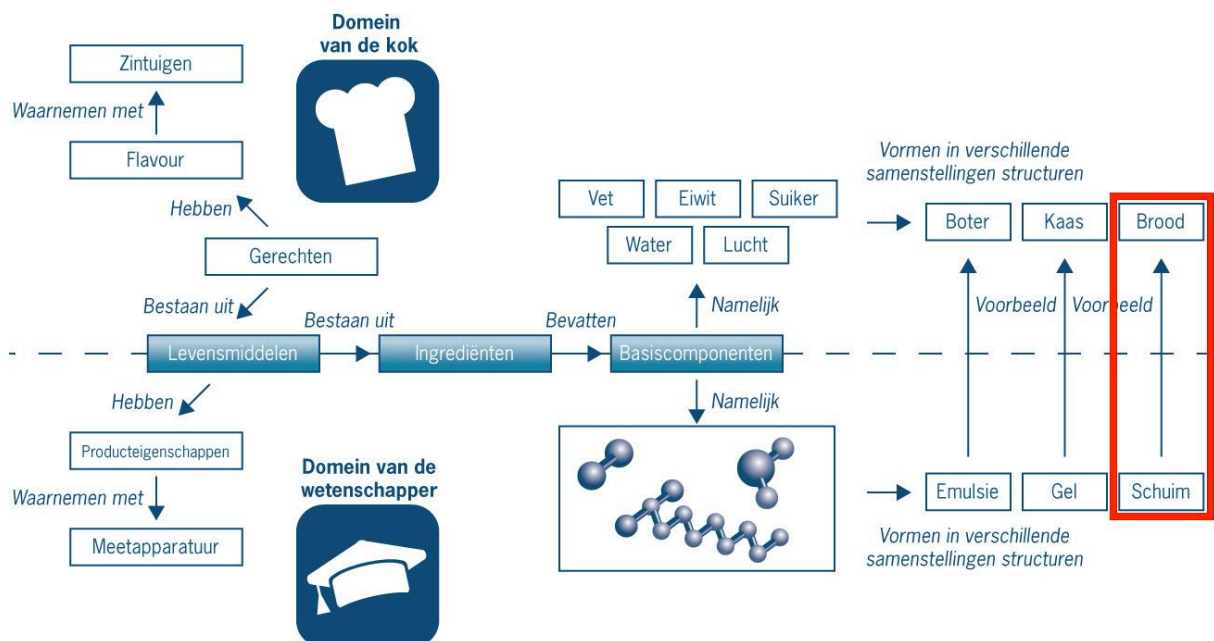


4 Schuimen

Voor de hand liggende voorbeelden van **schuimen** in de keuken zijn slagroom, chocolademousse en cappuccinoschuim. Maar wist je dat brood, krentenbollen en ijs ook schuimen zijn? Al deze levensmiddelen hebben als overeenkomst dat er gas in zit.

Ferran Adrià is een van de beroemdste koks ter wereld. Tussen 2006 en 2009 is hij vier maal op rij verkozen tot beste chef ter wereld. Hij kookt in het trendsettende Spaanse restaurant El Bulli. Het unieke aan de filosofie van de keuken van El Bulli is dat men bestaande gerechten als het ware uit elkaar trekt en ze vervolgens op een heel nieuwe manier weer in elkaar zet. Hiervoor worden nieuwe ingrediënten en materialen gebruikt. Kijk naar het volgende filmpje ([URL-2](#)) om een indruk te krijgen van wat er allemaal gebeurt bij El Bulli.



Figuur 48 De rode draad

De Nederlandse kok Moshik Roth heeft naar aanleiding van de filosofie van El Bulli een 'nieuwe' hutspot gecreëerd. Met de verschillende levensmiddelen uit de hutspot (wortel, aardappel, ui en rookworst) is een schuimstructuur gemaakt. Dit maakt het eten van het gerecht hutspot tot een nieuwe beleving.

Hoe kun je een schuim wetenschappelijk gezien definiëren?

Een schuim is een dispersie van gas in een continue fase. De continue fase bestaat uit een combinatie van de basiscomponenten water, eiwitten, koolhydraten en vetten. Niet alle basiscomponenten zitten in elk schuim. Een bierschuim bijvoorbeeld bestaat alleen uit water, eiwit en koolhydraten. De gasbellen in het schuim variëren in grootte van enkele millimeters (slagroom), tot enkele centimeters (brood). De continue fase in een schuim vormt vaak een dunne laag, die ook wel een **filmlaag** wordt genoemd. Je kunt de schuimen indelen in twee categorieën, afhankelijk van de moleculen in de continue fase:

- Schuimen die gebaseerd zijn op eiwitten en koolhydraten.
- Schuimen die gebaseerd zijn op eiwitten en vetten.

Het verschil tussen een emulsie en een schuim

De disperse fase in een emulsie een vloeistof is en in schuim een gas.

Een vloeistofdruppel in een emulsie is een factor 1000 kleiner dan een gasbel in een schuim.

Verschillen tussen vloeistoffen en gassen die in dit verband van belang zijn:

- Gassen en vloeistoffen verschillen een factor 1000 in dichtheid.
- Een gas kun je meer samenpersen dan een vloeistof.
- De oplosbaarheid van gassen in water is groter dan de oplosbaarheid van olie in water.

In dit hoofdstuk zal de nadruk liggen op schuimen die gebaseerd zijn op eiwitten en koolhydraten. Schuimen kunnen vloeibaar zijn (bv. bierschuim), maar ook vast (bv. broodschuim). Daarnaast zijn er nog heel veel schuimen die er tussenin zitten: ze zijn niet geheel vast, maar ook niet geheel vloeibaar (bv. brooddeeg, slagroom en chocolademousse). De onderverdeling in vaste en vloeibare schuimen is ook terug te vinden in Figuur 49, een tabel die je ook hebt gezien in hoofdstuk 2.

		Disperse fase (opgeloste stof)		
		Gas	Vloeibaar	Vast
Continue fase (oplosmiddel)	Gas	[geen] alle gassen zijn goed oplosbaar in elkaar	vloeibare aerosol <i>mist</i>	vaste aerosol <i>rook</i>
	Vloeibaar	schuim <i>bierschuim</i>	emulsie <i>mayonaise, melk</i>	suspensie <i>zetmeeloplossing</i>
	Vast	vast schuim <i>brood</i>	vaste emulsie (gel) <i>kaas, gelatine</i>	vaste stof <i>legeringen (brons)</i>

Figuur 49 Soorten dispersies

Leerdoelen

Nadat je dit hoofdstuk hebt doorgenomen ken/kun je:

1. de moleculaire interacties tussen eiwitten en koolhydraten die aan de basis staan van een schuim.
2. met de kennis opgedaan in dit hoofdstuk de vorming van andere schuimen die niet zijn behandeld begrijpen.
3. drie processen die voor de stabiliteit van schuimen zorgen.
4. de ideeën achter moleculair gastronomische schuimen.

Indeling van dit hoofdstuk

Paragrafen:

- 4.1 *De rol van eiwitten in een schuim*
Verdieping in de interacties van eiwitten in schuim.
- 4.2 *De rol van suikers in een schuim*
Verdieping in de interacties van koolhydraten in schuim.
- 4.3 *De stabiliteit van schuimen*
Beschrijving van de drie mechanismen die voor de stabiliteit van een schuim zorgen.
- 4.4 *Voorbeelden van schuimen in de moleculair gastronomische keuken*
Moleculair gastronomische schuimen en enkele voorbeelden van schuimen.

4.1 De rol van eiwitten in een schuim

Als voorbeeld in dit hoofdstuk ga je kijken naar de meringue. Een meringue is een luchtig en knapperig schuimpje dat vaak als dessert wordt opgediend. De belangrijkste ingrediënten zijn eiwit en suiker. Er doen meerdere verhalen de ronde over de geschiedenis van de meringue. Het schuimpje zou volgens de overlevering uitgevonden zijn in de Zwitserse stadje Meiringen door een Italiaanse chef. Het recept voor een meringue werd al in 1692 opgetekend door de Franse kok François Massialot. Er zijn vele variaties op het recept. De meest bekende meringue is de harde en luchtige variant. Ter illustratie vind je hieronder een van de recepten om meringue te maken. Je hoeft het niet uit te voeren.



Figuur 50 Een meringue (Van der Linden, 2008)

Recept Meringue

Ingrediënten

- 2 eiwitten (d.w.z. het wit van twee eieren)
- 100 gram suiker
- 1 tl azijn

Benodigdheden

- oven
- Bakpapier

Bereiding Verwarm de oven voor op 100 graden.

Klop de eiwitten stijf en voeg ondertussen beetje bij beetje de suiker toe totdat het een mooie stijve massa wordt. Voeg de azijn toe en klop alles goed door elkaar. Vorm met 2 lepels ongeveer 12 ovale vormpjes op een met bakpapier bekleed bakblik of spuit de massa met een spuitzak in vormpjes op het bakblik. Bak de schuimgebakjes ongeveer 1 uur voor kleine vormpjes tot 1 uur en 20 minuten voor grote. De buitenkant moet droog zijn en gemakkelijk van het bakpapier loslaten.

