

EEN KWESTIE VAN SMAAK

Door prof.dr. Gerrit Smit



WAGENINGEN UNIVERSITEIT

WAGENINGEN **UR**

Een kwestie van smaak

Mijnheer de rector, dames en heren,

Inleiding

Een leerstoel in Molecular Flavour Science. Werken bij Unilever in Vlaardingen en tevens verbonden aan de Wageningen Universiteit. Wat doe je dan allemaal en wat doe je op welke plek? Is er een koppeling tussen deze activiteiten mogelijk en hoe werkt dat dan? Vragen die mij regelmatig gesteld worden. Ik hoop daar vandaag meer duidelijkheid in te geven en tevens aan te geven in hoeverre Unilever de Universiteit nodig heeft en andersom. Er is meer overeenkomst dan u misschien zou denken, en dat begint al als je de visitekaartjes bekijkt: Universiteit Wageningen en Unilever Vlaardingen. Als ik daar een beetje mee speel, dan valt de overlap op en dat leidt al snel tot ‘Unileversity Vlageningen’. Zelfs onderzoeksschool VLAG, waar deze leerstoel onderdeel vanuit maakt, komt erin terug. De link is daarmee dus snel gemaakt. In het vervolg van mijn betoog hoop ik dat ook inhoudelijk duidelijk te maken met de uitdagingen die er zijn in het vakgebied van de Molecular Flavour Science. Moleculaire smaakwetenschap in het Nederlands, maar ik zal u later uitleggen waarom de Engelse naam beter de lading dekt.

Geur en smaak van voedingsmiddelen zijn de belangrijkste aandachtsgebieden van mijn leerstoel. Voordat ik inga op de rol van geur en smaak in ons voedsel, wil ik graag beginnen met aandacht te schenken aan de rol van geur- en smaak-

waarneming in een bredere context. Met name geur speelt een zeer belangrijke rol in de natuur en dat gaat veel verder dan alleen bij het eten.

Dankzij geurcommunicatie zijn mieren in een mierenhoop in staat om elkaar te waarschuwen voor dreigend gevaar, te leiden naar voedsel enzovoort (Wilson, 1959, 1971).

Stormvogels gebruiken de geur van dimethylsulfide om tijdens de gigantische afstanden over de oceaan zich te oriënteren (Nevitt et al. 1995). Muggen ruiken onder andere onze zweetmoleculen en weten ons helaas op die manier feilloos te vinden. Kamelen vinden waterbronnen in de woestijn doordat ze geosmine ruiken, een geurstof die bodembacteriën produceren. Geur speelt ook een zeer belangrijke rol in het vinden van een partner en de bereidheid tot paren. Zeugen zijn bereid tot paren als ze op het juiste moment in hun cyclus androstenon ruiken. Dergelijke feromonen, een klasse van geurcomponenten, kunnen in zeer lage concentraties al waargenomen worden door vlinders, waardoor ze op kilometers afstand soortgenoten kunnen traceren.

Bij de mens is de mogelijke rol van feromonen minder duidelijk. Waargenomen is dat mannen anders reageren op zweetgeur van vrouwen dan van mannen (en omgekeerd). Partnerkeuze op basis van lichaamsgeur blijkt bij muizen samen te gaan met goede genetische combinatie voor het immuunsysteem, wat leidt tot een sterker nageslacht (Leinders-Zufall et al. 2004). Als dit ook opgaat voor de mens, moet je je afvragen of het gebruik van deodorants wel aan te raden is voor mensen die op zoek zijn naar een partner (ook al lijkt het gebruik ervan wel succesvol te zijn als je sommige TV commercials mag geloven).

De meest bekende functie van onze geur- en smaakwaarneming is echter het beoordelen en waarderen van ons voedsel.

Biologisch is dit ook wel te verklaren. Zo zien we een algemene afkeer voor bittermakende producten, een observatie die goed te koppelen is aan het gegeven dat vele giftige bessen in de natuur een bittere smaak hebben. En daarmee is dit een waarschuwing om deze vruchten te mijden. Anderzijds is bitter ook typisch een attribuut dat we kunnen leren waarderen in producten, bv. koffie en bier. Het is dus ook een cognitief proces. Een kwestie van smaak dus.

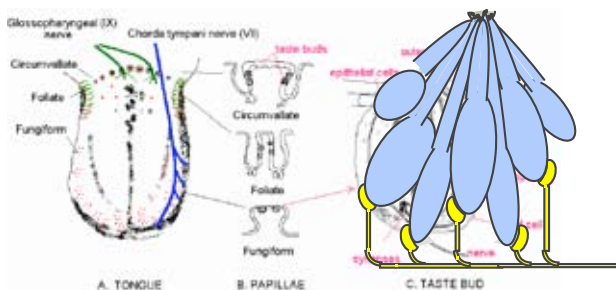
Lag het accent in vroeger tijden vooral op het keuren van het voedsel, de mens was immers al blij genoeg dat hij iets eetbaars vond, tegenwoordig gebruiken we onze smaakzintuigen toch voornamelijk om te genieten van ons voedsel. Zeker in ons deel van de wereld, waar voedsel in ruime mate beschikbaar is, kiezen we ons voedsel met name op basis van onze smaakwaarneming. Dat maakt dat kennis over de geur en smaak in voedingsmiddelen ook zo belangrijk is.

Hoe worden geur en smaak waargenomen

Smaakwaarneming

Smaak nemen we vooral waar met onze tong en in mindere mate ons gehemelte. Op de tong zijn vele smaakpapillen gelokaliseerd. Met die smaakpapillen zijn we in staat een beperkt aantal smaakstoffen waar te nemen: zout, zoet, zuur, bitter en umami. Zeer recent zijn er aanwijzingen dat er –in ieder geval bij knaagdieren– ook receptoren aanwezig zijn om vetzuren te detecteren. Echter meer onderzoek is nodig om vast te stellen of dit ook bij mensen een rol van betekenis speelt. In tegenstelling tot wat u in vele leerboeken staat, zijn er geen specifieke gebieden op de tong waar we alleen zout, of zuur, of bitter waarnemen. We kunnen deze overal waarnemen, al is het wel zo dat er zich op bepaalde

gebieden meer smaakpapillen bevinden. Het idee dat bijvoorbeeld bitterwaarneming zich achter op de tong bevindt, komt zeer waarschijnlijk van de waarneming dat de bittere smaak vaak lang blijft ‘hangen’ (het zogenaamde lingering effect van smaak), wat wellicht de suggestie wekt dat bittere stoffen vooral achter op de tong waargenomen worden.



