

# KAAS

## Smaakvol gerijpt

**K**aas is een verzamelnaam voor een groot aantal gefermenteerde zuivelproducten die over de hele wereld worden gemaakt in allerlei smaken, texturen en vormen. Ongeveer 85 procent daarvan is gebaseerd op koemelk. De rest wordt bereid op basis van melk van schapen, geiten, waterbuffels, yaks en lama's.

De kunst van kaasmaken is het stremmen: het zorgvuldig laten samenklonteren van eiwitten in melk. Kaasmakers beheersen dit proces al eeuwen, maar wetenschappers kunnen het pas sinds enkele decennia verklaren op basis van chemische, natuurkundige en microbiologische kennis. Daardoor is kaasmaken tegenwoordig een kwestie van wetenschap. Bestaande soorten zijn beter gedefinieerd en van constante kwaliteit, en nieuwe kaassoorten rollen uit de onderzoeksketens. Bijvoorbeeld Maasdammer, een gatenkaas met een zoete, nootachtige smaak.

Ondanks de vele kaassoorten die inmiddels verkrijgbaar zijn, blijft er behoefte aan nog meer varianten en smaken. Vooral met minder vet en zout, maar wél vol van smaak. Om nieuwe kazen snel en efficiënt te ontwikkelen, hebben zuivelonderzoekers een nieuwe technologie ontwikkeld waarmee ze heel veel kleine kaasjes tegelijk kunnen maken en testen.

### In deze Chemische Feitelijkheid

- De Context: Wat is kaas en welke soorten kazen zijn er allemaal? Hoe is het kaasmaken ontdekt?
- De Basis: Hoe wordt kaas gemaakt? En welke rol spelen stremsel en micro-organismen daarin?
- De Diepte: Kaas is nog lang niet uitontwikkeld. Onderzoekers ontwikkelen nieuwe en gezondere kaassoorten via nieuwe *high-throughput*-technieken.

De ontdekking van kaas gaat terug tot het verre verleden, toen kaas een handige manier bleek om melk te bewaren. Subtiele verschillen in bereidingstechnieken hebben geleid tot een **enorme variëteit**. Ons land is wereldberoemd om de Goudse en Edammer kazen.

# Nederland kaasland

**N**iets is Hollandser dan de dag te beginnen met een bruine boterham met kaas en een glas volle melk. Zuivel is goed voor u, dat is er bij menigeeen met de paplepel ingegoten. De campagnes van het Nederlands Zuivelbureau, dat jarenlang de collectieve reclame voor zuivel verzorgde, zijn wat dat betreft goed geslaagd. Zo werd in 1961 de Duitse markt veroverd met Frau Antje, het Nederlandse kaasmeisje in traditionele klederdracht.

Al sinds de Gouden Eeuw staan wij in het buitenland bekend als kaasland. Maar onze geschiedenis van kaasmaken gaat nog veel verder terug: naar de prehistorie, rond 800 voor Christus. Volgens archeologen vormen aardewerken potjes met gaatjes de eerste bewijzen voor kaasbereiding in Nederland. In die potjes kon de wrongel – de basis voor kaas – uitlekken en drogen. De kustprovincies waren vanwege hun laaggelegen natte bodem het geschiktst voor melkveehouderij, waardoor vooral boeren in Noord- en Zuid-Holland en Friesland zich specialiseerden in de bereiding van kaas en boter. Kaas is droger, zuurder en dus langer houdbaar dan verse melk. Bovendien is het een handig product om overtollige melk te bewaren voor tijden van schaarste.

De oorspronkelijke ontdekking van kaas gaat trouwens nog veel verder terug in



In 1960 aten we in ons land gemiddeld 7,5 kg kaas per persoon, tegenwoordig is dat bijna 10 kg meer (17,3 kg/persoon in 2006). We eten niet alleen meer kg's, maar ook meer verschillende soorten.

de historie. Kaas is zeer waarschijnlijk ontstaan in de Vruchtbare Halve Maan, een gebied in het Midden-Oosten, nadat mensen rond 7000 voor Christus ontdekten dat dieren als 'huisdier' gehouden konden worden voor hun melk, vlees, huid en wol.

## VERS EN RIJP

De eerste kaas zal een ongelukje zijn geweest tijdens het bewaren van melk. Melk heeft niet alleen voor mensen voedingswaarde, het is ook voor melkzuurbacteriën een rijke voedingsbron. Wanneer die bacteriën flink groeien en de melk laten verzuren, komt er op een gegeven moment een punt (bij een pH van 4,9) waarop melkeiwitten gaan samenklonte-

ren. Al snel zal ontdekt zijn dat de brokjes vers gegeten kunnen worden of bewaard kunnen worden, zeker met wat zout erbij. Sterk gezouten varianten hierop, zoals Feta, zijn nog steeds favoriet in de warme Balkanlanden. Ook voor de bereiding van cottage cheese, roomkaas en kwark wordt zuursel (cultures van melkzuurbacteriën) gebruikt om de melk te verdikken en de eiwitten te laten samenklonteren. Deze zuurgestremde 'kazen' worden vers gegeten en laat men niet verder rijpen. Ze vormen ongeveer een kwart van de totale kaasproductie.

Voor de meeste kazen wordt zuursel toegevoegd voor de smaakontwikkeling tijdens het rijpingsproces. Voor het stremmen worden enzymen gebruikt uit de maag van jonge kalveren. Dit zogeheten lebferment is waarschijnlijk ook bij toeval ontdekt, in circa 5000 voor Christus toen het aardewerk nog niet was uitgevonden. Melk werd destijds opgeslagen in zakken van dierlijke huiden of, nog handiger, in de magen van geslachte dieren. Dit zijn immers al kant-en-klare containers die makkelijk dicht te binden zijn. Melk die hierin werd bewaard zal stremmende enzymen uit het maagweefsel hebben geëxtraheerd, waardoor de eiwitten in de melk samenklonterden tot een gel zonder dat de melk verzuurde.

