

Hoe smaakt het?

**“Wetenschappelijk actueel en op een hoog niveau,  
maar ook grappig, toegankelijk en inlevend geschreven.”**

- Prof. dr. ir. Kees de Graaf, emeritus hoogleraar 'Sensory Science and Eating Behaviour' van de afdeling Humane Voeding en Gezondheid van de Wageningen Universiteit

**“Aan te raden literatuur voor studenten, geurliefhebbers  
en iedereen die het nut van onze geur beter wil leren kennen.  
Leest vlot en duidelijk.”**

- Peter de Cupere, olfactorisch kunstenaar, onderzoeker en docent Art Sense(s) Lab aan de PXL-MAD School of Arts (BE)

**“Dijksterhuis laat zien welke psychologische processen er  
een rol in spelen om iets lekker te kunnen vinden. En juist  
dat perspectief maakt dit boek tot een razend interessante  
aanvulling op alle kookboeken.”**

- Dr. Wim Vaessen, directeur Essensor  
(buro voor sensorisch en consumenten-onderzoek)

**“Oh zo fijn! Garnt schrijft Het boek dat ik wil lezen en wat  
me eindeloos boeit! Garnt neemt je op eigen wijze mee op  
een fascinerende reis die zich in ieders mond afspeelt.”**

- Marije Vogelzang, internationaal exposerend eet-ontwerpster en hoofd van de afdeling 'Food Non Food' van de Design Academy Eindhoven

**“Een onmisbaar boek voor elke Chef Kok die  
gaat voor diepgang.”**

- Jasper Udink Ten Cate, prijswinnende 'Creative Chef'  
en ontwerper van eet-belevenissen

# Hoe smaakt het?

Nieuwe inzichten uit  
de wetenschap van  
ruiken en proeven

Garmt Dijksterhuis



Uitgeverij Eburon  
Utrecht 2022

Eerste druk, 2017  
Tweede, gewijzigde druk, 2022

ISBN 978-94-6301-393-2

Uitgeverij Eburon  
info@eburon.nl / www.eburon.nl

Omslagontwerp: Studio Hermkens, Amsterdam  
Grafisch ontwerp: Textcetera, Den Haag

© 2017-2021. G. Dijksterhuis. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de rechthebbende.

# INHOUD

<b>1 Koken, eten, proeven</b>	<b>13</b>
Wat gebeurt er bij het koken en eten?	16
De zintuigen	19
Enige smaak- en spraakverwarring	21
'Hoge' en 'lage' zintuigen	24
<b>2 De tong, het kauwen en het proeven</b>	<b>27</b>
De tong	27
Het kauwen	30
<i>Bijters en zuigers</i>	32
<i>Een onvermoede bijwerking van kauwen</i>	34
Speeksel	34
Beleving door kauwen en speekselproductie	36
<b>3 De vijf basissmaken</b>	<b>37</b>
Zoet	37
<i>Meer proeven dan je weet of meer weten dan je proeft</i>	42
Zuur	43
Zout	45
Bitter	47
Umami	49
<i>Een sprookje over MSG</i>	50
Vet	52
Meer smaken	54
<i>Een beetje achtergrond uit de psychofysica</i>	56
<i>Prop</i>	57
<i>Smaak voor de geboorte</i>	59
<i>Smaak met de jaren</i>	60

<b>4 De neus en het ruiken</b>	<b>63</b>
Wat gebeurt er bij het eten?	65
Richtingruiken	67
Het echte ruiken	69
<i>Het ruiken, samengevat</i>	71
Het prikkelen van geurreceptoren	72
<i>Een wat vreemde zoektocht naar basisgeuren?</i>	75
<i>Ieder een eigen geurwereld</i>	76
<i>Geuren als aardappelvormen</i>	78
Geur en taal	80
<i>Het Proust-effect</i>	81
Geuren leren	83
<i>Paren van geuren</i>	83
De alarmfunctie van geur	86
Geurbusiness	87
<i>Voedings- en genotmiddelen</i>	89
<i>Parfums en persoonlijke verzorging</i>	91
<i>Uitgesteld genoeg</i>	92
<i>Schoonmaken</i>	94
De vorm van het molecuul, ruimtelijk spiegelen	95
Mengsels en enkelvoudige stoffen	97
Afwijkingen in het waarnemen van geur- en smaak	98
Ruiken en proeven bij een COVID-19 infectie	100
<b>5 Adaptatie, kruisadaptatie en maskeren van geuren</b>	<b>103</b>
Adaptatie	105
<i>De kauwgom die z'n smaak terugkreeg</i>	106
<i>Normale geuradaptatie</i>	109
Kruisadaptatie	110
Maskeren en onderdrukken van geuren	115
<i>Een stinkbom als wapen</i>	118
<i>Geuronderdrukking</i>	119
<i>Goede en slechte onderdrukkers/maskeerders</i>	121

<b>6 Gevoel in de neus, mond en keel</b>	<b>123</b>
Gevoel in de mond: mondgevoel of textuur	124
<i>Emulsies</i>	126
<i>Aanspannen van de kaakspieren</i>	128
<i>Prik en pijn</i>	129
<i>Pijn in de keel</i>	131
Temperatuur	132
<i>Koude in de mond</i>	133
Stroefheid	136
Romigheid	137
<i>Vet en timing</i>	139
<b>7 Psychologie van proeven en eten</b>	<b>141</b>
Multisensorisch samenspel	141
<i>Zoete smaak, zoete geur en pijn</i>	143
<i>Kan ik m'n voedsel horen?</i>	144
<i>Eten in het donker</i>	145
Psychologische invloeden	147
<i>Voorkeuren uit de babytijd</i>	148
<i>Effecten van informatie</i>	149
<i>Effecten van de directe omgeving</i>	153
Eetgedrag	154
<i>Heerlijk overeten</i>	156
<i>Cultuur</i>	156
<i>Entomofagie: liever eten zonder te weten</i>	158
Gezondheid is een ander vak	159
<i>Van voedsel naar eten, van productie naar gedrag</i>	161
Lekker is emotie	163
Zin en onzin over voeding	164
<i>Nocebo's en jeuk</i>	166
Voortbestaan van de soort	169
Tot slot	170
<b>Geraadpleegde literatuur</b>	<b>171</b>





# VOORWOORD

Ik vertel regelmatig iets over de zintuigen in een college of een lezing. In het bijzonder vertel ik over wat er allemaal gebeurt bij het eten. Op een gegeven moment viel me op dat ik vaak hetzelfde soort verhaal vertelde en dezelfde voorbeelden aanhaalde en dat het publiek hier vaak enthousiast op reageerde. Ook werden er regelmatig dezelfde vragen door mensen uit het publiek gesteld, waar ik dan weer met dezelfde antwoorden, voorbeelden of anekdoten op kon antwoorden. Een aantal jaren geleden, in de winter van 2012, had ik wat tijd over in de kerstvakantie en ben ik begonnen met op te schrijven wat ik in die lezingen vertelde. Met, soms grote, tussenpozen, heb ik gewerkt aan dit boek, dat u nu dus aan het lezen bent.

Het schrijven heb ik alleen gedaan, maar ik heb natuurlijk niet alles zelf bedacht. In de eerste plaats bedank ik prof.dr. E.P. Köster. Hij is er verantwoordelijk voor dat ik als student ooit in het geur- en smaakonderzoek ben terecht gekomen. Ik wilde visuele perceptie studeren, maar Ep zei dat er in de geur nog zoveel niet bekend was en dat daar veel meer te ontdekken was. Daar had hij gelijk in en het geldt nog steeds denk ik.

Een aantal personen heeft mij geholpen door het geven van aanvullende informatie, het sturen van een artikel of foto's, het beantwoorden van één of meer vragen van mij of het lezen en van commentaar voorzien van eerdere versies van het manuscript. Dit zijn: Bodil Helene Allesen-Holm, dr. Johanneke Busch, prof.dr. Thomas Hummel, dr. Ursula Garczarek, Bernard Lahousse, dr. Gie Liem, dr. Per Møller, prof.dr. Monique Smeets, Manfred van der Vlies.

In het bijzonder bedank ik dr. Liesbeth Zandstra en dr. René de Wijk voor het lezen van het manuscript en het geven van uitgebreid inhoudelijk commentaar. Dit heeft Karen van der Vlies

ook gedaan, maar daarnaast bedank ik haar voor haar geduld met mij wanneer ik tijd in het schrijven stopte waardoor we die dus niet samen konden doorbrengen. Gelukkig vond ze het nooit vervelend om zich over mijn vraagjes over de taal te buigen en heeft ze me gewezen op onduidelijkheden of onjuistheden in eerdere versies van de tekst.

De fouten die er nu nog in staan heb ik echt helemaal zelf gemaakt.

Ammerstol/Rotterdam,  
December 2012 – December 2016,

Garmt Dijksterhuis

# VOORWOORD BIJ DE 2E DRUK

Ik ben blij met het feit dat veel mensen op zoek zijn naar de achtergronden van het ruiken en proeven. Het blijft een boeiend, belangrijk en meermaals dagelijks terugkerend onderwerp. Het boek voorziet blijkbaar in een behoefte, en is nu aan een tweede druk toe.

Ik bedank de lezers die me hebben gewezen op fouten en foutjes in de eerste druk. Deze zijn verbeterd. Ik heb een actuele paragraaf toegevoegd over het effect dat een COVID-19 besmetting kan hebben op de reuk- en smaakwaarneming. Graag bedank ik dr. Sanne Boesveldt voor het kritisch lezen van deze toevoeging. Als een persoonlijke noot meld ik nog dat ik bij het schrijven van deze paragraaf zelf COVID-19 besmet was, en deze schreef zonder iets te kunnen ruiken.

Papenhoven, november 2021

Garnt Dijksterhuis



# 1 KOKEN, ETEN, PROEVEN

Wanneer we op een willekeurig moment de tv aanzetten is de kans groot dat we in een kookprogramma terecht komen. Koken is tegenwoordig heel populair, en er is geen keuken die onbesproken blijft. De Italiaanse, de Marokkaanse, de Franse, de Japanse, geen land wordt overgeslagen. Natuurlijk krijgt ook de eigen Nederlandse keuken aandacht in de vele kookprogramma's op tv. De vele varianten van het koken: de snelle hap, de banketbakkerij, het vegetarisch koken, de barbecue, we kunnen ze allemaal van dichtbij op tv volgen. Jamie Oliver, Heston Blumenthal, Angélique Schmeinck, wie kent ze niet? Zelfs scheldende mopperaars als Gordon Ramsay of Herman den Blijker zijn razend populair. Blijkbaar is er een grote behoefte aan het verzamelen van kennis over koken en maakt een aanzienlijke groep mensen een hobby van het bereiden van maaltijden en speciale gerechten voor bijzondere gelegenheden. In ieder geval zijn er veel mensen die naar kookprogramma's kijken, inclusief schrijver dezes, die kan genieten van de aanblik van de mooi bereide maaltijden, maar vooral geniet van de vaardigheid en kennis van de chefs. Weinig mensen blijven ongevoelig voor de verleidingen van een vers gebakken brood, kleurige taarten, of de geur van gebakken ui en knoflook. Het water loopt ons in de mond en we schuiven graag aan om mee te eten. Maar eerst gaan we zelf lekker koken.

Waar veel minder mensen bij stil staan is de vraag waarom we dat allemaal zo lekker vinden. Waarom smult iemand van broccoli terwijl je er iemand anders het huis mee uit kunt jagen? Waarom vind ik felgekleurde taartjes aantrekkelijk, maar zijn er ook mensen die de kleur 'kunstmatig' vinden en ze daarom walgend opzij zetten?

Hoe onze neus en mond nu precies werken is voor velen vaak niet duidelijk. Zelfs chefs hebben soms maar beperkte kennis van hoe de smaak- en geurwaarneming precies werkt. In Harold McGee's boek *Over eten & koken, Wetenschap en cultuur in de keuken*, dat maar liefst 808 pagina's telt, worden slechts drie pagina's besteed aan geur, smaak en het gevoel in de mond. Het boek bevat wel een uitgebreide verhandeling over belangrijke moleculen in voedsel en een inleiding in de voedingschemie.

Ook in *De dikke van Dam. Van aardappel tot zwezerik* van Johannes van Dam trof ik alleen het woord 'smaak' in de trefwoordenlijst, niet 'geur' of 'mondgevoel'. In zijn stukje over 'smaak' beklagt van Dam zich voornamelijk over het verlies van 'smaak' in de huidige voedingsproducten, met name van die die in de supermarkt staan.

Dat er in deze boeken weinig over het proeven en ruiken staat is eigenlijk vreemd, want de tong en de neus van de kok zijn de belangrijkste instrumenten om de kwaliteit van de bereide gerechten te bewaken. Natuurlijk is het zo dat je heel goed kunt genieten van lekker eten zonder dat je weet hoe het proeven precies werkt, maar als je geïnteresseerd bent in koken en eten zal enige achtergrondkennis over het ruiken en proeven de waardering voor lekker eten alleen maar kunnen vergroten. Misschien ga je door deze kennis ook wel lekkerder of creatiever koken. Als dit boek daaraan kan bijdragen, ben ik tevreden, en kom ik graag eens een keer eten.

Ik heb geen kritiek op McGee of van Dam, ik ben zeer onder de indruk van hun kennis, maar ze schrijven voornamelijk over *producten* en niet over *proeven*. En proeven is toch waar het uiteindelijk om gaat. Het product is slechts één van de vele aspecten die helpen een totale beleving te bouwen van wat je eet.

Naast het proeven zijn er de ideeën die je over het eten kunt hebben. Ik meldde al de kleuren van taartjes, die ze voor mij aantrekkelijk maken. Anderen vinden felle kleuren 'kunstmatig' en zullen fel gekleurde producten mijden. Zij hebben een idee

ontwikkeld over de kleur van producten die ze wel of niet zouden moeten eten. Automatisch verbinden ze het begrip 'kunstmatig' aan een felle kleur en daarmee blijkbaar een negatieve emotie die hen het eten ervan moet verhinderen. Dit zijn psychologische processen die ook van invloed zijn op het al of niet lekker vinden, en dus het al of niet eten, van voedingsmiddelen. Ze zullen fel gekleurde taartjes echt niet lekker vinden, terwijl ik ervan kan smullen.

Wat je waarneemt is veel meer dan je in je mond stopt. Dat de psychologie erg belangrijk is bij het proeven en eten zullen maar weinig mensen ontkennen. Toch wordt er meer geschreven over de stoffen en producten die smaak veroorzaken dan over de invloed van ideeën en informatie op wat je proeft. In dit boek probeer ik meer aandacht te geven aan de psychologische kant van het proeven. Natuurlijk komen ook de zintuigen uitgebreid aan bod, deze zijn immers ook onderdeel van het proeven, maar niet het enige. Hierin verschilt de benadering in dit boek van sommige andere. Het proeven en de resulterende smaakgevoelens worden niet gezien als een automatisch gevolg van het prikkelen van de zintuigen door voedingsproducten. Ik probeer waar mogelijk aan te geven dat de gewaarwording iets psychologisch is waar alles in ons systeem deel van uit maakt. Vaak geactiveerd door voeding die ons via de zintuigen bereikt, maar deze zijn niet voldoende om onze gewaarwording te begrijpen. Ze volstaan al helemaal niet bij het begrijpen van wat we lekker vinden. Lekker is emotie en verbonden met onze persoonlijke geschiedenis, onze ideeën, onze opvoeding, onze cultuur, etc.

Ik behandel in de eerste hoofdstukken het kauwen en het proeven, de basissmaken, de vele aspecten van het ruiken en het mondgevoel, steeds met aandacht voor de context en waar mogelijk verwijzend naar actualiteiten met betrekking tot eten en voeding. Het samenspel van alle zintuigen en de invloed van onze psyche op perceptie en op wat we 'lekker' vinden, komt in dit boek in het laatste hoofdstuk aan bod. In dat hoofdstuk

presenteer ik ook een aantal populaire ideeën over voeding, gezondheid en onderzoek op dit gebied en voorzie ze van mijn persoonlijke en kritische commentaar.

Ik ben geïnteresseerd in het proeven, de werking van de zintuigen, het samenspel met de psychologie van de eter, en uiteindelijk in de beleving die het eten ons kan bieden. Ik ben zelf wat minder geïnteresseerd in de fysisch/chemische aspecten van het koken en van voeding. Het gaat om de beleving. De chemie erachter is boeiend, maar slechts een middel om te komen tot die beleving. En, zoals hierboven beweerd, er is veel meer dan de chemische aspecten alleen, dat bepaalt of je een positieve of negatieve ervaring hebt bij het eten van een gerecht.

Ik denk dus dat de beleving voorop staat en dat de prikkels die van de producten komen niet meer zijn dan een voorwaarde voor zo'n beleving. En niet eens altijd een noodzakelijke voorwaarde. Het blijkt mogelijk mensen een geur te laten ruiken zonder ze een geurstof aan te bieden. Als alle overige omstandigheden het aannemelijk maken dat er een geur geroken zou kunnen worden, dan rapporteren mensen inderdaad een geur te ruiken. Ook is meerdere malen aangetoond dat de informatie die een voedingsprikkel vergezelt voor een groot deel verantwoordelijk is voor wat er wordt waargenomen en of dat lekker wordt gevonden of niet. Hier blijkt het product dus inderdaad maar één van de vele aspecten die voor de eetbeleving verantwoordelijk zijn en misschien niet eens het belangrijkste.

## **Wat gebeurt er bij het koken en eten?**

Bij het bereiden van een gerecht of een maaltijd maken we gebruik van natuurkundige processen en chemische reacties. We roepen ze op door bepaalde ingrediënten bij elkaar te stoppen en vaak ook door het toevoegen van warmte. In een aantal recente kookboeken wordt de zogenaamde moleculaire gastronomie geïntroduceerd, wat een mooie term is voor het begrijpen



van de natuurkundige en chemische processen die plaatsvinden bij het koken.

Sommige ‘moleculaire’ koks hebben zich er helemaal op toegelegd om speciale gerechten te maken met behulp van bijzondere nieuwe kooktechnieken. Zo gebruiken sommigen extreem lage temperaturen, ongeveer 200 graden onder nul, bijvoorbeeld door ingrediënten in vloeibare stikstof te dopen. Dit is zo koud dat alles wat erin wordt gedoopt zeer snel bevriest. Dit maakt het bijvoorbeeld mogelijk om kunststukjes met gestolde olijfolie te maken.

Koken is dus eigenlijk niets anders dan het gebruiken van chemie en natuurkunde om lekkere dingen te maken. Onze keuken is een kleine chemische fabriek, en onze pannen zijn de reactievaten waar we wonderlijke chemische reacties kunnen oproepen.

Het koken is eigenlijk al een onderdeel van het eten, tenminste als je zelf kookt. Tijdens het koken kunnen er al de meest heerlijke geuren vrijkomen. Die geuren zijn een belangrijk onderdeel van het koken en het eten. Ze zijn het gevolg van de chemische processen in de pan waarbij sommige stoffen uit de pan ontsnappen, door de lucht reizen en in onze neus terecht komen. Daar vinden weer andere reacties plaats die leiden tot een prikkeling van onze reukzenuwen. Deze resulteren in onze hersenen tot een activering van een aantal gebieden waardoor we ons uiteindelijk bewust kunnen worden van een geur en van het feit dat het eten wel heel erg lekker ruikt.

Het vakgebied ‘moleculaire gastronomie’ wordt wel gedefinieerd als “de wetenschappelijke studie van heerlijk eten, en de natuurkundige en chemische achtergrond ervan”. Deze definitie is gegeven door Peter Barham en zijn coauteurs in 2010. Het is soms moeilijk om vertalingen van Engelse definities te geven, daarom hier hoe het in het genoemde artikel staat: “Molecular Gastronomy: the scientific study of deliciousness and its physical and chemical background”. In deze definitie lijkt voorbij gegaan te worden aan de psychologische en zintuigelijke aspecten, al

besteden de auteurs er in hun artikel zeker aandacht aan. Het artikel geeft een wetenschappelijke inleiding in de moleculaire gastronomie en is verschenen in een chemisch wetenschappelijk tijdschrift. Het zwaartepunt van dit artikel zijn de chemische reacties die optreden bij het koken en de voedselbereiding. Er wordt zelfs geconcludeerd dat de Moleculaire Gastronomie het misschien ooit mogelijk zal maken om te voorspellen hoe lekker een bepaald persoon een bepaald gerecht zal vinden. Omdat wij nu weten dat de psychologische aspecten van het eten minstens zo belangrijk zijn als de eigenschappen van de producten en dat die eigenschappen voor ieder persoon zeer verschillend zijn, kunnen we deze hoop niet delen. Je zou dus, naast het beheersen van de chemie ook de psychologie moeten beheersen, om je gasten zodanig te beïnvloeden dat ze precies beleven wat je voor ze in gedachten had. Zo'n beïnvloeding zou mogelijk worden door de sfeer rondom het eten aan te pakken. We hebben in principe controle over de muziek, de vorm van de borden, de kleur van de gerechten, het gewicht van het bestek, het gemak van de stoelen, maar ook over de informatie die we over het eten verstrekken. De persoonlijke geschiedenis van onze gasten kunnen we niet gemakkelijk veranderen, maar we kunnen een eind komen met het aanbieden van een nieuw stukje geschiedenis, namelijk het diner dat we gaan voorzetten. We hopen dan dat dit zodanig in het geheugen wordt opgeslagen dat het bijdraagt aan onze bedoelingen met het diner. Bijvoorbeeld dat ze terugkomen in ons restaurant en het aan anderen vertellen, ons erg aardig gaan vinden, leuk gezelschap voor de toekomst gaan worden, of wat onze persoonlijke overwegingen ook maar mogen zijn om onze gasten voor het diner uit te nodigen. Dit is misschien nog wel moeilijker dan ingewikkelde recepten volgen, maar nu we weten dat de beleving van het eten voor een groot deel ook afhangt van deze psychologische zaken kunnen we er ons voordeel mee doen.

Het afstemmen van een diner op de persoonlijke geschiedenis en de psychologie van de gasten is ook het streven van

'Creative Chef' Jasper Udink ten Cate. In zijn boek 'Creative Chef: Maak van je diner een spectaculaire beleving', reikt hij ideeën aan om een diner een zeer bijzondere, idealiter op de individuele gast afgestemde, context te geven.

## **De zintuigen**

Het koken wordt in vele kookboeken behandeld. Bij de meeste kookboeken ligt de nadruk op het presenteren van veel recepten. Vaak gaat dit gepaard met mooie foto's van de gerechten of sfeerplaatjes van de omgeving waar de kok zijn of haar gerechten serveert. In slechts een paar boeken wordt in enige mate de chemie achter het koken behandeld, zoals gezegd in het boek van McGee, maar dat is dan ook geen echt kookboek waar recepten in staan. De werking van de zintuigen en het tot stand komen van uw oordeel 'lekker', komen zelden ter sprake, noch in de gebruikelijke kookboeken, noch bij de vele kookprogramma's op tv.

In het boek dat u nu leest worden het proeven en het ruiken uitgelegd. Dit zijn de processen die ervoor zorgen dat eten lekker, of minder lekker, smaakt en dat u doet besluiten bepaalde gerechten wel of niet te eten. Dit boek gaat over de mond en de neus en hoe chemische stoffen daar kunnen leiden tot smaak- en geurgewaarwordingen. Maar dit proeven en ruiken zijn lang niet de enige processen die u vertellen of u het lekker vindt. Er is nog veel meer aan eten dan smaak en geur alleen. De presentatie van het eten bijvoorbeeld, het opmaken van een bord, daaraan wordt door de chefs natuurlijk ook veel aandacht besteed, en aan de sfeer in hun restaurant. Thuis zult u net zo een gezellige omgeving willen creëren wanneer u een bijzonder diner heeft bereid. Maar, net als het eten, neemt u die 'sfeer' waar met uw zintuigen, uw besluit of iets lekker is hangt af van een veelheid aan zintuigindrukken. Voordat u buiten de deur gaat eten heeft u reeds informatie over die bewuste plek ontvangen.