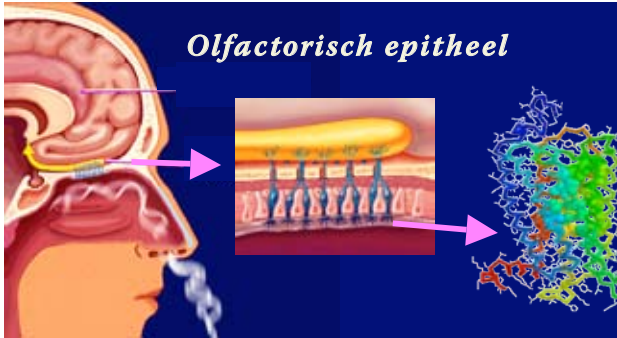
Diverse laboratoria, waaronder het Unilever Food and Health Research Institute, werken uitvoerig aan het karakteriseren van smaakreceptoren (Adler et al. 2000; Matsunami et al. 2000; Rossler et al. 2000). De receptoren voor zout en zuur blijken specifieke ionkanalen te zijn, en die voor zoet, umami en bitter zogenaamde G-eiwitgebonden-7-transmembraan eiwitten te zijn. Eenmaal geactiveerd, wordt er via een cascade van reacties in de smaakcel uiteindelijk een elektrisch signaal via de zenuwbaan naar het centrale zenuwstelsel gestuurd, waar de informatie verder verwerkt wordt. In totaal zijn er voor elke smaak maar enkele verschillende receptoren. Alleen voor bitter hebben we een uitgebreide set (ca. 23) receptoren en dat is te verklaren omdat er heel veel chemisch zeer verschillende bittermakende componenten zijn.

We zien de laatste jaren een steeds grotere aandacht op smaak. Dit komt enerzijds omdat smaak een zeer grote impact heeft op onze totale kwaliteitsbeleving, maar ook omdat bijvoorbeeld bitterheid een steeds groter probleem is. Veel toegevoegde gezonde ingrediënten hebben helaas een bittere smaak. Het onderzoek om ook op receptor niveau interactie van bittere smaakcomponenten te beïnvloeden zal dan ook een belangrijk aspect vormen in mijn werk.

Het waarnemen van geur

Geur is het waarnemen van vluchtige chemische verbindingen. Dat wil zeggen dat ze gemakkelijk vrijkomen uit een product en een voorkeur hebben om in de lucht erboven te zijn. Dat is ook waarom we ze in de neus waar kunnen nemen, want de neus komt –normaliter- niet fysiek in aanraking met het voedsel. Het waarnemen van geur is eigenlijk nog complexer dan van smaak. Dat komt in de eerste plaats doordat we een veel groter aantal receptoren hebben om geurstoffen te detecteren. Het werk gedaan door Axel en Buck (1991) aan het identificeren van geurreceptoren heeft ons veel meer geleerd van hoe dit in z'n werk gaat. Het was zodanig baanbrekend dat ze er in 2004 de Nobelprijs voor de Geneeskunde voor hebben gekregen.

Zoogdieren hebben ongeveer 1000 verschillende geurreceptoren, die qua bouw overeenkomsten vertonen met de bitterreceptoren. Duizend genen coderen voor deze set receptoren, en dat op een totaal van 30.000 genen. Dat betekent dus dat ongeveer 3% van ons gehele erfelijke materiaal (genoom) codeert voor alleen geurwaarneming. Daarmee is er geen andere functie in ons lichaam die zoveel van het DNA vraagt. Dit geeft wel aan hoe belangrijk geurwaarneming is.

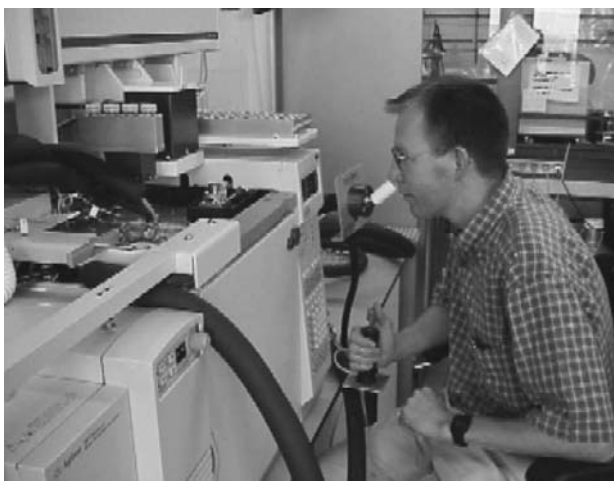


Om het allemaal nog ingewikkelder te maken, er zijn veel meer verschillende geurstoffen dan dat er geurreceptoren zijn. Bij de mens zijn er nog ongeveer 350 geurreceptoren actief en die reageren op 1 of meerdere geurcomponenten waardoor er een soort herkenningspatroon (vergelijk het met een vingerafdruk) ontstaat in onze hersenen. Dat verklaart ook dat er een delicate balans nodig is in geurstoffen om te resulteren in een goede geurherkenning en kwaliteitsbeleving van een product.

Bijzonder is ook dat het olfactorische epitheel gelokaliseerd is net onder de schedelbasis. De prikkels van de andere zintuigen hebben meestal een veel langere weg te gaan en worden eerst voorverwerkt door de hersenschors voor we ze waarneemen. Dat is niet het geval bij het reukorgaan, de schedel is zelfs poreus tussen dit orgaan en de hersenen, zodat er een zeer korte afstand is die de zenuwuiteinden hebben af te leggen naar de hersenen. Deze directe verbinding maakt dat we in geval van waarschuwing voor gevaar (bv. brandlucht) ook onmiddellijk kunnen reageren, en vaak gebeurt dat al voordat we het ons echt bewust zijn.

