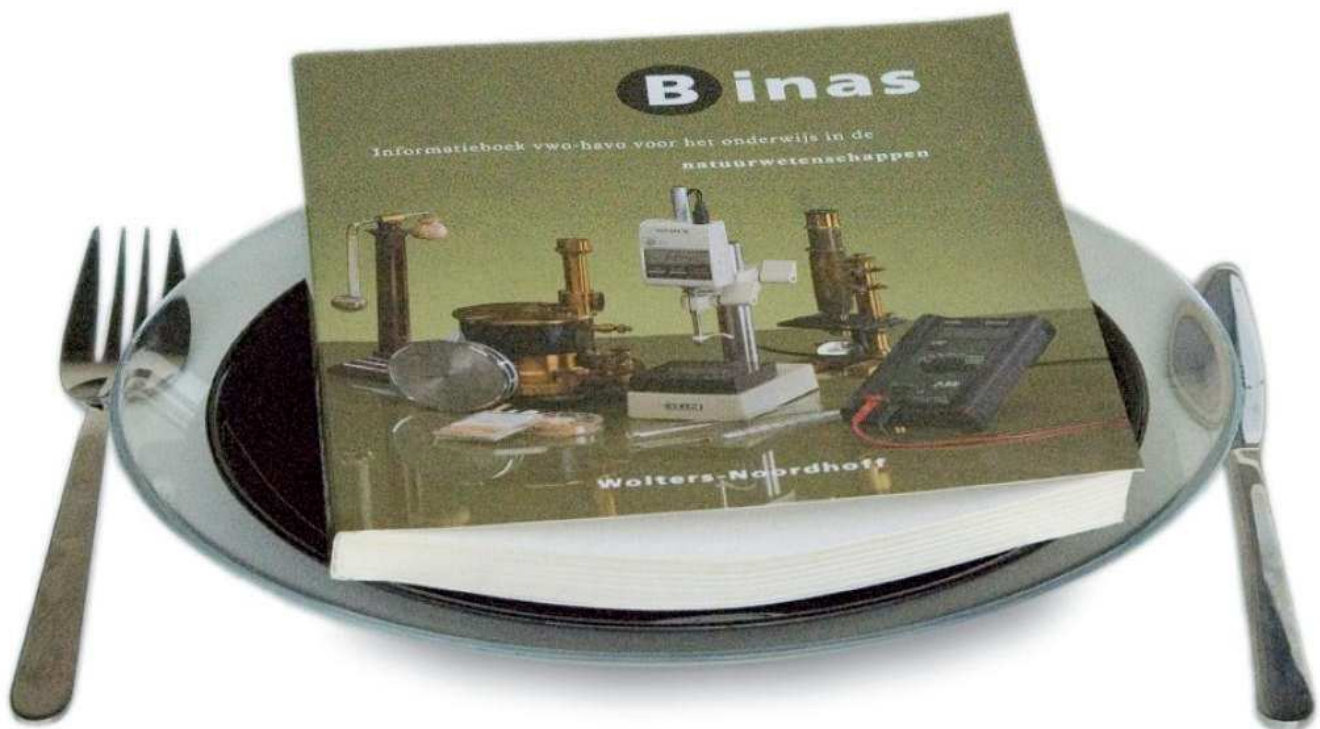


# MOLECULAIRE GASTRONOMIE



## Practicumhandleiding Schuimen



NLT module voor het VWO



WAGENINGEN UNIVERSITY  
WAGENINGEN **UR**

---

## Practicum Schuimen

Moleculaire gastronomie is een wetenschapveld dat zich richt op het verbeteren van bestaande recepten, door bijvoorbeeld te onderzoeken wat de oorzaak is van veelvoorkomende problemen bij het uitvoeren van een recept, en moleculaire gastronomie opent ook wegen naar nieuwe recepten. Met beide aspecten maak je kennis in dit practicum.

In het eerste gedeelte ga je de stabiliteit van bierschuim analyseren, waarbij je met name kijkt naar achterliggende processen die zorgen voor het inzakken van het schuim. In het tweede gedeelte ga je merengueschuimpjes maken volgens verschillende recepturen. In het derde gedeelte duik je echt de moleculaire gastronomische keuken in met je klas om samen espumas te gaan maken.