Deze informatie kleurt uw smaak, werkt mee met uw proeven en ruiken en gaat onderdeel uitmaken van de maaltijd. Ook het gezelschap, de prijs, de muziek, etc. horen er allemaal bij.

Er bestaat een aantal algemene principes van de waarneming. Deze gelden ook bij het waarnemen van smaak en geur en andere prikkelingen afkomstig van eten en drinken. Het is bij de waarneming altijd zo dat een bepaald verschijnsel in de omgeving een effect heeft op speciale cellen, receptorcellen genoemd, in ons lichaam. Bij het oog is het de lichtenergie die de gevoelige cellen op het netvlies prikkelt. In het oor worden trillingen in de lucht (snel veranderende verschillen in luchtdruk) omgezet in zenuwprikkels. Bij ruiken en proeven zijn het moleculen die een effect hebben op speciale cellen in onze neus of op onze tong. Een verzameling van dergelijke gevoelige cellen noemen we een zintuig. Zo'n zintuig is met zenuwen verbonden met gespecialiseerde gebieden in onze hersenen. De hersenen ontvangen prikkels van al onze zintuigen, via speciale zenuwbanen. Al deze prikkels komen ergens samen en kunnen elkaar beïnvloeden. De kennis die al aanwezig was in het geheugen kan er ook bij betrokken worden. Een complex samenspel van zintuigindrukken en geheugeninhouden leidt tot uw gewaarwording van de maaltijd of van een specifiek product.

Ter illustratie van het belang van het geheugen even een vraag: "Is het mogelijk om twee maal *exact* dezelfde gewaarwording te hebben?". Tweemaal *exact* dezelfde maaltijd bereiden zal niet lukken natuurlijk, maar denk eens aan een laboratorium. Twee maal dezelfde oplossing van suiker in water, of twee maal precies hetzelfde rode licht op uw netvlies? Levert dit tweemaal *exact* dezelfde gewaarwording op? Wat denkt u? Het antwoord is "Nee". De prikkel is misschien wel twee maal exact dezelfde, maar u bent in de tussentijd veranderd! U heeft de tweede keer een herinnering aan de eerste keer dat u de prikkel ontving. U zult deze prikkel dus niet in precies dezelfde staat tegemoet treden als de eerste keer. U had misschien een verwachting van hoe de prikkel er de tweede keer uit moet zien (of moest smaken

bij het suikerwater). U dacht de tweede keer misschien: “Hee, nu lijkt ‘ie toch iets anders.”. Zelfs als u dacht: “Ja deze keer is ‘ie precies gelijk aan de eerste keer.” was uw gewaarwording anders. Dit dacht u er de eerste keer namelijk niet bij. De eerste aanbieding van de prikkel zit in uw geheugen en is onderdeel uit gaan maken van u en van hoe u dit soort prikkels in de toekomst zal gaan waarnemen. Uw geheugen lijkt wel een intern zintuig dat ook meedoet bij het waarnemen van uw omgeving.

Hierboven hebben we heel kort even de zintuigen van het zien, het horen, het ruiken en het proeven genoemd. Er zijn nog veel meer zintuigen. In het rijtje zien, horen, ruiken en proeven zult u het voelen gemist hebben. Dit is eigenlijk een verzamelnaam voor een groot aantal verschillende zintuigen. Deze zintuigen wordt groot onrecht aangedaan om ze allemaal als een vorm van ‘voelen’ te zien. Denk bijvoorbeeld aan pijn, temperatuur, spierspanning, ruwheid. We zullen ze later tegenkomen. Een ander belangrijk zintuig is het evenwichtszintuig, dat er voor zorgt dat we niet omvallen en dat we weten hoe we bewegen en hoe we ons in het zwaartekrachtsveld van de aarde bevinden, dat wil zeggen, of we op onze kop hangen, of op onze zij liggen. De balans is vermoedelijk het enige zintuig dat geen rol speelt bij het eten. Alleen alcoholhoudende dranken hebben, na overmatige inname, een duidelijk effect op het evenwichtszintuig. Echter, als zulke effecten gaan optreden luidt dat vaak het einde van de maaltijd in.

## **Enige smaak- en spraakverwarring**

Er is een aantal verschillende woorden in gebruik om zaken die met ruiken en proeven te maken hebben aan te duiden. Deze woorden worden schijnbaar door elkaar gebruikt en soms treedt daardoor spraakverwarring op.

Het Nederlandse woord *smaak* heeft een aantal verschillende betekenissen, het Van Dale woordenboek telt er tien. De

meest gebruikte betekenis van het woord *smaak* is als uitdrukking van een voorkeur of waardering ergens voor. In de zinnen 'Dat viel niet in de smaak', of 'Mooi behang, maar niet helemaal mijn smaak', wordt er niets geproefd, maar slaat *smaak*, op een persoonlijke voorkeur. We hoeven niet aan het behang te likken om deze uitspraak te kunnen doen. Soms worden woorden uit het Engels gebruikt in het Nederlands, zoals *flavour*, of *taste*. We zullen hieronder de betekenis van enkele veelgebruikte termen behandelen (de vreemde woorden die ik gebruik komen later aan de orde):

- *Smaak*: zuur, zout, zoet, bitter en umami (de vijf basis-smaken), via receptoren op de tong waargenomen. In het Engels is dit *taste*, al kent het Engels ook onze betekenis van *smaak* in 'Dat behang is niet helemaal mijn smaak.'
- *Geur*: De gewaarwording van vluchtige chemische stoffen die onze neus instromen ('orthonasaal', dat wil zeggen bij het opsnuiven van de lucht van buiten naar binnen door de neus) en daar receptoren in het reukepitheel activeren.
- *Aroma*: De gewaarwording van vluchtige chemische stoffen die via de mondholte onze neus instromen ('retronasaal') en daar receptoren in het reukepitheel activeren.

De woorden *geur* en *aroma* worden in de gewone spreektaal vaak door elkaar gebruikt, waardoor het niet altijd duidelijk is of er op ortho- of retro-nasale geurwaarneming bedoeld wordt.

- *Flavour*: Engels woord voor de totale gewaarwording van smaak en aroma bij het eten. Vaak wordt hier ook nog het mondgevoel bij betrokken. Om de verwarring te vergroten wordt dit geheel in het Nederlands ook wel met 'smaak' aangeduid.

Er is dus geen zintuig specifiek voor 'flavour', het is een combinatie van de activiteit van meerdere zintuigen.

- *Mondgevoel*: De overige gewaarwordingen in de mond, zoals bijvoorbeeld hardheid, ruwheid, het scherpe van pepers of de prik in priklimonade. Ook de temperatuur wordt hier wel onder geschaard.

Een andere verwarring bestaat in het gebruik van de woorden geur, aroma, smaak en flavour, wanneer er niet bedoeld wordt op de *gewaarwordingen* maar op de chemische *stoffen* die deze gewaarwordingen kunnen oproepen. We hebben het in het laatste geval liever over geurstof, aroma-component, smaakstof, en soms ook over de Engelse term flavourant (naar analogie met het Engelse odourant en tastant).

Een geur (aroma, smaak) slaat op de gewaarwording, dat is de subjectieve beleving ervan. De geurstof (aroma-component, smaakstof) is iets dat je in een potje kunt kopen en die kan leiden tot een gewaarwording. Ze *kunnen* tot een gewaarwording leiden, dit hoeft niet. Het is mogelijk om aan zo'n geurstof te snuffelen of aan een smaakstof te likken, zonder dat je een gewaarwording krijgt, bijvoorbeeld wanneer het zintuig even is uitgeschakeld, of wanneer je het zonder aandacht doet. Begrijp je alles van geur- en smaak*stoffen*, dan ben je ('flavour-') chemicus, wil je de *gewaarwordingen* begrijpen dan moet je ('waarnemings-')psycholoog zijn.

Het verschil tussen geur en geurstof, en smaak en smaakstof, is hetzelfde verschil als er bestaat tussen kleur en verf. Verf (of pigment, het goedje dat de verf zijn kleur geeft) is de stof die we ergens aan kunnen toevoegen, om een kleurgewaarwording te krijgen. Het verfpigment en de kleur die we zien zijn onder normale omstandigheden altijd automatisch hetzelfde. Met 'normale omstandigheden' bedoelen we hier het bekijken van de verf overdag, dus met daglicht. De kleur (de gewaarwording) is echter niet *altijd* gelijk aan dat wat de verf in daglicht doet, omdat de kleur van het licht dat op de verf valt een grote invloed heeft op de kleur die we zien. In het donker zijn alle kleuren bijna zwart. In het donker verandert de verf (het pigment) zelf niet in zwart, maar de kleuren die we waarnemen wel. Zo is het ook met geur (geurstoffen) en smaak (smaakstoffen) en feitelijk met alle waarneming.

Welke geur of smaak (of aroma of flavour) we waarnemen hangt af van veel meer dan alleen de chemische stoffen die we binnenkrijgen via onze mond en neus. Wat we ervóór hebben

geeten, onze verwachtingen, maar ook andere eigenschappen, als de kleur en de vorm van het eten, spelen mee in het creëren van onze waarneming van smaak en geur. Ook maakt het verschil of we honger hebben of koorts, of dat we ons verdrietig of juist zeer vrolijk voelen en hoe we over het eten denken.

## ‘Hoge’ en ‘lage’ zintuigen

Vrijwel alle zintuigen spelen een rol bij het eten. Dit feit op zich geeft natuurlijk al aan hoe belangrijk eten is. In een evolutionair perspectief is dit natuurlijk ook volkomen logisch. Als een diersoort geen aandacht heeft voor eten zal het niet veel nakomelingen produceren en snel uitsterven. Het feit dat we er nog steeds zijn – dat de soort *mens* er nog steeds is – is dus voor een deel een gevolg van onze aandacht voor eten. Dat bijna al onze zintuigen in dienst staan van eten is daar een aanwijzing voor.

Je kunt de mens zien als een uit z'n krachten gegroeide worm, een flexibele open buis die met z'n voorkant voedsel zoekt. Daartoe zitten er aan de voorkant veel zintuigen. Aan deze kant is er gedurende miljoenen jaren van evolutie niet voor niets een zeer complex orgaan ontstaan dat ons heel veel kan vertellen over onze omgeving, bijvoorbeeld over dat voedsel: de hersenen. Wanneer deze, inmiddels intelligente, worm iets eetbaars heeft gevonden (de zintuigen en de hersenen vertellen hem/haar dat) dan wurmt 'ie zich om dat voedsel heen. Hierbij gebruikt 'ie handige hulpmiddelen als armen en handen en soms ook mes en vork. Dat voedsel legt een weg af door de flexibele buis en wordt er aan de achterzijde, ontdaan van alle nuttige stoffen, weer uitgeperst.

Hoewel dus vrijwel alle zintuigen een rol spelen bij het eten zijn de twee belangrijkste de smaak en de geur. Het is eigenlijk vreemd dat er niet meer aandacht is voor de werking ervan. Ze verschaffen ons toch heel veel vreugde. De beleving van smaak en geur is vaak directer dan die van het zien of het horen. We



hebben onmiddellijk een afkeer van dingen die we eten, of vinden het direct lekker. We hoeven er niet over na te denken, dit oordeel wordt erg snel en volledig automatisch gegeven.

Er is veel meer onderzoek gedaan naar het zien en het horen dan naar het ruiken en proeven en ook het voelen lijkt heel wat minder onderzoeks aandacht te hebben gehad. Voor een deel is dit te verklaren uit de manier waarop er in de late 19<sup>e</sup> eeuw naar de zintuigen werd gekeken. Toen stonden het zien en het horen in hoger aanzien dan het proeven, ruiken en voelen. Volgens veel wetenschappers van toen waren de zogenaamde 'hoge' zintuigen, zien en horen, gekoppeld aan de typisch menselijke verworvenheden als het lezen en schrijven, de muziek en de kunsten. Het waren de zintuigen van de ontwikkeling en de vooruitgang. Deze zintuigen leidden tot verheffing via de grote scheppingen in de beeldende kunst, de muziek en in de literatuur. De 'lage' zintuigen waren eigenlijk menonwaardig en behoorden tot het dierenrijk. Het voelen, proeven en ruiken waren geen zaken waar je je als serieuze onderzoeker mee bezig diende te houden. Misschien werden ze ook wel een beetje vies gevonden toen.

Deze houding heeft het onderzoek naar het zien en het horen natuurlijk vooruitgeholpen maar heeft er ook voor gezorgd dat het tot ver in de 20<sup>e</sup> eeuw heeft geduurd voordat de smaak en de reuk serieuze wetenschappelijke belangstelling kregen. Pas in 2004 is er een Nobelprijs uitgereikt voor onderzoek naar fundamentele processen in het functioneren van de reuk bij de mens, en wel aan Linda Buck en Richard Axel, volgens de Nobelprijscommissie voor hun ontdekking van "geurreceptoren en de organisatie van het olfactorische systeem".



## 2 DE TONG, HET KAUWEN EN HET PROEVEN

De tong is het orgaan waarmee geproefd wordt. We weten allemaal dat de tong in de mond zit. Het is misschien minder bekend dat het een spier is. Dit verklaart natuurlijk wel z'n beweeglijkheid. Met proeven op de tong bedoelen we hier het waarnemen van de zogenaamde basissmaken. Er zijn er vijf: zoet, zout, zuur, bitter en umami. Dit zijn bekende smaken, alleen umami bezit misschien niet de bekendheid van de overige vier basissmaken. Het laat zich het best omschrijven als 'hartig', zonder dat het 'zout' smaakt, we komen hier later op terug.

Hoe smaakstoffen die op de tong terechtkomen leiden tot een zenuwprikkel in de smaakzenuw is een ingewikkeld proces en daar is zelfs nog niet alles in detail over bekend. In het kort is het zo dat in vocht opgeloste moleculen speciale receptoren op de tong bereiken en daar een reeks van chemische en elektrische processen in werking zetten.

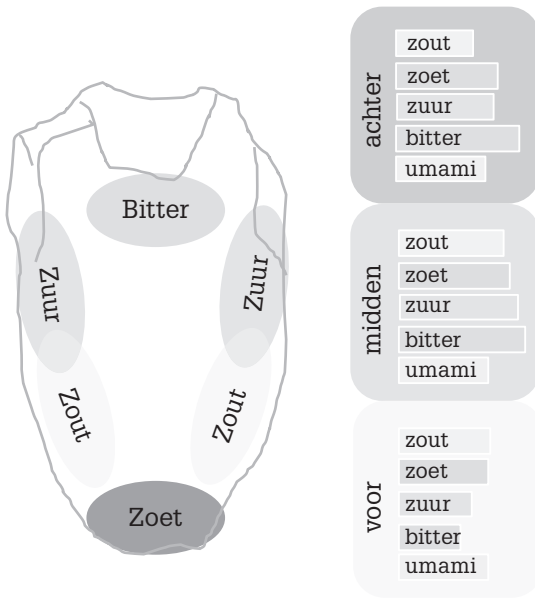
### **De tong**

De tong is een spier en is dus zeer beweeglijk. We gebruiken de tong bij het eten, onder andere om bij het kauwen het voedsel tussen de tanden te duwen en ertussen vandaan te halen. Ook zorgt de tong ervoor dat het voedsel in de mond goed met speeksel wordt vermengd waardoor de afbraak van sommige componenten in het voedsel reeds begint. Door het kauwen wordt het voedsel ook al flink fijngemalen wat nodig is voor een goede spijsvertering na het doorslikken van het eten.

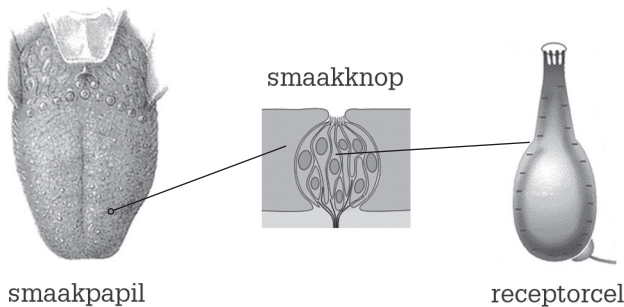
Op de tong bevinden zich receptoren die gevoelig zijn voor bepaalde moleculen. In de mond worden moleculen uit het voedsel opgelost in water en speeksel en kunnen zo de receptoren bereiken. Het is een wijdverbreid misverstand dat er regio's op de tong zijn die speciaal gevoelig zijn voor de verschillende basissmaken (zie Figuur 1, links). Dit misverstand schijnt in de wereld geholpen te zijn door een verkeerde vertaling van een wetenschappelijk boek uit het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw. Het plaatje met de zogenaamde 'tongkaart', heeft nog in veel boeken over proeven gestaan, tot ver in de 20<sup>e</sup> eeuw. Toen was echter al lang bekend dat er geen specialistische proefgebieden op de tong zijn, maar dat alle smaken overal op de tong geproefd kunnen worden. In Figuur 1 (rechts) is te zien dat er verschillende gevoeligheden bestaan voor de verschillende basissmaken op verschillende plekken op de tong, maar dat het zeker niet waar is dat er zeer gespecialiseerde gebieden voor een enkele smaak bestaan.

De tong is bekleed met zogenaamde smaakpapillen en een smaakpapil bevat receptorcellen voor in principe alle smaken. Naast de tong blijken ook de gehemelten, het zachte en het harde, gevoelig voor sommige moleculen en kunnen ze ook tot een smaakgewaarwording leiden. De verantwoordelijke cellen hiervoor, de smaakreceptorcellen, zijn dus ook op de gehemelten aanwezig, maar minder in aantal dan op de tong.

De smaakpapillen op de tong en op de gehemelten zijn kleine heuveltjes die met het blote oog nog net te zien zijn. Binnen in zo'n heuveltje zit een zogenaamde 'smaakknop' met daarin de verschillende smaakreceptorcellen (zie Figuur 2). Deze reageren op sommige in speeksel opgeloste moleculen en leiden uiteindelijk tot de waarneming van de basissmaken. Voor zoet, zuur, zout en umami is er een eigen type receptorcel. Voor bitter zijn er ongeveer vijftieng verschillende receptorcellen.



**Figuur 1** Links de verouderde en achterhaalde tongkaart met de regio's voor de vier basissmaken. Rechts de juiste weergave, met een grafiek met ongeveer de verschillende gevoeligheden voor de vijf basissmaken, voor, midden en achter op de tong.



**Figuur 2** De tong (links) met smaakpapillen, smaakknoppen (midden) met daarin de smaakreceptorcellen (rechts).

## Het kauwen

Het fijngekauwde en met speeksel vermengde eten wordt wel een 'food bolus' of in het Nederlands een 'spijsbal', genoemd. Uitgespuugd is het een onsmakelijk uitziend hoopje materiaal dat zelfs de kauwer zelf niet graag nogmaals in zijn of haar mond zal stoppen.

Kauwen doen we niet allemaal. Pasgeboren baby's kunnen nog geen vast voedsel tot zich nemen. Ze hebben nog geen tanden en kiezen om dat te kunnen kauwen. Ze zijn een aantal maanden aangewezen op vloeibaar voedsel, uit de moederborst of uit een flesje. Zuigen kunnen ze goed en dat doen ze reflexmatig zodra er een voorwerp van de grootte van een tepel in de buurt van hun mond komt. Langzaamaan gaan ze over op vaster voedsel en zodra er voldoende tanden en kiezen zijn kunnen ze ook meer op hun voedsel gaan kauwen. Kleine kinderen lijken nog een aantal jaren een hekel te hebben aan 'brokjes' in hun eten. Misschien zijn ze nog niet goed in staat om deze fijn te kauwen of zit er nog een automatisch afwijzen van brokjes vanwege verstikkingsgevaar in hun systeem. Grotere kinderen en volwassenen kunnen goed kauwen en kunnen in principe alles eten wat hun wordt voorgezet. Op zeer gevorderde leeftijd komen er soms weer problemen met het kauwen, voornamelijk door gebitsproblemen. Soms hebben bejaarden ook andere kauw- en slikproblemen, waardoor sommige weer op zachter en soms zelfs weer vloeibaar voedsel zijn aangewezen.

Het kauwen is een bijzonder proces. De kaken worden door een aantal krachtige spieren aangestuurd. De krachten die de tanden dankzij deze kaakspieren op het voedsel kunnen uitoefenen zijn zeer groot. We kunnen met onze kaken maximaal ongeveer een kracht van 700 Newton ontwikkelen, dat komt overeen met een gewicht van 70 kilogram. We kunnen, zolang de tanden in goede conditie zijn en het houden, heel harde dingen doorbijten. Er is een samenspel tussen het voelen tijdens het bijten op het voedsel en het fijnmalen van het voedsel. Als er eens een erg

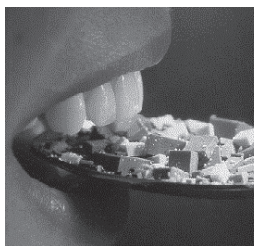
harde korrel, bijvoorbeeld een steentje, in de bolus zit dan zal dit direct tot het stoppen van het bijten leiden. Helemaal op tijd werkt dit mechanisme niet altijd, helaas sneuvelt er daardoor soms een vulling of een kies van wat mindere kwaliteit.

Om de verdere spijsvertering goed voor te bereiden wordt het voedsel in de mond fijngemalen en goed met speeksel vermengd. Hierbij speelt de tong een belangrijke rol, maar natuurlijk ook de tanden en de kiezen. De kaken bewegen op en neer en de spieren die hier verantwoordelijk voor zijn krijgen informatie van receptoren die in de spieren zitten en die meten hoe hard de spieren worden aangespannen. Deze informatie vertelt de kauwer iets over hoe hard, hoe taai, hoe zacht het voedsel is. Het kauwen is dus een heel belangrijk aspect van het eten. De meeste mensen hebben wel eens op een taai stuk vlees zitten kauwen en besluiten dan dat dat vlees niet deugt. Dit kunnen we voelen aan de mate waarin de kauwspieren hun werk moeten verrichten. De zintuigen in de kauwspieren helpen dus mee om de totale gewaarwording van het eten voor u te creëren.

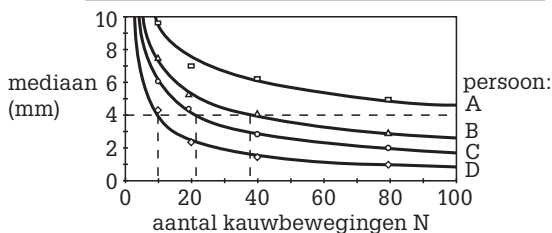
Dit samenspel van de tong, de kaakspieren en de mondbewegingen gebeurt volledig buiten onze aandacht. Als je er even bij stilstaat, is het een zeer complex staaltje techniek. De bewegingen van de tong zijn snel genoeg om de tong net op tijd weer tussen de kiezen vandaan te trekken voordat deze met grote kracht weer een volgende maalbeweging maken.

Het kauwen maakt dus van grote brokken voedsel, kleinere brokken. Het blijkt dat er een erg groot verschil zit in hoe goed mensen in staat zijn om voedsel fijn te malen. Dit is onder meer onderzocht aan de Universiteit van Utrecht. In het linker deel van Figuur 3 is kunstmatig voedsel te zien dat proefpersonen moesten fijnkauwen. Het bestaat uit allemaal blokjes. In de grafiek aan de rechterkant is te zien hoeveel kauwbewegingen nodig waren om de deeltjes klein te kauwen tot een bepaalde grootte van de deeltjes (de mediane grootte om precies te zijn, dat is de grootte die midden tussen de kleinste en de grootste deeltjes ligt). Voor vier personen (A, B, C en D genoemd) is de grafiek ingevuld en

is een tabelletje gemaakt. Wanneer we kijken naar het moment waarop de deeltjes de mediane grootte van 4 mm hebben dan zien we dat persoon D dit in negen kauwbewegingen voor elkaar heeft. Persoon C heeft er 22 voor nodig en persoon B bijna 38. Persoon A spant de kroon, hij of zij heeft 135 kauwbewegingen nodig om de deeltjes net zo klein te krijgen als persoon D dit in 9 kauwbewegingen kon.



aantal kauwbewegingen nodig om omvang te halveren (8 mm → 4 mm)	kauw-	
	persoon	bewegingen
A		135
B		38
C		22
D		9



**Figuur 3** Links: materiaal dat proefpersonen moesten fijnmalen. Rechts: Grafiek met duidelijk het verschil in kauwefficiëntie tussen een aantal verschillende mensen die precies hetzelfde materiaal fijnkauwen (figuur overgenomen uit Bosman et al. 1997.)