Geur- en smaakmoleculen

Het woord “Molecular” in de naam van de leerstoel geeft aan dat ik me vooral richt op de moleculen in een voedingsmiddel die een interactie aangaan met de geur- en smaakreceptoren. Het kennen van deze componenten vormt de basis om gericht een voedingsmiddel zodanig te veranderen dat het de gewenste componenten bevat in de juiste concentratie. Dit kan overigens ook betekenen dat het onderzoek gericht is op het verwijderen van ongewenste geur- of smaakcomponenten of op het blokkeren van de interactie met de receptoren. Omdat er vele honderden verschillende geur- en smaakstoffen aanwezig kunnen zijn in een voedingsmiddel, en bovendien in zeer verschillende hoeveelheden, is het noodzakelijk om ons primair te richten op de componenten die de grootste impact hebben. Voor zowel geur als smaak zijn daar methodieken voor ontwikkeld. Ik zal hier volstaan met een korte uitleg over het identificeren van de belangrijkste geurcomponenten. De geurstoffen aanwezig in een product kunnen daaruit geëxtraheerd worden en zijn door middel van gaschromatografie te scheiden in de individuele componenten. Vervolgens kunnen deze geïdentificeerd worden met behulp van massaspectrometrie. Maar dan weten we alleen welke componenten er aanwezig zijn, en als we goed ons best doen kunnen we ook de hoeveelheid van de verschillende geurstoffen bepalen. Echter, de chemische analyses vertellen ons nog niet wat de geurimpact van die componenten is. Daarvoor hebben we meest gevoelige detector nodig die beschikbaar is: de menselijke neus, en om die reden koppelen we de menselijke neus dan ook aan de scheidingsmachine, zodat er een zogenaamde gaschromatografie-olfactometrie combinatie ontstaat.



Gebruikmakend van deze GC-O combinatie zijn we dan in staat om vast te stellen welke geurcomponenten het meest bijdragen aan de geur van het product. Hierbij is het goed om te realiseren dat van sommige geurverbindingen relatief veel aanwezig moet zijn, terwijl van andere verbindingen maar zeer lage concentraties nodig zijn. Om u een idee te geven. Van de stof ethanol kun je met een gram toegevoegd aan een beker water nog ruiken dat er alcohol in zit. Dat is voor een geurstof eigenlijk veel. Wanneer we bijvoorbeeld 1 gram 1-p-menthen-8-thiol toevoegen aan een olietanker vol met water, dan ruikt de hele tanker naar grapefruit. Dit illustreert goed dat flavour onderzoek en de toepassing ervan erg nauw komt.

Hoe komen geur- en smaakstoffen in onze producten?

We eten producten direct uit de natuur (bijvoorbeeld aardbeien), en in die producten zijn al diverse geur- en smaakstoffen aanwezig die er tijdens de rijping zijn ontstaan. Maar voor het grootste deel van ons voedsel geldt dat het allerlei processen heeft doorgemaakt voordat we het tot ons nemen. En tijdens al die processen worden smaakstoffen gevormd. Maar ook verdwijnen er tijdens processing en opslag weer smaakstoffen en daarom is het vaak nodig om voor een goede smaak extra geur- en smaakcomponenten aan producten toe te voegen. Dit laatste is vooral het terrein van de smaakstoffenindustrie. Neem als voorbeeld yoghurt met aardbeien: om een goede houdbaarheid te garanderen moet de aardbeienyoghurt een hittebehandeling ondergaan. In dat proces verliest de aardbei veel van de kenmerkende geuren en smaakstoffen (en meestal ook textuur). Om dan toch een acceptabel eindproduct te krijgen, worden smaakstoffen toegevoegd om dit verlies te compenseren.

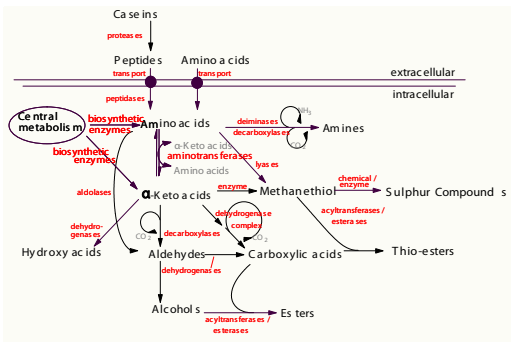
Het is wetenschappelijk een grote uitdaging om de vormings- en afbraakprocessen te ontrafelen. De levensmiddelenindustrie heeft er veel belang bij om deze kennis toe te kunnen passen, want de consument heeft een duidelijke voorkeur voor natuurlijke geur- en smaakstoffen.

Er zijn twee belangrijke processen die leiden tot vorming en afbraak van geur- en smaakcomponenten: enzymatische en chemische omzettingen. Ik zal u enkele voorbeelden geven.

Een bekend proces dat leidt tot de enzymatische vorming van smaak is het fermentatieproces. Fermentatie van voedselingredienten is een belangrijk proces, waarbij grondstoffen worden

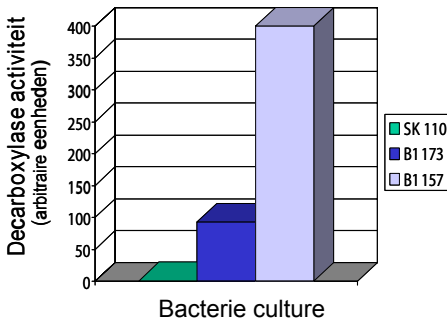
omgezet door gebruik te maken van micro-organismen; dit kunnen bacteriën, gisten of schimmels zijn. Deze processen leiden tot natuurlijke geur- en smaakstoffen. In het verleden was de uitkomst van een fermentatie vaak ongewis wat betreft de geur en smaak, maar tegenwoordig is ons inzicht in deze processen zodanig toegenomen dat we zelfs gericht de natuurlijke smaakvorming kunnen sturen. Ik wil dat graag illustreren.

Als eerste kaas: kaas krijgt z'n smaak pas tijdens de rijping en daarvoor zijn enzymen nodig die aanwezig zijn in de zuurbacteriën. De laatste jaren is er veel kennis opgebouwd op het gebied van enzymatische geur- en smaakvorming door melkzuurbacteriën. De voor kaas karakteristieke smaakcomponenten blijken voornamelijk afkomstig te zijn uit de afbraak van melkeiwitten. Eiwitten worden door proteases en peptidasen afgebroken tot vrije aminozuren. De vrije aminozuren die zo ontstaan dragen op zichzelf bij aan de smaakvorming, denk daarbij vooral aan glutaminezuur dat we waarnemen als umami. Dat bepaalt mede de hartige smaak van kaas. Maar de karakteristieke geur en smaak ontstaat pas als de aminozuren verder worden omgezet in diverse aroma-componenten, een complex proces zo blijkt.