Het is de bedoeling dat je na het uitvoeren van de experimenten een verslag schrijft met de antwoorden en uitwerkingen op de vragen. Dit verslag zal 25% meetellen voor je eindcijfer van de module.

### Leerdoelen

- Je leert de halfwaardetijd van bierschuim uit te rekenen.
- Je leert dat de stabiliteit van schuim afhankelijk is van drie fysische processen.
- Je leert wat het effect is van de oplosbaarheid van een gas op de schuimstabiliteit.
- Je leert wat de rol is van koolhydraten, eiwitten en lucht in schuim.
- Je leert meer over verschillende soorten schuimen, vloeibaar en vast.
- Je leert met de kennis over moleculaire interacties de veranderingen op microniveau in schuimen te begrijpen, die leiden tot moleculair gastronomische schuimen.
- Je leert de volumefractie gas van bierschuim uit te rekenen als functie van de tijd.
- Je leert wat het effect van suiker is op de drainagesnelheid.
- Je leert wat er gebeurt in de oven tijdens het bakken van een meringue.
- Je leert het bereiden van espuma's met behulp van het eiwitten en koolhydraten, gebruikmakend van gassen die met behulp van een kidde in het schuim gebracht worden.

### Vaardigheden

- Werken met de microscoop
- Werken met een magneetroerder
- Werken met een buret/schuimkolom
- Het maken van een eiwit schuim
- Het maken van een melkschuim
- Werken met een kidde
- Kritisch analyseren en uitwerken van je resultaten

## Deel 1: Bierschuim

### De stabiliteit van bierschuim

De consument hecht veel waarde aan een mooie schuimkraag op zijn biertje. Wanneer bier wordt ingeschonken ontstaat deze schuimkraag. Helaas blijft de schuim niet lang op je biertje staan, na een tijdje zakt het in. Meestal bestaat de disperse fase van bierschuim uit CO<sub>2</sub> (Heineken), maar soms ook uit stikstof (Guinness). Met onderstaande experimenten gaan we kijken naar de stabiliteit van bierschuim.

#### **Wat tips voor het inschenken van je biertje voor een mooie schuimkraag:**

- Schenk eerst wat dieper in het glas zodat er het nodige schuim ontstaat.
- Niet plenzen, want daardoor ontstaan er lucht in plaats van koolzuurbellen die veel sneller verdwijnen.
- Laat het bier langs de wand het glas instromen.
- Zorg dat het glas ongeveer dezelfde temperatuur heeft als het bier.

### **Experiment 1: De halfwaardetijd van bierschuim**

De stabiliteit van een schuimkraag kan uitgedrukt worden in de halfwaardetijd. De halfwaardetijd van bierschuim is het "Aantal seconden dat verstrijkt voordat het volume van het schuim met de helft is verminderd". In een recht glas is dat de tijd die verstrijkt voordat de hoogte van de kraag tot de helft is ingezakt.

#### Materiaal

- 2 maatcilinders van 250 mL
- Guinness bier (koud en lauw)
- Heineken bier (koud en lauw)
- Stopwatch
- Meetlat
- Thermometer

#### Uitvoering

Voer de proef voor elke soort bier 2x uit, om de nauwkeurigheid van je resultaten te vergroten (In totaal krijg je 8 metingen). Let op dat je tijdens de uitvoering van de proef het bier steeds op dezelfde manier inschenkt.

1. Meet met de thermometer de temperatuur van je bier. Noteer dit.
2. Schenk het bier met een dun straaltje in de maatcilinder tot ongeveer 150 ml, zodat je veel schuim en weinig bier krijgt.
3. Wacht tot de grootste bellen zijn geknapt en druk dan de stopwatch in.
4. Meet met een meetlat elke 30 seconden de hoogte van de schuimkraag. (Let op het schuim dat blijft plakken, maak een schatting van de hoogte)
5. Voer deze metingen gedurende 10 minuten (600 seconde) uit.
6. Vul de gemeten waardes (a) in onderstaande tabel in.