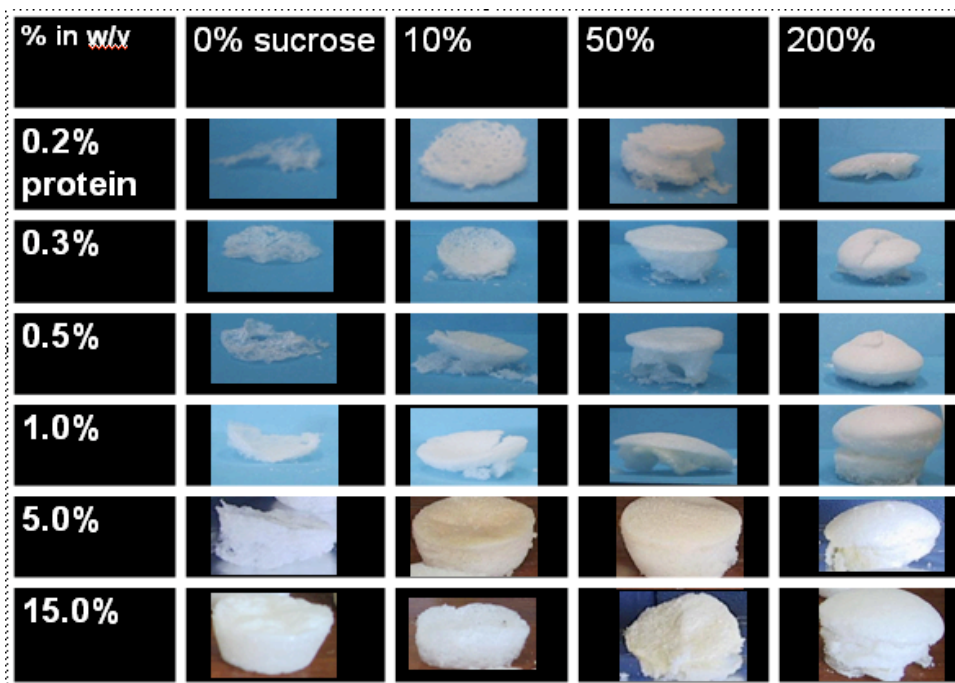
Opgave 1 De microstructuur van een meringue

1. Zoek in de online voedingswaardetabel ([URL-3](#)) op welke hoofdbestanddelen er in het wit van een ei zitten. (Mocht je geen computer bij de hand hebben kun je de docent vragen om een uitgeprinte versie). Maak een tekening van de microstructuur van een meringue na het stijfkloppen, voordat deze de oven ingaat. Geef in de tekening aan wat de disperse en wat de continue fase is.
2. Geef aan welke moleculen in de disperse en welke in de continue fase zitten.
3. Het eiwit treedt op als emulgator. Teken het eiwit in het schuim. Geef schematisch aan waar het hydrofiele en waar het hydrofobe gedeelte zit.

Onderzoekers van Wageningen University hebben samen met Jonnie Boer, eigenaar van het driesterrenrestaurant De Librije, onderzoek gedaan naar de meringue. De Librije wilde schuimen maken die vergelijkbaar zijn met de meringue, maar met een andere smaak. Jonnie Boer wist uit ervaring dat je bijvoorbeeld met appel wel een schuim kunt maken, maar niet met meloen. De koks van de Librije wilden graag een standaardrecept voor het maken van een schuim, waarmee ze schuimen zouden kunnen maken met alle mogelijke ingrediënten.

De wetenschappers en de koks waren geïnspireerd door ijs. Ijs is namelijk ook een schuim en het bestaat in honderden variaties in smaken en kleuren. Zou het mogelijk zijn om met de meringue ook zoveel variaties te maken? Kun je de smaak veranderen en toch de structuur hetzelfde houden bij meringues? Om antwoord op deze vraag te krijgen, ga je kijken naar de wetenschap achter de meringue.

Figuur 51 laat meringues zien die met verschillende concentraties eiwit en suiker (sucrose) zijn bereid. In dit hoofdstuk kom je erachter hoe de variatie in de concentratie van de basiscomponenten ervoor zorgt dat deze meringues er zo verschillend uitzien.



Figuur 51 Meringues met verschillende sucrose- en eiwitconcentraties.

In de meringue worden de basiscomponenten eiwit, suiker en lucht met elkaar gemengd.

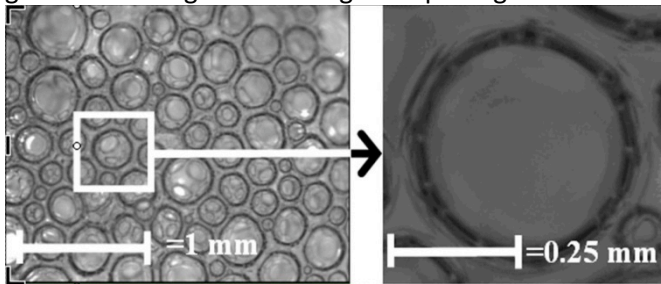
Het eiwit heeft drie functies in de meringue:

1. Het dient als emulgator, ook wel een oppervlakteactieve stof genoemd.
2. Het zorgt ervoor dat het schuim stabiel blijft wanneer het is opgeklopt.
3. Door de denaturatie van het eiwit in de warme oven, wordt het schuim nog stabiel.

Al deze drie functies zul je later nog tegenkomen in dit hoofdstuk.

Je begint bij het maken van een meringue met het kloppen van het eiwit (het wit van een ei). Je slaat dan met een garde lucht, de disperse fase, in het water van het eiwit. Waarom gaan de luchtbelletjes die je op deze manier in de waterfase slaat, er niet meteen weer uit? Zoals in het hoofdstuk "emulsies" al behandeld is, zitten er in het wit van een ei emulgatoren (oppervlakteactieve stoffen). De emulgatoren in het wit van een ei zijn eiwitten (proteïnen).

In de mayonaise gingen de emulgatoren op het grensvlak van water en olie zitten. In de meringue is geen olie. Hier gaat de emulgator op het grensvlak van water en lucht zitten, net zoals bij zeepsop.



Figuur 52 De meringue op microschaal

Er zit wat tijd tussen het opkloppen van het schuim en het in de oven zetten. In deze tijd zorgt het eiwit er samen met de suiker voor dat het schuim niet inzakt. Ze vormen samen als het ware stevige wanden tussen de luchtbelletjes, waardoor het samengaan van meerdere kleine luchtbelletjes tot een grotere wordt voorkomen.

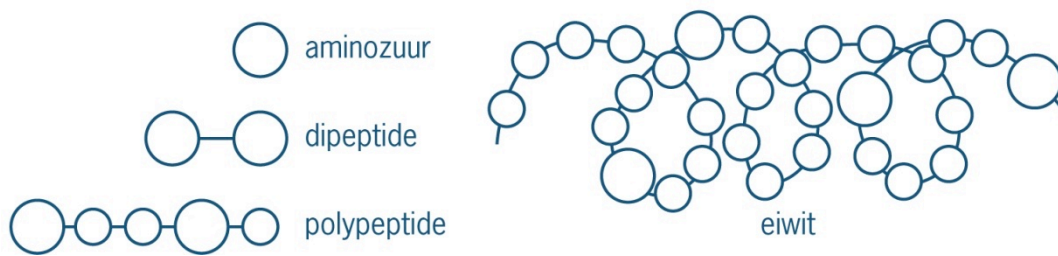
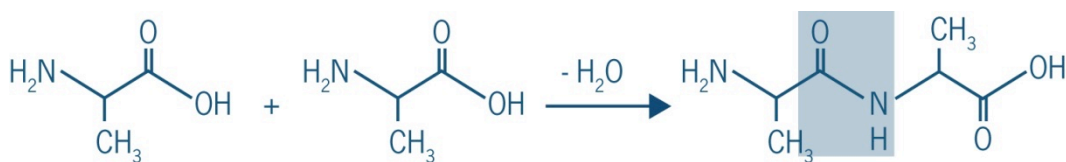
Opgave 2 Hoeveel eiwit is er nodig

1. Een kok gaat een meringue maken. Hij heeft nog maar een paar eieren. Deze wil hij zo optimaal mogelijk gebruiken om zoveel mogelijk meringue te maken. Reken uit hoeveel luchtbelletjes er in één liter meringue schuim zitten. Maak hierbij gebruik van de volgende gegevens:
 - a. De diameter van de luchtbelletjes in de meringue is 0.4 mm.
 - b. 80% van het schuim bestaat uit lucht.
2. Het eiwit gaat helemaal op het grensvlak van de lucht en de vloeistof zitten. Reken uit hoeveel eiwit er per m² luchtbel nodig is voor het grensvlak. Je hebt de volgende gegevens:
 - a. Met 150 mg eiwit kun je een halve liter meringue schuim maken (totaal volume).
 - b. Ga er weer vanuit dat 80% van het schuim uit lucht bestaat.
3. Bepaal nu hoeveel liter meringue je kunt maken met 1 ei. In 1 ei zit 1000 mg eiwitten.

Wanneer de meringue in de oven wordt verwarmd, gaan de eiwitten die erin zitten denatureren.

Eiwitdenaturatie is de verandering van de structuur van eiwitten onder invloed van warmte, zuur, alcoholen, zout of kloppen. Eiwitten denatureren dus als ze blootgesteld worden aan hogere temperaturen en ook door het kloppen van het eiwit.

Door het denatureren van de eiwitten en door de toegevoegde suiker wordt het vloeibare schuim een vast schuim. Om het begrip eiwitdenaturatie te begrijpen moet je inzoomen op de secundaire en tertiaire structuur van eiwitten.