De belangrijkste omzettingroutes worden geïnitieerd door zogenaamde aminotransferases; enzymen die aminozuren omzetten in α -ketozuren (Yvon et al. 1997). Deze ketozuren zijn belangrijke intermediairen die door diverse enzymen verder omgezet worden in de uiteindelijke geurcomponenten. Afhankelijk van het aminozuur waarmee het proces begint, leidt dat tot verschillende geuren. Zo leidt de afbraak van het aminozuur methionine tot zwavelbevattende aromamoleculen die op zichzelf stinkende geuren geven, maar in balans met andere geurcomponenten cruciaal zijn voor het eindproduct. Phenylalanine wordt omgezet in benzylaldehyde dat ruikt naar amandelen, leucine in 3-methylbutanal, dat een moutig, chocoladeachtige geur geeft, enz. Deze componenten kunnen op hun beurt weer verder omgezet worden in andere verbindingen, waardoor de smaak van de kaas tijdens de rijping zich steeds verder ontwikkeld.

Nu is de uitdaging om in deze cascade van omzettingen vast te stellen welke enzymen het meest belangrijk zijn. Dat is in enkele gevallen goed bestudeerd en ik zal dit illustreren aan de hand van de vorming van 3-methylbutanal, een belangrijke aromacomponent die een karakteristiek element vormt in de smaakbeleving van bv Parmezaanse kaas.

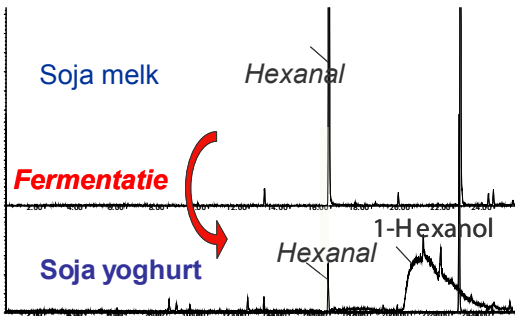


Alle enzymen die betrokken zijn in de route naar 3-methylbutanal zijn gekarakteriseerd en daarbij bleek dat er één enzym is dat beperkend is in de meest gebruikte melkzuurbacteriecultures (zoals SK110). Dat enzym bleek het decarboxylase te zijn. Uit een uitgebreide screening bleek dat er natuurlijke bacteriestammen geselecteerd konden worden met een hoge decarboxylase activiteit. Wanneer een dergelijke stam werd getest, dan bleek dit te leiden tot een significant hogere productie van deze geurstof. In de kaasbereiding bleek dit te resulteren in een duidelijk hoger gehalte aan de gewenste aromastof en tevens werden deze kazen sensorisch beter gewaardeerd. Dit voorbeeld is één van de eerste dat de mogelijkheid toonde om op een heel gerichte wijze smaakvorming in een complex product te sturen door in te grijpen in de fermentatie (Eman et al. 2003, Smit et al. 2004, 2005).

De verkregen inzichten in de vorming en afbraak van deze aldehyden blijkt overigens niet alleen bruikbaar in kaas, maar bijvoorbeeld ook in soja producten. Soja producten worden door de Westerse consument minder gewaardeerd dan zuivelproducten vanwege hun typische geur en smaak. Deze wordt als ongewenst beschouwd, al is dat laatste uiteraard een kwestie van smaak, want dezelfde producten worden zeer gewaardeerd aan de andere kant van de aardbol.

In soja spelen zowel geur- als smaakcomponenten een rol in de –ongewenste- smaakbeleving. Bij de geurcomponenten spelen ook aldehydes een belangrijke rol (maar dan juist in negatieve zin) en om die reden is getracht om ook daar gebruik te maken van melkzuurbacteriën. Deze bacteriën hebben niet alleen enzymen om aldehydes te vormen, wat ik u net heb laten zien, maar ook om ze weer af te breken. Zo bleek dat ongewenste aldehydes effectief omgezet kun-

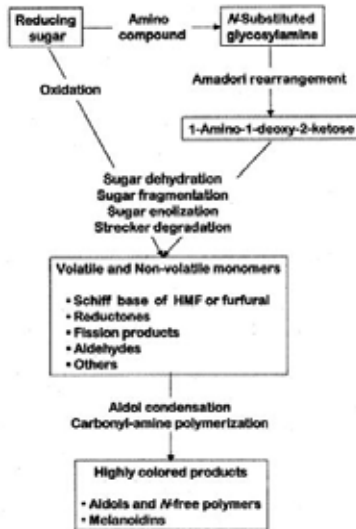
nen worden in een fermentatiestap waardoor er een –voor de Westerse consument- beter smakende sojayoghurt ontstaat (Smit et al. 2006).



Echter dan zijn we er nog niet, want soja heeft ook negatieve smaakaspecten, zoals bitterheid. In nieuw te starten onderzoek willen we ons gaan richten op het beter karakteriseren daarvan, en daarbij gebruik maken van testen waarbij we direct de interactie met bitterreceptoren kunnen meten. Ik heb u reeds verteld dat aan deze gewerkt wordt, waardoor het mogelijk wordt om in een reageerbuis de interactie tussen bittere componenten en de receptor te bestuderen. Deze aanpak zal veel meer inzicht gaan verschaffen in hoe deze smaakstoffen reageren met de receptor en welke mogelijkheden er zijn om dat te blokkeren of te voorkomen.

Naast enzymatische smaakvorming kennen we ook spontane chemische processen die leiden tot geur en smaak. Het accent in mijn leerstoel zal liggen op de vorming van gewenste geur- en smaakstoffen die ontstaan tijdens hittebehandeling van ingrediënten en levensmiddelen. Deze thermische omzettingen zijn bijna 100 jaar geleden al voor het

eerst omschreven door Prof. Maillard (1912) en de reactie die leidt tot deze smaakcomponenten worden sindsdien de Maillard reactie genoemd.