Zo'n melkgel is niet erg stabiel en valt door beweging uiteen in eiwitbrokjes (wrongel) en resterend melkvocht (wei). De eiwitbrokjes plakken daarna weer gemakkelijk aan elkaar en vormen het begin van een stabiele kaas die verder kan rijpen. Gerijpte kazen vormen ongeveer 75 procent van de huidige kaasproductie. Afhankelijk van de rijpingsperiode worden kazen ingedeeld in de categorie jong, belegen of oud. Een ander onderscheid is de hardheid, die wordt bepaald door de hoeveelheid vocht. De meeste

## OP LEEFTIJD



## BEROEMDE KAZEN

Goudse	Cheddar	Feta	Parmezaan	Emmentaler	Mozzarella	Brie witschimmelkazen	Roquefort blauwschimmelkazen	Munster roodflorakazen
								
koe	koe	geit (of schaaap)	koe	koe	waterbuffel	koe	schaap	koe
NL	GB	GR	IT	CH	IT	FR	FR	FR
Een circa twaalf kilo wegend, platronnd wagenwiel met bolle zijkanten.	Wereldwijd meest verkochte kaas. Wat zuurder dan de Goudse. Geeloranje gekleurd door toevoeging van de kleurstof annatto.	Een verse, witte kaas die heel sterk gezouten is. Feta betekent plakje in het Grieks.	Harde korrelige kaas met veel vet en weinig vocht. De kaas is zo duur omdat deze anderhalf tot twee jaar moet rijpen.	Kaas van koeien van de Zwitserse alpenweide. Kenmerkend zijn de grote gaten en de zoete, nootachtige smaak.	Ofschoon circa twee weken gerijpt toch tot een verse kaassoort gerekend. Rulle en elastische kaas met subtiele en romige smaak.	Zachte Franse witschimmelkaas. Na behandeling met <i>Penicillium candidum</i> is de kaas na twee weken rijpen klaar.	Van binnenuit gerijpt met de blauwschimmel <i>Penicillium roqueforti</i> in de grotten van Combalou.	Korst wordt gewassen met pekewater waarin de rode <i>Brevibacterium linens</i> goed gedijt. Deze zorgt voor een oranje korst en specifieke smaak.

Franse kazen, zoals de bekende Brie en Camembert, zijn zacht. Onze Goudse en Edammer kazen, maar ook de Franse Port Salut behoren tot de halfharde soorten en Parmezaan is een voorbeeld van een harde kaas. Behalve de wijze van stremming, de hoeveelheid vocht en het rijpingproces heeft ook de herkomst van de melk (koe, geit, schaaap) een belangrijke invloed op de smaak van kaas.

## SOORTEN EN MATEN

De meeste Nederlandse kazen worden gemaakt van koemelk. Ze zijn er in de vorm van een wagenwiel, een bol, een rechthoekig blok of een brood, en het gewicht kan variëren van 0,2 tot 20 kg. De kazen rijpen een aantal weken tot soms een jaar, waarbij de soepele en zachte structuur steeds steviger, droger en brozer wordt. De smaak verandert mee van mild naar voller en pittiger. Smaak en geur ontwikkelen zich doordat eiwitten en vetten in de kaas worden afgebroken. Door stoffen als komijn, kruidnagel of andere specerijen toe te voegen zijn veel variaties en smaken mogelijk. Beroemd zijn bijvoorbeeld de Leidse kaas en de Friese nagelkaas. Ook bestaat er van veel kazen een boerenvariant gemaakt van rauwe melk.

Nederland behoort tot 's werelds grootste kaasproducenten. De helft van de melkproductie wordt gebruikt voor kaas – goed voor zo'n 720 miljoen kg kaas in 2006. De belangrijkste kaassoort is Goudse kaas, waarvan liefst 441 miljoen kg per jaar wordt gemaakt. Daarna komen de Edammer en de Maasdammer. Drie kwart van de Nederlandse productie is voor de export, met Duitsland als grootste afnemer. Nederlanders eten behalve Hollandse kazen ook steeds meer buitenlandse soorten. De kaasconsumptie neemt nog steeds toe. In 2006 aten we gemiddeld 17,3 kg kaas per persoon.

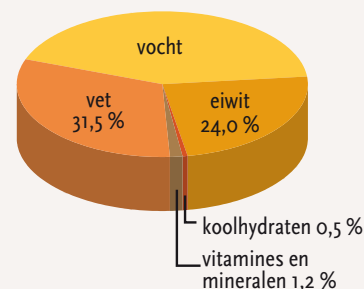
## GEZOND LEKKER

In kaas zitten belangrijke voedingsstoffen zoals vet, eiwit, mineralen en vitamines. Calcium vormt naast fosfor en natrium een van de belangrijkste mineralen in kaas. Vet is een van de belangrijkste smaakmakers, maar helaas gaat het vooral om ongezonde verzadigde vetzuren. In de zomer, als de koeien in de wei lopen en vers gras eten, zitten er wel meer onverzadigde vetzuren in. Voor het Voedingscentrum waren de verzadigde vetzuren de reden om volvette kaas (48+ en hoger) in 2005 uit de vernieuwde Schijf van Vijf te verwijderen.