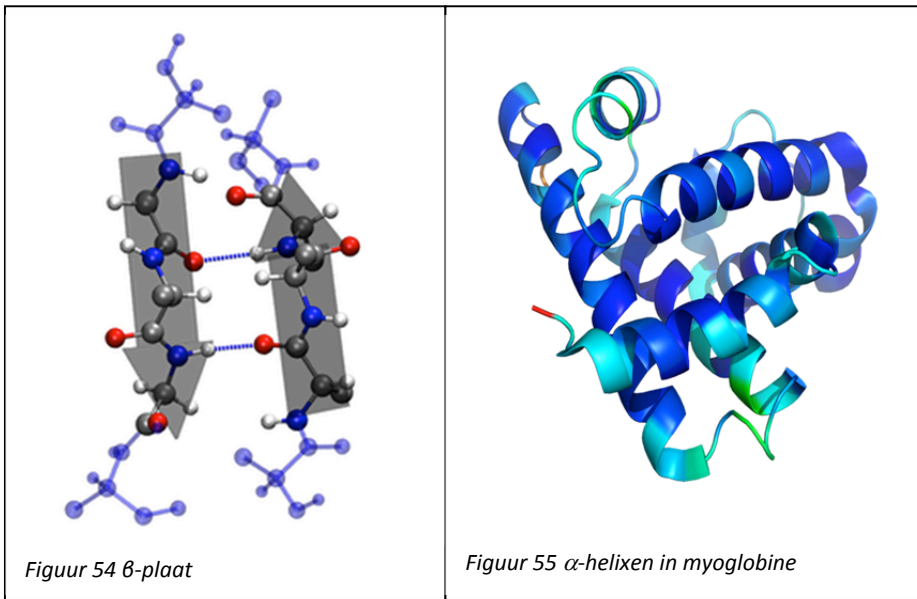


Figuur 53 Eiwitten

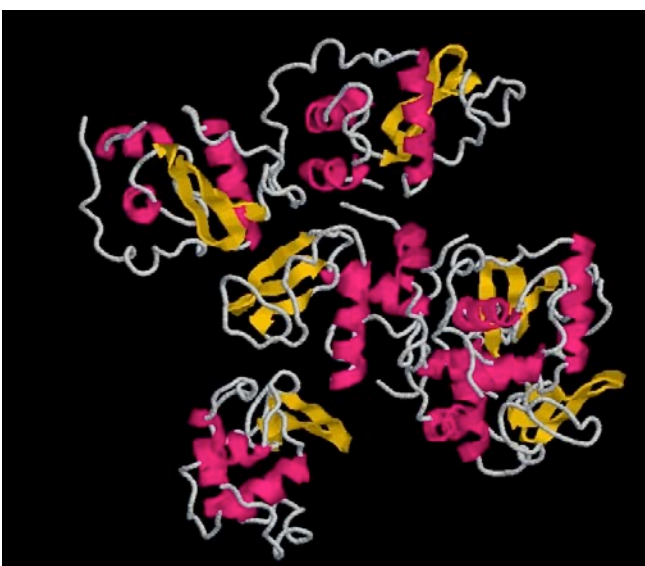
In hoofdstuk 2 is de bouw van eiwitten behandeld en de primaire, secundaire, tertiaire en quaternaire structuur van eiwitten uitgelegd. Met de secundaire structuur van een eiwit wordt bedoeld hoe de aminozuurketen waaruit het eiwit bestaat zich in de ruimte 'oprolt', 'krult', kortom welke ruimtelijke vorm hij aanneemt. Welke vorm ontstaat wordt grotendeels bepaald door de waterstofbruggen die de aminozuren met elkaar aangaan.

Ten eerst ontstaat er een spiraalstructuur. Deze vorm wordt de α -helix genoemd (Figuur 55).

Myoglobine (een eiwit dat in spierweefsel voorkomt) is een voorbeeld van een eiwit dat voornamelijk uit helixen bestaat is. Wanneer de eiwitketen zich niet door middel van waterstofbruggen tot een perfecte spiraal kan 'opkrullen', ontstaat een β -plaat (Figuur 54).



De manier waarop deze β -platen en α -helixen driedimensionaal (= ruimtelijk) gerangschikt zijn, wordt de tertiaire structuur van een eiwit genoemd. In figuur 56 is de tertiaire structuur te zien van het eiwit alfa lactalbumine, dat in melk voorkomt. De rode spiralen zijn de α -helixen en de gele pijlen de β -platen.



Figuur 56 Alfa lactalbumine

Opgave 3 De tertiaire structuur van beta-lactoglobuline

Het eiwit beta-lactoglobuline komt veel in melk voor.

Ook dit eiwit heeft β -platen (de gele pijlen) en α -helixen (de rode spiralen).

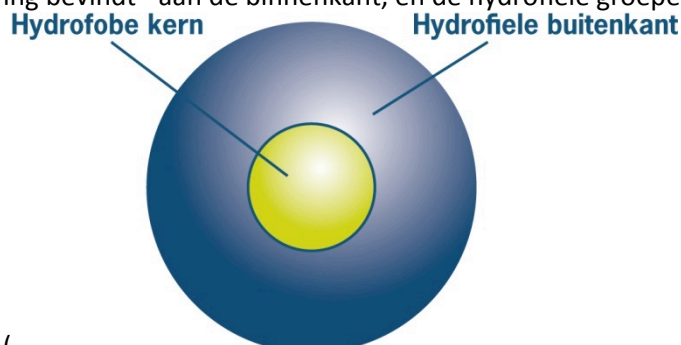


1. Uit dit eiwit zijn twee stukken aminozuurketens geknipt.
DALFKAL
ENKVKDT
Schrijf de namen van deze aminozuren (in drieletterafkortingen) naast elkaar. Gebruik tabel 67C uit BINAS.
2. Teken de structuur van deze twee aminozuurketens met behulp van de structuurformules uit BINAS.
3. Bepaal op basis van het type aminozuren of de twee aminozuurketens a en b ruimtelijk een β -plaat of een α -helix zullen vormen.

De optelsom van de secundaire en tertiaire structuur van het eiwit wordt ook wel de conformatie van het eiwit genoemd. Omdat deze conformatie gestabiliseerd wordt door met name waterstofbruggen, is hij minder sterk dan de covalente bindingen die tussen de aminozuren zitten. Gebaseerd op de conformatie kunnen twee typen eiwitten onderscheiden worden.

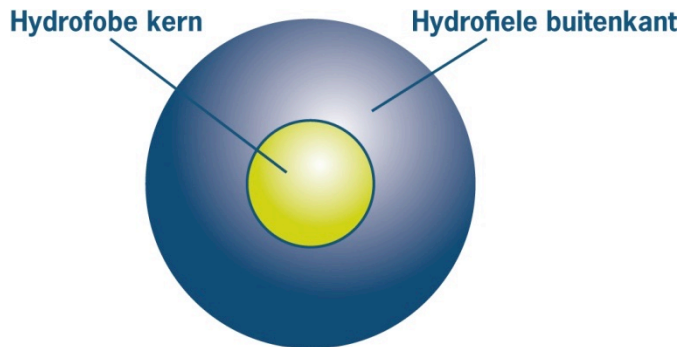
- Globulaire eiwitten
- Random coil eiwitten

Alfa lactalbumine is een voorbeeld van een globulair eiwit (*Figuur 56*). Globulaire eiwitten hebben veel secundaire en tertiaire structuur. De hydrofobe groepen van het eiwit zitten - als het eiwit zich in een waterige omgeving bevindt - aan de binnenkant, en de hydrofiële groepen aan de buitenkant



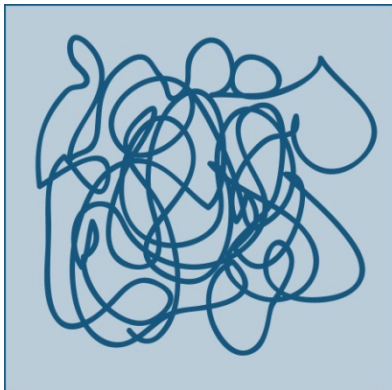
van het eiwitmolecuul (

Figuur 57). Een globulair eiwit heeft dus een hydrofobe kern en een hydrofiële buitenkant. Globulaire eiwitten zijn erg compact; daarom zwellen ze niet op in water. Voorbeelden van globulaire eiwitten zijn glyadine (graaneiwit), β -lactoglobuline (melk-eiwit) en ovalbumine (ei-eiwit).



Figuur 57 Globulair eiwit schematisch

Random coil eiwitten zijn lange lineaire ketens, zonder secundaire en tertiaire structuur. Deze random coil eiwitten zijn grofweg in een ronde vorm opgerold. De afmetingen van deze eiwitten hangen af van de temperatuur, de buigbaarheid van de keten en het type oplosmiddel (bijvoorbeeld water met of zonder zout). Sommige eiwitten zijn van nature random coil eiwitten, bijvoorbeeld caseïne of gelatine. Een schematische tekening van een random coil eiwit is te zien in Figuur 58.



Figuur 58 Random coil eiwit schematisch

Bij denaturatie worden globulaire eiwitten omgezet in random coil eiwitten. Het eiwit in de meringue bestaat grotendeels uit ovalbumine (ei-eiwit), een globulair eiwit. Naast waterstofbruggen spelen ook andere bindingen spelen een rol in de stabilisatie van het molecuul, namelijk:

- Covalente zwavelbindingen
- Hydrofobe interacties
- Vanderwaalsbindingen
- Ion-bindingen

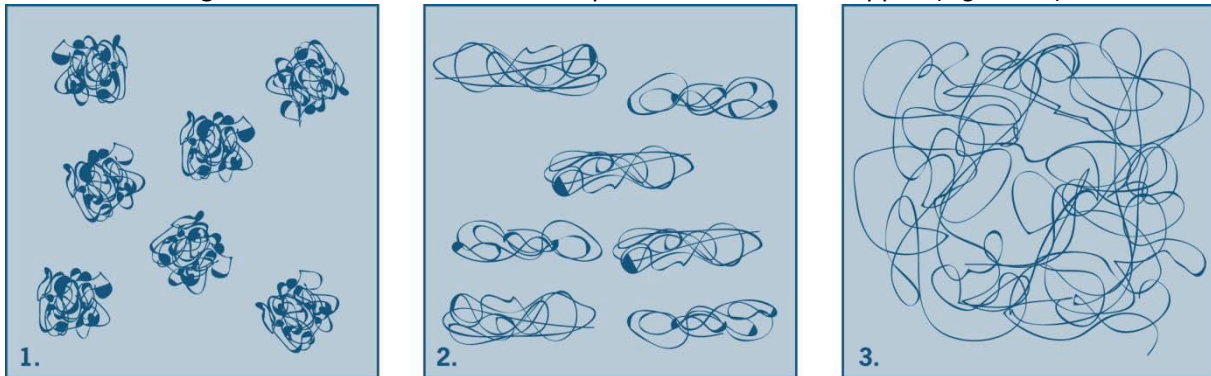
Het kloppen van het eiwit veroorzaakt denaturatie. Wanneer de garde tijdens het kloppen door het eiwit gaat, worden er krachten op de eiwitmoleculen uitgeoefend die ervoor zorgen dat het eiwitmolecuul open gaat.

Bij het verhitten van het meringueschuim in de oven treden nog meer veranderingen op. De warmte heeft tot gevolg dat waterstofbruggen, ion-bindingen, vanderwaalsbindingen en covalente

zwavelbindingen worden verbroken. Daardoor wordt het eiwit uit zijn globulaire structuur getrokken en verandert het in een random coil eiwit.

De veranderingen die plaatsvinden op moleculair niveau zijn ook met het blote oog te zien. Het meringueschuim wordt namelijk wit en hard, wanneer het verhit wordt. Maar hoe kun je deze verandering verklaren?