De Maillard reactie is een zeer complex proces. Het is vanwege die complexiteit dat verreweg het grootste deel van het onderzoek in dit veld zich tot nu toe gericht heeft op de vorming van smaakcomponenten in sterk vereenvoudigde modelsystemen: een aminozuur en een reducerende suiker. Dat heeft weliswaar geresulteerd in een groot inzicht in allerlei reacties die op kunnen treden, maar de complexiteit in echte voedingsmiddelen is uiteraard veel groter en dat maakt de vertaalbaarheid van deze kennis er niet eenvoudiger op. Vanuit de leerstoelgroep Levensmiddelenchemie is samen met de leerstoelgroep Productontwerpen en Kwaliteitskunde een project opgezet waarin onderzoek wordt gedaan aan de

karakterisering van eindproducten van de Maillard reactie, de melanoidines, in een complex proces en product: koffie. Het laat zien dat er op dit gebied nog veel werk te verzetten is en het plan is om de routes, zoals bestudeerd in model-systemen, te vertalen naar meer complexe voedselmatrices. Met de zo opgebouwde inzichten hopen we dan een betere vertaalslag mogelijk te maken om verhittingsprocessen en ingrediënten in de industriële setting beter af te stemmen op de gewenste, positieve smaakrichtingen.

Relatie tussen het vrijkomen van aroma en smaak en perceptie

Ik heb u aangegeven dat ik mij in mijn onderzoek wil richten op zowel de enzymatische als de chemische routes die leiden tot smaakvorming. De derde en laatste uitdaging waar ik mij in mijn onderzoek op wil richten is een logisch verlengde op het voorgaande. Als we beter in staat zijn om de gewenste geur- en smaakcomponenten in voedingsmiddelen te krijgen, dan is de volgende uitdaging om beter te begrijpen hoe deze smaakstoffen vrijkomen tijdens het eten. Bovendien is dan ook van belang om te weten hoe de verschillende attributen, zoals geur en smaak elkaar beïnvloeden, maar ook weer beïnvloed worden door onze andere zintuigen: zoals tastzin (mondgevoel), kleur en geluid.

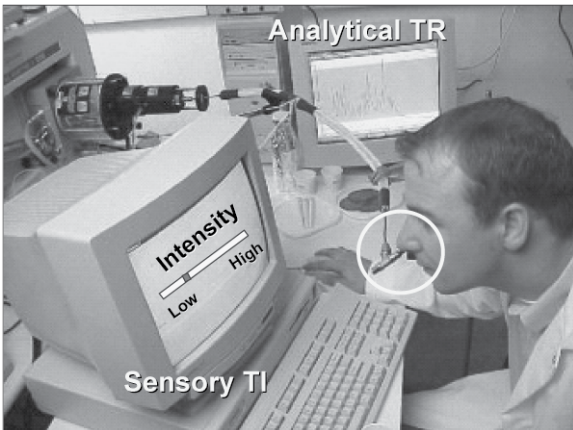
Lange tijd heeft het analytisch onderzoek van levensmiddelen zich voornamelijk geconcentreerd op identificatie en kwantificatie van aromastoffen. Nu is de concentratie van geur- en smaakcomponenten niet noodzakelijkerwijs representatief voor de wijze waarop ze vrijkomen uit het product tijdens consumptie Dit heeft opnieuw te maken met

de complexe samenstelling van ons voedsel, waarbij diverse ingrediënten, zoals vet en eiwitten, een grote invloed kunnen hebben op het vrijkomen van de geur- en smaakstoffen. Het is belangrijk om onderscheid te maken tussen het ruiken aan een product, en dat heet orthonasale geurwaarneming, en de retronasale geurwaarneming; het vrijkomen van de geurstoffen tijdens het kauwen en vooral na het slikken. Bij dat laatste nemen we tijdens het uitademen de geurstoffen mee die zich in keel en mondholte bevindt. Dat wordt vaak verward met de smaak, maar we nemen het waar in onze neus en u weet allen uit ervaring wel hoe belangrijk dat is, want als we verkouden zijn, dan smaakt het eten niet meer. Dus wat we in de volksmond smaak noemen, is feitelijk smaak en retronasale geur. In het Engels is die verwarring minder omdat daar het woord ‘*Flavour*’ bestaat naast *taste* (smaak) en *smell* (geur). *Flavour* bevat dus meer en het is om die reden dat deze leerstoel de Engelse omschrijving kreeg: “*Molecular Flavour Science*”.

Ongeveer tien jaar geleden kwamen er technieken beschikbaar die het mogelijk maakten om het vrijkomen van aromacomponenten tijdens het eetproces heel gevoelig te kunnen meten. Daardoor werd het mogelijk om processen die optreden tijdens het eten te koppelen aan de fysisch-chemische eigenschappen van het voedsel.

Zo is in het laboratorium van Prof Taylor (2000) in Nottingham een techniek ontwikkeld, de APCI-MS, waarbij het vrijkomen van geurstoffen tijdens eten en drinken te volgen is. Bovendien zijn deze metingen direct te koppelen aan sensorisch waarnemingen (product perceptie). Feitelijk wordt met behulp van deze techniek het vrijkomen van aroma tijdens het eten gemeten door met een massaspec-

trometer direct geurcomponenten te meten die via de neus uitgedemd worden. Hiermee bleek het mogelijk om vast te stellen hoe interacties tussen geurcomponenten en de rest van de voedingsmatrix veranderen tijdens het dynamische consumptieproces ten opzichte van de statische situatie in het intacte voedingsmiddel. Dat laatste is uiteraard belangrijk, omdat onze perceptie vooral ontstaat tijdens de verwerking van het voedsel in de mond (Weel et al. 2004a).



Het proces van voedselverwerking blijkt veel dynamischer te zijn dan eerder gedacht. En dat leidde tot verrassende ontdekkingen. Zo bleek bijvoorbeeld dat de perceptie van vloeistoffen bijna geheel verklaard kan worden door het vrijkomen van aromacomponenten uit de dunne laag vloeistof die achter blijft in de keel na doorslikken. Dit kon prachtig worden gesimuleerd door een kunstkeel te ontwikkelen, die een zelfde patroon van vrijkomen van geurverbindingen te zien gaf als de menselijke keel (Weel et al. 2004b). Dit ver-

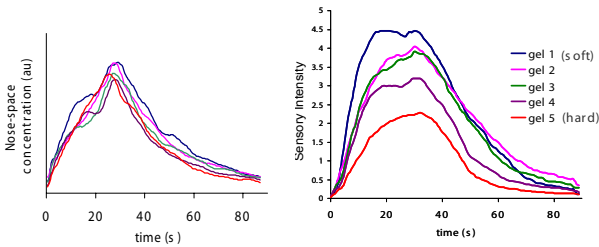
groot ons inzicht in wat belangrijk is voor de perceptie van vloeistoffen.