Geen leuke boodschap voor de zuivelindustrie. En evenmin voor de 94 procent van de Nederlanders die gemiddeld per dag 30 g kaas eet. In de wél aanbevolen magere kazen zit beduidend minder vet, maar helaas vaak ook beduidend minder smaak. Althans in kazen onder de 30+. Gelukkig is de smaak van magere kazen de afgelopen jaren verbeterd. Met dank aan zuivelonderzoekers, die voortdurend speuren naar nieuwe recepten voor smakelijke en tegelijkertijd gezondere kazen. |

## VETGEHALTE

Kaas bestaat voor het grootste gedeelte uit vet, eiwit en vocht. Ongeveer twee derde van het vet is verzadigd. Verder bevat kaas mineralen als calcium, fosfor en natrium, en vitamines A, B en D.



Een gemiddelde kaas bevat zo'n 40 procent vocht en zo'n 60 procent droge stof, vooral eiwitten en vetten. Het exacte vetgehaltecijfer is een verplicht gegeven en varieert van 20+ in magere kazen tot 48+ of meer in vette kazen. Het + teken duidt erop dat het vetgehalte is uitgedrukt als percentage vet in de droge stof. Dit omdat de hoeveelheid droge stof tijdens de bereiding constant blijft, terwijl de hoeveelheid vocht, afhankelijk van de soort kaas, tijdens het rijpen afneemt. Volvet of 48+ betekent dus dat 48 procent van de droge stof uit vet bestaat. Het percentage vet in een 48+ kaas is dus  $0,48 \times 0,60 \times 100 = 28,8$  procent. |

## GEKAASMERKT



Van oudsher wordt er bij de kwaliteitscontrole op de samenstelling van de kaas vooral gelet op het vochtgehalte en het juiste vetgehalte. Deze en andere gegevens worden vermeld op het kaasmerk. Sinds 1913 was dit wettelijk verplicht. In augustus 2008 werd deze verplichting afgeschaft, maar naar verwachting zal de Nederlandse kaasindustrie het klassieke kaasmerk handhaven. Het is een rond plaatje van het melkeiwit caseïne, waarop ook een serienummer (de fabriek) en een lettercode (de provincie) staan. Hierdoor valt elke kaas te traceren. Bij de kaasbereiding wordt het keurmerk meegeperst, zodat het samensmelt met de korst.



Kaas is er in veel soorten en maten, maar de basis is altijd hetzelfde. **Kaasmaken** blijft een kwestie van fermentatie en subtiele eiwitchemie – met een hoofdrol voor het melkeiwit caseïne en het enzym chymosine.

# Moleculaire kijk op kaas

De grondstof voor traditionele Nederlandse kazen is koemelk. Die wordt gekoeld vanaf de boerderij in tankwagens naar de fabriek gebracht, waar de melk wordt opgeslagen en gemengd in enorme tanks. Variaties in samenstelling verdwijnen daardoor. Melk bestaat voor bijna 90 procent uit water, met daarin opgelost eiwitten, koolhydraten, vetten, vitamines en mineralen. Kaasmaken komt simpel gezegd neer op het scheiden van de vaste stoffen in melk (eiwitten, vetten en mineralen) van het vocht.

Voor het maken van 1 kg kaas is liefst 10 l melk nodig. Voordat het echte werk kan beginnen, gaan de kaasmakers de melk 'standaardiseren'. Hierbij wordt het vetpercentage op de gewenste waarde gebracht. In melk zit 4,3 procent vet. Dat is te veel, zelfs voor een Goudse 48+ kaas. Na het afromen van het vet wordt de melk gepasteuriseerd (15 seconden verhit tot 72 °C) om schadelijke bacteriën te doden. Soms volgt nog een centrifugatiestap om bacteriesporen, te verwijderen.

Vervolgens is de melk klaar om er kaas van te maken. Dat begint met het verdik-

kingsproces. Daartoe voegt de kaasmaker zuursel en stremsel toe. Zuursel is een mengsel van speciaal gekweekte melkzuurbacteriën, zoals *Lactococcus lactis*, die melksuiker (lactose) omzetten in melkzuur (lactaat) en zo de melk steeds zuurder maken. De melkzuurbacteriën zorgen ook voor de productie van koolstofdioxide dat in het zure milieu moeilijk oplost. Hierbij ontstaan gasbelletjes die verantwoordelijk zijn voor de ronde gaten – de 'ogen' – in een kaas. Het zuursel levert ook enzymen die tijdens de latere rijping van de kaas allerlei specifieke geur- en smaakstoffen vormen. Elk kaastype heeft dan ook zijn eigen zuursel.

Stremsel bevat het eiwitsplitsend enzym chymosine, dat nodig is om caseïne op een speciale manier te laten samenklonteren. Meestal gebruikt men lebferment: dierlijk stremsel dat wordt gewonnen uit de lebmaag van jonge kalveren. Daarnaast bestaan plantaardige en microbiële stremfels. Uit plantenextracten en schimmels zoals *Mucor miehei* kunnen enzymen verkregen worden met dezelfde werking als chymosine. Bovendien is chymosine ook

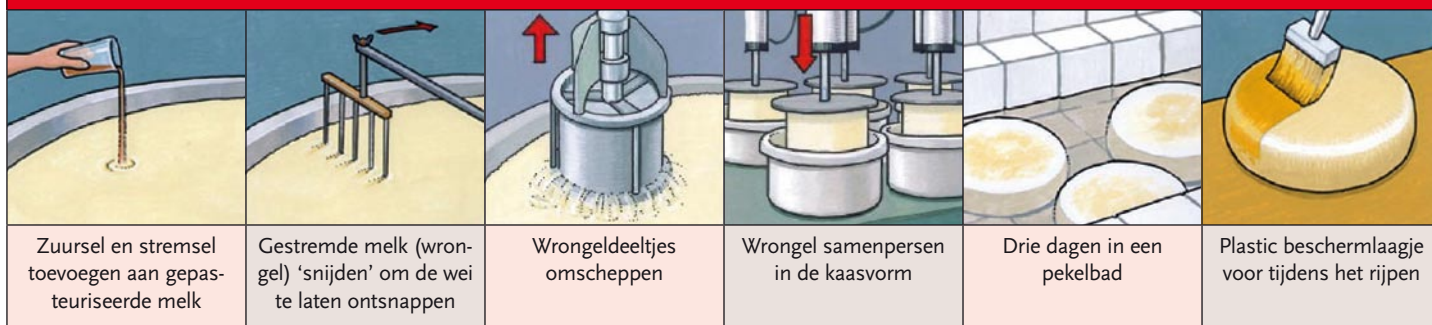
biotechnologisch te maken met behulp van gemodificeerde gisten.