Deze verandering heet eiwitdenaturatie en vindt plaats in een aantal stappen (Figuur 59):



Figuur 59 Eiwitdenaturatie in drie stappen

In stap één zijn de eiwitten nog globulair. In de tweede stap zijn er een aantal bindingen zoals waterstofbruggen verbroken. De eiwitten gebruiken de plaatsen waar bindingen zijn verbroken om nieuwe bindingen aan te gaan met andere eiwitten. Hierdoor ontstaat een netwerk van eiwitten. Dit is te zien in stap drie. Een voorbeeld van zo'n netwerk is een gekookt ei. Dit netwerk zorgt voor de stevigheid van het gekookte ei. Eiwitdenaturatie kan ook wel als volgt weergegeven worden:

Eiwit (stap 1) \rightleftharpoons Gedeeltelijke denaturatie (stap 2) \rightarrow Onomkeerbare denaturatie (stap 3)

Tot op zekere hoogte is eiwitdenaturatie een omkeerbaar proces. Er bestaat aanvankelijk een evenwicht tussen het eiwit en het gedeeltelijk gedeneatureerde eiwit. Maar op een gegeven moment is de reactie aflopend en is er sprake van een onomkeerbaar proces. Dit vindt ook plaats bij het koken van een ei.

Waardoor ontstaat de witte kleur van een gekookt ei? In hoofdstuk 3 heb je kunnen lezen dat emulsies wit zijn omdat de vetdruppels groter zijn dan de golflengte van licht. De eiwitten in een ei daarentegen zijn niet groter dan de golflengte van het licht (ze zijn ongeveer 5 nm). Het normale eiwit in een ei is dus doorzichtig. Toch wordt het wit als het gekookt wordt. Door het koken gaan de eiwitten uit het eitje denatureren en aan elkaar plakken. Hierdoor ontstaat een cluster. Deze clusters bestaan uit heel veel moleculen, waardoor de grootte van het eiwitcluster bijna een micrometer wordt. Deze grootte is groter dan de golflengte van licht en daardoor is een gekookt ei wit van kleur.

Opgave 4 Eiwitdenaturatie

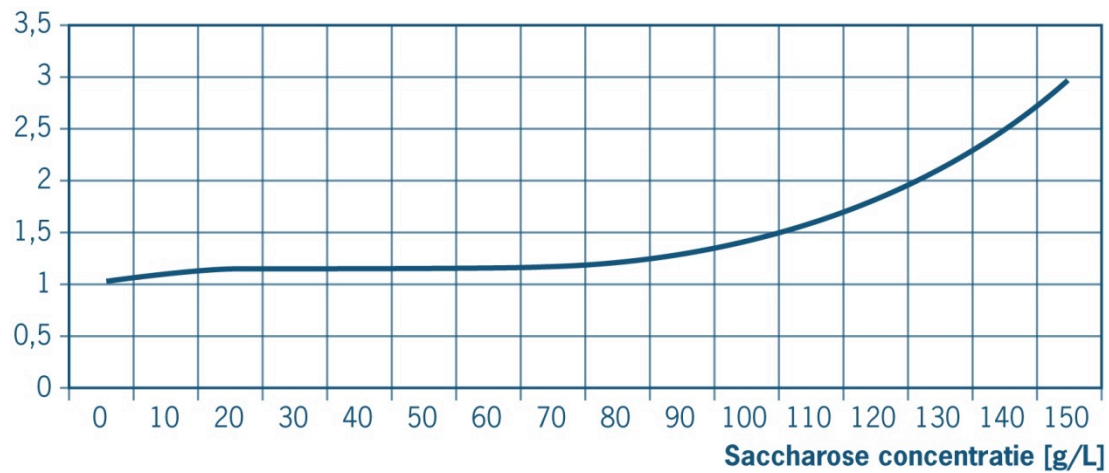
Bekijk het volgende filmpje ([URL-4](#)) voor meer uitleg over eiwitdenaturatie. Worden bij eiwitdenaturatie de covalente bindingen tussen de koolstofatomen in de aminozuurketen verbroken? Leg je antwoord uit.

4.2 De rol van suikers in een schuim

In de meringue is naast het basismolecuul eiwit ook het basismolecuul suiker aanwezig. Voor een meringue wordt sacharose, ofwel tafelsuiker, gebruikt. Dit is een disacharide, die bestaat uit glucose en fructose. Mono- en disachariden worden in schuimen toegepast om ze zoeter te maken. Daarnaast zorgen ze ervoor dat het schuim, wanneer het gebakken is, knapperig wordt. Ook spelen

sachariden een belangrijke rol in de dikte van het schuim. Wanneer de meringue nog niet in de oven staat, voorkomt de sacharose dat het schuim inzakt door vloeistofuitloop. De suiker verhoogt de viscositeit van het schuim (Figuur 60). Sacharose is in moleculair opgeloste vorm aanwezig in de continue fase van de meringue.

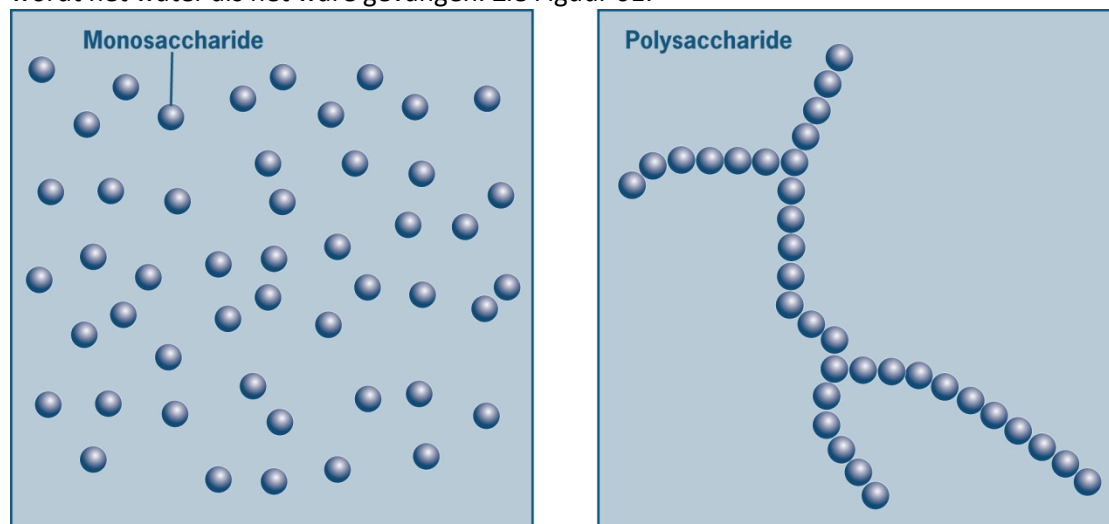
Relatieve viscositeit [cP]



Figuur 60 Relatie tussen sacharose-concentratie en viscositeit

Als je de meringue verwarmt in de oven, verdampt het water en stijgt de suikerconcentratie. Hierdoor neemt de viscositeit nog meer toe. Dit zorgt er samen met de eiwitdenaturatie voor dat het vloeibare schuim een vast schuim wordt.

Bij andere vaste schuimen, zoals brood, beschuit en cake, is er nog een ander mechanisme naast eiwitdenaturatie dat ervoor zorgt dat het schuim niet in elkaar zakt. Deze producten bevatten polysacchariden. Omdat polysacchariden macromoleculen zijn, geven ze al bij veel lagere concentraties dan sacharose een hoge viscositeit. Polysacchariden vormen in deze levensmiddelen een netwerk, dat vergelijkbaar is met het netwerk dat bij eiwitdenaturatie wordt gevormd. In dit ruimtelijk netwerk wordt het water als het ware gevangen. Zie Figuur 61.



Figuur 61 Het verschil tussen een monosaccharide en een polysaccharide in oplossing op moleculaire schaal.

Opgave 5 Suiker in schuim

1. Teken een schematische grafiek waarin je het verband aangeeft tussen suikerconcentratie en viscositeit. Geef voor de volgende soorten koolhydraten aan welk verband je verwacht: sacharose, glucose en zetmeel.
2. Bij sommige recepten voor een meringue wordt naast tafelsuiker ook nog maïzena gebruikt. Maïzena bestaat voornamelijk uit maïszetmeel. Waarom wordt dit ingrediënt gebruikt?
3. Is alle suiker uit de meringue te vervangen door maïszetmeel?

Beroepsveldblok 4

Een echte meester-kok heeft iets magisch

Interview met Adrian Bradshaw, geboren Australiër en al 11 jaar werkzaam bij Mars International, sinds 2 jaar werkzaam bij Mars Nederland (bekend van Mars®, Snickers®, Twix®, M&M's®) in Veghel als proces manager. Bradshaw heeft in Australië gestudeerd voor chemisch ingenieur en had altijd al interesse in levensmiddelen.

Bradshaw begint meteen enthousiast te vertellen over de verschillen tussen koks in de keuken en werkend in de levensmiddelenindustrie. "Koks hebben iets magisch" aldus Bradshaw, "zoals een echte meester-kok ingrediënten kan mengen en dan met een unieke smaakcombinatie tevoorschijn kan komen". Dat mensen hier een maandsalaris voor willen betalen kan hij wel begrijpen. Volgens Bradshaw is wat iemand in de industrie doet helemaal anders. Hier is het doel om te zorgen dat voedsel dat dagelijks wordt gebruikt van goede en constante kwaliteit is. Als voorbeeld geeft hij een Mars®, dit product moet een constante kwaliteit hebben, of je het nu op dezelfde dag dat je het koopt opeet of 12 maanden laat liggen en daarna pas eet, de smaak moet (bijna) hetzelfde zijn.

Op de vraag of "kennis uit de keuken" dan geen plaats heeft in de industrie begint Bradshaw te lachen. Hij legt uit dat elk nieuw project begint in de keuken. Onderzoekers bedenken een nieuw product en een kok maakt dit in de keuken. Wanneer dit product voldoet aan bepaalde eisen (lang genoeg stabiel, lekker, prijs etc.) moet het product op grotere schaal gemaakt worden (dit heet scale-up). Dit is waar Bradshaw om de hoek komt kijken, hij vormt een soort schakel tussen de technici die de scale-up uitvoeren en de onderzoekers. Volgens Bradshaw zijn er in dit scale-up proces 3 belangrijke stappen. Allereerst de zogenaamde pilot-scale. In de keuken wordt het nieuwe product nog per stuk gemaakt (een zogenaamd batch proces), de pilot-scale is iets groter dan de keuken en al een continu proces, dit betekent dat het een doorlopend proces is, je zou dit kunnen zien als een lopende band. Als het product goed gemaakt kan worden op pilot-scale, wordt alles ongeveer 10 keer zo groot gemaakt, dus 10 keer zoveel productie. Dit heet de conceptline-scale. Deze conceptline-scale kan al genoeg produceren om één land te voorzien van het nieuwe product. Bij Mars gebruiken ze hier vaak België voor, dat met ongeveer 10 miljoen inwoners goed te bevoorraden is vanuit Noord-Brabant. Als alles goed werkt op de conceptline-scale en het product verkoopt goed dan kan worden besloten om het proces nog eens 5 keer groter te maken. Deze laatste fase wordt de industrial-scale genoemd en vanaf dan kan het nieuwe product overal ter wereld verkocht worden.