Wanneer je je dit realiseert kan je je afvragen of persoon A en D ooit hetzelfde oordeel zullen vellen over wat ze te eten krijgen. Over hard voedsel dat fijngekauwd moet worden zullen persoon D en A wellicht altijd van mening verschillen. A zou kunnen klagen over zeer hard of taai eten, terwijl D geen idee heeft waar A het over heeft. Voor D kauwt misschien immers bijna alles lekker weg.

### ***Bijters en zuigers***

Kauwen is een bijzondere bezigheid. Als je er bij gaan nadenken gaat het mis. We hebben al gezien dat mensen op zeer verschillende manieren kauwen en daarbij ook nogal kunnen verschillen



in de hoeveelheid speeksel die ze aanmaken. Hierdoor kauwt iedereen op een andere werkelijkheid zou je kunnen stellen. Er is uitgebreid onderzoek gedaan naar de manier waarop mensen kauwen. Elektromyografie is de naam van een techniek waarbij de elektrische activiteit van spieren wordt gemeten. Spieren worden elektrisch aangestuurd door ons zenuwstelsel en de kleine stroompjes die daarvoor verantwoordelijk zijn kunnen worden geregistreerd door elektroden die op bovenliggende huid worden geplakt. Dit is ook met de kaakspieren gedaan om te onderzoeken hoe deze precies geactiveerd worden bij het kauwen op verschillende producten. Het maakt nogal uit of je op een harde wortel knaagt of een plakje cake fijnmaakt. Een groep onderzoekers aan het Institute of Food Research in Reading, Groot-Brittannië, heeft veel onderzoek gedaan naar aspecten van het kauwen. Ze onderzochten hoe lang men op een mondvul kauwde, hoeveel kauwbewegingen er werden gemaakt, hoeveel speeksel erbij werd aangemaakt, hoe de spijsbal in de mond beweegt, hoe de kaken bewegen en de grootte van de krachten die er ontwikkeld worden bij het kauwen. Als testvoedsel gebruiken ze zeer verschillende producten: wortel, appel, varkensvlees, salami, biscuit en toast. Ze kwamen tot de conclusie dat ze hun proefpersonen konden indelen in vijf verschillende soorten kauwers die voornamelijk verschilden in de duur van het kauwen en in de hoeveelheid arbeid die de kauwspieren verrichtten.

Inzichten in wat er in de mond gebeurt zijn belangrijk bij het ontwikkelen van nieuwe producten. Als je bijvoorbeeld chocoladerepen maakt kan zulke kennis je nieuwe product maken of breken. Maak je iets dat iedereen wel een beetje lekker vindt, of maak je verschillende producten omdat je weet dat je potentiële klanten in verschillende groepen uiteenvallen. Als je je onderzoek goed doet kan je voor beide groepen een product maken dat ze overheerlijk gaan vinden. Op zo'n manier haal je wellicht meer verkoop dan wanneer je een product produceert dat iedereen wel lekker vindt, maar niet voldoende om het altijd maar

weer te kopen. Bij chocolade gaat het om het antwoord op de vraag of je potentiële klanten bijters zijn of zuigers.

### ***Een onvermoede bijwerking van kauwen***

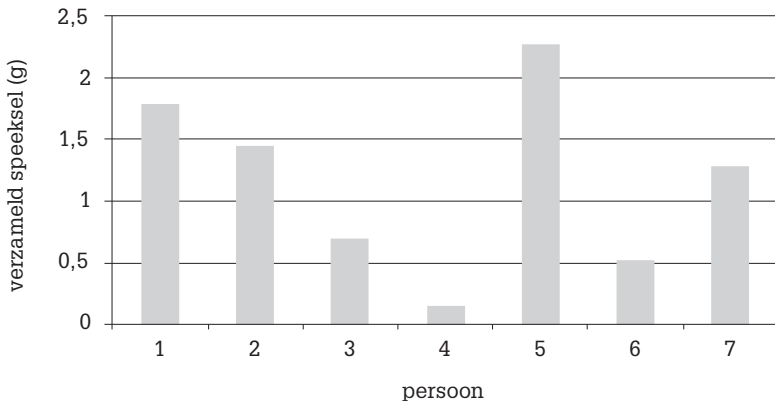
Er is onderzoek geweest dat suggereert dat kauwgomkauwen leidt tot verhoogde cognitieve prestaties en het verlagen van stress. Kauwgomfabrikanten zullen zulk onderzoek natuurlijk graag toejuichen en het zal u niet verbazen dat de naam van Wrigley's company soms voorkomt als sponsor van zulk onderzoek. Hoe vreemd het misschien ook klinkt, helemaal onzinnig is het idee toch niet. Het verschijnsel is serieus onderzocht en de uitkomsten zijn, zoals vaak het geval is, complexer dan we misschien wel zouden willen. Het kauwen van kauwgom kan inderdaad leiden tot betere prestaties, maar niet bij alle soorten cognitieve taken. Ook treedt het positieve effect alleen op als er kort tevoren gekauwd is en is het relatief kortdurend. Na ongeveer 20 minuten lijkt het verdwenen. Kauwen gedurende een examen heeft blijkbaar geen effect, vermoedelijk omdat de cognitieve inspanning en het kauwen beide een beroep doen op beschikbare energie waardoor er minder energie beschikbaar is voor elke taak afzonderlijk.

## **Speeksel**

Een ander belangrijk aspect bij het kauwen is het speeksel. Het dient ervoor om de spijsvertering te helpen. Stoffen in het speeksel zijn actief in de chemische processen die er voor zorgen dat we ons voedsel kunnen gebruiken om er energie en bouwstoffen uit te halen. Evenals bij het kauwen bestaan er hier grote verschillen tussen mensen. Verschillende personen kunnen zeer uiteenlopen in de hoeveelheden speeksel die ze produceren. In Figuur 4 is een grafiek afgebeeld waarin bij zeven mensen de speekselafscheiding is gemeten na stimulatie van de speekselklieren. Duidelijk is te zien dat persoon 3, 4 en 6 relatief

weinig speeksel af hebben gegeven (respectievelijk 0,7, 0,15 en 0,52 gram). Persoon 5 daarentegen produceerde een veelvoud daarvan, maar liefst 2,27 gram. Hier wordt duidelijk dat de speekselproductie erg kan verschillen tussen mensen. Het gevolg is ook weer dat verschillende mensen op een hele verschillende manier hun voedsel zullen beleven. De 'droge' types (zoals bijvoorbeeld persoon 4) zullen een heel andere indruk krijgen van dat wat ze in hun mond fijnmalen dan mensen zoals persoon 5, die ongeveer 15 maal meer speeksel produceren.

Niet alleen verschilt de totale hoeveelheid geproduceerd speeksel, ook de samenstelling van het speeksel kan verschillen. We hebben drie paar speekselklieren, die elk een iets andere soort speeksel afgeven met een verschillende samenstelling. Het soort voedsel, maar ook de verwachting ervan, kan ervoor zorgen dat een iets ander soort speeksel wordt afgegeven.



**Figuur 4** Speekselafgifte in gram door zeven verschillende personen (overgenomen uit Ahn et al. 2000).

## Beleving door kauwen en speekselproductie

Buiten het lichaam kan een product identieke eigenschappen hebben, bijvoorbeeld gewicht, aantal calorieën, grootte, hardheid. De verschillen in kauwgedrag en speekselproductie tussen verschillende personen zal er toe leiden dat hetzelfde product deze verschillende personen een geheel andere gewaarwording zal opleveren. Wat voor de één hard en taai is, vindt de ander misschien helemaal niet hard. Wat de één droog of melig noemt kan voor iemand anders prima smaken. Deze kennis over de grote verschillen tussen personen kan worden gebruikt om producten en gerechten te maken die verschillende segmenten van consumenten optimaal bedienen. Zachtere producten voor de veelkauwers, iets kleffere voor de droge kauwers. Een droge kauwer zal misschien niet snel kiezen voor eierkoeken of droge worst. Een veelkauwer heeft misschien een hekel aan vlees, of aan harde koek. Op deze manier zullen deze groepen automatisch en vermoedelijk zonder dat ze het zelf in de gaten hebben, voorkeuren hebben ontwikkeld die een gevolg zijn van hun manier van kauwen. Door het grote assortiment van voedingsmiddelen zullen ze zich niet realiseren dat ze misschien uitzonderlijke kauwers en eters zijn. Er bestaan al zoveel verschillende soorten producten dat elk type kauwer er wel iets van zijn of haar gading tussen zal kunnen vinden.

Het is mij niet bekend dat er in de productontwikkeling van voedselproducenten veel rekening gehouden wordt met deze verschillen. Bedrijven die zich meer op klinische voeding (voeding voor speciale patiëntengroepen) toeleggen houden hier natuurlijk wel rekening mee.

## 3 DE VIJF BASISSMAKEN

Op de tong bevinden zich de gevoelige zintuigcellen die ons precies vertellen wat de smaak van ons voedsel is (zoet, zuur, zout, bitter of umami). Zo eenvoudig als dit klinkt, is het in de praktijk niet. Er zijn weliswaar vijf basissmaken, maar hun receptoren zijn erg verschillend en voor bitter zijn er wel zo'n vijftientig verschillende bekend. Ook kunnen de verschillende smaken interacties met elkaar aangaan zodat er een heel palet aan smaken ontstaat. De smaak kent ook bijzondere eigenschappen, waardoor bijvoorbeeld kauwgum na enige tijd zijn smaak weer terug lijkt te krijgen.

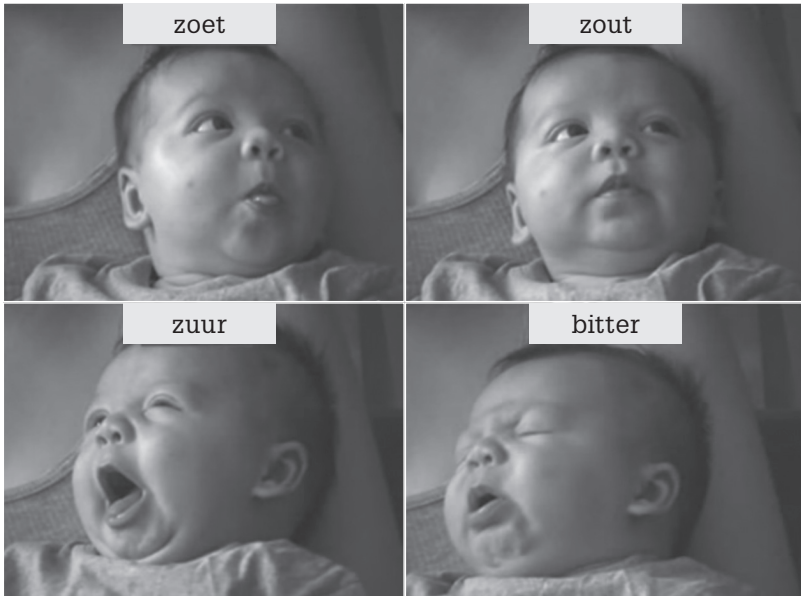
Recent is er een zesde basissmaak voorgesteld: vet. Hoe dit precies smaakt, is nog niet helemaal duidelijk. Ik bespreek de vette smaak hieronder wel, maar ik handhaaf in de titel van het hoofdstuk nog even de vijf basissmaken.

### **Zoet**

Zoet is de smaak die het meest met suiker wordt geassocieerd. Suiker smaakt zoet. Zoet is ook bijna altijd lekker. Vanaf onze geboorte en zelfs daarvoor al, hebben we een voorkeur voor de zoete smaak. Pasgeboren baby's die een zoete smaak aangeboden krijgen laten merken dat ze het lekker vinden door een blijde gezichtsuitdrukking te laten zien. Ook richten ze hun hoofd naar de kant waar de zoete smaak vandaan kwam en maken ze smakkende bewegingen, alsof ze vragen om meer. Bij een vieze smaak draaien ze hun hoofd weg.

Er is door de smaakonderzoeker dr. Gie Liem van de Deakin University in Australië een erg leuk filmpje over gemaakt. Toen

Gie's zoontje Stijn anderhalve maand oud was heeft hij hem wat zoete, zoute, zure en bittere smaakstoffen op de tong gedruppeld. Het is zeer duidelijk dat bitter niet wordt gewaardeerd en ook bij zuur spreekt het gezicht boekdelen (zie Figuur 5). Het ziet er soms een beetje zielig uit maar inmiddels is Stijn dertien jaar en hij heeft er niets van overgehouden, heeft Gie me verzekerd.



**Figuur 5** Gezichtsuitdrukking van een anderhalve maand oude baby bij het proeven van de basissmaken zoet, zout, zuur en bitter (afbeeldingen gebruikt met toestemming van de maker van deze opnamen, tevens de vader van de baby, dr. Gie Liem).

Er is een biologische reden voor het feit dat er een aangeboren voorkeur voor de zoete smaak bestaat. De voedingsmiddelen die, zoals vruchten en bessen die we als diersoort en oermens in het verleden voorhanden hadden, zoet smaken verschaffen ons energie door de suikers die erin zitten. Dieren en onze evolutionaire voorouders die onderscheid konden maken tussen zoet smakende

en andere vruchten, waren in staat om energie tot zich te nemen en hebben zo voor nakomelingen kunnen zorgen. Dat zijn uiteindelijk onze directe voorouders geworden, vandaar dat ook wij nog steeds een aangeboren voorkeur voor zoet bezitten.

De smaakreceptorcel die ons een zoete smaak verschaft, is te vinden op de tong. Deze smaakreceptorcel heeft een zeer ingewikkelde moleculaire structuur. Bepaalde moleculen, die enigszins in water en speeksel in de mond zijn opgelost, gaan chemische verbindingen aan met deze ingewikkelde cel, volgens sommige theorieën zelfs op meer dan één plek. Als zo'n receptorcel door deze verbindingen voldoende gestimuleerd is, zal deze een elektrisch signaal afgeven aan de zenuw die van de tong naar de hersenen loopt. Dit signaal wordt in de smaakhersenen opgevangen en uiteindelijk kunnen we ons bewust worden van een zoete smaakprikkel op de tong.

Omdat het waarnemen van een smaak uiteindelijk een psychologisch proces is – het is immers een persoonlijke beleving – waar een aantal hersengebieden voor samenwerken is het ook mogelijk dat andere prikkels een effect hebben op de zoete smaak die we waarnemen. Wanneer we in het verleden bijvoorbeeld hebben geleerd dat een bepaalde kleur vaak met een zoete smaak gecombineerd is, bijvoorbeeld het rood van zoete aardbeien, zal een rode kleur kunnen leiden tot een versterking van een zoete smaakwaarneming. In sommige gevallen vinden mensen zelfs gewoon water dat alleen maar is roodgekleurd een licht zoete smaak hebben. Ook kunnen geuren bijdragen tot een zoete smaak. De typische *geur* van een aardbei, om maar bij dit voorbeeld te blijven, kan al een zoete *smaak* oproepen. Een zoete gewaarwording is dus niet uniek afhankelijk van een zoete smaakprikkel op de tong, er zijn meer omstandigheden die hiertoe kunnen leiden of die kunnen helpen met het versterken van een zoete smaakprikkel op de tong.

Omdat we zoet zo lekker vinden, neigen we ernaar om veel zoete dingen te kopen en te eten, dit is aangeboren – denk maar

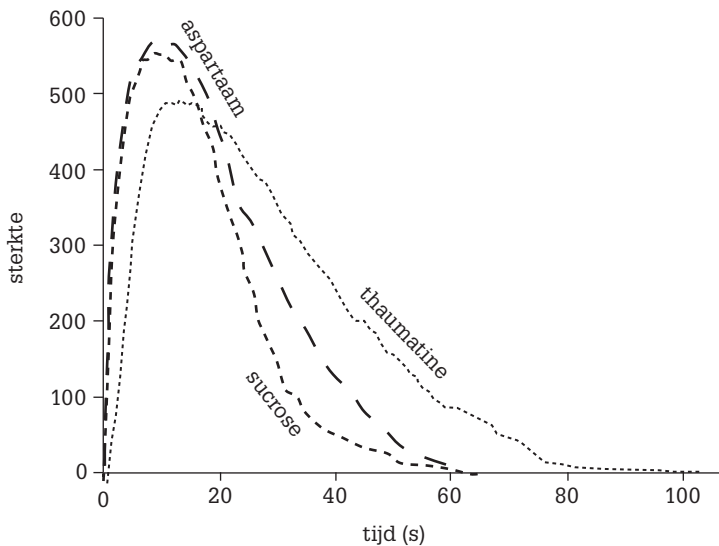
aan Stijn. Deze aangeboren voorkeur is deels verantwoordelijk voor het feit dat we er soms te veel van eten, waardoor we te zwaar kunnen worden. Daarom is er een hele industrietaak ontstaan die zich bezighoudt met het zoeken naar moleculen, de zogenaamde 'kunstmatige zoetstoffen', die wel de zoetesmaakreceptorcel prikkelen, maar die niet gepaard gaan met de calorieën die suiker nu eenmaal ook levert. Dit soort stoffen prikkelen de zoetesmaakreceptorcel net als echte suiker dit doet, maar kunnen niet door het lichaam gebruikt worden om energie uit te halen. Het zijn dus geen dikmakers. Het blijkt niet eenvoudig om zulke stoffen te vinden. Voor de meeste van deze stoffen geldt dat ze naast dat ze de zoetesmaakreceptorcel prikkelen, ook nog andere smaakreceptorcellen activeren. Daardoor hebben sommige van deze zoetstoffen een bijmaak, bijvoorbeeld een bittere, wanneer ze ook de bitteresmaakreceptor een beetje prikkelen. Soms komt de bittere prikkel wat later op gang dan de zoete smaak, we ervaren dan een bittere *nasmaak* van zo'n zoetstof. Hierdoor kunnen we dan weten dat we geen echte suiker hebben geproefd.

Het zoetesmaaksysteem dat we bezitten is het gevolg van honderdduizenden jaren evolutie. Het is dus een nogal precies systeem geworden dat niet gemakkelijk om de tuin te leiden is. Het wil suiker en precies dat. Al het andere zoete wordt al gauw als 'vreemd' ervaren omdat het niet precies zo als echte suiker smaakt.

Een ander verschil tussen stoffen met een zoete smaak en echte suiker ligt in de timing van de zoete smaak. De zoetheid van echte suiker komt gedurende een bepaalde tijd op, het duurt even voordat iets duidelijk zoet smaakt. Ook verdwijnt de zoete smaak niet onmiddellijk, ze blijft even hangen en verdwijnt langzamer dan ze gekomen is. Dit tijdsprofiel van de zoete smaak is iets waar we erg gewend aan zijn geraakt door het eten van zoete producten die met echte suiker gezoet zijn. Andere zoetstoffen kunnen ook wel zoet smaken maar als hun zoete smaak bijvoorbeeld heel lang blijft hangen, zullen we het toch minder



lekker dan suiker gaan vinden omdat het niet in alle aspecten voldoet aan wat we van een 'echte zoete smaak' gewend zijn. Figuur 6 laat een grafiek zien waar de waargenomen intensiteit van de zoete smaak is afgezet tegen de tijd. Er is te zien dat alle zoetstoffen in dit onderzoek een iets andere curve laten zien. Sucrose, de gewone suiker, heeft een eigen vorm. Andere zoetstoffen lijken daar wel op, maar leveren vaak toch een waarneembaar andere zoetheid op. Kijk bijvoorbeeld naar het verschil tussen de curve van sucrose (gestippelde dikke lijn in Figuur 6) en die van aspartaam, een bekende zoetstof (gestreepte dikke lijn in Figuur 6). De laatste heeft een zoete smaak die langer lijkt te blijven hangen. Kijk ook eens naar de curve voor een minder bekende zoetstof, thaumatine (het dunne gestreepte lijntje in Figuur 6), dan weet je meteen waarom deze stof minder bekend is geworden als kunstmatige zoetstof.



**Figuur 6** Tijd-Intensiteitsprofiel van suiker en andere zoetstoffen (overgenomen uit Pfeiffer et al. 2000).

Mengsels van echte suiker met andere zoetstoffen worden ook gebruikt. Afhankelijk van de mengverhoudingen kan de smaak van zo'n mengsel erg lijken op echte suiker, terwijl de calorieën toch minder zijn door toevoeging van de andere, zogenaamd niet-calorische, zoetstoffen.

Uiteindelijk smaakt alleen echte suiker perfect naar echte suiker. In een product toegepast kan een andere zoetstof, of een mengsel van suiker met andere zoetstoffen, soms toch goed zorgen voor een beperking in calorieën omdat de smaak van het product zelf – bijvoorbeeld een sinaasappelsmaak in een dessert – de afwijkende smaak van de kunstmatige zoetstoffen kan onderdrukken. Ook zal een beetje bittere nasmaak niemand opvallen in bijvoorbeeld een grapefruitdrink.

### ***Meer proeven dan je weet of meer weten dan je proeft***

Met energie (calorieën) in het eten is iets bijzonders aan de hand. Suikers en vetten zijn bijzondere leveranciers van calorieën. Energieopname is tijdens de evolutie van de mens altijd zo belangrijk geweest om te overleven dat deze ingrediënten bijzonder gewaardeerd worden. We hebben geen zintuigen die calorieën direct kunnen detecteren. Maar als we twee dingen te eten krijgen, die er precies gelijk uitzien en met een identieke smaak dan blijken we toch onbewust te kunnen leren welke van de twee de meeste calorieën oplevert. Ons lichaam weet de variant met calorieën te onderscheiden van de variant zonder de calorieën. Dit is een leerproces dat geheel onbewust verloopt. De calorieën vormen een beloning die je je niet bewust hoeft te worden, maar de verantwoordelijke processen in de hersenen registreren dit feilloos en proberen ervoor te zorgen dat de variant met de calorieën een volgende keer weer gekozen wordt. Er zal onder normale omstandigheden altijd een voorkeur ontstaan voor de variant die de meeste energie oplevert. Helaas is deze energie vaak niet nodig en leidt dit tot een gewichtstoename.

## Zuur

Zuur is een bijzondere smaak die toch vaak gewaardeerd wordt. Citroen en azijn zijn stoffen die zuur smaken en die we graag aan gerechten toevoegen. Zuur wordt vaak in combinatie met andere smaken gebruikt, bijvoorbeeld met een zoete smaak (zoetzuur) of door toevoeging van azijn aan salades of andere gerechten. In het Verenigd Koninkrijk worden de chips van de traditionele 'Fish & Chips' vaak met azijn besprenkeld om die typische smaak van de echte 'Engelse' chips te krijgen.

Zure stoffen gaan een chemische reactie met water aan waardoor er speciale ionen (geladen moleculen) ontstaan. Sommige van deze ionen hebben een effect op de zuresmaakreceptor. Deze receptor zal een elektrisch stroompje opwekken dat door de smaakzenuw naar de hersenen wordt getransporteerd.