Bij vast voedsel zijn er nog diverse aspecten rondom het kauwen en slikken, en met name de rol van speeksel, waar veel werk aan te verrichten is. Niet alleen stimuleert ons voedsel de speeksel productie, maar deze laatste stimuleert ook weer de afbraak van het voedsel in de mond en beïnvloedt daarmee zowel de tastzin, het mondgevoel, als de snelheid waarmee geur- en smaakstoffen vrijkomen. Recent werd dit nog aangetoond voor zetmeelbevattende producten en de perceptie daarvan (Karlsson, 2007). Opnieuw laat het zien dat we meer en meer in de consument moeten meten om te weten hoe ingrediënten zich gedragen en hoe dat gerelateerd is aan de uiteindelijke perceptie.

Echter, het is nog complexer dan dat. Want onze perceptie wordt niet alleen beïnvloed door hoe geur en smaak vrijkomen, maar ook hebben de verschillende zintuigen een invloed op elkaar. Dit wordt cross-modale interactie genoemd. Zo heeft bijvoorbeeld de kleur van een levensmiddel ook een belangrijke invloed. Een drankje met kersensmaak herkennen we sneller als de kleur rood is dan wanneer deze groen is, we hebben immers geleerd dat bepaalde combinaties bij elkaar horen. Dit principe is belangrijk en ik kom daar dadelijk nog op terug. Hier wil ik alleen maar illustreren dat kleur en geur elkaar beïnvloeden.

Met recent ontwikkelde apparatuur, zoals de zojuist beschreven APCI-MS, is het mogelijk om meer inzicht te krijgen in de interacties tussen onze zintuigen. Bijvoorbeeld de vraag of deze optreden in het product, in de mond of bij de verwerking in onze hersenen. Hoe werkt zo iets voor interacties zoals tussen bijvoorbeeld aroma en structuur, of aroma en smaak?

Door Weel et al (2002) is recent onderzoek beschreven waarbij de rol van textuur (hardheid) op het vrijkomen en de perceptie van aroma is bepaald. De *in vivo* release van aroma's werd gemeten tijdens kauwen en doorslikken van een aantal modelproducten die varieerden in hardheid (van zacht als mayonaise tot stevig als gekookt kippenvlees).

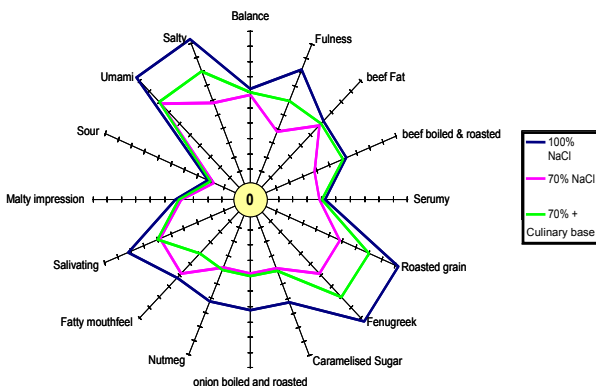


Tegelijkertijd met de release metingen gaven de proefpersonen aan welke aroma-intensiteit zij waarnamen bij het eten van deze producten. Uit dit onderzoek bleek dat het vrijkomen van aromacomponenten in de mond niet beïnvloed werd door de hardheid van de producten. Echter, de perceptie van de aroma intensiteit was bij stevige producten duidelijk lager. Dit is toe te schrijven aan een psychofysisch effect; textuur perceptie beïnvloedt aroma perceptie, ondanks dat de release en dus de concentratie van geurcomponenten in de neus niet is veranderd.

Dergelijke inzichten rondom cross-modale interacties zijn erg belangrijk. De zintuigen beïnvloeden elkaar en vaak zijn we ons dat niet bewust. Deze kennis kan zeer waardevol zijn voor één van de grootste uitdagingen die we hebben op het gebied van het smaakonderzoek: “gezonde producten lekker(der) maken”. De laatste jaren ligt er immers een steeds grotere nadruk op de rol die voeding speelt in onze gezondheid. Het wordt

steeds duidelijker dat de voedingsmiddelenproducenten een belangrijke maatschappelijk taak hebben om producten aan te bieden die passen in een verantwoord dieet. Dat betekent producten met minder zout, suiker en vet en producten die gezondere ingrediënten bevatten. Unilever heeft zelfs haar Vitality missie daarop gericht, met als slogan “to make the healthy choice the easy choice”. Dat laatste betekent vooral de “tasty” choice; een kwestie van smaak dus.

Dat inzichten in smaakperceptie noodzakelijk zijn om gezondere producten net zo lekker te maken als de oorspronkelijke producten, wil ik u graag tonen met een laatste voorbeeld. Dat voorbeeld heeft betrekking op het verlagen van het zoutgehalte. Zout in ons voedsel nemen we direct waar op onze tong via specifieke zoutreceptoren, maar zout werkt ook als een versterker op de waarneming van geurcomponenten. Dat laatste gegeven is recent toegepast in onderzoek om vast te stellen of we ook zoutperceptie kunnen bewerkstelligen door onze neus. Met andere woorden: proeven met je neus. In dit kader is gebruik gemaakt van geurstoffen die geassocieerd worden met zout of hartig-smakend voedsel. Denk hierbij even terug aan het voorbeeld van de rode kleur en de smaak van kersen. We hebben geleerd dat bepaalde combinaties van geur, kleur en/of smaak met elkaar geassocieerd zijn. Congruent zijn, noemen we dat. Wanneer geselecteerde aromacomponenten worden toegevoegd aan een soepbasis waarin het zoutgehalte met 30% verminderd is, dan blijkt dat totale profiel van het product toeneemt, maar bovendien ook de zoutperceptie. Dit is een heel praktische vertaalslag van basale inzichten in het smaakonderzoek, maar zeer belangrijk om te komen tot betere en gezondere voedingsmiddelen.



Het is nu de uitdaging om de principes achter deze waarnemingen verder wetenschappelijk te doorgronden tot op moleculair niveau. Bijvoorbeeld de vraag of interacties voornamelijk spelen op receptorniveau dan wel op cognitief niveau, maakt al dat er nieuwe opties in aanpak mogelijk zullen zijn. Nieuwe ontwikkelingen in het Top Instituut Food and Nutrition Sensory programma zullen gericht zijn op het beantwoorden van dergelijke vragen, en ik ben blij daar mijn bijdrage aan te kunnen leveren. U zult dan ook begrijpen dat de stelling “to make the healthy choice the easy choice” voor het smaakonderzoek prachtige uitdagingen geeft.