Volgens Bradshaw is dit scale-up proces en het verschil met de keuken goed te vergelijken met het beklimmen van een berg. De kok en Bradshaw willen allebei naar dezelfde top (een nieuw product), alleen de manier hoe ze daar komen is anders. De kok zal dit lopend doen, terwijl Bradshaw zal proberen een kabelbaan te bouwen. De kok zal er dus wel als eerste zijn, maar zal dit niet veel vaker doen (ofwel, zijn product blijft op kleine schaal). Als Bradshaw z'n kabelbaan eenmaal af is kunnen heel veel mensen naar de top (ofwel, zijn product is beschikbaar op grote schaal, en nog belangrijker: betaalbaar).

Je zult je ondertussen misschien af vragen waarom dit interview nu precies in een hoofdstuk over schuimen staat. Bradshaw heeft in zijn 11 jaar dat hij nu bij Mars werkt regelmatig met schuimen gewerkt, onder andere aan meringue's en het schuim in de Mars®. Hoe zit het dan met kennis van schuimen uit de keuken? Bradshaw legt uit dat stabiliteit van een schuim op industrie schaal erg belangrijk is, maar dat vaak al op "keuken" - schaal gezorgd moet worden dat de stabiliteit zeer hoog is, omdat het anders bijna onmogelijk is om een schuim door een continu proces te laten lopen. Schuimen zijn erg kwetsbaar en kunnen niet goed tegen kracht en kracht is juist de manier waarop iets door een continu proces wordt bewogen, terwijl je in de keuken een schuim heel voorzichtig kunt behandelen. Vanwege deze moeilijkheden met het transporteren, worden schuimen ook altijd zo laat mogelijk in het proces pas toegevoegd aan het product, want vanaf dat moment moet er heel voorzichtig met het product om gegaan worden. In de industrie heb je dus dezelfde problemen als in de keuken, zelfs in een grotere vorm.

Echter, Bradshaw ziet ook voordelen aan werken met schuimen op industrie schaal. Je krijgt een veel gelijkmatigere schuimstructuur, die dus vanzelf ook al stabiel is (denk aan disproportieering). Daarnaast is bijvoorbeeld nougat (de vulling in Mars®) een schuim dat eigenlijk alleen op grote schaal echt goed gemaakt kan worden. Ook kun je makkelijker dingen als hoge druk gebruiken, iets dat een heel andere bubbel structuur geeft.

Dan legt Bradshaw uit hoe zijn gemiddelde dag eruit ziet. “Ik kom ’s ochtends binnen en kijk of ik m’n baas zie, zo ja, dan ren ik zo snel mogelijk weg.” Iets serieuzer vertelt hij dat zijn dagen nogal verschillen. Meestal werkt hij aan één groot project, wat meestal zo’n 4 weken in beslag neemt. Hij werkt dan naar een grote proef toe (bijvoorbeeld testdraaien op pilot-scale), hier gaat veel voorbereiding in zitten aangezien een dag proefdraaien al snel zo’n 20.000 euro kan kosten. Hij moet dus zorgen dat er zo efficiënt mogelijk gewerkt kan worden. Op de dag (of dagen) van het proefdraaien, maakt hij lange dagen en hierna begint het eigenlijk weer opnieuw met de nieuwe kennis van dit proefdraaien. Een belangrijke taak voor hem is het zorgen dat alles goed verloopt.

Voor zijn functie moet Bradshaw redelijk veel reizen, aangezien hij verantwoordelijk is voor het opstarten van nieuwe vestigingen van Mars over de hele wereld. Hij zegt dat hij zo’n 40% van z’n tijd aan het reizen is, maar dat 15% het gemiddelde is van een medewerker bij Mars.

Als laatste komt de vraag waarom je zou kiezen voor een bètaopleiding en, specifiek, werken in de levensmiddelenindustrie. Volgens Bradshaw is een belangrijke reden dat het gewoon goed verdiend. Als afgestudeerde kun je iets wat niet iedereen kan, je bent gewild. Dit is zeker in de levensmiddelenindustrie zo, waar start salarissen gemiddeld 10 tot 20% hoger liggen dan in overige industrieën. Naast salaris is volgens Bradshaw een technische baan ook vaak uitdagend en afwisselend (zoals ook wel blijkt uit de indeling van Bradshaw z’n werk, elke keer is toch weer een ander project waar hij aan werkt met andere mensen, andere locaties en andere omstandigheden). “Natuurlijk moet je ook passie hebben voor wat je doet” vertelt Bradshaw, “Wat je leert op een universiteit is belangrijk, maar het echte leren begint pas met een baan. Gelukkig is dit wel heel anders dan leren op een universiteit.”

4.3 De stabiliteit van schuimen

De tijd die zit tussen het maken van de meringue en het moment dat je het in de oven zet, mag niet te lang zijn. Als je te lang wacht zakt het schuim in. Een bierschuim staat ook maar een paar minuten en zakt dan langzaam in: doodslaan wordt dit genoemd. Een broodschuim daarentegen zal nooit inzakken.

Een schuim is stabiel, wanneer niet alle lucht er meteen uit gaat. Bij een broodschuim zal dit niet zo'n probleem vormen, maar bij bierschuim is doodslaan een veelvoorkomend probleem.

Waardoor is het ene schuim wel stabiel en het andere niet? En hoe kun je voorkomen dat een schuim gaat inzakken?

Er zijn drie processen die grotendeels de stabiliteit van het schuim bepalen:

- **Drainage**
- **Disproportionatie**
- **Coalescentie**

4.3.1 Drainage

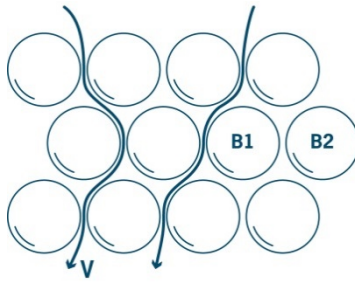
Drainage is het verschijnsel dat de vloeistof die de continue fase van het schuim vormt, tussen de gasbellen uit loopt (**Error! Reference source not found.** 62a). Het gevolg hiervan is dat het vloeistoflaagje, dat de luchtbel intact houdt, steeds dunner wordt totdat deze knapt. Hierdoor zakt het schuim in. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt doordat de zwaartekracht de vloeistof naar beneden trekt.

$$F_z = m * g$$

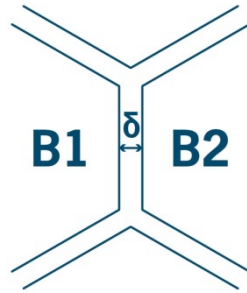
De snelheid waarmee drainage plaatsvindt, hangt af van de hoeveelheid vloeistof die aanwezig is in het schuim. Is er veel vloeistof aanwezig, dan is de massa van de vloeistof in het schuim groot en dus de kracht waarmee de vloeistof naar beneden getrokken wordt ook (als de m groter wordt, wordt de F_z ook groter). Omdat de kracht groot is, zal de snelheid van drainage hoog zijn. Wanneer er al een gedeelte van de vloeistof uit het schuim gelopen is, neemt de snelheid van drainage af (omdat m kleiner wordt en dus F_z ook). Een manier om drainage te voorkomen is het verhogen van de viscositeit (stroperigheid) van het materiaal. Een hogere viscositeit zal ervoor zorgen dat de vloeistof moeilijker naar beneden stroomt en daardoor dus weerstand biedt tegen de zwaartekracht. De hogere viscositeit zorgt voor een kracht die tegengesteld is aan de zwaartekracht.

Het meten van drainage is simpel, maar het berekenen is een stuk lastiger. De drainagesnelheid van een schuim is een complex proces waarbij verschillende krachten van invloed zijn, die elkaar in evenwicht houden. De zwaartekracht trekt de vloeistof naar beneden terwijl de wrijvingskracht dit tegenwerkt.

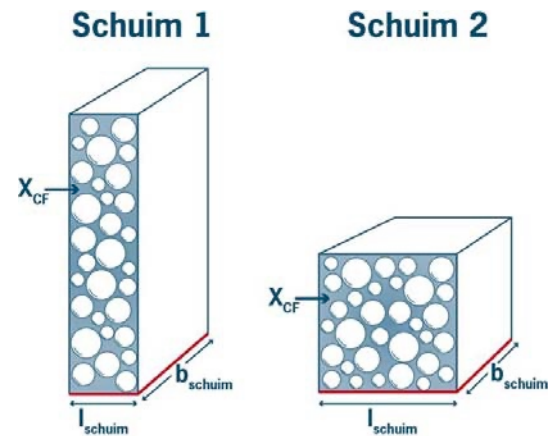
Om een idee te krijgen hoe deze drainagesnelheid werkt wordt de structuur van het schuim wat vereenvoudigd. Dit wordt gedaan aan de hand van een model. Door middel van een aantal stappen, worden aannames gemaakt die ervoor zorgen dat de drainagesnelheid berekend kan gaan worden. Allereerst wordt de vloeistofstroom tussen bel B1 en bel B2 bekeken.



Figuur 62a
drainage in schuim



Figuur 62b
stroming tussen twee "bellen"



Figuur 62c
invloed van schuimafmetingen

In de eerste stap vereenvoudigen we de steeds wisselende dikte van de vloeistoffilm tot een constante dikte δ . Dit resulteert in de middelste afbeelding Figuur 62b. Als je figuur 62a met figuur 62b vergelijkt zie je dat de "bellen" structuur (figuur 62a) is veranderd naar een honingraatstructuur (figuur 62b). Daarnaast wordt er in deze stap vanuit gegaan dat de bellen niet circulair zijn maar buisvormig. Het vooraanzicht van de bel is hierbij de honingraat, de diepte is een buisvormige structuur.