Ondanks de voorkeur van veel mensen voor een – licht – zure smaak bestaat een aangeboren afkeer van een sterke zure smaak. Veel jonge ouders hebben hun peuter wel eens een stukje citroen te eten gegeven om vervolgens te zien wat voor een bijzondere grimassen het arme kind dan automatisch vertoont (ik geef het toe, ik ben ook schuldig aan deze praktijk). Dit 'zure kijken' gaat vanzelf en is misschien een gevolg van een bescherming tegen een al te zure 'aanval' op het organisme. Erg zure oplossingen – veel zuurder dan een citroen – kunnen namelijk nogal wat schade aanrichten aan weefsels. Een andere bescherming wordt geboden door een reflexmatige verhoogde afscheiding van speeksel als er een zuur in de mond komt. Het extra speeksel verdunt de zure oplossing waardoor eventuele schade verminderd wordt. Normaal gesproken zullen we geen extreme zuren drinken maar dat is in de loop van de evolutie vermoedelijk anders geweest. Sommige vruchten of bessen, die er wellicht aantrekkelijk en eetbaar uitzien, kunnen een zeer zure oplossing afscheiden, waar het organisme blijkbaar tegen beschermd moest worden.

Let op dat het woord 'zuur' meerdere, subtiel verschillende, betekenissen heeft. Enerzijds staat het voor de smaakgeaardwording die hierboven besproken is en die we allemaal kennen van citroen en azijn. Anderzijds is het de naam van de materialen die deze smaakgeaardwording teweegbrengen, denk bijvoorbeeld aan 'zuurtjes', of aan 'tafelzuur'. Een derde betekenis van 'zuur' is die uit de chemie. Een 'zuur' is een stof die water zodanig splitst dat er een bepaalde hoeveelheid speciale ionen ( $\text{H}_3\text{O}^+$  geheten) ontstaat. De concentratie van deze ionen (feitelijk de negatieve logaritme ervan) wordt pH genoemd, of 'zuurgraad'. Het is zo dat over het algemeen chemisch 'zure' oplossingen ook 'zuur' smaken, maar dat verband is niet altijd zo duidelijk. Gewoon water, met zijn typische neutrale smaak, heeft een pH van zeven, dit is de 'neutrale' pH: niet zuur en niet basisch (het chemische tegenovergestelde van 'zuur'). Zure oplossingen hebben een lage pH, die van Cola kan wel zo laag als 4 worden. Cola is dus chemisch gezien een zeer zure oplossing, vandaar dat Cola ook wel gebruikt wordt om vastgeroeste schroeven los te weken. Het zuur vreet het roest weg. Het is gelukkig niet zuur genoeg om weefsels in onze mond te beschadigen, maar met de tanden moet je oppassen. Er zijn tandartsen die waarschuwen tegen het drinken van te veel 'zure' frisdranken omdat het zuur op den duur tot beschadigingen van het gebit kan leiden. Ik heb op een congres wel eens onsmakelijke foto's gezien van mensen die een zomer lang met een rietje in de mond uit flesjes cola hebben lopen drinken. Bij de uitgang van het rietje was een stuk tand volledig weggeëtst. Dat we zulke dranken toch lekker vinden komt doordat er ook veel suiker of zoetstof in zit, zodat de smaak van het zure en zoete mengsel aangenaam is.

Er zijn, zoals bij alle zintuigen, ook andere manieren om een zure smaakgeaardwording te krijgen. Door leren bijvoorbeeld kan het zien van een schijf citroen, of het kijken naar iemand die iets heel zuurs eet en een 'zuur gezicht' trekt, al leiden tot een verhoogde speekselafscheiding en zelfs tot het proeven van een zure smaak. Ook de kleur geel, bekend van citroen, kan leiden

tot een verhoogde zure smaakwaarneming. Een snoepje zal in de kleur geel zuurder smaken dan in een andere kleur, ook al is de chemische samenstelling identiek.

## Zout

De zoute smaak is zo geliefd dat er een gezondheidsprobleem is ontstaan. Te veel keukenzout kan namelijk leiden tot een verhoogde bloeddruk. Een hoge bloeddruk kan op den duur schade veroorzaken en leiden tot hart- en vaatziekten. Het is dus belangrijk om niet te veel zout te eten, maar het probleem is dat we het zo lekker vinden. Een bepaalde hoeveelheid zout heeft ons lichaam ook nodig om goed te kunnen functioneren, dat is ongeveer de aanbevolen maximale dagelijkse hoeveelheid van 6 gram die door het voedingscentrum wordt geadviseerd. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) streeft naar een hoeveelheid van maximaal 5 gram zoutconsumptie per dag in 2025. Gemiddeld wordt er in Nederland 7,5 g zout (door vrouwen) tot 9,9 g zout, per dag, door mannen ingenomen. Deze overdaad aan zout merken we vaak niet aan de smaak van wat we eten omdat veel zout als het ware verstopt zit in kant-en-klaar producten, in snacks en soms in brood en andere deegproducten. Het is daar gemengd met andere stoffen en kruiden zodat de zoute smaak niet zo opvalt, maar toch krijgen we het zout binnen.

Net zoals bij zoet wordt er naarstig gezocht naar vervangende stoffen die ook zout smaken, maar die geen nadelige invloed kunnen hebben op de gezondheid. De receptor voor zout blijkt echter extreem kieskeurig. Bij gewoon keukenzout, een chemische verbinding van Natrium en Chloor, met het symbool NaCl, reageert deze receptor maximaal. Er zijn wel andere stoffen die een zoute smaak hebben, maar die hebben vaak ook een bittere bijmaak. KaliumChloride (KCl) is hier een voorbeeld van.

In een waterige oplossing valt keukenzout uiteen in geladen onderdelen ('ionen' genoemd). De zoutesmaakreceptor wil

precies het Natrium-ion ( $\text{Na}^+$ ) tegelijk met het Chloor-ion ( $\text{Cl}^-$ ) ontvangen en alleen dan geeft het een maximale elektrische prikkel af aan de smaakzenuw. Deze prikkel leidt ergens in de hersenen tot de waarneming van 'zout'. Alternatieven voor keukenzout hebben zoals gezegd een bittere bijmaak of een andere afwijking in de zoute smaak die ze vaak ongeschikt maken als vervanger van keukenzout. Sommige zoutsmakende alternatieven zijn ongezond of zelfs giftig, het spreekt vanzelf dat dat geen realistische (keuken)zoutvervangers zijn.

Zeezout wordt wel eens aangeboden als zoutvervanger, maar het grootste deel van zeezout, 70% of meer, bestaat nu juist uit het keukenzout dat we zouden willen vervangen. De hoeveelheid Natrium, waar het om gaat bij zoutreductie, is bij andere soorten zout dan keukenzout – ook bij zeezout – nauwelijks minder omdat er soms ook nog andere zouten inzitten die evengoed Natrium bevatten. Zeezout bijvoorbeeld bevat naast keukenzout nog een aantal andere zouten (bijvoorbeeld Magnesium- en Calciumchloride en/of -bromide en Natriumsulfaat) en andere mineralen in onbruikbaar kleine hoeveelheden. Deze 'verontreinigingen' zijn afkomstig van resten (dode vissen) of uitscheidingen van zee-organismen of van vogelpoep. In totaal maken deze slechts een heel klein deel, minder dan een paar procent, uit van het zeezout.

Andere zouten, zoals bijvoorbeeld Ammoniumchloride ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), worden soms door consumenten geschuwd omdat ze 'eng' klinken. Echter, Ammoniumchloride is een veel geconsumeerde stof. Een andere naam ervoor is Salmiak, een belangrijk bestanddeel van veel snoep, in het bijzonder van drop. In welke mate Ammoniumchloride als alternatief voor keukenzout gebruikt kan worden is niet goed bekend, het heeft naast z'n zoute smaak natuurlijk ook nog een andere smaak, namelijk die van drop.

## Bitter

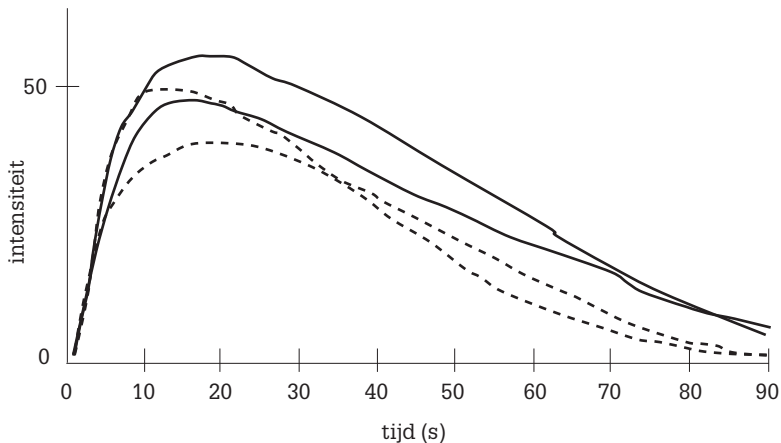
Net als de voorkeur voor zoet is aangeboren, is de afkeer van bittere smaken aangeboren. Onderzoek met baby's heeft laten zien dat ze zich afkeren van bittere smaken en een grimas produceren die laat zien dat ze het niet naar hun zin hebben. Ze keren zich duidelijk af van de bittere prikkel. Zelfs ongebornen baby's, en baby's met extreme afwijkingen, zoals de zogenaamde anencefalen (die vrijwel zonder hersenen geboren worden en maximaal enkele dagen leven), reageren negatief op bittere smaakprikkelers.

De waarneming van de bittere smaak is anders dan die van de overige smaken. Om te beginnen zijn er ongeveer vijftientig verschillende receptortypen bekend op de tong die reageren op stoffen die bitter smaken. Dit wil niet zeggen dat we net zoveel soorten bittere smaken uit elkaar kunnen houden. Er zijn dus wel veel verschillende stoffen die een of meer bitterreceptorcellen stimuleren maar we kunnen geen onderscheid maken tussen al die verschillende soorten bittere stoffen. De verschillende bitterreceptoren zitten tezamen op een cel en leveren hun zenuwpulsen af aan dezelfde zenuw. Uit de activiteit van die zenuw is niet meer af te leiden welk type bitterreceptor geprikkeld werd. Het signaal dat de hersenen binnenkomt bevat deze informatie niet; we kunnen dus geen verschil waarnemen tussen de prikkeling van de verschillende bitterreceptoren. Bitter is bitter is bitter.

Dat er zoveel receptoren voor bitter zijn is te begrijpen in een evolutionair licht. Veel ongezonde, soms giftige, bessen en planten smaken bitter, dus een voorouder die graag bittere bessen at, zal zich vermoedelijk niet hebben voortgeplant. Er zijn veel giftige stoffen in de natuur die je beter maar niet tot je kunt nemen en veel ervan prikkelen onze bitterreceptoren. Dit verklaart dus onze aangeboren afkeer voor bitter. Dat we op latere leeftijd bitter erg lekker kunnen gaan vinden, denk aan bier of koffie, is iets dat typisch aangeleerd is. Door sociale processen, bijvoorbeeld in de puberteit, willen we ons volwassen gaan gedragen,

en gaan we ook bier en koffie drinken. De eerste keer vinden we de bittere smaak niet lekker, al zal niemand dat misschien willen toegeven. Door dapper bittere producten mee te blijven eten en te drinken gaan we blijkbaar bij de wereld van de volwassenen horen. Hierdoor leren we het toch lekker te vinden. Bij bier en koffie spelen ook nog mee dat er stoffen in zitten die, los van hun smaak, al een belonende waarde kunnen hebben: alcohol in bier en cafeïne in koffie. Cafeïne is zelf een uitgesproken bittere stof die een onaangename bittere smaak heeft. In een complex mengsel als koffie kunnen we het leren te waarderen.

De bittere smaak blijft vaak lang in de mond hangen. Bitter heeft vaak een zogenaamde 'nasmaak'. Deze treedt ook op bij de andere basissmaken, maar bij bitter is dit het meest uitgesproken. In Figuur 7 zijn de curven van cafeïne en tetrahop



**Figuur 7** TijdIntensiteitscurven voor verschillende bitterstoffen (Overgenomen uit Dijksterhuis et al. 1994). Subtiële effecten in het verloop van de bitterheid over de tijd stellen ons in staat verschillen tussen verschillende bitterstoffen waar te nemen. In deze figuur zijn het verloop van de geproefde sterkte over de tijd van twee concentraties van cafeïne en van tetrahop weergegeven. Er is te zien dat de bitterheid van de cafeïne (doorgetrokken curven) langzamer afneemt dan die van tetrahop (gestippelde curven).



(een bitterstof die in bier voorkomt) weergegeven in een Tijds-intensiteitsgrafiek (net als bij de zoetheden van de zoetstoffen in Figuur 6). Beide stoffen smaken 'bitter', maar door het verloop in de tijd van de bittere smaak kunnen we ze wel van elkaar onderscheiden. De smaak is identiek, namelijk bitter, maar de ene bitterheid zal snel verdwijnen, terwijl de andere langer blijft hangen.

## Umami

Umami is een van de basissmaken die pas relatief kort als basissmaak erkend is. 'Erkend', dat wil zeggen dat er op de tong speciale receptorcellen zijn gevonden die specifiek een bepaalde gewaarwording opleveren als ze geprikkeld worden. De smaak is al veel langer bekend als verschillend van de andere vier basissmaken en is een typisch oosterse smaak. De eerste rapporten over deze aparte smaak komen uit Japan en zijn ongeveer honderd jaar oud. Het Japanse woord umami wordt vertaald met 'aangenaam hartige smaak'. De umamismaakreceptorcellen worden geprikkeld door Mononatriumglutamaat (afgekort MSG, naar de Engelse naam: MonoSodiumGlutamate), ook bekend als ve-tsin uit de Chinese keuken. Een beschrijving van de smaak umami is 'hartig'. De smaak umami, vaak geleverd door de stof MSG, is onder meer te proeven in tomaten, paddenstoelen, kazen en in sommige sojaproducten. Ook borstvoeding bevat van nature een hoeveelheid van de stof MSG.

MSG wordt als zogenaamde smaakversterker gebruikt. Het blijkt het hartige karakter van veel gerechten en producten te kunnen versterken. Zonder dat je de umami op zich hoeft te proeven, kan de toevoeging van MSG tot een sterkere hartige smaak leiden. Ook keukenzout heeft soms zo'n smaakversterkende eigenschap. Door het samenspel van umami, of zout, met andere smaken kan het hartige karakter, of een specifieke hartige smaak van een bepaald gerecht beter naar voren komen.

### ***Een sprookje over MSG***

MSG is een afkorting voor een chemische verbinding, die Mononatriumglutamaat heet. In het Engels is dit MonoSodium-Glutamate vandaar de afkorting MSG. De chemische formule is  $C_5H_8O_4NNa$ , en de stof is ook bekend onder de namen E621, ve-tsin of Ajinomoto. Zoals eerder gezegd komt het van nature voor in tomaten, paddenstoelen en in kaas, waarbij in oude kaas meer zit dan in jonge kaas. Ve-tsin wordt ook wel gemaakt uit zeewier. Het is dus een stof die al in veel producten zit en aan sommige producten wordt toegevoegd om de hartige ('umami') smaak te verduidelijken. Er is nog een aantal stoffen dat een umami smaak geeft, maar het voert te ver deze hier allemaal te vermelden.

Er bestaan veel misverstanden over deze stoffen, in het bijzonder over MSG. Er bestaat zelfs angst voor. MSG zou verantwoordelijk zijn voor het zogenaamde 'Chineesrestaurant-syndroom'. Hierbij voelen mensen zich niet lekker na het bezoek van een Chinees restaurant en schrijven ze dat toe aan het consumeren van gerechten met ve-tsin. Onderzoek hiernaar heeft nooit iets opgeleverd dus het lijkt erop dat er andere redenen voor dit syndroom moeten worden gevonden. Mogelijk is er helemaal geen syndroom omdat het niet in voldoende grote aantallen voorkomt. Er kunnen natuurlijk altijd mensen allergisch (feitelijk intolerant) zijn voor een bepaalde stof, maar dat is waarschijnlijk niet de bron van het Chineesrestaurantsyndroom. De angst voor E-nummers speelt misschien ook mee. Stoffen die na uitgebreid onderzoek veilig voor consumptie worden bevonden krijgen in Europa een E-nummer toegewezen. MSG kreeg nummer 621. De Verenigde Staten kennen geen E-nummers, maar een zogenaamde GRAS ('Generally Regarded As Safe') status. In de Verenigde Staten heeft MSG de GRAS status. Er is bij een paar mensen ooit het idee ontstaan dat E-nummers gevaarlijke 'chemische' toevoegingen aan voedsel zijn. Het tegendeel is waar. Veel mensen beseffen niet dat veel stoffen gewoon van nature in producten voorkomen, zoals MSG in tomaten. Of je het nu

MSG noemt, E621,  $C_5H_8O_4NNa$ , Ajinomoto of ve-tsin, dat maakt natuurlijk niet uit.

De meeste voedselproducenten luisteren naar consumenten. Maar soms misschien iets te goed. De ongegronde angst voor 'vreemde stoffen' in het eten, wordt soms te serieus genomen. Immers, vermoedelijk is er niemand ooit ziek geworden van het MSG in zijn eten. Wat deze voedselproducenten doen is het verwijderen van de MSG uit hun producten, want soms was het toegevoegd om het beter te laten smaken. Zonder MSG echter, smaakt het allemaal toch wat vlakker, wat minder 'umami' natuurlijk, minder hartig. Men is naarstig op zoek om de smaak toch te kunnen opkrikken zonder MSG te gebruiken. Dit is strikt genomen dus niet nodig want er is niets mis met MSG in het voedsel. Die zoektocht kost erg veel geld, en dat zien we natuurlijk in de prijs van de producten terug. En dat alleen maar omdat er een irrationele angst bestaat bij sommige consumenten. Deze consumenten, maar ik uiteindelijk ook, betalen indirect dus extra voor de producten zonder MSG waar ze om vragen.

Het vreemde is dat MSG dus uit sommige industriële producten wordt geweerd als toevoeging E621 maar tegelijkertijd weer wordt toegevoegd maar nu als stof gewonnen uit andere producten, bijvoorbeeld uit champignons of uit zeewier. Deze stof, nog steeds  $C_5H_8O_4NNa$  natuurlijk, wordt dan als 'natuurlijke stof' aan het product toegevoegd. Chemisch gesproken is er niets veranderd, maar zo'n toevoeging hoeft niet altijd als E-nummer vermeld te worden.

Ter illustratie in Figuur 8 een lijst met de stoffen die van nature in normale kersen zitten. Niet bang worden, gewoon van kersen blijven genieten. De chemische namen zijn gewoon een manier om de stoffen aan te duiden. De moleculen weten echt niet hoe ze genoemd worden. Zo drink ik zelf erg graag een paar glazen dihydromonoxide. Persoonlijk zie ik er het liefst ook nog wat broeikasgas in opgelost. Dihydromonoxide is een manier om water ( $H_2O$ ) te benoemen. Broeikasgas is  $CO_2$ , oftewel koolstofdioxide. Ik drink dus graag water met bubbels.



**INGREDIENTS:** AQUA (82.2%), **SUGARS (12.8%)** (GLUCOSE (52%), FRUCTOSE (42%), GALACTOSE (5%), MALTOSE (<1%), SUCROSE (<1%), FIBRE E460 (2.1%), ASH, **FATTY ACIDS (1.6%)** (OCTADECANOIC ACID (24%), OMEGA-6 FATTY ACID: OCTADECADIENOIC ACID (24%), OMEGA-3 FATTY ACID: OCTADECATRIENOIC ACID (23%), HEXADECANOIC ACID (14%), OCTADECANOIC ACID (<1%), HEXADECANOIC ACID (<1%), TETRADECANOIC ACID (<1%)) **AMINO ACIDS (<1%)** (ASPARTIC ACID (57%), GLUTAMIC ACID (9%), PROLINE (4%), SERINE (3%), LEUCINE (3%), ALANINE (3%), LYSINE (3%), PHENYLALANINE (2%), GLYCINE (2%), THREONINE (2%), VALINE (2%), ARGININE (2%), HISTIDINE (2%), ISOLEUCINE (2%), TYROSINE (1%), METHIONINE (1%), CYSTEINE (1%), TRYPTOPHAN (1%)), **COLOURS** (E160a, E161b, E161c, E300, E307, CHOLINE, PHYTOSTEROLS, **FLAVOURS** ((Z)-3-HEXENOL, 2-HEPTANONE, CINNAMIC ALCOHOL, CINNAMIC ALDEHYDE, (E)-2,6-NONANEDIENAL, (E)-2-HEXENAL, HEXANAL, EUGENOL, LINALOOL, BENZALDEHYDE, PHENYLACETALDEHYDE).

**Figuur 8** Kersen, en de stoffen die het kersen maken.  
(uit: <http://jameskennedymonash.wordpress.com>).

## Vet

Na een aantal jaren met veel onderzoek en discussie, is er recent geopperd dat er een zesde basissmaak bestaat: vet. De wetenschappelijke discussies hierover gaan wel twintig jaar terug. Sommige onderzoekers komen tot de conclusie dat er nu voldoende aanwijzingen zijn om 'vet' als zesde smaak te benoemen naast zoet, zout, bitter, zuur en umami. Het wordt een nogal technische uiteenzetting, want wanneer mogen we nu besluiten dat er een nieuwe basissmaak is? Daarvoor moet er aan een aantal criteria voldaan worden. In hun artikel uit 2015 zetten smaakonderzoekers Russel Keast en Andrew Constanzo van de Deakin University in Australië een aantal zaken op een rij.

Mensen moeten op hun tong 'vet' kunnen waarnemen. Echter, wat is 'vet'? Net zoals de zoetesmaakreceptorcel reageert op suikers, die ook als afbraakproducten van belangrijke voedingsstoffen voorkomen, zouden sommige afbraakproducten van vet ook wel eens geproefd kunnen worden. Dit zijn vetzuren van verschillende lengte (verschillende aantallen moleculen aan elkaar geschakeld) en die blijken inderdaad te proeven te zijn. We hebben het over een smaak, dat betekent dat er dus een specifieke receptor voor op de tong zou moeten bestaan. Ook hier zijn inmiddels sterke aanwijzingen voor en ze hebben mooie namen als CD36 en 'G-proteïne gekoppelde receptor 120'.

Activatie van deze receptoren door genoemde vetten moet leiden tot een reactie in zenuwbanen die van de tong af de hersenen in gaan. Of men nu bewust kan zeggen "Nu proef ik vet", of dat er slechts aangetoond is dat er in het lichaam een fysiologische reactie optreedt met een effect op bepaalde stoffen in het bloed, is nog een discussie. Maar het laatste is in ieder wel aangetoond als een uniek effect van de vetprikkel op de tong, dus kan men in ieder geval beweren dat er een apart smaaksysteem voor 'vet' bestaat.

Hoe die zesde basissmaak dan het best omschreven kan worden is nog niet helemaal duidelijk. Hij kan worden opgewekt door vetzuren op de tong aan te bieden, maar wat je dan proeft, blijft de vraag. Onderzoekers aan Purdue University in de USA hebben er ingewikkelde statistische technieken voor nodig om erachter te komen wat de scores van proevers op de verschillende aanbiedingen van die vetzuren nu eigenlijk betekenen. Een ander probleem is natuurlijk dat, wil je met zekerheid kunnen zeggen dat er alleen een smaak op de tong wordt geproefd, je alle andere mogelijkheden moet uitsluiten. De neus moet worden afgedicht, want misschien ruik je het vet wel en proef je het niet op de tong. Ook is het mogelijk dat je vetdeeltjes voelt op de tong en dat je dat verwacht met proeven. Ook daarvoor moesten de onderzoekers slimme trucs uithalen. Uiteindelijk lijkt 'vet' toch te proeven en bestaat er een onderscheid met de andere basissmaken. Maar

u hier nu eenvoudig vertellen wat je eraan proeft is niet zonder meer mogelijk.