Leerstoel Molecular Flavour Science

In het voorgaande heb ik u al een overzicht gegeven van het onderzoek met als grootste uitdagingen (1) verhogen van de geur- en smaakwaliteit in voedingsmiddelen en dat via

natuurlijke processen, en (2) gezonde producten lekkerder maken. Mijn leeropdracht richt zich op de wetenschappelijke uitdagingen die deze voor de consument belangrijke aspecten helpen mogelijk te maken. Voor het onderzoek aan de Universiteit ligt daarbij de nadruk op exploratie, terwijl mijn Unilever werkzaamheden zich richten op exploitatie van de opgebouwde kennis, het één kan niet zonder het andere.

Ik realiseer mij echter dat voor grote doorbraken op dit vakgebied er een nauwe samenwerking tussen diverse disciplines noodzakelijk is. Expertise uit de biologie, chemie, voedingskunde, fysica, psychologie, tot en met gedragswetenschappen. Ik prijs mij bevoorrecht dat ik in een positie verkeer waarin dat ook mogelijk is.

Ik heb de laatste tijd binnen Unilever een nauwe industriële samenwerking op mogen zetten met drie wereldspelers in de smaakstoffenindustrie; IFF, Symrise en Firmenich. Deze samenwerking is uniek in de levensmiddelenindustrie en maakt dat er nu bijzonder nauw samengewerkt wordt door bedrijven die voorheen de deuren naar elkaars R&D volledig gesloten hielden. De reden dat dit succesvol verloopt, is dat er een win-win situatie gecreëerd is voor alle betrokkenen en dat ieder zich richt op datgene waarin hij echt goed is.

Op academisch gebied is hier in Wageningen een heel sterke concentratie van leerstoelgroepen aan de universiteit en kennisinstellingen die grotendeels al samenwerken in het Top Instituut Food and Nutrition. Maar ondanks dat is er mijns inziens nog veel meer mogelijk en noodzakelijk. Er zijn nog de nodige bruggen te slaan, en ik hoop vanuit mijn leerstoel ook een duidelijke impuls te kunnen geven aan deze academische samenwerkingen. De uitdagingen zijn immers te groot om in isolatie aan te werken.

Onderwijs

Naast onderzoek is een van de belangrijke aspecten van een leerstoel het geven van onderwijs. Persoonlijk vind ik dit een bijzonder stimulerend aspect van de werkzaamheden. Ooit ben ik mijn studie Biologie begonnen met als doel om het onderwijs in te gaan. De nadruk is op andere aspecten komen te liggen, maar ik vind het buitengewoon plezierig dat het op deze manier toch nog een invulling krijgt. Het is dan ook van groot belang om studenten te enthousiasmeren voor het onderzoek in dit belangrijke en interessante vakgebied. Er zijn al een aantal BSc en MSc vakken binnen de opleidingen Levensmiddelentechnologie en Voeding & Gezondheid waarin dit onderzoek de aandacht krijgt; zoals Sensory Research, Food Production and Product Functionality, en recent is Molecular Gastronomy daaraan toegevoegd. Ook binnen het PhD-onderwijs er de VLAG cursus Food Fermentation. Ik wil daarbij graag nieuwe inzichten in smaakvorming and cross-modale interacties inbrengen en uiteraard ook de praktijkvoorbeelden hiervan belichten.

Gezien de steeds breder wordende basis van het sensorisch onderzoek in Wageningen, zou ik er een voorstander van zijn wanneer dit vakgebied nog duidelijker zichtbaar wordt in het Wageningse curriculum. Zeker gezien de concentratie van kennis aanwezig in de Universiteit, binnen leerstoelen als Humane Voeding, Productontwerpen en Kwaliteitskunde, Marktkunde en Consumentengedrag, en Levensmiddelenchemie. Voeg daarbij de sterke positie op dit gebied in onderzoeksinstituten als NIZO en A&F in de directe omgeving en de goede connecties met toonaangevende ingrediënten- en voedingsmiddelenbedrijven en Wageningen heeft alles in zich om een sterk eigen gezicht

op te bouwen in dit vakgebied. Aan de recente initiatieven om een MSc programma op sensorisch gebied samen met andere Europese opleidingen vorm te gaan geven, ben ik graag bereid medewerking te verlenen.

Dankwoord

De leeropdracht Molecular Flavour Science is een prachtige uitdaging. Verschillende mensen hebben er toe bijgedragen dat deze leerstoel er gekomen is en ik wil hen daarvoor graag bedanken.

- Leden van het College van Bestuur van de Wageningen Universiteit, ik dank u voor mijn benoeming en het in mij gestelde vertrouwen.

- Deze leerstoel heeft een pied-à-terre bij de leerstoelgroep Levensmiddelenchemie. Ik wil graag Fons Voragen, Harry Gruppen en Ad Juriaanse van NIZO, samen met de Raad van Bestuur van de Universiteit, hartelijk danken voor hun inzet bij de totstandkoming ervan.

- Ad Juriaanse, in de 11 jaar dat ik in NIZO mij kon ontwikkelen, heb ik veel van je mogen leren. Het feit dat ik al vrij snel na de start van deze leerstoel een overstap gemaakt heb naar Unilever hoeft niet te betekenen dat onze samenwerking tot een einde komt. Wij beiden hebben de wens uitgesproken om via deze leerstoel de wetenschappelijke banden te behouden.

- Hoewel al weer een tijd geleden en werkend in een andere discipline, wil ik ook graag Jan Kijne en Ben Lugtenberg noemen. Jullie hebben mij begeleid en de grondbeginselen bijgebracht van goed onderzoek toen ik mijn eerste stappen zette op het wetenschappelijke pad. Het was buitengewoon stimulerend om te werken in jullie laboratorium waar jaar-

lijks enkele Nature en Science artikelen verschenen. En dat ging steeds gepaard met fun en met uitgebreid testen van “geurstoffen”. Achteraf gezien zijn toen reeds de instincten voor dit vakgebied ontwaakt.

- Collegae binnen de leerstoelgroep Levensmiddelenchemie en collegae in aanverwante groepen, met name Tiny van Boekel, Erik van der Linden en Kees de Graaf, hebben mij als ‘buitenstaander’ bijzonder welkom doen voelen in het Wageningse.