In de tweede stap wordt er ook rekening gehouden met de vorm van het totale schuim. De oppervlakte van de "bodem" (in het rood) van het schuim is van invloed op de drainagesnelheid. In figuur 62c staan twee schuimen met hetzelfde volume maar met verschillende dimensies afgebeeld. Je kunt je voorstellen dat een schuim met een groter grondvlak (schuim 2) sneller uitgezakt zal zijn dan schuim 1 omdat er meer oppervlakte is waar de continue fase kan "ontsnappen". Bovendien, doordat beide schuimen hetzelfde volume hebben, moet de continue fase in schuim 1 een veel langere weg afleggen voordat deze uit het systeem kan vloeien dan bij schuim 2. In een schuim is A_{nat} gelijk aan de oppervlakte van de continue fase in een schuim dat het grondvlak raakt. In formulevorm kan dit als volgt worden geschreven:

$$A_{nat} = l_{schuim} \cdot b_{schuim} \cdot x_{CF}$$

Met behulp van deze aannames kan de formule voor drainagesnelheid V worden geschreven:

$$V = \frac{\rho \cdot g \cdot \delta^2 \cdot A_{nat}}{12\eta}$$

De werkelijkheid is natuurlijk complexer: de dikte van de vloeistoffilm verandert steeds, zoals in de figuur links te zien is. Maar omdat dit met elk schuim op min of meer dezelfde manier gebeurt kan deze formule toch worden gebruikt. Als je naar de formule kijkt, kun je zien dat er naast dikte δ en grondvlak A_{nat} , nóg twee stoffeigenschappen van de vloeistof een rol spelen: de dichtheid ρ en de viscositeit (stroperigheid) η . De stroperigheid is eerder in deze paragraaf al ter sprake gekomen. Als de vloeistof dikker is zal deze moeilijker stromen en zal dus de drainagesnelheid lager zijn. De dichtheid van het materiaal doelt op de hoeveelheid vloeistof die tussen de bellen aanwezig is. Als er veel vloeistof tussen de bellen zit zal de stroomsnelheid hoger zijn dan op een moment waar nog een dun laagje vloeistof de bellen stabiel houdt ($F_z = m \cdot g$).

Het berekenen van drainagesnelheid is dus afhankelijk van een aantal parameters en krachten die elkaar in evenwicht houden. Door een vereenvoudigd model van het schuim te maken is het mogelijk om de drainage te berekenen. In realiteit zijn er nog andere krachten van invloed op drainage, maar deze zullen niet in deze module worden behandeld.

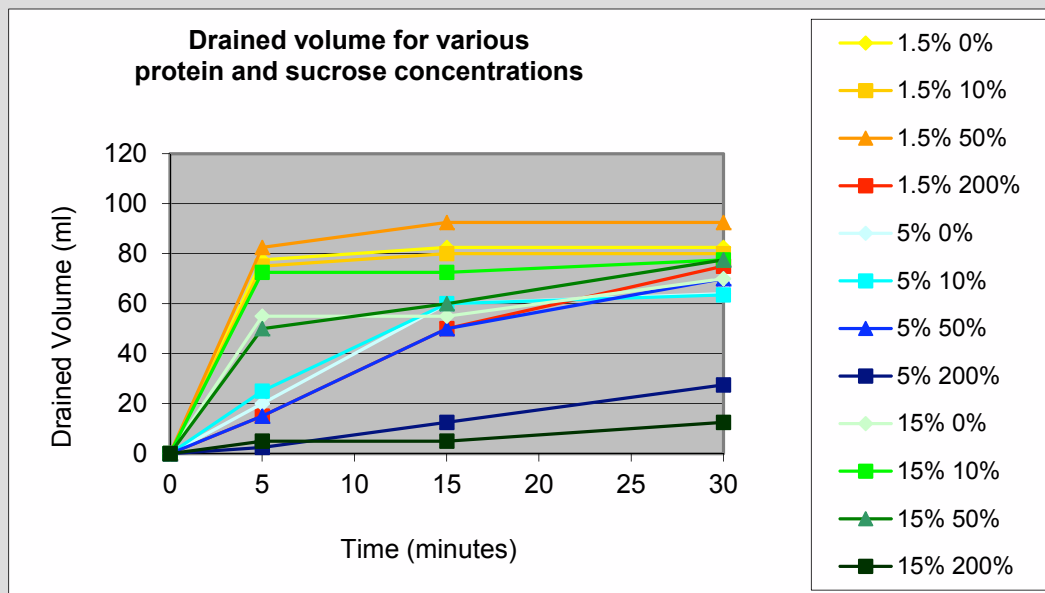
Symbol	Betekenis	Eenheid
l_{schuim}	De lengte van het schuim	m
b_{schuim}	De breedte van het schuim	m
x_{CF}	Fractie continue fase	-
V	Drainagesnelheid	m s^{-1}
ρ	Dichtheid van de vloeistof	kg m^{-3}
δ	Dikte van de vloeistoffilm	m
A_{nat}	De oppervlakte van het grondvlak	m^2
η	Viscositeit (stroperigheid) van de vloeistof	Pa.s

Opgave 6 De drainage van meringueschuim

Gebruik bij deze opgave de formule voor de drainage.

In het onderzoek naar de meringue van driesterrenrestaurant De Librije (§ 1.2) is ook onderzoek gedaan naar drainage. Men wilde weten wat de invloed van de eiwitconcentratie en de suikerconcentratie op de drainagesnelheid is.

1. Leg in je eigen woorden uit wat drainage is
2. Leg uit welke twee krachten invloed hebben op de drainagesnelheid van de meringue.
3. Kijk naar Figuur 60. Leg uit wat de relatie is tussen de concentratie suiker in de meringue en de viscositeit van de vloeistof.
4. In figuur 63 (hieronder) is de hoeveelheid drainage van de meringue uitgezet tegen de tijd. Er is gebruik gemaakt van verschillende concentraties eiwit en sacharose. (In de eerste kolom achter het symbooltje staat de eiwitconcentratie - van boven naar beneden van 1.5 tot 15% - en in de tweede kolom de suikerconcentratie - van boven naar beneden van 0 tot 200%). Welk schuim is het langst stabiel gebleven? Zie ook Figuur 51 voor een foto van de 'meringues' die bij de verschillende eiwit- en sucroseconcentraties ontstaan.
5. Leg met behulp van Figuur 60 uit waarom de meringue met een lage suikerconcentratie veel drainage heeft en de meringue met de hoogste suikerconcentratie de minste.



Figuur 63 Drainage in de meringue

Opgave 7 Rekenen met drainage

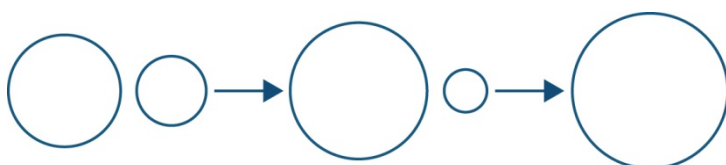
1. Beredeneer aan de hand van de formule voor drainage op welke manier de drainagesnelheid verminderd kan worden
2. Een kok wil het meringueschuim graag langer laten staan dan normaal. Daarom voegt hij carrageen toe als verdikkingsmiddel. Reken uit hoeveel carrageen je moet toevoegen om het schuim een half uur te laten staan. Als meer dan 10% van het schuim is ingezakt is deze niet meer voor te schotelen aan zijn gasten. De relatie tussen de concentratie carrageen en de viscositeit kun je vinden in de tabel. Maak gebruik van de volgende gegevens:

Concentratie carrageen (%)	Viscositeit (Pa*s)
1	0,057
2	0,397
3	4,41
4	25,4
5	51,4

- a. Het schuim heeft een totaal volume 192mL.
- b. De afmetingen van het schuim zijn 8cm x 8cm x 3cm (lxbxh)
- c. Het schuim bestaat voor 85% uit lucht en 15% uit carrageen/water.
- d. De dichtheid van de continue fase is 1000 kgm^{-3} .
- e. De dikte van de filmlaag is 100 micrometer.

4.3.2 Disproportionering

Wanneer je badschuim in een bad vol water doet, zijn in het begin alle gasbellen klein. Maar na enige tijd zie je de gasbellen groter en groter worden. Dit verschijnsel wordt ook wel disproportionering genoemd. Het wordt veroorzaakt door een verschil in druk tussen de grote en de kleine gasbellen in een schuim. Dit verschijnsel treedt ook op in bierschuim, champagneschuim en in de meringue. Disproportionering is in belangrijke mate verantwoordelijk voor het doodslaan van bier.



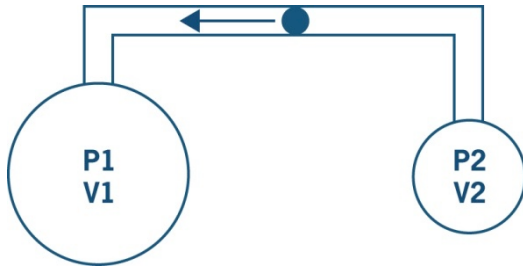
Figuur 64 Disproportionering

Bij disproportionering verplaatst het gas in de luchtbelen zich. De verplaatsing kan in twee richtingen gebeuren:

- Van een kleine luchtbel naar een grotere luchtbel
- Van luchtbel naar de lucht buiten het schuim, die in feite een oneindig grote luchtbel vormt.

Disproportionering kan geïllustreerd worden met een simpele proef. Stel je een buis voor met twee zeepbellen (Figuur 65). De ene zeepbel is groter opgeblazen dan de andere zeepbel. Er zit een kraantje tussen de twee zeepbellen zodat de lucht van beide zeepbellen niet met elkaar in contact komt. Zodra het kraantje wordt opengezet stroomt de lucht van de kleine naar de grote bel. Waarom gaat de lucht stromen?

Er is een **drukverschil** tussen de kleine en de grote zeepbel.



Figuur 65 Proefopstelling met twee zeepbellen.