## DESTABILISEREN

Het samenklonteren van caseïne is een bijzonder proces. In gewone melk zweven caseïnen in de vorm van micellen in het melkvocht. Deze kleine eiwitdeeltjes met een diameter van ongeveer 100 nm zijn niet oplosbaar en vormen een suspensie. De micellen zijn samengesteld uit verschillende soorten caseïnen (alfa-, bèta- en kappacaseïnen) en bevatten zouten, vooral amorf calciumfosfaat. De kappacaseïnen zitten aan de buitenkant en steken met hun hydrofiele staarten in de waterige omgeving. Hierdoor lijken micellen op kleine bolletjes met slierterige staartjes. De staartjes zorgen ervoor dat de micellen niet aan elkaar gaan kleven of gaan samenklonteren. Bij de pH van melk, circa 6,7, blijven ze mooi in de vloeistof zweven.

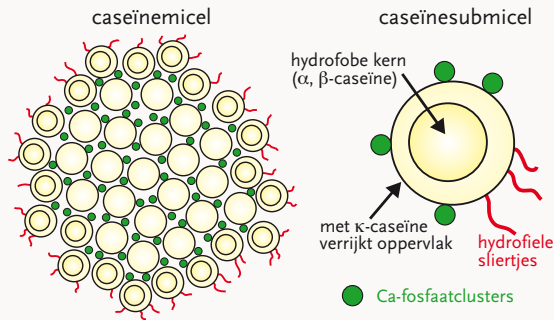
De kunst van het kaasmaken is in feite het destabiliseren van de micellen. De gebruikelijke manier is simpelweg het toevoegen van zuur of speciale zuurpro-

## VAN KOE TOT KAAS



## SUBMICROSCOPISCHE MICELLEN

Caseïne komt in de melk voor als micellen, submicroscopische deeltjes die zijn samengesteld uit een verzameling grote moleculen. Micellen bestaan op hun beurt uit submicellen, die zelf gevormd zijn door een aaneensluiting van verschillende caseïne-eiwitketens. Men onderscheidt alfa-, bèta- en kappacaseïnes, ieder met een verschillende aminozuursamenstelling. De alfa- en bètacaseïnes bevatten fosfaatgroepen, die via condensatiereacties aan de eiwitketens gebonden zijn. Ze bevinden zich hoofdzakelijk in het interne deel van de micel. De kappacaseïne-moleculen liggen daarentegen vooral aan de buitenkant van de micel. Ze bestaan uit een hydrofoob (waterafstotend) deel dat in de micel steekt en een hydrofiel (wateraantrekend) deel dat naar buiten toe gericht is. Door de



hydrofiële slierterige staartjes stoten de micellen elkaar af en blijven ze in oplossing. Submicellen worden aan elkaar gehouden door calciumionen die bruggen vormen tussen de fosfaatgroepen aan het oppervlak van de submicellen. |

ducerende bacteriën. Zodra de pH onder de 4,9 komt zijn de micellen (met een isoëlektrisch punt van 4,6) niet meer stabiel en vlokken ze uit. De melk schift dan. De eiwitverbindingen zijn kapot en de ontstane gel lijkt op yoghurt. Maar daar kun je geen kaas van maken. De bereiding van halfharde Goudse kaas of Franse Camembert vergt dan ook een subtielere aanpak: er is een enzym nodig om de micellen te destabiliseren.

Hiervoor wordt chymosine gebruikt. Voor een optimale werking van dit enzym wordt de melk verwarmd tot 30 °C, een temperatuur waarbij chymosine de slierterige staartjes 'losknijpt' van de micellen. Het paracaseïne dat overblijft lost minder goed op en klontert samen tot een dikke samenhangende melkgel. Dat is de wrongel die de basisstructuur vormt voor kaas.

## DYNAMISCH NETWERK

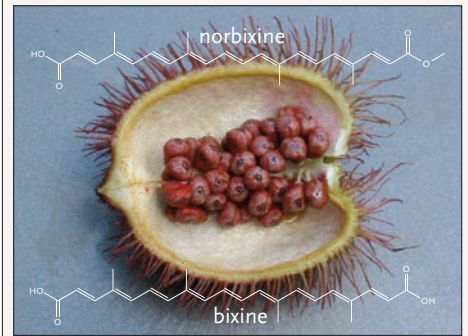
Wrongel vormt een heel dynamisch eiwitnetwerk waarin voortdurend verbindingen worden verbroken en gevormd. Deze eigenschap van loslaten en weer fuseren is belangrijk om rekkrachten op te vangen wanneer bacteriën gas vormen. Zo ontstaan geen scheuren in de kaas, maar mooie gladde gaten. In het eiwitnetwerk zijn vetbolletjes en vocht ingesloten. Door de wrongel in heel kleine brokjes te snijden en te roeren loopt het vocht er vrij eenvoudig uit. Dit vocht heet de wei en bevat nog allerlei bruikbare stoffen, zoals eiwitten, mineralen en lactose.