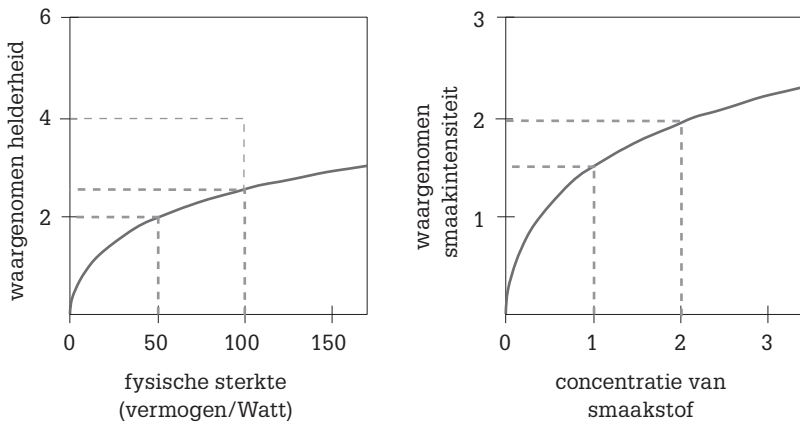
'Vet' is eigenlijk ongeschikt als een label voor deze nieuwe smaak, concluderen ook de onderzoekers. 'Vet', gebruiken we gewoonlijk voor een combinatie van mondgevoel en geur, een gladde massa in de mond met een specifiek aroma. Denk aan de overeenkomst tussen slagroom, boter en volle melk: niet eenvoudig te beschrijven. Over één ding lijkt men het eens, de nieuwe 'vette' basissmaak is onaangenaam! De groep van Purdue University stelt ook een nieuwe naam voor deze nieuwe smaak voor: 'oleogustus' (van 'oleo' voor vet en 'gustus' voor smaak). Inderdaad, dit klinkt helemaal niet zo lekker.

## Meer smaken

Meer smaken hebben we niet. Dat we nog zoveel meer proeven dan zoet, zuur, zout, bitter en umami komt door de neus. De tong is klaar met deze vijf basissmaken. Natuurlijk kunnen we de basissmaken mengen, dat levert interessante combinaties op: zoetzuur, bitterzoet, zout en zoet, etc. De combinatie bitter en zuur (sterke koffie met citroen?) is meestal uitgesproken vies, probeer het maar eens.

Bij het mengen van smaken kunnen een aantal boeiende processen optreden, met namen als mengonderdrukking en hyper-additiviteit. Je kunt twee smaken mengen (dan krijg je een binair mengsel), drie smaken (tertiair mengsel), vier smaken of vijf smaken. Als je alle combinaties van de vijf basissmaken wilt proeven, ben je even bezig, al is het wel te doen. Er zijn 20 mogelijkheden: zoet-zuur, zoet-zout, zoet-bitter, zoet-umami, zuur-zout, zuur-bitter, zuur-umami, zout-bitter, zout-umami, bitter-umami, zoet-zuur-zout, zoet-zuur-bitter, zoet-zuur-umami, zuur-zout-bitter, zuur-zout-umami, zout-bitter-umami, zoet-zuur-zout-bitter, zoet-zuur-zout-umami, zuur-zout-bitter-umami en zoet-zuur-zout-bitter-umami.

Het is natuurlijk interessant te weten hoe al deze mengsels smaken en of een bepaald mengsel een hele nieuwe smaakindruk oplevert, zoals het mengen van blauwe en gele verf groene verf oplevert. Het is nogal een werk om dit te proberen, maar er zijn mensen die hier onderzoek naar hebben gedaan. De eerste vraag is of een mengsel van smaken sterker smaakt dan de sterkte van de individuele smaken. Dit is een vraag naar de *kwantiteit*, hoe sterk het smaakt, of de 'waargenomen intensiteit'. De vraag naar de *kwaliteit*, waar zo'n mengsel naar smaakt (zoet, zuur, of wellicht iets anders), los van hoe sterkt het smaakt, is een geheel andere vraag.



**Figuur 9** Links: relatie tussen de felheid van een lamp (de waargenomen intensiteit van het licht), en het vermogen van de lamp (in Watt). Rechts: relatie tussen de chemische concentratie (bijvoorbeeld het aantal gram suiker per liter water) en de waargenomen intensiteit van de zoetheid. De kromme in de figuren is een zogenaamde psychofysische kromme. De vorm van deze kromme is verschillend voor verschillende soorten prikkels.

### ***Een beetje achtergrond uit de psychofysica***

Eerst de kwantiteit, de sterkte van de smaak. Het is denkbaar dat je de waargenomen sterkten van bijvoorbeeld zoet en zuur apart geproefd kunt optellen, zodat het zoetzuur mengsel zo sterk als de som smaakt. Zoiets zien we bijvoorbeeld soms bij geluid, al is een verdubbeling nooit helemaal precies een verdubbeling. De waargenomen intensiteit van een mengsel van zintuigindrukken is meestal minder dan de som van de waargenomen intensiteiten van de individuele prikkels. Een 50 Watt lamp geeft ons een bepaalde indruk van de felheid van z'n licht. Doe er nog een lamp van 50 Watt bij aan, of vervang de lamp door een 100 Watt lamp en het licht zien we niet als tweemaal zo fel. Het is wel wat feller, maar misschien slechts 1,2 keer zo fel als de felheid van één 50 Watt lamp. In Figuur 9 is het verband tussen het vermogen van een lamp (in Watt) en de waargenomen felheid van de lamp schematisch weergegeven. De curve die ontstaat in zulke grafieken heet een psychofysische curve. De curve verbindt de fysica (het vermogen – in Watt – van een lamp of de chemische concentratie – in gram per liter – van een smaakstof in een oplossing) met de psychologie (de gewaarwording die een persoon heeft wanneer hij/zij naar de lamp kijkt, of de smaakstof proeft); vandaar de naam: psycho-fysisch. In Figuur 9 is ook een dergelijke kromme getekend voor een oplossing van suiker in water. Daar geldt dat de concentratie (gram suiker per liter water) kan verdubbelen maar dat de oplossing dan niet twee keer zo zoet smaakt. In dit voorbeeld krijgt 10 gram suiker per liter een intensiteitsscore van 1,5 en 20 gram suiker per liter, niet een verdubbelde score van 3, maar slechts van 2. Het smaakt dus minder dan twee keer zo zoet.

De vorm van de krommen van dergelijke psychofysische verbanden is anders voor verschillende zintuigindrukken. Er zijn ook gevallen waar de waargenomen intensiteit van twee indrukken meer is dan de optelling van de individuele sterkten. Dit noemen we hyper-additiviteit (méér dan opgeteld). Dit is bijvoorbeeld het geval voor gewichten die je in de hand weegt. Twee



pakken suiker van 1 kg voelen tezamen meer dan tweemaal zwaarder dan één pak suiker (zeker als je ze een tijd op je hand laat liggen en helemaal met een gestrekte arm). Ook de pijn van elektrische prikkels wordt al snel ondraaglijk, een beetje extra stroom levert dan al heel veel meer extra pijn op.

De hierboven gegeven voorbeelden gaan over het mengen van twee dezelfde indrukken, de felheid van licht of de zoetheid van suikerwater. Ons oorspronkelijke smaakvoorbeeld gaat over het mengen van verschillende indrukken (bijvoorbeeld zoet mengen met zuur). Daarvoor geldt iets dergelijks, al is het wel ingewikkelder omdat niet voor alle verschillende smaken hetzelfde psychofysische verband tussen de chemische concentratie en de waargenomen intensiteit geldt. Bij onderzoek naar zulke smaakmengsels blijkt dat de zoete smaak vaak overheerst en dat er meer van een andere smaak nodig is om de zoetheid te onderdrukken, dan andersom. Ook blijkt dat de smaakintensiteiten van de individuele smaken niet kunnen worden opgeteld maar dat een mengsel minder intens smaakt dan de som van de smaken afzonderlijk. Dit verschijnsel heet mengonderdrukking; de totale waargenomen intensiteit wordt onderdrukt door de andere smaken in het mengsel. Deze verschijnselen zijn onderzocht in een typische laboratoriumsituatie. Dat wil zeggen in een eenvoudig mengsel van smaakstoffen. Het is zelden in een gewoon eet- of drinkbaar product onderzocht. In echte producten, in dranken en in maaltijden, komen zeer veel verschillende smaakstoffen en smaken voor, er vinden zoveel van deze processen tegelijk plaats dat het erg moeilijk is om rekening te houden met alle mogelijke combinaties en hun smaakinteracties. En dit gaat dan alleen nog maar over de vijf basissmaken. Stel je het aantal mogelijkheden eens voor als je de reuk er bij betreft.

### **Prop**

Een bepaald aspect van de smaak heeft de afgelopen dertig jaar veel aandacht gekregen. Er is een stof, met de chemische naam 6-n-Propylthiouracil – vaak afgekort tot Prop – die bitter

van smaak is. Een andere stof met vergelijkbare eigenschappen is PTC (Phenylthiocarbamide). Maar met de bitterheid van deze stoffen is iets bijzonders aan de hand. Sommige mensen vinden ze extreem sterk bitter smaken, terwijl anderen er niet van schrikken. Voor hen is het gewoon een beetje bitter. Hoe het mogelijk is dat er zo'n groot verschil in waargenomen bitterheid bestaat is in de Verenigde Staten uitgebreid onderzocht door professor Linda Bartoshuk en haar collega's van Yale University.

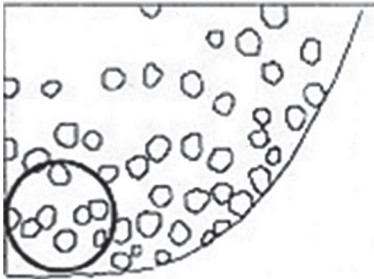
Een van de zaken die deze onderzoekers hebben gedaan is eens heel goed kijken naar de tong. Dat is immers de plek waar de bitterreceptoren zitten. Het is goed mogelijk om smaakpapillen te kleuren met een speciale verf om ze vervolgens te kunnen tellen. Zo blijken er grote verschillen te bestaan in het aantal receptoren dat mensen op hun tong hebben (zie Figuur 10). Dit bleek ook samen te hangen met de mate waarin het speciale stofje, Prop, bitter wordt gevonden. Bartoshuk en haar collega's kwamen vervolgens met een indeling van de mensheid in drie groepen, die ze 'super-tasters', 'medium tasters' en 'non-tasters' noemen. Het blijkt dat ongeveer 25% van de mensen non-tasters zijn, 50% medium-tasters, en 25% supertasters van die speciale stof Prop.

Het al of niet in staat zijn om Prop als zeer sterk bitter, of minder sterk, of helemaal niet waar te nemen lijkt samen te gaan met andere smaakgevoeligheden. Het lijkt ook samen te hangen met de specifieke voorkeur die mensen hebben voor, of een afkeer van, bittere producten als koffie, bier, witlof, etc. Verder onderzoek naar het verschijnsel van 'Prop-tasting' bracht nog andere interessante zaken aan het licht. Er is een aantal genen verantwoordelijk voor het ontwikkelen van de eigenschap al of niet 'Prop-taster' te zijn. Deze genen hangen samen met het ontwikkelen van de smaakreceptoren op de tong.

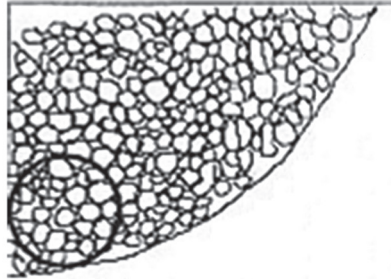
Omdat de smaakpapil naast de smaakzenuw ook met de trigeminale zenuw (een gevoelszenuw voor het gezicht en de mond) is verbonden kan de smaakpapil ook reageren op pijn, temperatuur en aanrakingssignalen. Dit betekent dat super-tasters, die

dus veel van deze smaakpapillen hebben, ook wel eens ‘super-voelers’ met hun tong kunnen zijn, en misschien ook wel ‘super-gevoelig’ voor pijn of aanraking op de tong zijn.

non-taster



super-taster



**Figuur 10** Een hoekje van de tong met daarop schematisch aangegeven de smaakpapillen van een non-taster (links) en een super-taster (rechts).

Ondanks het vele onderzoek ernaar is er geen overtuigend verband aangetoond tussen de gevoeligheid voor Prop en het voedselpatroon van mensen. Super-tasters blijken in hun voedselkeuze, ook voor bittere producten als koffie, witlof of broccoli, niet af te wijken van non-tasters. Je zou verwachten dat deze producten erg bitter voor hen zouden smaken waardoor ze ze eerder zouden laten staan. Als deze producten al bitterder smaken voor super-tasters, invloed op hun voedselkeuze lijkt het dus niet te hebben.

### ***Smaak voor de geboorte***

Zelfs voor de geboorte wordt er al door de ongeboren baby geproefd en enigszins geroken. De smaak van het vruchtwater zal door de baby's worden waargenomen, al zal dat natuurlijk nog geen bewuste effecten hebben. Professor Benoist Schaal van het *Centre des Sciences du Goût* in Dijon, Frankrijk, heeft veel onderzoek gedaan naar de effecten van hele vroege blootstelling aan smaken en geuren. De interactie tussen moeder en – pasgeboren – kind is van grote invloed op de toekomstige

voorkeuren voor smaken en geuren die het kind ontwikkelt. Een pasgeboren baby kan de borst vinden door middel van geur en op deze leeftijd is de geur wellicht veel belangrijker dan het zien en het horen.

Ook het dieet van de moeder wordt door de baby geproefd. Er zijn stoffen in de voeding van de moeder die in de moedermelk terecht komen. Het is waarschijnlijk dat dit een effect heeft op de latere voedselvoorkeuren van het kind. Dit is een gebied waar nog niet heel veel onderzoek is gedaan. Je kunt je voorstellen dat het moeilijk is om onderzoek te doen met baby's. Het onderzoek zal altijd zeer kritisch beoordeeld worden vanwege mogelijke ethische implicaties. Dergelijk onderzoek zou toch wel eens belangrijk kunnen blijken omdat het misschien kan helpen bij het begrijpen van het ontwikkelen van eetstoornissen die sommige mensen op latere leeftijd krijgen.

### ***Smaak met de jaren***

Veel onderzoek naar het smaakvermogen laat zien dat de algemene gevoeligheid voor smaakprikkelers afneemt bij het toenemen van de leeftijd. De speekselaanmaak en de samenstelling van het speeksel veranderen en het aantal smaakknoppen op de tong vermindert ook. Volgens sommige onderzoekers kan dit aantal met 20 tot 60 procent teruglopen bij zestigplussers. Dit leidt tot een zekere verminderde gevoeligheid voor de basissmaken. De zoute en umami smaak lijken hier het meest onder te lijden.

Het idee dat het teruglopen van de gevoeligheid voor reuk- en smaakprikkelers ook samenhangt met een lagere waardering van voeding is onjuist. Ook kan dit verschijnsel op zich niet verantwoordelijk worden gesteld voor de verminderde voedselinname die men vaak bij (hoog-)bejaarden ziet.

Smaakonderzoekster Jos Mojet wijst in haar proefschrift op de vele moeilijkheden bij het vergelijken van onderzoeken naar verschillen in smaakgevoeligheid voor verschillende leeftijden. We zullen hier niet ingaan op de vaak nogal technische en

methodologische oorzaken van gevonden verschillen maar ons beperken tot een aantal opvallende en interessante bevindingen.

Naast de verminderde gevoeligheid van het smaak- en reukzintuig zijn er een aantal psychologische of neurologische leeftijdseffecten die ook kunnen bijdragen tot een verminderde geur- en smaakgevoeligheid, of tot onderzoeksresultaten die daar op lijken te wijzen maar die het gevolg zijn van de specifieke manier van vragen en niet van de verminderde gevoeligheid op zich. Ook kunnen sociale factoren een rol spelen bij een verminderde eetlust en een verminderde voedselinname. Sommige ouderen kunnen in een sociaal isolement terecht komen of zich eenzaam gaan voelen, wat ook een oorzaak van een verminderde voedselinname zou kunnen zijn.

Elders in dit boek (zie bijvoorbeeld hoofdstuk 7) laten we zien dat andere zintuigen, zoals het gehoor, ook een rol spelen bij het eten. Omdat ouderen relatief vaker problemen met het gehoor hebben en dus de invloed van het gehoor bij het eten veranderd zal zijn, kan ook dit een effect hebben op de soms gerapporteerde verminderde eetlust. De meeste mensen (de ouderen zelf, maar ook hulpverleners en onderzoekers) realiseren zich meestal niet dat het eten veel meer is dan alleen ruiken en proeven. Er wordt als vanzelf geconcludeerd dat het ligt aan een verminderd vermogen om goed te kunnen ruiken en proeven en voorbijgegaan aan mogelijke problemen in andere zintuigsystemen. Een andere en misschien belangrijkere invloed naast het gehoor komt van het gebit. Ouderen hebben, vaker dan jongeren, een gehele of gedeeltelijke gebitsprothese. Dit heeft zonder twijfel een effect op de manier waarop ze de textuur van het eten waarnemen (zie hoofdstuk 6). Naast dat dit zal leiden tot een andere manier van kauwen kan dit ook effecten hebben op de speekselproductie. Zoals we hebben gezien hebben zowel kauwen als de speekselproductie een grote invloed op hoe we ons voedsel in de mond waarnemen. De gemiddelde oudere zal dus mede hierdoor een andere waarneming van hun voedsel hebben dan dat ze vroeger

hadden. Dit kan één van de oorzaken zijn voor de verminderde eetlust van ouderen of voor het feit dat ouderen melden 'minder te proeven'.

Het feit dat oudere personen, zeg 60-plus, over het algemeen meer medicijnen slikken dan jongere, heeft ook een effect op hun smaakwaarneming. De medicijnen die ze slikken kunnen een verminderde smaakgevoeligheid als bijwerking hebben.

Over het algemeen wordt er ook een verschil tussen mannen en vrouwen gevonden. Hier winnen de vrouwen het meestal waar het gaat om de gevoeligheid voor smaken. Bij mannen begint de afname in smaakgevoeligheid op een jongere leeftijd dan bij vrouwen. Doordat de afname in gevoeligheid erg langzaam voortschrijdt hebben veel ouderen niet in de gaten dat ze minder ruiken en proeven. Volgens sommige studies hebben 77% van de overigens gezonde ouderen niet in de gaten dat ze een ernstig afgenomen geurgevoeligheid hebben.

Een opvallend feit is aangetoond in een Deense studie door geuronderzoeker Per Møller en collega's. Ouderen bleken net zo goed als jongeren geuren te kunnen onthouden zolang dit maar onbewust geschiedde. Zodra ze bewust geuren moesten leren om te onthouden gingen ze minder presteren dan een jongere groep. De studie van de geur- en smaakvermogens van ouderen blijkt een moeilijk vakgebied. Er komt steeds meer aandacht voor dit onderzoeksgebied, wat logisch is omdat er relatief steeds meer oudere personen zijn en deze ook steeds langer gezond blijven. Zoals we in eerdere hoofdstukken reeds hadden geconcludeerd gaat het bij het eten, het proeven en het lekker vinden, niet alleen over de voeding en de zintuigen, maar is de psychologische component ook van zeer groot belang.

## 4 DE NEUS EN HET RUIKEN

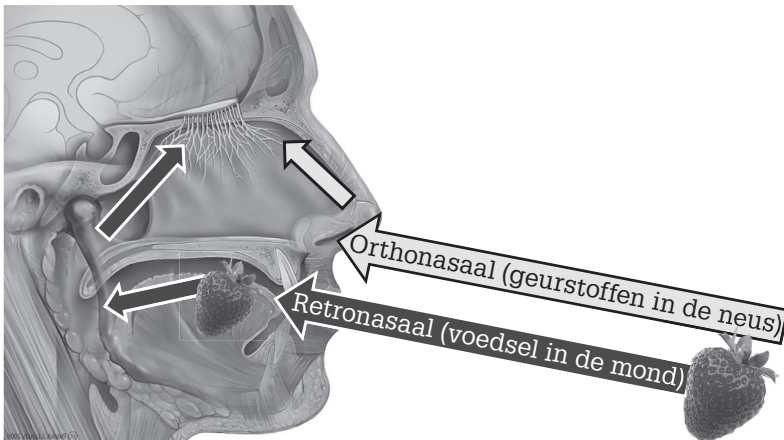
Eigenlijk hebben we twee neuzen, of vier. 't Is maar hoe je het wilt bekijken. Er zijn twee gescheiden ingangen aan de buitenkant, de neusgaten. Er zijn ook twee manieren van ruiken. Zoals we later zullen zien in dit hoofdstuk kunnen we de buitenlucht ruiken, maar ruiken we ook wat er zich in onze mond bevindt. Twee ingangen en twee manieren van ruiken, geeft vier neuzen. In de praktijk zullen we hier misschien niet zo veel van merken maar er is een groot aantal wetenswaardigheden over de neus te vertellen.

De buitenkant van de neus is iedereen bekend. Het is een zeer opvallend zintuig. Het bevindt zich precies daar waar erg veel aandacht naar uitgaat: midden in het gezicht. Kent de vorm van de buitenkant van de neus een zeer grote verscheidenheid, de binnenkant en vooral de functie, is voor iedereen dezelfde: men ruikt ermee. Ruiken is het waarnemen van chemische stoffen die op een luchtstroom onze neus binnenkomen. Je kunt dus alleen stoffen ruiken die verdampen en in de lucht kunnen komen. Vaste stoffen en vloeistoffen hebben gewoonlijk geen geur, totdat er voldoende moleculen verdampen (van vloeibaar in gasvorm overgaan) of sublimeren (van een vaste vorm naar een gasvorm overgaan).

In veel gevallen ruik je niet het materiaal zelf, maar bijvoorbeeld de gassen die worden geproduceerd door bacteriën die op dat materiaal leven. Dit is zo bij de rottingsgeur van voedselresten of de zweetgeur van de oksel. Het zweet zelf heeft vrijwel geen geur maar het wordt door bacteriën die in de oksel leven omgezet in gasvormige stoffen die we kunnen ruiken. Het ruiken van zulke onaangename geuren als verrotting en uitscheidingen als poep is erg nuttig. We vinden ze vies en zullen ze

vermijden omdat ze potentieel gevaarlijk, bijvoorbeeld besmet, kunnen zijn. Ook heeft het geen zin om ze te eten omdat ze geen energie meer kunnen leveren, alle voedingsstoffen zijn er al een keer uitgehaald. Opeten moet dus worden afgeraden. Dat is dan ook precies wat onze neus doet, die vertelt ons: 'Bah, wegwezen hier, en afblijven!'.

Dit is zeker geen algemene biologische wet. Sommige diersoorten eten wel poep. Dat zijn als het ware herkauwers, alleen verlaat het halfverteerde voedsel het lichaam even. Konijnen bijvoorbeeld eten hun keutels op want na één doorgang door hun darmkanaal zijn er nog voldoende voedingsstoffen en energie uit te halen. Bij mensen duidelijk niet, het idee alleen vervult ons reeds van afschuw, zo sterk is deze afkeer blijkbaar bij ons ingebakken. In welke mate dit aangeboren is, is niet helemaal duidelijk. Er zijn anekdotes over baby's die per ongeluk bij de inhoud van hun luier kunnen en daar zonder schroom mee gaan schilderen. De afkeer lijkt dan ook weer niet zo sterk aangeboren. Het wordt hun natuurlijk wel snel geleerd dat niet meer te doen.



**Figuur 11** Doorsnede van het hoofd met de neus en de mond. De pijlen wijzen de weg van de geurstoffen die de receptoren in de neus bereiken: orthonasaal (via de neus) en retronasaal (via de mondholte).



## Wat gebeurt er bij het eten?

In Figuur 11 is een doorsnede van een hoofd getekend, met daarin de mond en de neus en hun verbinding duidelijk aangegeven. Deze figuur laat zien hoe de geurstoffen in de neus terecht kunnen komen en dat er twee verschillende manieren zijn waarop we ruiken: orthonasaal en retronasaal.