De hoeveelheid gas dat oplost in de continue fase is een functie van de druk in de luchtbel. De druk in de luchtbel kan berekend worden volgende de Laplace vergelijking:

$$\Delta p = p_{in} - p_{buiten} = \frac{2\gamma}{r}$$

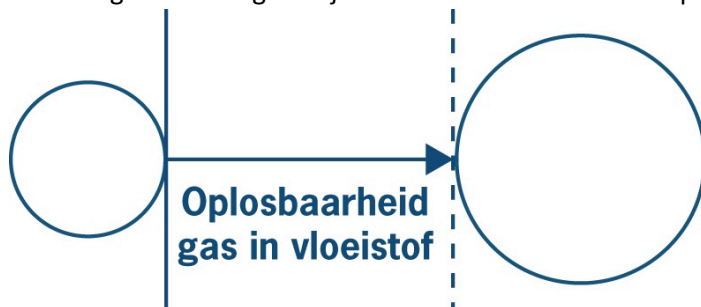
Hier is r de straal (m) en γ de oppervlaktespanning (N/m) van de bel. De twee p 's staan voor de druk in en buiten de luchtbel (in Pascal). Volgens deze vergelijking is de druk in een kleine bel groter dan de druk in een grote bel. Wanneer de druk kleiner is in de kleine bel, zal meer gas uit deze bel oplossen in de continue fase. De concentratie gas is dan hoger rondom deze kleine luchtbel. Door dit verschil in concentratie tussen de luchtbelllen, zal er diffusie van het gas plaatsvinden van de kleine naar de grote luchtbel. Het resultaat is dat de kleine luchtbel krimpt en de grote luchtbel groeit.

Opgave 8 Volume van luchtbelllen

De gasbelllen in een meringue zijn niet van gelijke grootte. De ene luchtbel heeft een straal van 0.5 millimeter, de andere luchtbel van 1 millimeter.

1. Reken het volume van deze twee gasbelllen uit.
2. Hoeveel gasbelllen zitten er in 1 mL schuim?
3. De luchtbel van 1 millimeter heeft een drukverschil van 1 bar. Reken de druk in de andere luchtbel uit. De luchtbelllen hebben een oppervlaktespanning van 50 N/m.
4. Wat is het verband tussen de grootte van de luchtbel en de druk in de luchtbel?

De proef die met de zeepbelllen beschreven is, wordt iets ingewikkelder wanneer je naar bierschuim of meringue schuim gaat kijken. Naast het drukverschil speelt ook de **oplosbaarheid** van het gas in de



vloeistof een rol. Het ene gas is beter oplosbaar in water dan het andere (Tabel 9). De gasmoleculen verplaatsen zich namelijk door de vloeistof van de kleine luchtbel naar de grote luchtbel (Figuur 66). Het gas moet de weerstand oplosbaarheid overwinnen om zich te kunnen verplaatsen.

Figuur 66 Schematische afbeelding disproportionering

Tabel 9 Oplosbaarheid gassen in water

ml /ml water	0°C	15°C	30°C
N ₂	0,0235	0,0177	0,0149
CO	0,0354	0,0268	0,0222
CO ₂	1,713	1,075	0,760
O ₂	0,0492	0,0365	0,0274
N ₂ O	0,0235	0,0177	0,0149

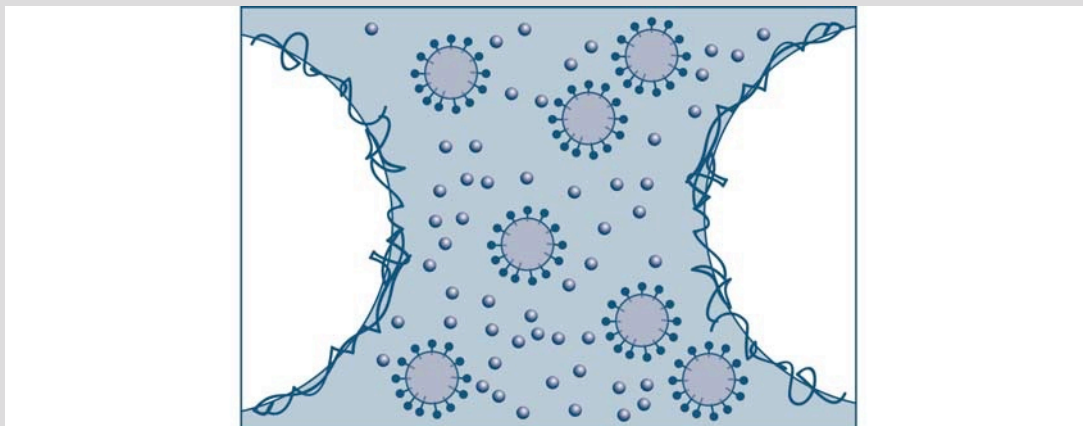
Opgave 9 Slagroom

De productontwikkelaars van Friesche Vlag ontwikkelen slagroom in spuitbussen.

- Schrijf op wat de functies van de verschillende ingrediënten van de slagroom zijn.



- Geef met namen aan waar de verschillende ingrediënten in het product zitten in de volgende tekening



- Van welke twee eigenschappen van de gasbellen en van het gas is disproportionering afhankelijk?
- Waarom hebben de productontwikkelaars gekozen voor N₂ als gas in de slagroom en niet voor CO₂?

Als je zelf slagroom wilt maken begin je met melkroom (melk met meer vet dan gewone melk) en ga je dit opkloppen (lucht erin slaan dus). Eigenlijk doe je dus hetzelfde als bij het maken van boter (zie paragraaf 3.5.1) alleen ga je nu niet door tot het vet in de room begint met samenklonteren en je een w/o emulsie krijgt. Je krijgt bij slagroom een netwerk van luchtbellen die gestabiliseerd worden door het vet in de room. Het vet vult ook voor het grootste deel de vloeistof op die tussen de luchtbellen zit (zoals je ziet in de bovenstaande afbeelding). Slagroom is een schuim op basis van koolhydraten en olie, en niet op basis van koolhydraten en eiwitten (zoals de meringue). In slagroom zal het vet dus de taak van de eiwitten overnemen om de luchtbellen te stabiliseren.

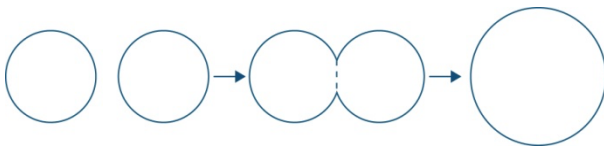
1. Waarom gebruik je voor het maken van slagroom melkroom in plaats van melk?
2. Waarom moet je de room die je gebruikt niet homogeniseren?

Het opkloppen van slagroom doe je bij lage temperatuur (tussen de 4 en 7 graden). Ook moet je slagroom niet bij een temperatuur lager dan 0 graden bewaren.

3. Waarom ligt de optimale temperatuur om slagroom te maken zo laag? (Hint: Het vet is hier belangrijk)
4. Waarom moet je slagroom niet bij een temperatuur lager dan 0 graden maken of opslaan? (Hint: Hier speelt het water tussen de luchtbellen een belangrijke rol)

4.3.3 Coalescentie

Coalescentie is het samengaan van twee luchtbellen in het schuim waartussen een erg dunne laag vloeistof zit (afstand tussen de bellen: 10-100 nm). De dunne film tussen de twee luchtbellen breekt en de druppels vormen samen één nieuwe druppel. Dit verschijnsel is weergegeven in Figuur 67. Eiwitten spelen een rol in het tegengaan van coalescentie. Doordat er eiwitten rondom de luchtbellen zitten, ontstaat een soort elastische laag. Deze laag beschermt de luchtbellen tegen het samensmelten met een andere luchtbellen. Net zoals twee stuiterballen elkaar afstoten, stoten de gasbellen elkaar ook af. Het samengaan kan ook voorkomen worden door de laag vloeistof tussen twee gasbellen groter te maken.



Figuur 67 Coalescentie

Coalescentie en disproportionering hebben tot gevolg dat de gasbellen in een schuim groter worden. Coalescentie en disproportionering treden niet alleen op tussen de gasbellen in het schuim onderling. Beide processen vinden ook plaats tussen de gasbellen in het schuim enerzijds en de lucht buiten het schuim anderzijds. Door deze twee processen zullen de gasbellen uiteindelijk verdwijnen: het schuim wordt onstabiel, de schuimstructuur verdwijnt.

Opgave 10 Stabiliteit van schuimen en emulsies vergelijken

Schuimen en emulsies zijn eigenlijk redelijk gelijk. Het zijn allebei mengels van water met iets wat eigenlijk niet met water mengt. Bij schuimen lucht en bij emulsies olie. In deze opgave ga je wat verder in op hoe dit verschil van invloed is op de stabiliteit. Denk bij deze opgave steeds aan chocolademousse voor een schuim en mayonaise voor een emulsie.

Allereerst gaan we kijken naar de oplosbaarheid van olie in water (emulsie) en lucht in water (een schuim).

1. Welke van de twee (olie of lucht) lost beter op in water?
2. Wat betekent dit voor de stabiliteit, wat zal minder stabiel zijn, een emulsie of een schuim? (denk hier vooral aan disproportionering zoals beschreven in paragraaf 4.3.2)
3. Wat denk je dat er zal gebeuren als je een paar druppels olie op de schuimkraag van een biertje laat vallen?

De bellen in een schuim zijn over het algemeen groter dan de bellen in een emulsie

4. Wat zal dit betekenen voor de stabiliteit? Welke is stabiel?
5. Wat is je eindconclusie, welke van de twee is het meest stabiel?

4.4 Voorbeelden van schuimen in de moleculair gastronomische keuken

Je weet nu wat een schuim is en wat de rol van eiwitten en koolhydraten in een schuim zijn. Verder weet je nu ook welke processen de stabiliteit van schuimen beïnvloeden. Deze kennis kun je nu gaan toepassen op moleculair gastronomische schuimen in de moleculaire keuken.

4.4.1 Hoe eiwitten ervoor zorgen dat het mooiste champagneschuim gevormd wordt

Een van de onderzoeken die is uitgewerkt door Hervé This in zijn boek “Molecular Gastronomy” gaat over champagneschuim. In dit onderzoek is door champagneproducent Moët et Chandon het schuim van champagne onder de loep genomen. De kwaliteit van de schuimkraag was namelijk de laatste jaren minder geworden. Het hoort een stabiel schuim te zijn met fijne gasbellen. Maar het was een schuim met grote bellen geworden. Dat ziet er minder mooi uit en bovendien verdween de schuimkraag snel. Het doel van het onderzoek was om te ontdekken wat voor die mooie, stabiele schuimkraag op de champagne zorgde. In het onderzoek werd gekeken naar de invloed van eiwit op het schuimen. Sinds een aantal jaren gebruikt men bij champagnefabrikanten een filtratieapparaat om de helderheid van de champagne te verbeteren. De champagnefabrikanten dachten dat dit wel eens de oorzaak van het probleem zou kunnen zijn.