De verdere bewerking van de wrongel verschilt per kaassoort. Toevoegen van warm water is bijvoorbeeld een speciale truc voor Nederlandse kaas. Hierdoor wordt de lactose verdund die nog in de wrongel aanwezig is en die nog niet is omgezet door het zuursel. Minder lactose betekent minder melkzuur en dus een relatief hogere zuurgraad. Dat heeft weer invloed op de smaak en consistentie van de kaas, want zure kaas wordt brokkelig.

De wrongelbrokjes worden vervolgens overgebracht in vaten (kaasvormen) en samengeperst – waarbij de druk langzaam wordt opgevoerd. Doordat de eiwitdeeltjes dan weer met elkaar fuseren, vormt zich een samenhangende kaas. Ondertussen is alle lactose in lactaat omgezet en gaat de grote Goudse kaas voor drie dagen in een pekkelbad om zout op te nemen. Dit is belangrijk voor de korstvorming, de stevigheid en ook de smaak. Het pekelen onttrekt bovendien water en gaat bederf tegen, waardoor de kaas langer houdbaar blijft.

## GATENKAAS

De kenmerkende grote gaten in de Zwitserse Emmentaler kaas, maar ook in de Nederlandse Leerdammer, ontstaan door het toevoegen van speciale propionzuurbacteriën. Deze zetten lactaat om in propionzuur, een proces waarbij CO<sub>2</sub> vrijkomt. De kaas krijgt hierdoor een zoete, nootachtige smaak. Gasvorming stelt hoge eisen aan de structuur van de kaas. Het eiwitnetwerk moet makkelijk vervormen, zodat er geen scheuren ontstaan. |



Annatto is een geelrood tot roodbruine kleurstof (bestaande uit apocarotenoiden) afkomstig van de zaden van de Zuid-Amerikaanse orleaanboom *Bixa orellana*. Het is een mengsel van de wateroplosbare component norbixine en de vetoplosbare component bixine. Annatto (E-nummer E160b) wordt in Engeland vaak gebruikt als toevoeging aan kaas zoals Cheddar en Red Leicester. |

## RIJPEN

Hoe lang en onder welke condities het rijpingsproces plaatsvindt, hangt af van soort en type kaas. De geperste en gepekeld Goudse kazen moeten bijvoorbeeld minimaal vier weken rijpen in een pakhuis. Ter bescherming tegen schimmels en vochtverlies worden ze voorzien van een luchtdoorlatend laagje plastic. De temperatuur in het pakhuis bedraagt 12 tot 15 °C voor een langzame en voortdurende rijping van de kaas door enzymen van afgestorven en gelyseerde bacteriën.

De vochtigheidsgraad in het pakhuis bedraagt circa 85 procent, zodat de korst niet te snel uitdroogt. Verder is het rijpen een kwestie van wachten tot de enzymen uit het zuursel in de kaas allerlei geur- en smaakstoffen gaan vormen door afbraak van vetten en eiwitten. Tijdens de rijping worden de kazen regelmatig gekeerd, zodat ze in vorm blijven. De korst wordt stevig en het zout trekt dieper de kaas in. Hoe langer de kaas rijpt, hoe pittiger hij wordt. |



Vet en zout maken kaas heel **smaakvol**, maar niet bepaald gezond. Zuivelonderzoekers werken daarom hard aan het ontwikkelen van nieuwe kaasproducten en aan lekkere kaas met minder vet en zout.

# Sleutelen aan recepten

Het karakteristieke romige mondgevoel heeft kaas te danken aan vet. Nu mag kaas van menig liefhebber best wat minder vet bevatten, maar dan wel met diezelfde textuur en smaak. Een lastige opgave voor kaasonderzoekers. Want vet is niet alleen een belangrijke smaakmaker, maar bepaalt ook deels de textuur van kaas. De vetbolletjes die opgesloten zitten in het eiwitnetwerk zorgen ervoor dat de matrix enigszins los is. Ze vormen breukpunten in de structuur, waardoor bij het kauwen de kaas makkelijk kan vervormen. Dat ervaren we als smedig: makkelijk versmeerbaar

zonder dat het in brokjes uiteenvalt als je de kaas tussen duim en wijsvinger wrijft, of tussen je tanden kneedt. In kaas met een laag vetgehalte (30+, 20+ of 10+) zitten naar verhouding minder vetbolletjes in het eiwitnetwerk gevangen en wordt de textuur snel taai, zodat kaas meer lijkt op rubber of kauwgom.

## VETVERVANGERS

Een oplossing voor die taaie structuur is het toevoegen van vetvervangers, zoals eiwitten uit de wei die door verhitting gedeneatureerd zijn tot aggregaten. Deze deeltjes hebben precies de juiste grootte om goed ingesloten te worden in het eiwitnetwerk. Een klein percentage helpt om de rol van vet gedeeltelijk na te bootsen. Een nadeel is wel dat kaas dan minder goed smelt. Onderzoekers hebben gezien dat een vergelijkbaar effect valt te bereiken door zetmeelkorreltjes toe te voegen. De grootte van deze korreltjes bedraagt net als vetbolletjes circa 4 µm. Een gunstige eigenschap van deze vetvervangers is dat ze extra water kunnen binden, wat helpt om een taaie kaas zachter te maken.