Voordat we een hap nemen kunnen we al ruiken wat we zullen gaan eten. Bij het koken en opdienen zullen de enkele honderden verschillende vluchtige chemische stoffen zich al in de lucht verspreid hebben en een deel ervan zal zeker onze neus binnengestroomd zijn. Bij normaal ademen, door de neus, gebeurt dit al. Zeker wanneer we een hap naar onze mond bewegen zullen er moleculen vanaf komen en gevangen worden in een luchtstroom die onze neus ingaat. Deze luchtstroom voert de moleculen mee, langs de neusschelpen, naar het reukepitheel. Dit is het deel van de neus waar de receptoren liggen die reageren op bepaalde chemische stoffen. Dit is eigenlijk al een onderdeel van het eten, maar er is nog geen hap genomen. Deze manier van ruiken, want dat is het natuurlijk, heet 'orthonasaal' (zie Figuur 11). Dit betekent dat de luchtstroom met de vluchtige chemische stoffen van voren, van buiten naar binnen, de neus binnenkomt.

Wanneer we een hap nemen stoppen we een hoeveelheid materiaal in de mond (zie Figuur 11). Dit gaan we kauwen, wat een aantal belangrijke processen in gang zet. Voor de waarneming van geur en smaak is belangrijk dat het kauwen er voor zorgt dat de smaakstoffen goed over de tong worden verspreid. Hierdoor proeven we de zoete, zoute, zure, bittere en umami smaken. De hap wordt vermengd met speeksel en fijngekauwd tot de eerdergenoemde spijsbal. De moleculen die gemakkelijk loskomen uit deze massa reizen op een luchtstroom, binnendoor, de neusholte binnen. Dit is weergegeven met de pijl in het onderste deel van Figuur 11. Bovenin de neus aangekomen komen deze stoffen in contact met het reukepitheel en dit levert uiteindelijk

de waarneming van de geuren op. Deze manier van ruiken heet retronasaal, van achteren de neus in, van de mondholte naar de neusholte.

Er is een eenvoudig testje dat duidelijk laat zien dat er stoffen via de mond naar de neus stromen en dat we die dan ook ruiken. Het testje heet de Von Skramlik test, genoemd naar de Tsjechische fysioloog Emil Ritter von Skramlik (1886-1970) die hoogleraar in de geneeskunde in Duitsland was. In Figuur 12 is deze test weergegeven. Neem een sterk ruikend object, bijvoorbeeld een ui, maar met een kop hete koffie gaat het ook goed. Knijp je neus dicht zodat je niets kunt ruiken. Ga met open mond boven de ui en wacht eventjes. Houd al die tijd je neus goed dichtgeknepen. Doe na een paar seconden je mond dicht, neem afstand van de ui en laat je neus los. Je zult nu duidelijk de ui ruiken. De geurstoffen uit de ui zijn je mond ingestroomd toen je inademde en daar gevangen toen je je mond sloot. Bij het loslaten van je neus kan er weer een luchtstroom op gang komen, uit de mond via de neus naar buiten. En op die luchtstroom zijn de geurstoffen uit de ui meegekomen en deze zijn in de neusholte langs het reukepitheel gestroomd, waardoor je ze uiteindelijk kon ruiken.



**Figuur 12** De Von Skramlik test.

Op deze manier kan het lijken of het ruiken in de mond, op de tong, plaatsvindt, maar dit is natuurlijk niet zo. Dit lijkt zo omdat je gewend bent dat retronasaal ruiken altijd samengaat met eten en met het proeven van smaken op de tong. Gewoonlijk maken de meeste mensen geen onderscheid tussen de tong en de neus bij het eten. Het lijkt bij eten ook net of je alles in de mond proeft. Dit is echter een illusie, het ruiken vindt echt in de neus plaats en het proeven van de basissmaken op de tong. Deze twee verschillende zintuigen zijn zo nauw verbonden bij het eten dat we niet zo goed meer in staat zijn om ze te scheiden, en daardoor lijkt het of alles in de mond plaatsvindt.

## Richtingruiken

De neus is een bijzonder zintuig dat op een aantal aspecten afwijkt van veel andere zintuigen. Aan de buitenkant van het reukorgaan zijn twee neusgaten zichtbaar. Snel daarna begint de neus eigenlijk al af te wijken van veel andere zintuigen. Wat er in het linker en rechter neusgat gebeurt, blijft vrijwel gescheiden tot en met de zenuwbanen in de hersenen die de geurprikkelers doorgeven. Bij verreweg de meeste zintuigen vindt er een uitwisseling tussen links en rechts plaats. Bij de ogen worden de signalen van de linker helften van de beide netvliezen naar de rechter hersenhelft getransporteerd, en andersom. Er vindt een kruising van zenuwbanen plaats bij het zogenaamde 'optisch chiasma', in de hersenen. Ook in het gehoor worden de signalen van het linker en het rechter oor vergeleken, hieruit kunnen we de positie van een geluidsbron afleiden. Maar de neus is anders.

De signalen van stoffen die via het linkerneusgat binnenkomen worden vrijwel geheel door de linkerhersenelft verwerkt en die van het rechterneusgat door de rechterhersenelft. Aangezien de linker- en rechterhersenelft niet hetzelfde zijn, kan je verschillen verwachten tussen links en rechts geroken geuren. Bij het merendeel van de mensen is de linkerhersenelft

beter in taal dan de rechter en geurstoffen aangeboden via het linkerneusgat zouden daardoor misschien beter benoemd kunnen noemen dan geurstoffen die via het rechterneusgat worden aangeboden. Daar is dan ook onderzoek naar gedaan door de Amerikaanse onderzoekster Rachel Herz en collega's en er lijken inderdaad kleine verschillen te bestaan, maar die verschillen zijn zo klein dat je die gewoonlijk niet zult merken.

Er is nog iets boeiends aan de hand met dat linker- en rechterneusgat. Zoals opgemerkt stellen onze twee oren in staat om te bepalen waar een geluidsbron zich bevindt. Door de verschillen in aankomsttijd van een geluid in ons rechter- en linkeroor weten we of een geluid van links of van rechts moet zijn gekomen en kunnen we behoorlijk precies de geluidsbron plaatsen. Het feit dat we twee ogen hebben, een linker en een rechter, maakt dat we vanuit twee verschillende posities naar de buitenwereld kijken. De beelden die in onze twee ogen op onze twee netvliezen geprojecteerd worden verschillen hierdoor een klein beetje en dat verschil levert ons genoeg informatie om diepte te kunnen zien. We kunnen er onbewust uit af leiden hoe ver weg een object zich van ons bevindt. We kunnen dus richtinghoren, en dieptezien, maar we kunnen niet richtingruiken, ook al hebben we twee neusgaten. We zijn niet in staat om ook maar enige richtingsinformatie af te leiden uit het feit dat we als het ware twee gescheiden neuzen, met ieder een eigen neusgat, hebben. Als je een geurstof in het linkerneusgat krijgt ingeblazen (en bijvoorbeeld lucht zonder die geurstof in het rechter) dan kan je niet zeggen of de geur nu links of rechts zit. Dit geldt precies zo andersom. Het is een vreemde constatering dat we niet kunnen weten of we nu links of rechts een geur waarnemen. Het *lijkt* overigens alsof we dat wel kunnen maar dat komt omdat er naast de reukcellen in de neus nog andere zintuigcellen zitten. Deze zijn bijvoorbeeld gevoelig voor temperatuur, voor drukverschillen of voor bijtende chemische stoffen. Deze cellen kunnen je wel vertellen of er iets in het linker- of het rechterneusgat gebeurt. Maar als je ervoor zorgt dat er lucht

van dezelfde temperatuur en druk in de beide neusgaten wordt geblazen en er in één van de twee maar een geurstof zit (die dan ook niet mag prikken in de neus), dan kan je niet zeggen of de geur nu door het linker of rechter neusgat binnenkwam.

Het reukzintuig, dat wil zeggen de reukgevoelige cellen in de neusholte, leveren alleen een geurimpressie en geen andere sensatie. Ze reageren niet op aanraking, temperatuur of irritatie. Deze cellen geven – onder normale omstandigheden – dus geen gevoel van koude, warmte of prik. Het is wel zo dat veel geurstoffen, zeker in hoge concentratie, ook gaan irriteren en een prikkelend gevoel in de neus kunnen opleveren. Maar in een normale concentratie leveren ze alleen een geur op.

Er is een aantal geurstoffen die alleen een geur, altijd zonder prik, leveren. Dit zou je ‘zuivere geurstoffen’ kunnen noemen. Bekende voorbeelden van zulke ‘zuivere geurstoffen’, zijn Vanilline, de geurstof die een vanillegeur oplevert, en  $H_2S$  dat naar rotte-eieren ruikt.

We merkten reeds op dat er cellen in de neus zijn die ook gevoelig zijn voor bijtende stoffen. We kennen allemaal de ‘geur’ van ammoniak ( $NH_3$  is de chemische aanduiding). In feite ‘ruik’ je ammoniak niet, maar ‘voel’ je het. Ammoniak activeert niet het geurzintuig, maar de cellen die gevoelig zijn voor bijtende en prikkelende stoffen. Hetzelfde geldt voor de prik in priklimonade en bruisende bronwaters. Dit is afkomstig van het  $CO_2$  dat in sommige bronwaters is opgelost. Dit is hetzelfde gas als het bekende (en ‘beruchte’) broeikasgas ‘koolstofdioxide’.

## Het echte ruiken

Het zuivere ruiken vind plaats doordat geurstoffen een verbinding maken met gevoelige receptorcellen in het reukepitheel. Hoe dit proces exact in z'n werk gaat is nog niet tot in details bekend. Fundamenteel geuronderzoek is pas relatief laat tot bloei gekomen in vergelijking met onderzoek naar het zien en

het horen. Nog recenter is het onderzoek naar de processen die in de hersenen plaatsvinden als gevolg van geurprikkel. Het is de laatste decennia steeds gemakkelijker geworden om iets te weten te komen over hersenactiviteit door middel van EEG (ElektroEncephaloGrafie) of fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging, dat wat een 'hersenscan' genoemd wordt). Natuurlijk maken ook geur- en smaakonderzoekers gebruik van deze technieken om meer te weten te komen over de werking van het ruiken en het proeven.

Bij de behandeling van het proeven en de tong spraken we van de vijf basismaken (zoet, zuur, zout, bitter en umami). Zo'n systematische behandeling, bijvoorbeeld met 'basisgeuren', is bij de reuk onmogelijk. Zelfs bij het proeven van bitter werd het al wat moeilijker, omdat er ongeveer 25 verschillende soorten bitterreceptoren blijken te bestaan maar deze smaken allemaal tenminste hetzelfde, namelijk 'bitter'. Maar vergeleken hierbij is de neus vele malen ingewikkelder. Men schat dat er ongeveer 350 verschillende soorten reukreceptoren bestaan. Dat zou betekenen dat we zouden kunnen spreken van misschien wel 350 'basisgeuren', als we er van uit gaan dat je de geur van een geurstof die één specifieke receptor prikkelt, een 'basisgeur' kunt noemen. Maar dit idee is niet meer praktisch bij 350 verschillende soorten receptoren. Het mag duidelijk zijn, met 350 verschillende geurreceptoren gaan we niet eens beginnen aan het beschrijven van alle mogelijke 'basisgeuren'.

Met zoveel verschillende geurreceptoren is er in principe een vrijwel oneindige hoeveelheid geuren die kan worden waargenomen. Op deze manier beschouwd is de 'geurenwereld' waar we in leven vele malen complexer en rijker dan de kleurenwereld waar we aan gewend zijn. Het netvlies in ons oog bevat 'slechts' drie verschillende soorten kleurreceptoren en deze laten ons de rijkdom aan kleuren zien die we kennen. Zelfs kleurenblinde personen hebben zelden het gevoel dat ze veel missen van de kleurenwereld al zijn er bij hen een of meer van die drie receptor-typen onvoldoende werkzaam.

Ook al bestaan er ongeveer 350 verschillende reukreceptoren, de meeste mensen hebben ze niet allemaal. Verschillende mensen hebben een andere verzameling van deze receptoren. Iedereen heeft als het ware dus een andere neus. We hebben allemaal een bepaalde vorm van geurenblindheid en daar zijn dus zeer veel verschillende vormen van mogelijk omdat er zoveel verschillende reukreceptoren zijn.

Kortom, onze geurenwereld is dus gebaseerd op een groot aantal typen receptoren en dit levert ons dus een zeer grote rijkdom aan geuren die we kunnen waarnemen. Wanneer we stilstaan bij de verschillende geuren die we al kennen en uit elkaar kunnen houden wordt duidelijk dat we ongemerkt al een zeer grote hoeveelheid geuren hebben leren kennen. Denk bijvoorbeeld alleen al aan de bloemen, de gerechten en de parfums die u kent, om over alle onaangename geuren nog maar even te zwijgen. Schattingen spreken vaak over 10.000 verschillende geuren of meer. Recent is er een studie gepubliceerd waarin geschat wordt dat we veel meer geuren kunnen waarnemen, wel een biljoen ( $10^{12}$  ofwel 1.000.000.000.000; in het Engels heet dit aantal trouwens een 'trillion'). We staan er niet vaak bij stil, maar onze geurwereld is echt zeer omvangrijk.

### ***Het ruiken, samengevat***

De stappen in het proces dat uiteindelijk leidt tot een geurperceptie zijn in principe bekend:

1. een vluchtige chemische stof komt in aanraking met de geurreceptoren op het reukepitheel in de neus,
2. de receptor reageert, door middel van een aantal complexe elektrochemische processen, met het afgeven van een zenuwprikkel aan de zenuw die verbonden is met een of meer receptoren,
3. deze zenuwpuls reist langs de zenuwen de hersenen in, al of niet gecombineerd met de pulsen van de zenuwen van

- andere geurreceptoren, en dit leidt tot een bepaald patroon van pulsen in de reukhersenen,
4. de zenuwpuls doet verschillende stations in de hersenen aan, waar er op gereageerd kan worden en waar interacties met andere zenuwpulsen kunnen worden aangegaan,
  5. één van de interacties kan zijn dat de combinatie met andere zintuigindrukken en/of met informatie uit het geheugen de ontvanger een bepaalde geurperceptie geeft,
  6. één van de reacties kan zijn dat de persoon over wiens neus we het hebben zijn of haar gedachten of gedrag aanpast als gevolg van genoemde zenuwprikkelingen,
  7. dat gedrag kan bijvoorbeeld zijn: het geven van een antwoord op onze vraag "Ruik je iets?", het inschenken van een kop koffie omdat dat zo lekker rook, of gaan stofzuigen omdat er onbewust een stoffige geur was geregistreerd.

## Het prikkelen van geurreceptoren

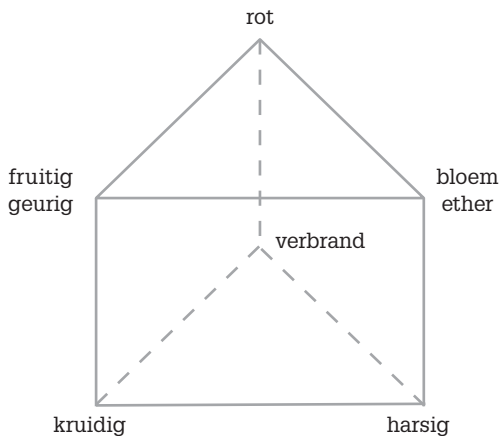
Er zijn onderzoekers geweest die een voorstel hebben gedaan om enige systematiek aan te brengen in de grote hoeveelheid geuren die we kunnen waarnemen. Zij hebben een aantal verschillende ideeën over geurwaarneming gepubliceerd. De drie meest bekende zijn het idee dat de vorm van een molecuul past in een bepaalde receptor, zogenaamde 'sleutel-slot-', of vorm-theorieën. Er is een ander idee dat een aantal jaren populair is geweest, maar tegenwoordig lijkt te hebben afgedaan. Dit is de theorie die veronderstelt dat de trillingen van de chemische bindingen tussen atomen in geurmoleculen verantwoordelijk zijn voor de activatie van bepaalde geurreceptoren. Het derde, recentste, idee is gebaseerd op patronen van activatie van verschillende receptoren, waar specifieke patronen leiden tot specifieke geurwaarnemingen.

Een van de vormtheorieën is onder andere geopperd door de Britse onderzoeker John Amoore (1930-1998) die het idee



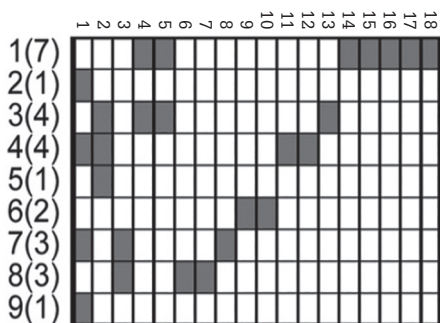
gebruikte om zeven basisgeuren te veronderstellen. Deze geuren zijn benoemd als kamfer, musk, bloem, pepermint, ether, prik-kend en rot. De theorie is inmiddels achterhaald, maar het den-ken in verschillende klassen van geuren volgens deze indeling vind je nog hier-en-daar terug.

Een andere, oudere, theorie die geuren in klassen poogde in te delen was van de Duitse psycholoog Hans Henning (1885–1946). Hij verdeelde geuren in zes klassen (rot, ether, geurend, kruidig, verbrand, harsig), en rangschikte ze in een prisma (zie Figuur 13). Ook voor dit schema bestaan niet veel wetenschappe-lijke aanwijzingen. Het idee is tegenwoordig losgelaten en duikt soms alleen nog op als een min-of-meer willekeurige manier om geuren in te delen. Waarom Henning de geuren nu juist in de vorm van een prisma rangschikte is mij niet duidelijk. Sommige weergaven van het prisma hebben rot, geurig en fruitig als hoek-punten van de bovenste driehoek, maar ze zijn ook te vinden met rot, fruitig en bloem. Het laat ook zien hoe moeilijk het is om geuren te benoemen, en dat het misschien inderdaad wel onmogelijk is ze op een zinvolle manier in te delen.



**Figuur 13** Het geurenprisma volgens Henning.

De laatste klasse van theorieën maakt gebruik van de kennis dat er zeer veel verschillende geurreceptoren zijn. Een geur is het resultaat van een prikkeling van een deelverzameling van alle receptoren. Welke receptoren er wel, en niet, geprikkeld worden bepaalt uiteindelijk welke geur we waarnemen. De relatie tussen de structuur van het patroon van prikkeling en de geur die we waarnemen is onbekend en vormt al enige tijd een grote uitdaging voor de geurwetenschap. Als voorbeeld geven we in Figuur 14 het patroon van een aantal vanille-achtige stoffen. Daar is voor negen verschillende vanille-achtige geurstoffen te zien welke van een set van 18 geurzenuwen (van de muis) door die stof geprikkeld worden. Het is nog niet duidelijk hoe dergelijke patronen samenhangen met de geur die je (of de muis) uiteindelijk waarneemt. Een muis zal je natuurlijk nooit kunnen vertellen of hij/zij vanille waarneemt, maar het principe zou ook goed bij de menselijke reuk kunnen werken. Het meten aan individuele geurzenuwen is om ethische redenen natuurlijk bij mensen veel moeilijker.



**Figuur 14** Negen vanille-achtige geurstoffen, genummerd 1 t/m 9 in de rijen van de figuur, met erachter tussen haakjes het aantal olfactorische sensorische zenuwen (in de muis) die door de stof geprikkeld worden. Daarachter weergegeven welke van 18 zenuwcellen (de kolommen van de figuur) specifiek wel (donker ingekleurd) of niet (niet ingekleurd) geprikkeld worden door die stof (overgenomen uit Nara et al. 2011).

In dit hoofdstuk past misschien een verwijzing naar de Amerikaanse uitvinder Alexander Graham Bell (1847-1922), bekend geworden door de uitvinding van de telefoon, die gezegd heeft:

*Did you ever measure a smell? Can you tell whether one smell is just twice strong as another? Can you measure the difference between one kind of smell and another? It is very obvious that we have very many different kinds of smells, all the way from the odour of violets and roses up to asafetida (ofwel 'stinkende gom' – GD). But until you can measure their likeness and differences, you can have no science of odour. If you are ambitious to find a new science, measure a smell.*

Bell heeft een echte geurwetenschap niet meer meegemaakt. Al hebben we tegenwoordig goede methoden om de sterktebeleving van een geur te kwantificeren en de verschillen – in beleving – tussen verschillende geuren te beschrijven, het begrijpen van de relatie tussen het prikkelen van de geurreceptoren en geurgewaarwordingen lijkt nog steeds niet binnen handbereik. Het is nog steeds niet mogelijk om uit de samenstelling en vorm van een molecuul af te leiden hoe het zal ruiken.

### ***Een wat vreemde zoektocht naar basisgeuren?***

De zoektocht naar de relatie van het molecuul met de geurbeleving die het oproept is tot nu toe zeer moeilijk geweest en zonder succes gebleven. We lijken op zoek naar een theorie die de vorm en samenstelling van een molecuul kan koppelen aan de geur die we ruiken.

Een geur echter is zeer moeilijk in woorden te vatten, zoals we hebben gezien. Dus hoe beschrijven we het doel van deze zoektocht? Stel je voor dat iemand een nieuw molecuul heeft gemaakt en de volgende voorspelling doet: "Deze nieuwe stof zal ruiken naar ananas, met een soort rokerige dieselgeur erbij, en wat karton in de verte.". Is dit een beschrijving die te toetsen is? Wat nu als een aantal mensen die de stof ruiken de geur

omschrijven als “Verbrand papier met een fruitgeur.”, is de onderzoeker dan geslaagd in het voorspellen van de geur?

Geuren kunnen goed gezien worden als gehelen (objecten), en minder als een samenstelling van individueel waar te nemen componenten. Het zijn eerder schilderijen dan losse penseelstreken met verf op een doek, eerder een melodie met ritme dan een verzameling van individuele losse noten.

Kan je, op grond van de positie van verfpigmenten op een doek, of de trillingen in de lucht, voorspellen hoe het schilderij eruit ziet (zonder er naar te kijken), of hoe de compositie klinkt (zonder er naar te luisteren)? Hoe kan je weten of je met het voorspellen geslaagd bent? Door het schilderij of de compositie te beschrijven in woorden? Ik wens je veel sterkte, het zal niet meevallen.

De vraag die je je eigenlijk moet stellen is: “Kan je de beleving oproepen van een schilderij, van een muzikale compositie of van een geur, door middel van het toedienen van kleuren op het netvlies, luchtrillingen aan het trommelvlies, of geurstoffen in de neus?” Het antwoord is ja, maar alleen door te kijken naar, te luisteren naar, of te ruiken aan, respectievelijk het schilderij, de muziek of de geurstof. Dit zal niet gemakkelijk op een andere manier lukken. Een beschrijving in woorden zal altijd flink tekortschieten.

Het zoeken naar de relatie tussen de molecuuleigenschappen en de geur van het molecuul is dus een wat vreemde en in ieder geval een zeer moeilijke, zoektocht.

### ***leder een eigen geurwereld***

Met behulp van de ongeveer 350 verschillende typen geurreceptoren kunnen we dus een zeer grote hoeveelheid verschillende stoffen uit elkaar houden en elke stof kan in principe een eigen geurgewaarwording tot gevolg hebben. Theoretisch kan elke combinatie van geactiveerde receptoren een andere geurgewaarwording opleveren, zoals bijvoorbeeld bij het kleurenzien met het netvlies ook het geval is. Bij 350 receptoren in de

neus leidt dit in theorie tot  $(2^{350}-1)$  geuren (uit  $n$  objecten kunnen namelijk  $(2^n-1)$  subgroepen met 1, 2, 3, t/m  $n$  elementen worden gekozen). Dit is ongeveer  $2.29349861599007 \cdot 10^{105}$ . Die 'min één' maakt niet veel meer uit op dit belachelijk grote getal. Hierbij gaan we nog niet eens uit van gradaties van receptorprikkeling, alleen maar van een aan/uit effect van een geurstof op een geurreceptor. Dat deze redenering niet klopt, of dat deze op z'n minst een conservatieve schatting van het aantal geuren geeft, zien we direct wanneer we het vergelijken met de situatie bij het kleurenzien. Wij kennen drie verschillende receptoren voor licht, en volgens bovenstaande redenering zouden we dus  $2^3-1 = 7$  verschillende kleuren uit elkaar moeten kunnen houden. Als we de zwart/wit receptor erbij tellen hebben we vier verschillende receptortypen in het netvlies. Dit zou  $2^4-1 = 15$  verschillende kleuren opleveren. We weten dat we er veel meer kunnen onderscheiden. Dus ofwel de analogie tussen het zien en het ruiken gaat niet op, of we kunnen veel meer geuren waarnemen dan we hierboven theoretisch hebben uitgerekend. Veel maakt het niet uit, het theoretische aantal geuren is zo groot dat we dit toch nooit kunnen testen, laat staan dat er ooit iemand alle geuren zal ruiken.