Tijd (s)	Lengte schuim (cm)
t	a
0	
30	
60	
....	
570	
600	

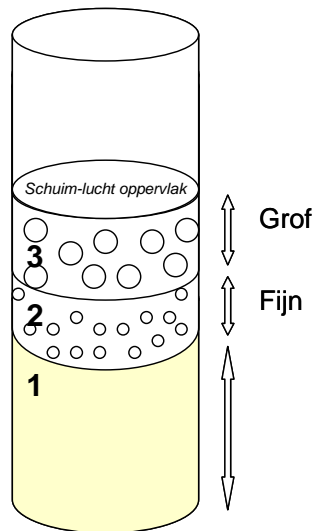
Vragen

1. Bereken de genormeerde lengte door de laatste meetwaarde (b) van alle vorige meetwaarde (a) af te trekken.
2. Het tempo waarin de schuimkraag inzakt, is een exponentiële functie. Dat wil zeggen dat er elke seconde eenzelfde percentage van de hoogte afgaat: de afname van de hoogte/sec is evenredig met de hoogte zelf. Beginnen we bv. met 10 cm en is daarvan na 10 sec nog 5 cm over, dan zal er na 20 sec nog 2.5 cm over zijn en na 30 sec nog 1.25 cm etc. Wiskundig uitgedrukt betekent dit, dat de natuurlijke logaritme van de hoogte (ln x) evenredig met de tijd afneemt. Bereken de waarde van ln (x) met je rekenmachine.

Tijd (s)	Lengte schuim (cm)	Genormeerde lengte (cm)	Ln(x)
t	a	X= a-b	
0			
30			
60			
....			
570			
600			

b = De lengte van de schuimkraag na 300 seconde.

3. Maak een grafiek met de tijd op de x-as en ln(x) op de y-as en bepaald de richtingscoëfficiënt (K).
4. Bereken de halfwaardetijd ( $t_{1/2}$ ) volgens onderstaande formule:
 
$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln(1/2)}{K} = \frac{-0.693}{K}$$
5. Wat zegt de halfwaardetijd over de stabiliteit van het bierschuim?
6. Welke 3 processen treden erop tijdens het inzakken van het schuim. Leg uit met behulp van tekeningen wat deze processen inhouden.
7. Welke bierschuim heeft een hogere stabiliteit zonder naar je resultaten te kijken. Guinness of Heineken?
8. Komt het antwoord van vraag 7 overeen met de resultaten bij vraag 4? Zo niet, leg uit hoe dit zou kunnen komen. .
9. Wat is het effect van de temperatuur op de schuimkraag?
10. Tijdens het uitvoeren van de proef was er een patroon bestaande uit 3 verschillen lagen zichtbaar in de cilinder (figuur 1). Van onder naar boven zien deze lagen er als volgt uit: de onderste laag bestaat uit vloeistof (bier). Laag 2 bevat fijn schuim en laag 3 grovere bellen. Verklaar de structuur van de verschillende lagen. Welk proces uit vraag 6 speelt hier een belangrijke rol bij.



Figuur 1. Bierschuimpatroon in cilinder.

## Experiment 2: De stabiliteit van bierschuim

Een andere manier om de schuimstabiliteit te bepalen is het meten van het volume van de gasfase als functie van de tijd. De volumefractie van het gas kan berekend worden, volgens de volgende vergelijking:

$$\phi(t) = \frac{h_{\text{tot}}(t) - h_0}{h_{\text{tot}}(t)}$$

Met:

$h_{\text{tot}}(t)$ : Totale hoogte van het geschuimde bier (hoogte van het bier + schuim op tijdstip  $t$ )

$h_0(t)$ : Hoogte van het bier vóór het opschuimen.

### Materiaal

- Buret/schuimkolom met meetlat
- Opstelling met klemmen voor de buret
- Bier
- Koolzuurtank
- Stikstoftank
- Rubberen/plastic toevoerslang
- Stopwatch
- Bekerglas
- Roervlo
- Magneetroerder

### Uitvoering

Voer het experiment per gas 2x uit, om de nauwkeurigheid van je resultaten te vergroten. (In totaal krijg je 4 metingen).