Opdracht 11 Champagneschuim

1. Champagneschuim bevat de volgende componenten: water, eiwitten, koolhydraten en lucht. Maak een tekening van het schuim. Geef aan waar de componenten zich bevinden.
2. Wat is de rol van het eiwit in het champagneschuim?
3. Bij de filtratie wordt een gedeelte van het eiwit verwijderd. Wat zou de invloed hiervan kunnen zijn op het schuim?

4.4.2 De sabayon

Een sabayon is een van oorsprong Italiaans/Frans gerecht. Het wordt gemaakt door een mengsel van eierdooiers en suiker met elkaar te kloppen. Na het kloppen wordt het mengsel verwarmd en wordt er een dessertwijn aan toegevoegd. Door te blijven kloppen ontstaat een vloeibaar schuim. Vaak wordt de sabayon opgediend met stukjes fruit, zoals aardbei. Een heerlijk luchtig dessert!



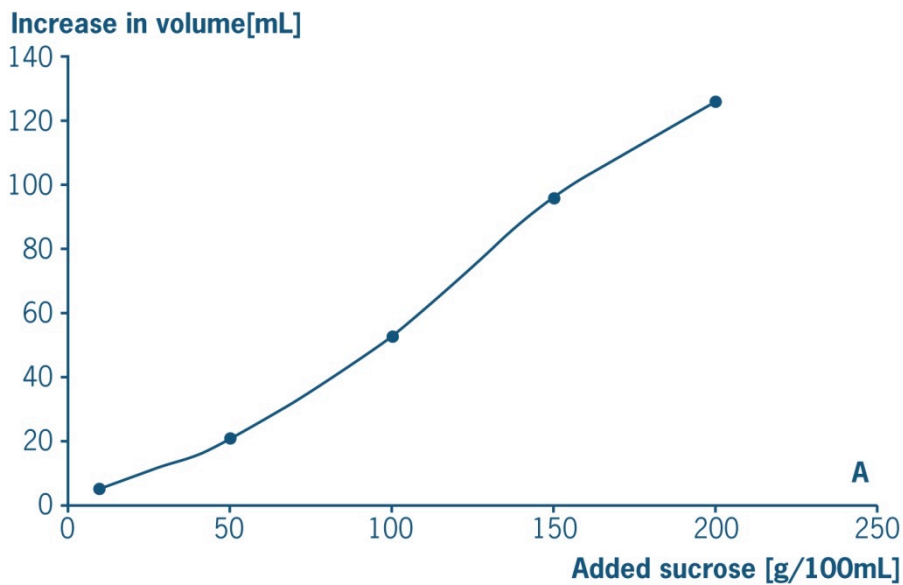
Figuur 68 Sabayon

Opgave 12 Sabayons

1. Leg uit wat er op moleculair niveau met het eiwit gebeurt, wanneer je dit gaat verwarmen.
2. De denaturatietemperatuur van eigeel is 68 °C. Volgens koks moet de sabayon niet tot 100°C verwarmd worden. Waarom niet?
3. Leg uit tot welke temperatuur het eigeel dan wél verhit moet worden.

4.4.3 Hetzelfde schuim met andere eiwitten

Hoe is het afgelopen met het meringue onderzoek van restaurant De Librije en Wageningen University? Uit het onderzoek is gebleken dat de hoeveelheid eiwit niet beperkend is voor de hoeveelheid schuim die gevormd kan worden. Ongeveer 10 gram eiwit per liter vloeistof is voldoende om een stabiel schuim te maken. De hoeveelheid vloeistof is wel beperkend in de meringue. Minder vloeistof betekent dat er minder vloeistof tussen de bellen aanwezig is. Om een schuim te kunnen vormen moet er een minimale hoeveelheid vloeistof tussen de gasbellen in zitten. De hoeveelheid vloeistof kan vergroot worden door water toe te voegen of door extra suiker toe te voegen. De suiker bindt het water met waterstofbruggen en zorgt voor een vergroting van het volume van het schuim (Figuur 69). De suikermoleculen komen net als het water tussen de gasbellen te zitten. Daarnaast zorgt suiker ook voor de juiste viscositeit.



Figuur 69 Invloed suiker op schuimvolume

Wanneer er alleen eiwit wordt gebruikt als ingrediënt voor de meringue, ontstaat er een rubberachtige textuur, terwijl juist de knapperigheid van de meringue belangrijk is. De knapperigheid hangt af van de hoeveelheid toegevoegde suiker. Hoe meer suiker, des te knapperiger de meringue!

Hoe kun je deze kennis toepassen om de meringue te vernieuwen? Zou het bijvoorbeeld mogelijk zijn om een meringue te maken met magere melk in plaats van met eiwit, zodat je net als bij ijs allerlei smaakvarianties kunt maken? Het antwoord is ja! Magere melk bevat ook eiwitten. De hoeveelheid eiwit in magere melk is voldoende om het hele oppervlakte van de luchtballen met eiwitmoleculen te bedekken. Het is nu mogelijk om verschillende meringues te maken door grondstoffen toe te voegen aan de melk! Wat dacht je van een bosbessenmeringue, een sinaasappelmeringue of een caramelferingue? Het is allemaal mogelijk dankzij de moleculaire gastronomie!

4.4.4 Espuma's maken met de kidde

Een nieuw apparaat in de keuken waarmee tegenwoordig veel verschillende schuimen worden gemaakt is de kidde (*Figuur 70*). Een kidde is eigenlijk een soort slagroomsput, alleen dan een stuk flexibeler. Met de kidde kun je slagroom maken, maar je kunt er ook allerlei nieuwe verrassende schuimen mee maken. De kidde wordt vooral gebruikt om de populaire espuma's mee te maken. Espuma's zijn schuimen gemaakt van bijvoorbeeld fruitsap, komkommersap of koffie. Een kidde is een stalen kan waar je alle ingrediënten van het schuim in doet. Op de kidde zit een ventiel, waarop je een gaspatroon kunt aansluiten. Het gas uit dit patroon wordt in het ingrediëntenmengsel gespoten, waardoor de schuimstructuur ontstaat. Bekijk het volgende filmpje ([URL-5](#)), waarin een cappucinoschuim met behulp van een kidde gemaakt wordt.



Figuur 70 Kidde

Opgave 13 Espuma's maken

Een voorbeeld van een recept waarbij de kidde wordt gebruikt is de aardbeien espuma (*Figuur 71*):

Aardbeien espuma

Benodigheden

- 900 g aardbeien
- 110 g suiker
- 8,5 g gelatine (5 blaadjes van 0,85 %)

Bereidingswijze

Laat de gelatine in koud water wellen. Kook de aardbeien met de suiker. Pureer ze en doe ze door een fijne zeef. Verwarm 200 mL van de aardbeienpuree tot 60 graden en roer de gelatine hier doorheen. Voeg de overige puree toe en laat dit mengsel afkoelen. Klop het afgekoelde mengsel met een garde en doe het in de kidde. Gebruik 1 patroon met stikstofgas.

1. Waarom is gelatine geschikt om een schuim mee te maken?
2. Wat is de rol van de overige ingrediënten in het schuim?
3. Waarom wordt de gelatine verwarmd tot 60 graden?
4. Waarom wordt er in de kidde gebruik gemaakt van stikstofgas?



Figuur 71 Aardbeien espuma

5 Tot slot

Je bent de afgelopen weken bezig geweest met twee verschillende structuren, schuimen en emulsies. Misschien herinner je nog wel dat in de rode draad ook de structuur gel genoemd wordt, maar dat hier verder niets mee gedaan is. Om je toch een beeld te geven hoe een gel vernieuwend gebruikt zou kunnen worden in de keuken is het volgende experiment zeer geschikt.

Alginaat bolletjes

Benodigheden

- 250 ml water
- 1,3 gram citras
- 1,8 gram alginaat
- 250 ml mangopuree
- Calcium bad met 1 liter water en 5 gram calcium

Uitvoering

- Los de citras op in het water
- Voeg de alginaat toe en mix opnieuw. Zorg dat je de alginaat langzaam toevoegt zodat het niet samenklontert
- Verhit dit mengsel kort tot maximaal 90 graden
- Voeg de mangopuree toe aan de afgekoelde oplossing (zet de oplossing eventueel in ijs om het afkoelen te versnellen)
- Meet de pH. De pH moet 4 zijn, is dit niet het geval voeg citras toe tot je een pH van 4 bereikt
- Maak het calcium bad door 1 liter water in een kom te doen en hier de 5 gram calcium in op te lossen



De alginaat bolletjes kun je nu maken door voorzichtig met een spuit een beetje van de alginaat oplossing in kleine druppels in het calcium bad te laten vallen. Laat de druppels hier ongeveer 20 tot 30 seconden in liggen om hard te worden en haal ze er dan voorzichtig uit met een zeefje (tip: het is handig om het zeefje al in het calcium bad te hangen en hier de druppels voorzichtig op te laten vallen). Haal de hard geworden alginaat bolletjes nog even door schoon water.

Je zult zien dat je kleine gel bolletjes krijgt die aan de buitenkant hard zijn en van binnen een sterke mango smaak hebben. Je kunt de mango natuurlijk vervangen door allerlei andere smaakstoffen, zoals sap uit de supermarkt of zelfs bouillon om een hartig bolletje te maken!

“Moleculaire gastronomie is een tak van wetenschap die zich bezighoudt met het bestuderen van natuurkundige en chemische transformaties van eetbare materialen tijdens het koken en de sensorische fenomenen die geassocieerd worden met hun consumptie”.

Moleculaire gastronomie maakt onderdeel uit van een wetenschapsgebied dat nog verder kijkt dan alleen de keuken, namelijk levensmiddelentechnologie. Binnen de levensmiddelentechnologie wordt naar levensmiddelen gekeken, niet alleen in de keuken, maar ook op grotere schaal (zoals in het interview met Adrian Bradshaw al naar voren kwam). Ook de levensmiddelentechnologie is op te delen in een toegepast gedeelte, waarin kennis wordt gebruikt om bestaande processen te verbeteren of nieuwe processen te verzinnen, en een wetenschappelijk deel, waarbij het zoeken naar nieuwe kennis centraal staat. Bij levensmiddelentechnologie combineer je kennis van natuurkunde, scheikunde en biologie, maar altijd vanuit een levensmiddel. Zoals je ziet, levensmiddelentechnologie is meer dan alleen moleculaire gastronomie en ook meer dan alleen maar onderzoek.