Recent onderzoek heeft aannemelijk gemaakt dat niet iedereen dezelfde verzameling van geurreceptoren in z'n reukepitheel heeft. Er bestaan grote verschillen tussen mensen in de samenstelling van de verzameling geurreceptoren in hun neus. Het idee is te vergelijken met kleurenblindheid, al is dat een eenvoudiger geval omdat we maar drie verschillende kegeltjes, kleurgevoelige receptoren, in ons netvlies hebben (rood-, groen-, en blauwgevoelig). Met deze drie verschillende soorten lichtgevoeligheden kunnen we een aantal typen kleurenblindheid onderscheiden, namelijk rood-, groen-, en blauwongevoeligheid, afhankelijk van welke van de drie kegeltjes het niet goed doet. Ook kan je ongevoelig zijn voor twee van de drie kleuren, of voor alle drie, maar dit komt niet vaak voor.

Bij de geur hebben we 350 verschillende soorten receptoren die gevoelig zijn voor vluchtige chemische stoffen die in de neus in aanraking met deze receptoren komen. Reken maar uit hoeveel soorten geurenblindheid er theoretisch mogelijk zijn. In ieder geval al 350, wanneer één type receptor het niet doet of er gewoon niet is. En natuurlijk veel meer (hetzelfde belachelijk grote aantal als het aantal geuren dat we in theorie uit elkaar zouden kunnen houden) wanneer we combinaties van ontbrekende receptoren meerekenen. Natuurlijk zullen sommige geurstoffen meer dan één receptor prikkelen waardoor het totaal aantal wellicht zal dalen. Echter dit zijn allemaal nogal theoretische beschouwingen die in ieder geval illustreren dat er ondenkbaar veel verschillende geuren kunnen worden waargenomen. Meer dan u en ik ooit geroken zullen hebben of zullen ruiken.

### ***Geuren als aardappelvormen***

Eerdergenoemde berekening opent de mogelijkheid dat er altijd onbekende en nieuwe geuren kunnen opduiken die we nog nooit eerder zijn tegengekomen en toch kunnen ruiken. Dit is op zich al een interessant gegeven. Wij hebben een sensorisch systeem in onze neus dat reeds voorbereid lijkt op het waarnemen van geuren die we vermoedelijk nooit zullen waarnemen. Wat zou daar het evolutionaire nut van kunnen zijn? Iets dergelijks is ook bekend van ons immuunsysteem, waar speciale cellen indringers – bv. bacteriën of vreemde moleculen – kunnen herkennen en proberen uit te schakelen. Ons immuunsysteem blijkt ook toegerust om moleculen te herkennen waarvan we weten dat ze niet bestaan (of die althans nog nooit in de natuur zijn aangetroffen). We zijn dus voorbereid om zulke indringers te bestrijden terwijl we ze vrijwel zeker nooit zullen tegenkomen. Zo kunnen we in principe ook geuren ruiken die we vrijwel zeker nooit zullen ruiken. Jammer eigenlijk, we missen een groot deel van de mogelijke geurwereld waar we theoretisch in zouden kunnen leven.

Vergelijk dit met kleuren waar een andere situatie geldt. Een geheel nieuwe kleur zullen we nooit tegenkomen, we hebben

alle soorten kleuren ooit wel eens eerder gezien. We kunnen ze vaak goed benoemen, 'bruinachtig-oranje', 'groengrijs met een zweem van roze', hoe vreemd ook, we kunnen er ons iets bij voorstellen. Bij geuren werkt dit niet. Het zal dan ook een interessante gewaarwording zijn om een geheel nieuwe geur te ruiken. Woorden zullen tekort schieten, want we hebben geen herinnering aan zo'n nieuwe geur. We proberen meestal wel om hem te plaatsen in een categorie of hem te beschrijven aan de hand van eerder geroken geuren. Deze neiging hebben we met alles. Je kunt zo'n nieuwe geur enigszins vergelijken met een eenvoudige willekeurige vorm, ook wel 'aardappelvorm' genoemd. In Figuur 15 heb ik zes willekeurige vormen getekend. Ik denk dat u deze nog nooit eerder gezien hebt. U kunt dit vergelijken met het ruiken van een nieuwe geur. Alleen zult u bij het zien van deze vormen misschien niet zo enthousiast zijn als wanneer u een totaal nieuwe geur ruikt. Het illustreert wel een eigenschap van geuren. Het zijn gehelen, u kunt ze moeilijk in onderdelen uit elkaar rafelen. Natuurlijk kunt u van de vorm midden onder zeggen dat hij 'hoekig' is, of 'puntig', maar daarmee heeft u hem nog niet beschreven. Iemand anders zal niet deze zelfde vorm voor ogen hebben als u haar vertelt over een 'hoekige' nieuwe vorm die u gezien heeft. Dat de vorm links boven lijkt op een naar rechts wijzende pijl, maar met ronde vormen, klopt natuurlijk goed. Echter, deze beschrijving kan ook slaan op duizenden andere vormen.



**Figuur 15** Zes niet eerder door u waargenomen vormen.

Een nieuwe geur is een geheel, dat vrijwel niet te beschrijven is. De enige manier waarop iemand anders dezelfde waarneming kan hebben, is het ruiken van deze nieuwe geur. Als u een nieuwe vorm wilt laten zien dan zult u hem fotograferen, en sturen naar degene die u wilt laten kennismaken met deze vorm. Dit is verreweg de beste manier om de vorm aan iemand anders duidelijk te maken. Helaas is dit met geuren niet mogelijk. Waarom dit met geuren niet gaat is een vraag die ik u stel. Dan hebt u iets om over na te denken wanneer u dit boek uit heeft. Met wat u gelezen heeft zou u deze vraag moeten kunnen beantwoorden.

## Geur en taal

Omdat iedereen een andere verzameling geurreceptoren bezit, leeft iedereen dus in een iets andere geurwereld. Het blijkt ook erg moeilijk om met anderen te praten over geuren. Hierboven hebben we de parallel getrokken met de aardappelvorm en hoe moeilijk deze in woorden te beschrijven is. Let maar eens op hoe vaak gesprekken over geur weinig concreet worden. Elke gesprekspartner gebruikt z'n eigen termen en iedereen lijkt wel iets anders te ruiken. Daar komt nog een probleem bij. Veel mensen zijn bekend met het verschijnsel dat iemand iets onder je neus houdt en vraagt: "Wat ruik je?" Heel vaak zal het antwoord zijn: "Ik ken die geur wel ergens van, maar ik kan niet op de naam komen", vaak gepaard gaande met wat geluiden die frustratie uitdrukken. "Hoe moeilijk kan het zijn", denk je, "je herinneren waar je deze geur van kent?" Heel moeilijk dus. We hebben zogenaamde 'meta-kennis'; we weten dat we het weten, maar we weten niet precies wat we weten. We kunnen het niet benoemen. "Het ligt op het puntje van m'n tong." zeggen we dan. Wanneer het over het benoemen van geuren gaat wordt dit ook wel het 'Tip of the nose'-verschijnsel genoemd. In onze hersenen is de verbinding tussen de geurperceptie en de taal nu eenmaal niet erg goed ontwikkeld. Uitgebreide ervaring kan wel helpen.



Je kunt het benoemen en herkennen van geuren trainen. Ervaren koks of parfumeurs hebben een uitgebreid vocabulaire ontwikkeld om over smaken en geuren te praten. Ook experts in een bepaald vakgebied, bijvoorbeeld bierbrouwers, broodbakkers of koffie-experts, hebben goed geleerd de geuren en smaken in hun product te herkennen en te benoemen. Dit maakt het voor hen gemakkelijk om onderling over de geuren te kunnen praten. Dit wil niet zeggen dat een parfumeur en een broodbakker samen gemakkelijk over geuren kunnen praten. Buiten hun vakgebied zal het nog steeds vrijwel onmogelijk zijn over geuren te praten.

### ***Het Proust-effect***

De Franse schrijver Marcel Proust (1871-1922) beschrijft in zijn roman *De kant van Swann* (een onderdeel van zijn werk *Op zoek naar de verloren tijd*) hoe zijn hoofdfiguur, die ook Marcel heet, een Madeleine, een schelpvormig Frans cakeje, eet dat in bloesemthee is gedoopt. De gewaarwording van de smaak en geur roept bij Marcel een gevoel op dat hem overmant. In een aantal bladzijden beschrijft Proust het zoeken naar de oorsprong van dit gevoel. Uiteindelijk brengt het de romanfiguur terug bij herinneringen aan de tijd die hij bij zijn oudtante in het Normandische dorp Combray heeft doorgebracht.

De geur van de in de bloesemthee gedoopte cakeje leidt blijkbaar onmiddellijk tot het voelen van een emotie. Later, maar pas na enig nadenken, komt de hoofdpersoon tot de conclusie dat dat een gevolg is van de tijd die hij vroeger als jongen bij zijn oudtante heeft doorgebracht.



**Figuur 16** Een Madeleine-cakeje.

Het verschijnsel dat een geur blijkbaar in staat is om zeer snel een emotie op te roepen –en later een daaraan gekoppelde herinnering- is het Proust-effect gaan heten. Zo'n effect is wellicht niet uniek voor geurprikkels. In zijn boek *Waarom het leven sneller gaat als je oud wordt* beschrijft de hoogleraar psychologie Douwe Draaisma ook andere prikkels die Proust-achtige herinneringen kunnen oproepen, bv. het gevoel van knoopjes op een bepaald kledingstuk. In *Gekleurd verleden* besteedt de psycholoog Cretien van Campen nog meer aandacht aan het Proust-effect en beschrijft hij meer van dergelijke ervaringen.

In het kader van onze zoektocht naar de vele zintuigen en hoe deze in samenspel met psychologische informatie een gewaarwording van geur en smaak in ons oproepen, kunnen we eens nader kijken naar het cakeje van Proust. Het gaat bij Proust natuurlijk niet alléén om de geur van de thee, noch om alleen de smaak van het cakeje gedoopt in de thee. Hier komen nog bij het gevoel van de textuur van het in thee gesopte cakeje, de temperatuur van de thee, het gevoel van het lepeltje – waar de thee en het gesopte cakeje op lagen – tegen de lippen van de hoofdpersoon, het gevoel van dit lepeltje in zijn hand, de omgeving van z'n ouderlijk huis, de aanwezigheid van z'n oudtante die voor hem de thee heeft bereid, wellicht het zonlicht op de tafel waar hij misschien aan zat, het weer, etc. etc. Het is een totaalsensorische, een holistische, indruk die zal leiden tot het gevoel dat Proust beschrijft. Later nogmaals proeven aan de thee of aan het cakeje leidden ook niet meer tot dit gevoel, dat beschrijft Proust ook. De omstandigheden zijn veranderd, de prikkels zijn misschien ook net iets anders en last-but-not-least, ook de hoofdpersoon is intussen veranderd. Hij heeft inmiddels deze ervaring gehad met de Madeleine en de thee, dit is toegevoegd aan zijn grote reservoir vol met ervaringen. Dit reservoir voegt psychologische effecten toe aan nieuwe ervaringen. Hierdoor zullen nieuwe ervaringen mogelijk een beetje anders gekleurd worden en oude ervaringen misschien wel nooit meer op dezelfde manier kunnen terugkeren.

## Geuren leren

Bij smaken hebben we gezien dat de voorkeur voor zoet en de afkeer van bitter duidelijk zijn aangeboren. Bij geur is dit veel minder duidelijk het geval. Er bestaat een duidelijke afkeer van geuren van verrotting, maar de meeste van onze voorkeuren voor geuren zijn aangeleerd. Deze flexibiliteit heeft ervoor gezorgd dat de mens zich kan aanpassen aan een veelheid van mogelijke voedingsmiddelen. De mens kan eten vinden in de oerwouden van Afrika, op hooggebergten in Zuid-Amerika en zelfs op de ijsvlakten van de Noordpool. Overal leven mensen en overal hebben ze kunnen overleven omdat ze het voedsel dat daar voorhanden was konden eten. Er zijn diersoorten die deze flexibiliteit niet hebben waardoor ze bij de minste geringste wijziging in de beschikbaarheid van voedsel met uitsterven bedreigd worden. De panda is hier een voorbeeld van. Dit dier eet bamboescheuten en kan zich moeilijk aanpassen aan ander voedsel. Panda's leven ook maar in een beperkt aantal gebieden: geen bamboe, geen panda's.

Doordat de mens z'n voorkeuren voor geuren dus aanleert is hij in staat om veel verschillende zaken te eten. Dit heeft ook tot gevolg dat er grote culturele verschillen bestaan tussen welke geuren eetbaar worden gevonden en welke niet. Rottevisproducten zijn een lekkernij in sommige culturen, maar in de westerse cultuur, waar ook de schrijver in is opgegroeid en maar moeilijk aan kan ontsnappen, wordt rotte vis echt smerig gevonden.

### *Paren van geuren*

Past elke geur overal bij? Zijn er optimale combinaties van smaken? Dit zijn belangrijke vragen voor iedereen die geuren en smaken gebruikt. Dit kunnen u en ik zijn, die lekker willen koken, maar dit zijn vooral vragen die professionele chefs zichzelf zullen stellen. Ook in de voedingsmiddelenindustrie wordt deze vraag gesteld, en aan universiteiten waar er onderzoek wordt gedaan naar voeding, smaak en geur.

Je kunt niet zomaar geuren bij elkaar stoppen. Dit kan bijzondere combinaties opleveren, maar of het bijzonder lekker of bijzonder vies wordt is moeilijk van te voren te weten. Er zijn twee ideeën ontwikkeld om te begrijpen welke geuren goed samengaan, en welke niet. Dat goed samengaan houdt dan in dat de combinatie lekker is, of bijzonder, of interessant. In ieder geval moet de combinatie op een of andere manier aangenaam zijn. Liefst aangenamer dan elke geur op zich. Het zou ook leuk zijn wanneer er onverwachte combinaties gemaakt kunnen worden die verrassend lekker uitvallen. De combinatie van chocola met (Spaanse) peper is wellicht niet zo verrassend meer. Vele mensen hebben de film *Chocolat* gezien, waar deze combinatie een belangrijke rol speelt. Het is wel een voorbeeld van een interessante, aangename, misschien toch niet direct voor de hand liggende combinatie. Een andere is bijvoorbeeld die van aardbeien met peper.

Eén idee over het paren van geuren (en smaken) is gebaseerd op het begrip congruentie. Dit slaat op een overeenkomst tussen geuren, maar het wordt ook wel gebruikt bij het samengaan van een geur met een andere prikkel. Twee geuren zijn dus congruent als ze goed bij elkaar passen. En 'bij elkaar passen' betekent dan dat hun mengsel aangenaam is. Het al dan niet bij elkaar passen van geuren is natuurlijk iets dat aangeleerd is. De eetcultuur waarin iemand wordt grootgebracht zal een belangrijk aandeel hebben in de oordelen van welke smaken met welke samengaan. Zo past vanille voor de meeste West-Europeanen alleen bij zoete smaken. Wij kennen vanille-ijs en hier wordt vanille heel veel toegepast in veel zoete gebakken producten, zoals koekjes en gebak en in desserts.

Ik moet in dit verband de vanillevla even noemen. Vla is een erg Nederlands product. Ik ben ooit betrokken geweest bij een project waar vla gebruikt werd om onderzoek aan de geur- en smaakwaarneming te doen. In het buitenland moesten de onderzoekers elke keer opnieuw uitleggen wat voor een vreemd goedje

dat nu was waar ze mee werken. Voor ons zo gewoon, over onze landsgrenzen een vreemde gele substantie.

Wij zullen een hartig gerecht waar een vanillegeur afkomt vreemd vinden en daardoor misschien ook niet lekker. Maar er zijn culturen waar het toevoegen van vanille aan pittige en hartige gerechten de gewoonste zaak van de wereld is.

Congruentie van smaken en geuren berust dus op een, vaak onbewust, geleerde samenhang tussen bepaalde smaken en geuren. Het is dus een zeer cultureel bepaald begrip en het kan dus nooit voor alle culturen voorspellen wat wel en wat niet goed samengaat.

Het andere idee staat bekend onder 'flavour pairing', en gaat uit van de chemische samenstelling van geurstoffen. Alle geurmengsels kunnen geanalyseerd worden zodat we weten welke chemische stoffen er allemaal inzitten. De meeste geurstoffen bestaan uit honderden stoffen die allemaal tezamen een specifieke geur opleveren. Wanneer twee geurstoffen nu een groot aantal chemische componenten gemeen hebben zouden hun geuren goed samengaan, is het idee van de 'flavour pairing'. Er is hieraan wel een aspect dat niet helemaal lijkt te kloppen. Veel van de chemische stoffen in een bepaalde geurstof, zijn wel aanwezig, maar in zulke lage concentraties dat we ze niet kunnen waarnemen. Een overeenkomst in zulke stoffen kan dus maar moeilijk de basis vormen voor een succesvol paar. Wanneer we rekening houden met deze concentraties kunnen we door ingewikkelde berekeningen schattingen maken van welke geurstoffen mogelijk interessante nieuwe combinaties van geuren zullen maken.

Het profiel van chemische stoffen in een geurstof of een bepaald product vormt maar een deel van hoe het uiteindelijk zal ruiken. Natuurlijk vormen de chemische stoffen een onmisbaar onderdeel van de geur, maar de uiteindelijke beleving is daar niet voor de volle honderd procent afhankelijk van.

Als we het hebben over het *lekker* vinden van sommige geur/smaak combinaties is dat moeilijk af te leiden uit de chemische

samenstelling van de stoffen. Lekker is iets dat voor het grootste deel afhankelijk is van persoonlijke omstandigheden en van de omgeving tijdens het proeven. Ook dat laat zich niet zomaar vangen in de analyse van de hoeveelheid overeenkomende chemische componenten in de producten.

## De alarmfunctie van geur

Het valt direct op wanneer er iets mis is met wat u eet of drinkt. Een beetje ranzigheid, een lichtzure smaak, een afwijking van hoe u – vaak onbewust – verwachtte hoe het zou smaken, ze leiden allemaal tot een alarmreactie. U gaat even na of er iets mis kan zijn. Is de melk over de houdbaarheidsdatum? Ben ik ergens mee uitgeschoten bij het koken?

In een recent artikel stellen de geuronderzoekers Ep Köster, Per Møller en Jos Mojot een zogenaamde ‘misfit’- of ‘buitenbeentjes’-theorie van de geurwaarneming voor. Zij beweren dat het menselijke olfactorische systeem er primair op gericht is om er voor te zorgen dat wat we als voedsel tot ons nemen, veilig is. De minste of geringste afwijking wordt onmiddellijk gedetecteerd en levert een snelle afwijzingsreactie op.

Deze onderzoekers wijzen ook op een heel belangrijke eigenschap van geuren, namelijk het onbewuste karakter van het grootste deel van de geurwaarneming:

*“Geuren bewaken onze levens, veelal zonder dat we het in de gaten hebben. Ze voorzien ons van een gevoel van veiligheid en stellen ons op ons gemak in onze omgeving zonder dat ze de aandacht opeisen. Ze zijn er niet om benoemd of om geïdentificeerd te worden, maar om ons onopgemerkt met de wereld en onze persoonlijke geschiedenis te verbinden. Zodra we ze identificeren, verliezen ze deze eigenschap.” (vertaling GD).*

Verder rapporteren deze auteurs een aantal belangrijke conclusies over het doen van goed onderzoek naar de beleving van geuren en het nut dat geuren kunnen hebben in een veelheid van toepassingen. Het voert te ver om deze hier te behandelen. Ik volsta hier met op te merken dat het doen van onderzoek aan smaak en geur in eten, of naar het gebruik van geur in andere omstandigheden, geuronderzoekers altijd weer voor zeer moeilijke uitdagingen stelt. Er zijn niet veel geurspecialisten en ze zouden het veel drukker moeten hebben als je je realiseert hoe ongemerkt belangrijk geur eigenlijk is in het dagelijks leven.

## **Geurbusiness**

Er is bestaat een grote industrietak rond parfums en geur- en smaakstoffen. In zeer veel voedings- en genotmiddelen worden geur- en smaakstoffen gebruikt. Het ontdekken en produceren van geur- smaakstoffen is een miljoenenbusiness geworden. Als je als producent van geur- en smaakstoffen een bepaald voedingsmiddelen- of cosmetica-bedrijf ervan kunt overtuigen dat ze jouw mengsel in een van hun succesvolle producten gebruiken dan heb je gegarandeerd een goede boterham zolang dat product op de markt is. Sommige voedingsmiddelen of wasmiddelen zijn vele tientallen jaren op de markt en al die tijd kan je je geur- of smaakstof produceren en zal het worden gebruikt.

Natuurlijk zal er af en toe iets kunnen veranderen, bijvoorbeeld doordat zich een beter, of goedkoper, ingrediënt aandient, waardoor de specifieke geur of smaak moet worden aangepast om niet te veel afwijking in het uiteindelijke product te produceren. Hiervoor is dan onderzoek naar zulke afwijkingen nodig. Dat onderzoek moet met grote zorgvuldigheid gebeuren. Er zijn producten die al heel lang een vast onderdeel van het leven van veel consumenten zijn gaan uitmaken. Zo'n groep consumenten vormt een zeer gevoelig meetinstrument waar het gaat om kleine afwijkingen in de geur of smaak. Mij is een geval bekend

van een grote industrie die één van de ingrediënten van een bepaalde drank wilde aanpassen. Met het nieuwe ingrediënt werden zogenaamde verschiltests uitgevoerd, waarbij getrainde proevers proberen het verschil tussen de oude en de nieuwe variant van de drank te ontdekken. In principe kan je met dit type tests heel kleine waarneembare verschillen opsporen, mits je precies de juiste test met voldoende proevers uitvoert. Doe je dit niet, dan laat de test zien dat er geen verschil is waar te nemen, terwijl je dit eigenlijk nog niet kunt besluiten. Het kan dan zijn dat er onder andere omstandigheden misschien toch wel een verschil valt te proeven. De statistische 'power' van de test is dan niet groot genoeg. In dit geval besloot het bedrijf dat ze de drank met het aangepaste ingrediënt zonder gevaar op de markt kon brengen. Maar wat gebeurde er? Het begon klachten te regenen van al die trouwe consumenten die toch iets merkten aan het product dat ze al jarenlang iedere ochtend dronken: "Wat hebben jullie met m'n drank gedaan?" Wanneer veel consumenten jarenlang zo'n drank drinken, zeker wanneer dit altijd onder dezelfde omstandigheden gebeurt, bijvoorbeeld bij het ontbijt, dan zijn deze consumenten zo gevoelig geworden voor kleine afwijkingen, dat ze tezamen een zeer gevoelig meet-instrument vormen. De statistische kracht die dit oplevert is in een lab niet zomaar te evenaren.

Het ontwerpen van betrouwbare geur- en smaaktests, met voldoende 'power', is een vak apart. Een bijkomend probleem is dat de situatie in een laboratorium erg afwijkt van die waarin de consument gewoonlijk het product gebruikt. Elk product, voor zijn specifieke toepassing, vereist eigenlijk een op maat gemaakte test. Dat kan flink in de papieren gaan lopen, vandaar dat er vaak op zulk onderzoek bezuinigd wordt. Een van de gevolgen van deze bezuinigingen op onderzoek is dat meer dan de helft van de innovaties in voedingsproducten weer van de markt wordt gehaald voordat ze hun geld hebben opgebracht. Dat kost vermoedelijk veel meer geld dan het ontwerpen van



een krachtig speciaal onderzoek, met voldoende voorspellende waarde, had gekost.