1. Spoel de buret om met koud water
2. Breng in de buret ontgast bier en meet de hoogte van de vloeistof (tot  $\pm 10$  cm).
3. Schuim de eerste cilinder op door de CO<sub>2</sub>-slang aan de onderkant van de buret te koppelen en de kraan direct voorzichtig te openen.
4. Sluit de kraan wanneer de schuimlaag een dikte van 30 cm heeft bereikt en laat de gasslang zitten.
5. Meet de hoogte van het schuim en de hoogte van het vloeistof-schuimgrensvlak als functie van de tijd gedurende 15 minuten (zie onderstaande tabel).
6. Spoel de maatcilinder weer om met koud water.
7. Herhaal het experiment met stikstofgas.

### Vragen

1. Vul de gemeten waardes in de onderstaande tabel in.

Soort gas	CO <sub>2</sub>			Stikstof			
	Tijd (min)	Grensvlak (cm)	Schuim (cm)	Volume fractie (-)	Grensvlak (cm)	Schuim (cm)	Volume fractie (-)
Vóór het opschuimen			0	0		0	0
0							
2							
4							
6							
8							
10							
12							
14							
15							

2. Bereken de volumefractie van het gas (CO<sub>2</sub> of stikstof) gedurende de tijd..
3. Maak een grafiek met de tijd op de x-as en de volumefractie op de y-as.
4. Wat kan je uit de grafiek aflezen? Verklaar je waarneming.
5. Zou je van lucht ook een mooie schuimkraag kunnen maken? Welk gas, lucht of CO<sub>2</sub> vormt de kleinste bellen en waarom?
6. Waarom zou je lucht toch niet kunnen gebruiken als vervanger van CO<sub>2</sub>?
7. Wat zou het effect zijn op het bierschuim als je met een waterstraalpompe de lucht vlak boven de schuimkraag wegzuigt, zoals met een stofzuiger?

### Experiment 3: Reinheid van het glas

De stabiliteit van de schuimkraag wordt ook bepaald door de reinheid van het glas. In deze proef gaan we kijken wat het effect op de stabiliteit is van de reinheid van het glas.

### Oppervlaktespanning

De oppervlaktespanning is een natuurkundig verschijnsel dat het oppervlak van een vloeistof aan een vloeistof-gas overgang zich gedraagt als een veerkrachtige laag. Een vlieg die over het water loopt en waarom je geen bellen van gewoon water kan blazen, zijn allemaal effecten gebaseerd op de oppervlaktespanning. De spanning kan je zien bij een glas water. Het oppervlak is niet totaal vlak, maar een klein beetje bolvormig naar het water toe. Dit komt doordat Vanderwaalskrachten tussen de moleculen in het water zich naar het vloeistofvlak richten. In het water wordt de kracht wel van alle kanten uitgeoefend waardoor die elkaar daar opheffen. Sommige stoffen kunnen de oppervlakte spanning van een vloeistof verlagen, bijvoorbeeld zeep. Tussen het gas en de vloeistof fase in bierschuim speelt oppervlaktespanning dus ook een rol. Deze spanning is nodig, om een luchtbel intact te houden.

### Materiaal

- 3 bierglazen
- Melk
- Afwasmiddel
- (Demi)Water
- Bier
- Stopwatch

### Uitvoering

1. Pak drie bierglazen:
  - a. Maak één in een sopje van afwasmiddel schoon.
  - b. Maak één schoon door te spoelen met (demi)water.
  - c. Spoel één glas om met melk
2. Vul de glazen met bier en meet met een stopwatch de tijd hoe lang er een schuimkraag op het bier blijft staan. Vul onderstaande tabel in:

Bierglas	Tijd (seconde)
Met sopje schoongemaakt	
Met water schoongemaakt	
Met melk omgespoeld	

3. Laat een van de glazen waar bier in heeft gezeten 15 minuten in het zonlicht staan en kijk wat er gebeurt.

### Vragen

1. *Op welke van de drie glazen bleef de schuimkraag het langst staan?*
2. *Leg uit dat dit met oppervlaktespanning te maken heeft?*
3. *Het is beter om na het spoelen een bierglas uit te laten druipen in plaats van het te drogen met een theedoek. Waarom?*
4. *Waarom is het niet verstandig om vette hapjes zoals kaas en worst bij het bier te serveren?*
5. *Wat gebeurt er met het glas dat in het zonlicht heeft gestaan? Verklaar dit.*
6. *Een echte bierdrinker wilt niet dat na elke consumptie zijn glas wordt omgespoeld? Waarom niet?*