Een andere aanpak in de strijd tegen vet en rubberachtige kaas is het toevoegen van proteases. Deze enzymen knippen het eiwitnetwerk als het ware losser, waardoor de kaas smeùiger wordt. Aan het gebruik van industriële enzymen kleven in de praktijk echter nadelen. Zo verdwijnt 90 tot 95 procent van de toegevoegde enzymen weer met de wei doordat ze tijdens het stremmen niet ingesloten raken in het eiwitnetwerk. Een ander nadeel is dat er meer bittere peptiden worden gevormd, waardoor de kaas wel smeùig is, maar niet lekker smaakt. Dit valt op zich weer enigszins te verhelpen

met peptidases, maar het is eleganter om als kaasmaker een startercultuur (het zuursel) te selecteren die juist de bittere peptiden kan afbreken. Om deze te vinden moet je echter veel micro-organismen screenen.

## OPPEPPEN

Smaakverandering is een bottleneck bij vetarme kaas. Sommige aromacomponenten – o.a. (methyl)ketonen, lactonen, esters – die tijdens de rijping door afbraak van melkvet ontstaan, worden in mindere mate gevormd in laagvet kaas. Die zijn er dus in lagere concentratie aanwezig. Daarnaast heeft men vastgesteld dat de waarneming van een aroma in een laagvet product anders is dan in een volvet product en dat er ook verschillen zijn in het vrijkomen van aromastoffen uit laag- en hoogvette producten. Dit alles kan ertoe leiden dat het waargenomen aromaprofiel verschilt en ook dat andere smaken, zoals zuur en bitter, eerder waargenomen worden in een laagvette kaas. De smaak valt op te pepen door de hoeveelheid smaakstoffen te versterken die vrijkomt bij de proteolyse, de afbraak van eiwitten. Daartoe maken kaasmakers gebruik van zogeheten versnelde rijping: naast de startercultuur voegen ze een adjunctcultuur toe die niet bijdraagt aan de verzuring, maar pas in werking treedt tijdens de rijping en dan zorgt voor de vorming van smaakstoffen. In Goudse kazen worden meestal *Lactococcus*-stammen ingezet voor de verzuring en speciale *Lactobacillus*-varianten als adjunct om de smaak te versterken.

De afgelopen tien jaar is veel onderzoek gedaan naar de metabole routes en enzymen die een rol spelen bij de vorming van belangrijke aromacomponenten. De kunst

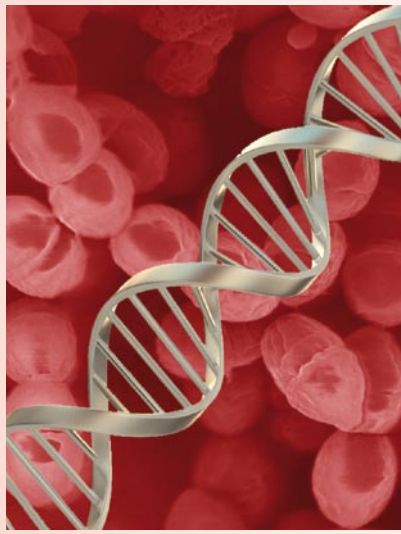
## ZONDER ZOUT



Volgens zuivelonderzoekers kun je de hoeveelheid zout in kaas zonder problemen met 20 tot 30 procent terugdringen. Maar als je nóg meer weglaat, wordt kaas snel flauw en vlak van smaak. Zout is nodig om de smaak van kaas te ondersteunen. Door de keuze van een goede starter- en adjunctcultuur kunnen de vrijgekomen aminozuren iets van de smaak overnemen. Vaak zijn deze stoffen juist wat zoet. Zout beïnvloedt bijvoorbeeld ook de lysis van bacteriën en de activiteit van enzymen. Andere omzettingroutes worden aangeschakeld, waardoor de reactiesnelheid verandert. Zout heeft ook invloed op de textuur en houdbaarheid van kaas, dus zomaar even weglaten kan niet. |



## BACTERIËN MET STRESS



Tijdens het rijpen van kaas staat de melkzuurbacterie *Lactococcus lactis* bloot aan wisselende condities. Dit veroorzaakt behoorlijk wat stress bij de bacteriën. Wetenschappers van het NIZO en het Kluyver Center for Genomics of Industrial Fermentation in Delft hebben een minikaasysteem ontwikkeld waarmee ze kunnen onderzoeken wat dit voor biologisch effect heeft en welke van de duizend bacteriële genen tijdens het rijpen aan en uit worden gezet.

Om te zien welke genen in de melkzuurbacterie tijdens welke fase van de kaasrijping actief zijn, hebben de onderzoekers een detectiemechanisme ontwikkeld dat werkt via een luciferasemeting. Voor elk gen is een zogeheten *construct* gemaakt waaraan de genetische code is toegevoegd voor het lichtgevende enzym luciferase. De hoeveelheid licht die vervolgens wordt uitgezonden vertelt hoe sterk een bepaald gen aan staat. Dit onderzoek is vrij fundamenteel en gericht op één *Lactococcus*-stam. Door de genexpressie te begrijpen hopen de onderzoekers uiteindelijk nieuwe stammen te kunnen selecteren en de fermentatie zodanig bij te sturen dat de smaak van kaas optimaal wordt.

van kaasproducenten is om cultures te selecteren met een hoog smaakvormend vermogen. Dit is een kwestie van *trial-and-error*. Voor elk nieuw ingrediënt, elke bacteriecultuur of procesconditie moeten kazen worden gemaakt. Een arbeidsintensief proces, waarbij het resultaat pas na vier weken wachten voor het eerst te beoordelen is. Dit probleem kan worden omzeild door direct naar de vormingsroute te kijken. Hiervoor wordt de enzymactiviteit van verschillende bacteriën in vitro gemeten op het vermogen om geurcomponenten te vormen. Hoewel dit veelbelovende stammen oplevert, blijkt het lastig om de resultaten te vertalen naar de kaasbereiding. Het gedrag van bacte-

riën gekweekt in vloeibaar medium komt namelijk niet overeen met het gedrag in kaas. Daarin produceren dezelfde bacteriën heel andere hoeveelheden smaakvormende enzymen, met als gevolg een heel andere smaak.