- Mijn Unilever collegae en in het bijzonder Jan Weststrate, en eerder Jan de Rooij, ben ik zeer erkentelijk voor hun support en enthousiasme voor het vakgebied. Toen ik enkele jaren geleden begon aan de uitdaging om flavour onderzoek binnen Unilever te versterken en in een internationaal kader van samenwerking te brengen, kon ik niet vermoeden dat de uitdaging zo groot en boeiend zou zijn.

- Graag bedank ik ook de AIOs die ik mocht en mag begeleiden, Eman Ayad, Bart Smit, Koen Weel, Koen Bekedam en Cathrine Karlsson. Jullie enthousiasme is altijd een geweldige stimulans in het werk en het is fantastisch om je wetenschappelijk te zien ontwikkelen.

- Tot slot, mijn familie. Mijn ouders en schoonouders wil ik bedanken voor de vrijheid die ze mij gaven en de mate waarin ze mij hebben gestimuleerd. Ik ben blij dat mijn schoonmoeder hier vandaag nog bij aanwezig kan zijn.

- Onze kinderen: Jeroen, Maarten en Wouter, sinds kort uitgebreid met Kirsten en Yulia. De wetenschap is fascinerend, hoogleraar zijn is uitdagend, maar ik weet me met regelmaat op mijn plaats gezet door jullie. Deze nuchterheid van jullie kant stel ik erg op prijs. Dat laatste kan minder gezegd worden van de geurstoffen die jullie op gezette tijden produceren. Een kwestie van smaak zullen we maar zeggen.

- Jenny, ik waardeer in het bijzonder de grote mate van vrijheid die je mij de jaren door hebt gegeven in mijn werk. Zonder jou zou ik hier vandaag niet staan. Ik hoop dan ook van harte dat we nog vele jaren met smaak van elkaar mogen genieten.

Geachte aanwezigen ik dank u voor uw aandacht
Ik heb gezegd

Referenties

- Adler, E., Hoon, M.A., Mueller, K.L., Chandrashekar, J., Ryba, J.P., and Zuker, C.S. (2000) A novel family of mammalian taste receptors. *Cell* 100: 693-702.
- Ayad, E.H.E., A. Verheul, P. Bruinenberg, J.T.M. Wouters, and G. Smit. 2003. Starter culture development for improving the flavour of Proosdij-type cheese. *Intern. Dairy J.* 13: 159-168.
- Bekedam, E.K., H.A. Schols, M.A.J.S. van Boekel, and G. Smit. 2006. High molecular weight melanoidins from coffee brew. *J. Agric. Food Chem.* 76: 58-66.
- Buck, L, and R. Axel. 1991. A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. *Cell* 65: 175-187.
- Karlsson, C., G. Smit and E. Dransfield. 2007. Modelling oral conditions and thickness perception of starch products. *Int. Dairy J.* *in press*.
- Leinders-Zufall, T., P. Brennan, P. Widmayer, P. Chandramani, A. Maul-Pavicic, M. Jäger, X-H. Li, H. Breer, F Zufall, and T. Boehm. 2004. MHC class 1 peptides as chemosensory signals in the vomeronasal organ. *Science* 306, 1033-1037.
- Maillard, L-C. 1912. Action des acides aminés sur les sucres. Formation des Mélanoidins par voie méthodique. *Compt. Rend.* 154: 66-68.
- Matsunami, H., Montmayeur, J.-P., and Buck, L.B. (2000) A family of candidate taste receptors in human and mouse. *Nature* 404: 601-604.

- Nevitt, G.A., R.R. Velt, and P. Kareiva. 1995. Dimethyl sulphide as a foraging cue for Antarctic Procellariiform seabirds. *Nature* 376, 680-682.
- Rossler, P., Boekhoff, I., Tareilus, E., Beck, S., Breer, H., and Freitag, J. (2000) G protein $\beta\gamma$ complexes in circumvallate taste cells involved in bitter transduction. *Chem. Senses* 25: 413-421.
- Smit, B.A., W.J.M. Engels, J.T.M. Wouters, and G. Smit. 2004. Diversity of L-leucine catabolism in various microorganisms involved in dairy fermentations and identification of the bottleneck in the formation of the potent flavour component 3-methylbutanal. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 64:396-402.
- Smit, B.A., L. Meijer, W.J.M. Engels, J.T.M. Wouters, and G. Smit. 2005. Identification, cloning and characterization of a branched-chain alpha-keto acid decarboxylase from *Lactococcus lactis*, involved in flavor formation. *Appl. Environm. Microbiol.* 71:303-311.
- Smit, G., B.A. Smit, W.J.M. Engels, J.E.T. van Hylckama Vlieg, and J. Busch, and M. Batenburg. 2006. Enzymatic conversions involved in the formation and degradation of aldehydes in fermented foods, *in* W.L.P. Bredie and M.A. Petersen (eds), *Flavour Science: recent advances and trends*, Elsevier. Pp. 79-84.
- Taylor, A.J., R.S.T. Linforth, B.A. Harvey, and A. Blake. 2000. Atmospheric pressure ionisation mass spectrometry for in vivo analysis of volatile flavour release. *Food Chem.* 71: 327-338.
- Weel KG.C., A.E.M. Boelrijk, A.C. Alting, P.J.J.M. van Mil, H. Gruppen, A.G.J. Voragen, J.J. Burger and G. Smit. 2002. Flavour release and perception of flavoured whey protein gels: perception is determined by texture rather than by release. *J. Agric. Food. Chem.* 50: 5149-5155.

Weel, K.G.C., A.E.M. Boelrijk, J.J. Burger, N.E. Claassen, H. Gruppen, A.G.J. Voragen and G. Smit. 2004a. Effect of whey proteins on the in vivo release of aldehydes. *J. Agric. Food Chem.* 51; 4746-4751.

Weel, K.G.C., A.E.M. Boelrijk, J.J. Burger, M. Verschueren, H. Gruppen, A.G.J. Voragen and G. Smit. 2004b. New device to simulate swallowing and in vivo aroma release in the throat from liquid and semi liquid food systems. *J. Agric. Food Chem.* 52; 6564-6571

Wilson, E.O. 1959. Source and possible nature of the odor trail of fire ants. *Science* 129: 643-644.

Wilson, E.O. 1971. Social insects. *Science* 172: 406.

Yvon, M., S. Thirouin, L. Rijnen, D. Fromentier, and J.C. Gripon. 1997. An aminotransferase from *Lactococcus lactis* initiates conversion of amino acids to cheese flavour compounds. *Appl. Environ. Microbiol.* 41: 71-76.