## Deel 2: Meringueschuim

### Experiment 4: Meringue van eierschuim

#### Materiaal

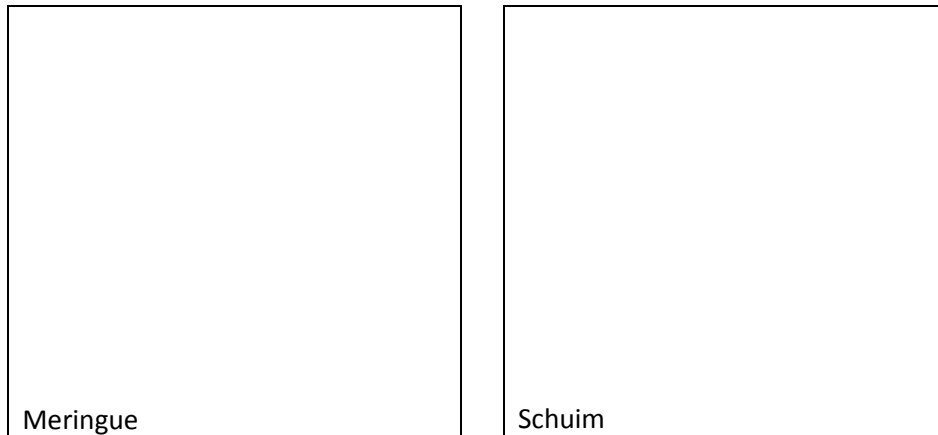
- 6 eieren
- 300 gram suiker
- 3 theelepels azijn
- Garde
- Weegschaal
- Vetvrije kom
- Microscoop
- Glasplaatje
- Dekglasje
- Pasteurpipet
- Voorverwarmde oven van 100°C

#### Uitvoering

<b>Ingrediënten</b>	<b>Recept 1</b>	<b>Recept 2</b>	<b>Recept 3</b>
Eieren (stuks)	2	2	2
Suiker (gram)	50	100	150
Azijn (theelepel)	1	1	1

1. Voer stap 2 t/m 10 uit voor de bovenstaande recepten in de tabel.
2. Splits de eieren zo dat je de eidooier en eiwit apart opvangt. (Let erop dat je alleen het eiwit gaat gebruiken)
3. Klop de eiwitten stijf met een garde.
4. Voeg daarna beetje bij beetje de suiker toe tot dat je een mooi stijf schuim hebt.
5. Voeg dan de azijn toe en klop alles nog eens goed door.
6. Gebruik de helft van het schuim om met 2 lepels ovale vormpjes op een met bakpapier bekleed bakblik te maken.
7. Markeer op het bakblik recept '1' '2' en '3'.
8. Bak het schuimgebak in ongeveer 1 uur in een voorverwarmde oven van 100°C. (Verleng de baktijd met 20 minuten voor grotere schuimpjes)
9. De merengueschuimpjes zijn goed als de buitenkant droog is en als ze makkelijk van het bakpapier loslaten.
10. Plaats een stukje gebakken meringue (recept 2) onder de microscoop en teken wat je ziet in figuur 1.
11. Plaats met een pipet een druppel van het schuim van recept 2 (overige helft van stap 5) op een objectglasje en dek deze af met een dekglasje.
12. Bekijk het schuim onder de microscoop en teken wat je ziet in figuur 1.





Figuur 1: Microscoop tekeningen

### Vragen

1. Waarom veranderen vloeibare eiwitten met een garde tot schuim? Leg uit wat er met de eiwitten gebeurt.
2. Wat is de rol van water hierbij?
3. Leg uit waarom je niet eeuwig kan blijven doorkloppen. Wat gebeurt er dan?
4. Waarom moet de kom vetvrij zijn?
5. Waarom wordt de azijn toegevoegd?
6. Wat is het effect van de toegevoegde suiker op de drainagesnelheid. Zie formule:  

$$Q = \frac{2 \cdot \rho \cdot g \cdot 0.4 \cdot d \cdot \delta}{3\eta}$$
7. Wat is er tijdens het bakken van de meringue gebeurd?
8. Waaruit bestaat de continue fase en waaruit de disperse fase voor beide structuren (geef aan in figuur 1)?
9. Wat is het verschil tussen de twee schuimen in figuur 1?
10. Vul onderstaand schema in op basis van je waarneming (proeven en kloppen met de garde). Verklaar je waarneming.