## HIGH-THROUGHPUT

Pogingen om kleinere kaasmodellen te maken losten niet het probleem op om in korte tijd vele verschillende kaasjes tegelijk in handen te krijgen. In 2007 vonden onderzoekers van NIZO Food Research hiervoor toch het ei van Columbus. Ze ontwikkelden een slim systeem waarmee ze heel snel en parallel heel veel minikaasjes kunnen maken in 96-wells microtiterplaten. Dit concept is 's werelds eerste *high-throughput* kaasproductiesysteem en kan 600 kaasjes per dag produceren, elk gemaakt van 2 ml melk. Iedere minikaas wordt apart geproduceerd, waardoor zeer veel parameters en variaties tegelijk getest kunnen worden – zoals startercultures, enzymactiviteiten en procescondities. Aan het aromaprofiel en de microbiële activiteit en levensvatbaarheid kunnen de zuivelonderzoekers aflezen wat het effect is van die variaties. Op die manier weten ze wat er nodig is om de kaas te verbeteren of kunnen ze zelfs geheel nieuwe kazen ontwerpen. Met het systeem kan bovendien gekeken worden naar het remmen van ongewenste micro-organismen zoals *Listeria*, wat weer belangrijk is voor de voedselveiligheid.

Het *high-throughput*-kaasproductiesysteem is inmiddels geïmplementeerd, want NIZO verwacht dat deze technologie uitgroeit tot een standaardhulpmiddel in kaasonderzoek. Vandaar ook dat het

## NET KAAS



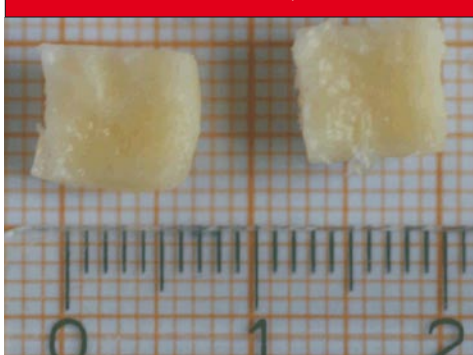
Hamburgerketens en diepvriespizzabakkers belazeren de kluit, meldde het RVU-programma Keuringsdienst Van Waarden onlangs. Kaas op veel cheeseburgers en pizza's is nep. Het smaakt naar kaas, ruikt als kaas, ziet er uit als kaas, maar het is geen kaas. Maar wat is het dan wel? En hoe druk moeten we ons hierover maken? Prof. Tiny van Boekel, hoogleraar Productontwerpen en Kwaliteitskunde van Wageningen Universiteit, noemt het een storm in een glas water.

Kazen in pizza's en cheeseburgers blijken vaak geen melkvetten te bevatten, maar plantaardige vetten uit palmolie en zonnebloemolie. Eigenlijk moet je spreken van kaasanalogen in plaats van kaas, vindt Van Boekel. De industrie gebruikt die kaasanalogen vaak omdat ze gemakkelijk verwerkbaar zijn onder procescondities. Maar het kan ook een kwestie van kosten zijn. Plantaardige vetten zijn dikwijls goedkoper dan vetten uit zuivel. De Wageningse hoogleraar kan zich zelfs voorstellen dat een fabrikant de vetten in kaas vervangt omdat hij een gezonder product wil maken. In ieder geval vindt hij de term 'nepkaas' misleidend. "De kaasanalogen op pizza's bestaan nog steeds uit kaas, net zoals smeerkaas nog steeds voor zeventig of tachtig procent uit kaas bestaat", aldus Van Boekel.

protocol voor de minikaasjes uitgebreid is getest, zodat het dezelfde kwaliteit kaas oplevert als de grote Goudse kazen. Sleutelparameters als verzuringssnelheid, vochtgehalte, zoutconcentratie en structuur moeten vertaalbaar zijn naar de grote industriële kazen.

Voor studies naar de textuur van kaas zijn tot nu toe nog grote stukken kaas nodig, waarmee reologisch onderzoek kan worden gedaan. Ook hierbij zien de zuivelonderzoekers mogelijkheden voor hun minikaasmethode. Er wordt bijvoorbeeld al gewerkt aan non-destructieve methoden, zoals ultrageluid of technieken op basis van lichtverstrooiing om de mate van eiwitgelering te volgen. Het zal nog even duren voordat winkels kaas verkopen die met deze technologie is ontwikkeld.

## TESTKAASJES



Minikaasjes voor *high-throughput* screening worden gemaakt in een microplaat met 96 vaatjes voorzien van een eigen roersysteem. Elk vaatje in de microplaat fungeert als een soort kaasvat om een individueel kaasje te maken van ongeveer 2 ml melk. Het resultaat is een minikaas van 7 bij 7 mm en een gewicht van 170 mg. Tot nu toe is een bereidingsprotocol ontwikkeld voor Nederlandse Goudse kaas en Engelse Cheddar.

# Meer weten

## AANBEVOLEN LITERATUUR

- Vernooij A, *Hard van binnen, rond van fatsoen, Geschiedenis van de Nederlandse kaascultuur*, Het Nederlands Zuivelbureau, 1994.
- Koster B, Koster M, *Kaas*, Winkler Prins, Het Spectrum, 2006.
- Banks J, Weimer B, Producing low fat cheese. in: *Improving the flavour of cheeses*. Ed. B. Weimer, Woodhead publishing, Engeland, 2007, 520- 536.
- Fox PF *et al.*, *Fundamentals of Cheese Science*, Aspen Publishers Inc., VS, 2000.