Viscositeit	Recept (schuim)	Smaak	Recept (meringue)
Hoog ↑		Zoeter ↑	
Laag		Zoet	

### Experiment 5: Meringue van melkschuim

Melkschuim wordt vooral veel gemaakt voor op de cappuccino. In hoofdstuk 4 heb je kunnen lezen dat Wageningen Universiteit heeft onderzocht dat melkschuim ook gebruikt kan worden om meringues te maken zonder ei-eiwitten.

### Materiaal

- Verse magere melk
- Verse volle melk

- Houdbare magere melk (gesteriliseerd)
- Houdbare volle melk (gesteriliseerd)
- Suiker
- Azijn
- Garde
- Vetvrije kom
- Warmteplaat
- Thermometer
- Oven
- Bakblik met bakpapier
- Ingrediënten om een meringue met smaak te maken

### Uitvoering

Voer stap 1 t/m 4 voor alle vier de melksoorten uit.

1. Doe 500 ml melk in een vetvrije kom.
2. Klop met de garde de melk tot een schuim.
3. Voeg beetje bij beetje de suiker en de azijn toe.
4. Krijg je een stabiel schuim? Vul de tabel in.

Voer stap 5 t/m 8 voor alle vier de melksoorten uit.

5. Verwarm 500 ml melk in een kom op een warmteplaat tot 75°C.
6. Klop tijdens het verwarmen met de garde de melk tot een schuim.
7. Voeg beetje bij beetje de suiker en de azijn toe.
8. Krijg je een stabiel schuim? Vul in de tabel in.

Voer stap 9 t/m 10 voor alle vier de melksoorten uit.

9. Verwarm 500 ml melk in een kom op een warmteplaat tot 90°C.
10. Klop tijdens het verwarmen met de garde de melk tot een schuim.
11. Voeg beetje bij beetje de suiker en de azijn toe.
12. Krijg je een stabiel schuim? Vul in de tabel in.

<b>Soort melk</b>	<b>Koud (koelkast)</b>	<b>75°C</b>	<b>90°C</b>
Verse magere melk	<i>Stabiel/onstabiel</i>	<i>Stabiel/onstabiel</i>	<i>Stabiel/onstabiel</i>
Verse volle melk	<i>Stabiel/onstabiel</i>	<i>Stabiel/onstabiel</i>	<i>Stabiel/onstabiel</i>
Houdbare magere melk	<i>Stabiel/onstabiel</i>	<i>Stabiel/onstabiel</i>	<i>Stabiel/onstabiel</i>
Houdbare volle melk	<i>Stabiel/onstabiel</i>	<i>Stabiel/onstabiel</i>	<i>Stabiel/onstabiel</i>

Nu is het tijd om te gaan experimenteren met je kennis. In paragraaf 1.6 hoofdstuk 4 heb je gelezen dat je een smaakje kan toevoegen als je schuim van melk maakt, net als bij ijs. Laten we dit gaan doen. Gebruik de melk en temperatuur die het beste een schuim vormt uit de vorige stappen.

13. Voer de stappen om een stabiel schuim te maken opnieuw uit (stap 1 t/m 3 of stap 5 t/m 7 of stap 9 t/m 11).

14. Voeg tijdens het maken van het schuim de door jou meegenomen smaak toe! Let erop dat het niet te veel water mag bevatten. Heb je bv. sinaasappelsap meegenomen. Kook deze dan eerst voorzichtig in, zodat het water verdampt.
15. Gebruik 2 lepels om ovale vormpjes op een met bakpapier bekleed bakblik te maken.
16. Bak het schuimgebak in ongeveer 1 uur in een voorverwarmde oven van 100°C. (Verleng de baktijd met 20 minuten voor grotere schuimpjes).
17. De merengueschuimpjes zijn goed als de buitenkant droog is en als ze makkelijk van het bakpapier loslaten.