## AANBEVOLEN WEBSITES

- [www.nizo.nl](http://www.nizo.nl): site van het onderzoeksinstituut NIZO Food Research.
- [www.zuivelonline.nl](http://www.zuivelonline.nl): zuivelsite voor consumenten en onderwijs over kaas en andere zuivelproducten.
- [www.nzo.nl](http://www.nzo.nl): de Nederlandse Zuivelorganisatie, de brancheorganisatie van de Nederlandse zuivelindustrie.
- [www.food-info.net/nl/national/ww-kaas.htm](http://www.food-info.net/nl/national/ww-kaas.htm): infosite van de afdeling Levensmiddelentechnologie van Wageningen Universiteit.
- [www.thuisexperimenteren.nl/science/kaasmaken/kaasmaken.htm](http://www.thuisexperimenteren.nl/science/kaasmaken/kaasmaken.htm): handleiding om zelf kaas te maken.
- [www.boerenkaas.nl](http://www.boerenkaas.nl): productie van boerenkaas op de boerderij.
- [www.evmi.nl](http://www.evmi.nl): nieuwssite voor de levensmiddelenindustrie.
- [www.kennislink.nl/web/show?id=97273](http://www.kennislink.nl/web/show?id=97273): biotechnologie van kaas door de eeuwen heen.

## VOOR OP SCHOOL

1. Oude kaas schimmelt minder snel dan jonge kaas. Geef twee redenen.
2. Wat zijn de belangrijkste verbindingen in komijn (kummel) en kruidnagelen? Wat is de chemische structuur van annatto? Waardoor neemt kaas deze verbindingen gemakkelijk op?
3. Licht toe hoe door pekelen water aan kaas wordt onttrokken.



Kazen worden gecontroleerd op samenstelling (vet-, vocht- en zoutgehalte), verontreinigingen, vorm, doorsnede en smaak. Met een kaasboor wordt een monster genomen.

4. Lebferment wordt gebruikt voor het stremmen van kaas. Wat is de oorsprong van dit stremsel en welk enzym is actief? Het enzym kan ook gemaakt worden door genetisch bewerkte schimmels. Hoe gaat dat in zijn werk?
5. Chymosine 'knipt' het kappacaseïne tussen fenylalanine en methionine. Geef de knipreactie in structuurformules.
6. Koolstofdioxide lost op in water en ook in verse kaas. Laat met een evenwichtsvergelijking zien dat CO<sub>2</sub> uit de oplossing verdwijnt als de pH daalt.
7. Toevoeging van zure karnemelk of van azijn doet melk uitvlokken. Door vervolgens een base, bijvoorbeeld soda-water, toe te voegen ontstaat echter geen melk. Waardoor is de uitvlokking van melkeiwitten onomkeerbaar?
8. Wat is wei en waarvoor wordt het gebruikt? Welke bekende frisdrank uit wordt van wei gemaakt?
9. Noem drie voordelen van microschaalonderzoek naar nieuwe kaassoorten.
10. Hoe ontstaan de kenmerkende gaten (ogen) in kaas? Noem twee soorten kaas met extreem grote gaten.

## COLOFON

**Chemische Feitelikheden:** actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Losbladige uitgave van de KNCV, verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

### Redactie:

Arno van 't Hoog (C2W)  
Marian van Opstal (Bèta Communicaties)  
Arthur van Zuylen (Bèta Communicaties)  
Gerard Stout (Noordelijke Hogeschool Leeuwarden)

**Basisontwerp:** Menno Landstra

### Redactie en realisatie:

Bèta Communicaties  
tel. 070-306 07 26  
[betacom@planet.nl](mailto:betacom@planet.nl)

### Fotoverantwoording:

Foto's zonder bronvermelding zijn afkomstig van [www.istockphoto.com](http://www.istockphoto.com)

### Uitgever:

Roeland Dobbelaer  
Bèta Publishers  
Postbus 249, 2260 AE Leidschendam  
tel. 070-444 06 00  
fax 070-337 87 99  
[info@betapublishers.nl](mailto:info@betapublishers.nl)

### Abonnementen opgeven:

Abonnementenland  
Antwoordnummer 1822  
1910 VB Uitgeest  
tel. 0900-226 52 63 (€ 0,10/minuut)  
[aboservice@aboland.nl](mailto:aboservice@aboland.nl)

### Abonnementen:

- papieren editie en toegang tot digitaal archief op internet: (inclusief verzamelmap): € 75,-  
KNCV- en KVCV-leden: € 65,-
- alleen toegang tot digitaal archief op internet: € 60,-  
KNCV- en KVCV-leden: € 50,-

Abonnementen kunnen elk moment ingaan. Abonnementen worden automatisch verlengd tenzij vóór 1 november van het lopende jaar een schriftelijke opzegging is ontvangen.

## KAAS

editie 57  
nummer 251  
november 2008

### Met dank aan:

- Ir. Hein van Valenberg, Wageningen Universiteit Researchcentrum, [Hein.vanValenberg@wur.nl](mailto:Hein.vanValenberg@wur.nl)
- Dr. ir. Ton van Vliet, Wageningen Universiteit Researchcentrum, [Ton.vanVliet@wur.nl](mailto:Ton.vanVliet@wur.nl)
- Dr. Eva Maria Düsterhöft, NIZO food research BV, [eva.dusterhoft@nizo.nl](mailto:eva.dusterhoft@nizo.nl)
- Dr. Johan van Hylckama Vlieg, NIZO food research B.V. [johan.van.hylckama.vlieg@nizo.nl](mailto:johan.van.hylckama.vlieg@nizo.nl)