### Vragen

1. *Leg uit waarom je ook met melk een meringue kan maken.*
2. *Verklaar de resultaten uit tabel 1.*
  - a. *Welke temperatuur is het beste om een schuim te maken? Waarom?*
  - b. *Waarom is het moeilijker om bij de andere twee temperaturen een stabiel schuim te maken?*
  - c. *Welke melk soort geeft het beste schuim? Waarom?*
3. *Als je slagroom gaat kloppen lukt het juist niet als de room te warm is. Leg uit.*
4. *Waarom kan je aan melkschuim makkelijker allerlei smaakjes toevoegen dan aan eierschuim?*
5. *Is het gelukt om een meringue te maken met een 'nieuwe' smaak? Waarom wel of niet?*
6. *Wat is het verschil in schuimen tussen cappuccinoschuim, slagroom en meringue?*
7. *Waarom wordt voor het maken van cappuccinoschuim vaak half volle melk gebruikt?*
8. *Waarom is luchtig eten eigenlijk zo lekker?*

## Deel 3: Espumas maken

Espumas is Spaans voor schuimen. Espumas kan je maken met behulp van een kidde (zie paragraaf 1.6.2). Een kidde is een soort slagroomsput, waarmee je verschillende smaken schuimen kan maken. Je vult de kidde met de gewenste ingrediënten en door middel van een gaspatroon wordt er een schuim gecreëerd. Je gaat nu in groepjes verschillende vullingen maken voor in de kidde. Daarna zullen jullie klassikaal met de docent de schuimen maken, proeven en analyseren:

- Hoe kan het schuim stabiel blijven?
- Waarom doe je bepaalde handelingen bij het bereiden van het recept?
- Waarom verwarm/ koel je het schuim?

### **Groep 1: Komkommer espuma**

#### Materiaal

- 1 komkommer
- 4 eiwitten
- 1 theelepel zout
- Verwarmingsplaat
- Staafmixer/blender
- Thermometer
- Kom + pan om au bain-marie te verwarmen
- Maatbeker

#### Uitvoering

1. Snij de komkommer in stukken en pureer het tot een sap met de staafmixer/blender. In totaal heb je 4dl sap nodig.
2. Meng de sap met de eiwitten en sla het schuimig met een garde.
3. Verwarm het mengsel au bain-marie tot 68°C
4. Zeef het mengsel en vul de kidde ermee.
5. Houd de kidde au bain-marie warm tot gebruik.
6. Gebruik 2 gaspatronen om het schuim te maken.

### **Groep 2: Pindakaas espuma**

#### Materiaal

- 350 gram melk
- 75 gram pindakaas
- Suiker
- Weegschaal
- Verwarmingsplaat
- Staafmixer/blender
- Thermometer
- Kleine pan
- Lepel

#### Uitvoering

1. Verwarm de melk en de pindakaas samen in een pan tot 60°C
2. Voeg de suiker toe en mix totdat alle suiker is opgelost.
3. Vul de kidde met het mengsel. Gebruik 1 gaspatroon om het schuim te maken.

### **Groep 3: Aardbeien espuma**

#### Materiaal

- 450 gram aardbeien
- 55 gram suiker
- 2.5 blaadje gelatine
- Staafmixer
- Fijne zeef
- Verwarmingsplaat
- Kleine pan
- Kommen
- Garde

#### Uitvoering

1. Laat de gelatine in koud water wellen.
2. Kook de aardbeien met de suiker.
3. Pureer de aardbeien mix en doe het door een fijne zeef.
4. Verwarm 200 mL van de aardbeienpuree tot 60°C en roer de gelatine erdoor heen.
5. Voeg de overige puree toe en laat het mengsel afkoelen.
6. Mix het mengsel nog met een garde, voordat je het in de kist doet.
7. Doe de puree in de kist en gebruik 1 gaspatroon om het schuim te maken.

### **Groep 4: Espuma van chocolade**

#### Materiaal

- 250 ml melk
- 250 ml room
- 35 gram suiker
- 50 gram chocolade

#### Uitvoering:

1. Weeg alle ingrediënten af.
2. Doe de room en melk in de pan.
3. Voeg daarna eerst de chocolade en daarna de suiker toe.
4. Verwarm nu alles tot de chocolade is gesmolten en de suiker is opgelost. (Niet laten koken).
5. Laat daarna het mengsel afkoelen tot 40°C.
6. Vul de kist met het mengsel.
7. Laat deze 2 uur in de koelkast afkoelen
8. Gebruik 2 gaspatronen om het schuim te maken.