### ***Voedings- en genotmiddelen***

Stel je voor dat je een snoepje wilt maken dat naar mandarijn smaakt. Dan kan je natuurlijk mandarijntjes pellen, uitpersen, het water eruit halen en op zoek gaan naar de specifieke mandarijnensmaak. Ten eerste is deze smaak een combinatie van een zoete smaak, op de tong, en een specifieke geur, in de neus. Het is dus wat in de Engelse taal een 'flavour' heet. Die zoete smaak is gemakkelijk te maken, dat kan door suiker in water op te lossen. Het isoleren van de mandarijnengeur is ingewikkelder. In de meeste natuurlijke producten komen vele honderden verschillende chemische stoffen voor. Vind daar maar eens de specifieke stof tussen die naar mandarijnen smaakt. Ten tweede is het onwaarschijnlijk dat er één stof verantwoordelijk is voor de mandarijnengeur. Het vinden van de moleculen die tezamen de typische mandarijnengeur opleveren is een ingewikkelde onderneming.

Enigszins vereenvoudigd uitgelegd komt het er op neer dat mandarijnensap chemisch wordt ontleed, zodat de afzonderlijke moleculen in het mengsel geïdentificeerd kunnen worden. Dit gebeurt met behulp van een zogenaamde gaschromatograaf, die gemakkelijk een paar vierkante meter laboratoriumruimte in beslag kan nemen. Dit apparaat maakt het mogelijk om de verschillende moleculen één voor één uit het mengsel te halen. Deze moleculen kunnen vervolgens ook worden geroken om erachter te komen uit welke samenstellende componenten de mandarijnengeur bestaat. Tezamen met de chemische identificatie die een ander apparaat, een massaspectograaf, kan uitvoeren kan de mandarijnengeur in kaart worden gebracht. Vervolgens is de taak om die onderdelen uit het complexe mengsel te kiezen die tezamen kunnen worden gebruikt om de mandarijnengeur na te maken. Dit kan op een aantal manieren gebeuren. Hoe meer verschillende onderdelen in een mengsel, hoe meer het de echte

mandarijnengeur zal benaderen, maar hoe duurder het ook zal zijn om de geurstof te maken. Verschillende toepassingen van de mandarijnengeur zullen vragen om verschillende versies van een synthetische mandarijnengeur. Als we eenmaal weten welke moleculen we nodig hebben kunnen we deze gebruiken en hoeven ze natuurlijk niet meer uit mandarijnen te komen. Ze zitten misschien ook wel in appels, bananen of hele andere producten waaruit ze gewonnen kunnen worden. Ook worden veel van deze geurmoleculen gemaakt uit andere moleculen. Zolang het resultaat maar het gewenste molecuul is, bestaat er in principe geen verschil tussen een molecuul dat uit een mandarijn afkomstig is of een dat uit andere moleculen in een laboratorium is gesynthetiseerd. Alle eigenschappen zijn hetzelfde, dus ook de geur.

‘Waarom gebruiken we niet gewoon het extract van echte mandarijnen?’, zult u zich misschien afvragen. Dat is een goede vraag, dat kan natuurlijk altijd, maar sommige mandarijnenjams, of mandarijnsnoepjes zullen dan wellicht onbetaalbaar worden. Ook is het de vraag nog maar of er voldoende mandarijnen zijn om alle producten die onderdelen van mandarijnen gebruiken te blijven maken.

De bedrijven die geur- en smaakstoffen maken hebben zeer uitgebreide kennis van de chemie van deze stoffen en zeer geavanceerde apparatuur om de geur-/smaakonderdelen van producten te identificeren en na te maken. Hun kennis over het reuk- en de smaakzintuig is vaak zeer gedetailleerd en er zijn belangrijke wetenschappelijke experts die in hun laboratoria werken. Kennis over de psychologie van degenen die de geuren zal gaan ruiken, of de smaken zal gaan proeven, is soms iets minder ontwikkeld. Sommige van de psychologen die ik ken, die zich hebben gespecialiseerd in de waarneming van geur en smaak en het gedrag dat mensen rond geur en smaak vertonen, moeten soms wel eens stiekem een beetje lachen om het soort ‘psychologisch’ onderzoek en marktonderzoek dat deze bedrijven doen om hun geur- en smaakstoffen aan de man proberen te brengen.

### ***Parfums en persoonlijke verzorging***

In de cosmetica, en zeker in de wereld van parfum, is het belang van kennis van de geurwaarneming misschien nog wel groter dan in de voedings- en genotmiddelenindustrie. Deze producten worden niet gegeten en in het geval van parfums vrijwel uitsluitend voor hun geur aangeschaft. Het maken van een parfum is werk voor specialisten in geur: parfumeurs. Jaren van training met geuren heeft hier speciale mensen van gemaakt. Zij zijn in staat om geuren analytisch waar te nemen, dat wil zeggen dat ze vaak kunnen ruiken welke ingrediënten een bepaald parfum bevat. Een parfum is niets meer dan een mengsel van heel veel geurstoffen. Maar doordat onze geurwaarneming zo ingewikkeld is, met wel meer dan 350 verschillende soorten geurreceptoren, is het vrijwel niet mogelijk om te voorspellen welke geur een mengsel van verschillende geurstoffen zal opleveren. Daar is dus lange training en veel ervaring met een veelheid van parfums voor nodig. Parfumeurs hebben deze ervaring en hebben hierdoor geleerd welke stoffen ze bij elkaar moeten stoppen om aangename geurervaringen te creëren.

Al worden parfums alleen ontworpen voor hun geur, er kleeft natuurlijk meer aan. Ze worden verkocht in bijzonder vormgegeven flacons en luxe uitziende dozen. De hele belevenis van het parfum is meer dan de geur. Ook de prijs is een onderdeel van het geheel. Een duur parfum zal lekkerder ruiken dan een goedkoop, al zit precies hetzelfde mengsel van geurstoffen in het flesje. Er wordt een wereld van reclame opgetrokken rond iets vluchtigs als een geur.

Tot slot een opmerking over het gebruik van parfums. Soms ruik je dat iemand een parfum heeft gebruikt en vind je dat lekker, of misschien minder lekker ruiken. Soms zal je het parfum misschien herkennen. Echter, het meest effectief zijn vaak de onbewuste effecten van geuren, zoals we al eerder gezien hebben. Als je iemand tegenkomt en je denkt: "Wat heeft deze persoon een heerlijk parfum op", dan heeft het parfum niet z'n optimale effect. Het is natuurlijk de bedoeling dat je denkt: "Wat is dit een

aardig en interessant persoon!" Je hoeft het parfum dus helemaal niet bewust waar te nemen, maar alleen maar passief het verborgen effect te ondergaan.

Cosmetica en persoonlijke verzorgingsproducten worden op de huid of in het haar gesmeerd. Daar gaat het naast de geur ook om het gevoel dat het product geeft en natuurlijk, bij zeep en shampoo, of het wel goed reinigt. Soms stelt dit de ontwikkelaars van zeep voor grote problemen. Er bestaan zeer goede, effectieve en goedkope reinigingsmiddelen. In de derde wereld, waar hygiëne van erg groot belang is om besmettingen met ziekteverwekkers te voorkomen, zijn er gebieden waar met goedkope zepen veel gezondheidswinst is te behalen. Zeep mag daar natuurlijk niet het dure luxe product zijn dat het in de westerse wereld vaak is. Echter de genoemde effectieve en goedkope reinigingsmiddelen ruiken soms onaangenaam, bijvoorbeeld naar teer. Het is een hele opgave om met deze stoffen een goedkope zeep te produceren die lekker genoeg ruikt om niet te worden afgewezen.

Producten voor op de huid en in het haar moeten niet alleen lekker ruiken maar ook goed aanvoelen. Zowel bij het insmeren als na enige tijd moet er bij aanraking geen enkel onaangenaam gevoel, bijvoorbeeld stroefheid, gevoeld worden. Zo'n gevoel kan het prettige idee van het haarwassen of van het aanbrengen van een crème op de huid en van de lekkere geur van deze producten te niet doen. Er moet dus gezorgd worden dat het product bij het opbrengen lekker voelt én lekker ruikt, maar ook dat de residuen na het wassen en na het smeren lekker blijven voelen en ook lekker blijven ruiken. Dit is geen sinecure voor de productontwikkelaars. Bij deze producten spelen verpakking en prijs eveneens een belangrijke rol. Ook de kleur van het product speelt een rol, deze kan een interactie met de geur of het gevoel hebben.

### ***Uitgesteld genoeg***

Er is nog een grote groep producten waar de geur erg belangrijk is: de wasmiddelen. De eerste functie van wasmiddelen is

natuurlijk het schoonmaken van kleding. Het klinkt zo eenvoudig. Een wasmiddel moet lekker ruiken, maar als geuronderzoeker in de wasmiddelenbranche zie je je voor een aantal interessante problemen gesteld:

1. het wasmiddel moet lekker ruiken in de fles en bij het gebruik (dus in hoge concentratie),
2. het wasmiddel moet opgelost in water lekker ruiken,
3. het wasgoed moet lekker ruiken wanneer het nat uit de teil of uit de wasmachine komt,
4. het wasgoed moet lekker ruiken wanneer het te drogen hangt,
5. het wasgoed moet lekker ruiken wanneer het in de kast ligt, gestreken wordt en liefst ook nog wanneer het weer gebruikt en gedragen wordt.

Dit zijn vijf verschillende momenten waarop de geurstoffen in het wasmiddel hun werk moeten doen. Zonder nu in de technische details te gaan uitleggen hoe dit werkt wil ik hier toch even bij stilstaan omdat het een aantal interessante eigenschappen van geurstoffen en geuren illustreert.

De meeste wasmiddelen zijn geconcentreerde vloeistoffen, of poeders. In de verpakking zal de geurstof dus ook geconcentreerd zijn. Omdat de geur van een geconcentreerde stof anders kan zijn dan dezelfde stof in een verdunde oplossing is het niet vanzelfsprekend dat een lekkere geur van het concentraat ook lekker ruikt in het waswater of op het wasgoed.

Er bestaat een interessante technologie die in veel contexten van het gebruik van geur- en smaakstoffen wordt toegepast, deze heet encapsulatie. De geurmoleculen worden geëncapsuleerd (als het ware 'ingekapseld') in een soort moleculair hoesje van een andere stof. Dit hoesje kan de geurmoleculen naar buiten laten komen onder specifieke omstandigheden. In de farmacologie gebeurt dit ook met medicijnen. Hier worden ingekapselde geneesmiddelen bijvoorbeeld pas losgelaten zodra zij de zure omgeving van de maag hebben bereikt, of pas nadat

ze enkele uren aan 37 °C – de lichaamstemperatuur – zijn blootgesteld geweest. Ook met geurstoffen is het mogelijk om het moment van vrijkomen enigszins te reguleren. De samenstelling van het omhulsel kan zo worden gemaakt dat de geurmoleculen alleen vrijkomen in warm waswater, of pas na een paar uur, zodat ook de droge was lekker ruikt. Door bepaalde geurstoffen in verschillende soorten kapsels te encapsuleren krijgt men dus enige controle over de omstandigheden onder welke bepaalde geurstoffen vrijkomen. Als er aan een wasmiddel een geurstof in een omhulsel wordt toegevoegd dat de wasmachine overleeft, maar die pas na lange tijd gevoelig wordt voor mechanische vervorming bij lichaamstemperatuur, komt deze geurstof pas vrij bij het dragen van gewassen goed, of bij het slapen onder gewassen lakens.

Het spreekt voor zich dat het ontwerpen van de juiste omhulsels veel kennis van de fysische chemie van geurstoffen en van het gedrag van complexe moleculen onder verschillende omstandigheden vereist.

Eén van de geuren waar de geurstoffenindustrie naar op zoek is geweest, is de geur die schoon, buiten gedroogd wasgoed heeft. Dit wasgoed ruikt fris en schoon. Vind maar eens een geurstof met dezelfde geur. Nu weten we natuurlijk niet in hoeverre de kennis dat je eigen wasgoed buiten aan de lijn heeft gewapperd bijdraagt aan de waardering ‘fris en schoon’. Ook het feit dat je dit er zelf hebt opgehangen en weer afhaalt zal het mogelijk schoner en frisser doen ruiken. Dit soort psychologische, zogenaamde ‘top down’, informatie laat zich natuurlijk nooit in een geurmolecuul stoppen.

### **Schoonmaken**

De laatste groep producten waar geur een duidelijke rol speelt is de schoonmaakproducten. Om goed of hygiënisch schoon te maken is een geur natuurlijk niet van belang, het gaat om de stoffen die bacteriën kunnen doden en vet en ander vuil kunnen oplossen zodat je het kunt wegpoetsen. We zijn echter blij-

baar zo gewend aan het feit dat schoonmaakmiddelen ergens naar ruiken dat we een schone omgeving associëren met een bepaalde geur. Of, waarschijnlijk is het andersom: we denken dat het ergens schoon is wanneer er een bepaalde geur hangt. Het kan immers niet anders dan dat een toilet dat naar chloor ruikt zojuist is schoongemaakt. Producenten van schoonmaakmiddelen zullen dus graag een geurstof aan hun producten toevoegen die een schone associatie met zich meebrengt. Soms kunnen schoonmaakmiddelen ook onaangenaam ruiken, dan moet er een maskerende geur worden toegevoegd. Maar in sommige gevallen heeft een onaangename geur, denk aan chloor, een 'schone' associatie gekregen waardoor een chloorgeur dus geschikt is geworden om aan een schoonmaakmiddel toe te voegen om het van een 'schone' associatie te voorzien.

## **De vorm van het molecuul, ruimtelijk spiegelen**

Er is nog iets interessants aan de hand bij het ruiken. Er is lang gedacht dat de vorm van het molecuul van een vluchtige stof die we ruiken zou bepalen welke geurkwaliteit we waarnemen. De eerdergenoemde geurtheorieën maken ook nog gebruik van dat idee. De sleutel-slot theorieën doen dit in het bijzonder. In de farmacologie, waar de studie van geneesmiddelen centraal staat, is er veel kennis over hoe een bepaalde molecuulvorm een bepaalde receptor ergens in het lichaam kan activeren. Ook in de smaak, op de tong, en bij de reuk, op het reukepitheel, worden receptoren geactiveerd door hun wisselwerking met een molecuul. Wat er precies gebeurt, is een zeer ingewikkeld chemisch-fysiologisch samenspel tussen molecuul en receptorcel en soms heel erg precies afgestemd. Zo schreven we al dat een naar keukenzout smakende zoutvervanger nog steeds niet gevonden is, ondanks zeer veel onderzoek, omdat de zoutreceptor op de tong nu eenmaal extreem kieskeurig blijkt.

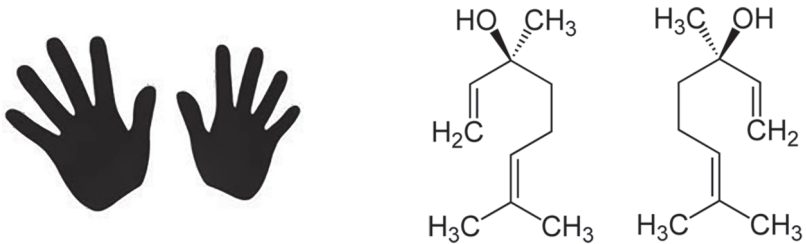
In de neus kennen we ongeveer 350 verschillende soorten receptoren, die mogelijk allemaal min of meer kieskeurig zijn. De relatie van het soort molecuul met de geurgewaarwording is, op z'n zachtst gezegd, onbekend. Er is wel een aantal algemeenheden bekend. Wanneer een geurstof bestaat uit moleculen waar een zwavelatoom aan zit ruikt deze vaak vies, maar de geur van bijvoorbeeld ui is hierop een uitzondering. Ook lijkt er enige overeenkomst tussen de molecuulstructuur van meerdere bloemig ruikende stoffen te bestaan, maar veel verder dan dergelijke nogal vage constatering komt de geurchemie op dit moment niet echt.

Een interessant geval in deze context vormen de zogenaamde optische isomeren. Dit zijn stoffen met moleculen die uit precies dezelfde atomen zijn opgebouwd, maar waarvan de volgorde van de atomen anders is. In het bijzonder zijn dit soort moleculen spiegelbeelden van elkaar. Ze hebben dus een andere ruimtelijke structuur en kunnen niet door een draaiing gelijk worden gemaakt. Kijkt u maar eens naar uw linker- en rechterhand. Deze zijn hetzelfde, maar u kunt ze niet zo draaien dat ze precies op elkaar passen (zie Figuur 17). In die zin zijn ze dus eigenlijk niet identiek. Rechts in Figuur 17 staat het chemisch structuurschema van Linalool ( $C_{10}H_{18}O$  of '3,7-dimethylocta-1,6-dien-3-ol'), dat wil zeggen van de twee isomeren ervan. Ze verschillen in ruimtelijke structuur, ze zijn elkaars spiegelbeeld net zoals de twee handen elkaars spiegelbeeld zijn. Vermoedelijk als een gevolg van dit verschil ruiken de twee Linalool-varianten anders. De ene ruikt naar hout en lavendel, de ander ruikt zoet en naar bloemen, ondanks de gelijke atoomsamenstelling van het molecuul. Wat ook bijzonder is, is dat de gevoeligheid van de neus voor de twee Linalool-varianten verschilt. Van de linker vorm is een concentratie van 7,4 deeltjes per 1.000.000.000 deeltjes (ppb, 'parts per billion') te ruiken, van de rechter vorm is 0,8 ppb voldoende. Om een idee van deze concentratie te geven neem ik even 5 ppb als voorbeeld (dat ligt tussen 0,8 en 7,4 uit dit voorbeeld): 5 deeltjes Linalool per 1.000.000.000 deeltjes water geeft deze con-



centratie. Dat komt overeen met ongeveer één druppel Linalool in een klein zwembad. Dit is genoeg om het hele zwembad een geur te geven.

De twee isomeren gedragen zich dus als totaal verschillende geurstoffen. De chemisch identieke atoomsamenstelling staat dus blijkbaar los van de geur.



**Figuur 17** Links: Twee handen. Het zijn als het ware ook isomeren. Ze zijn identiek, maar je kunt ze niet zo draaien dat ze op elkaar passen. In die zin zijn ze dus eigenlijk niet identiek.

Rechts: Chemisch structuurschema van linalool, de twee isomeren ervan. Ze verschillen in ruimtelijke structuur, ze zijn elkaars spiegelbeeld. De linker ruikt naar hout en lavendel, de rechter ruikt zoet en naar bloemen.

## Mengsels en enkelvoudige stoffen

De meeste van de geuren die we kennen bestaan uit een mengsel van verschillende componenten. We weten dit omdat we de stof die een bepaalde geur heeft chemisch kunnen analyseren om te kijken hoe de samenstelling is. Er doet zich iets zeer interessants voor in de waarneming van dit soort mengsels. Het blijkt namelijk niet mogelijk om te ruiken hoe veel verschillende stoffen er in een geurmengsel zitten. Er zijn bekende mengsels die we als één geur kennen, bijvoorbeeld koffie. Koffie heeft een duidelijk herkenbare geur maar het is een mengsel van honderden verschillende stoffen, tegenwoordig staat de teller op 800 aange-

toonde verschillende chemische stoffen. Als de meettechnieken gevoeliger worden, zullen er waarschijnlijk nog meer componenten in koffie worden ontdekt. Vele van de 800 componenten zullen afzonderlijk ook te ruiken zijn. Weinig van die componenten zullen afzonderlijk geroken duidelijk naar koffie ruiken.

De geur die een mengsel heeft is vaak heel anders dan de geur van de individuele componenten van het mengsel. Zo kan een eenvoudige maar herkenbare aardbeigeur worden gecreëerd door slechts vier componenten, die geen van allen duidelijk naar aardbei ruiken. De geuren 'peer' (afkomstig van de stof met de naam  $\gamma$ -decalactone), 'fruitig' (ethyl butyrate), 'groen' (bv. methyl cinnamate) en 'snoep' (furanol), in de juiste verhouding gemengd, zullen tezamen een aardbeigeur opleveren.

Bij de smaak hebben we kennisgemaakt met enige theorie over het mengen van de basissmaken. Bij geuren gelden vergelijkbare principes, alleen is het vele malen ingewikkelder omdat er zo veel verschillende geuren zijn. Principes als mengonderdrukking en hyperadditiviteit worden ook bij het mengen van geuren gevonden.

## **Afwijkingen in het waarnemen van geur- en smaak**

Een correct functionerend geur- en smaakapparaat is belangrijk om goed te kunnen proeven. Helaas is er een aantal mensen dat te maken krijgt met problemen bij het ruiken of proeven. Ongeveer vijf procent van de bevolking heeft last van een functionele anosmie. Dit wil zeggen dat ze feitelijk een niet functionerende reuk hebben. Schattingen spreken van het voorkomen van een enigszins verminderd reukvermogen (hyposmie) bij ongeveer 15% van de bevolking.

Een van de oorzaken van een verminderde geurwaarneming kan een ongeluk zijn. Wanneer men, bijvoorbeeld bij een auto-ongeluk of een val, een zeer harde klap tegen het hoofd krijgt kan dit leiden tot een beschadiging van de uiteinden van de reuk-

zenuw. Zoals in Figuur 11 is te zien verbinden deze uiteinden het reukepitheel met de hersenen en lopen ze hiertoe door de schedel. Het stukje schedel ter plekke – het zeefbeen – heeft veel gaatjes waar deze zenuwen door lopen. Een harde klap tegen het hoofd kan tot gevolg hebben dat deze zenuwen even bewegen en dat kan precies genoeg zijn om een aantal, of alle, zenuwen te beschadigen of in het ergste geval door te snijden. Het zal duidelijk zijn dat het slachtoffer in het laatste geval niet meer kan ruiken, totale anosmie (de onmogelijkheid om te ruiken) is dan het gevolg. Bij een gedeeltelijke beschadiging rapporteert het slachtoffer soms een verandering van de reukwaarneming (parosmie) en – mogelijk als een gevolg daarvan – veranderde voorkeuren voor geuren.

Het niet meer ruiken, en dus verminderd proeven, kan een groot effect hebben op de waardering van het eten, waar sommige patiënten zeer onder kunnen lijden. Pas als je het mist realiseer je je hoeveel plezier je altijd hebt beleefd aan smakelijke maaltijden en aan het eten of snoepen in het algemeen. Het niet meer ruiken van een gaslucht door een lekkende gaskraan maar ook het niet meer herkennen van producten die bedorven zijn, kan aanzienlijke risico's voor de anosmicus opleveren.

Joke Boon is een culinair schrijfster die op jonge leeftijd anosmisch is geworden. In haar boekje *Het mysterie van de reuk* beschrijft ze allerlei uitdagingen die het niet kunnen ruiken haar oplevert. Wat te denken van het voorval dat ze haar baby aantreft die onder de chocolade zit. “Hoe komt ‘ie nu toch aan die chocolade?” dacht ze nog. Doordat ze niet kan ruiken heeft ze pas na een tijdje door dat het kleverig bruine goedje dat ze inmiddels door knuffelen ook op haar eigen gezicht voelt helemaal geen chocolade is. Wat het wel is kunt u raden.

Er blijken een heleboel dingen te zijn waar de meeste mensen, die immers een normaal functionerend reukorgaan hebben, nooit bij stilstaan. Is de was wel fris? Ruik ik naar zweet? Is de melk nog goed? Brandt er iets aan? Joke Boon heeft ook een speciaal kookboek geschreven waarin ze extra aandacht besteedt

aan de andere zintuigen die bij het eten allemaal geprikkeld worden. Prikkende stoffen (mosterd, gember, etc.) worden gebruikt, maar ook komen kleuren en geluiden aan bod. Tevens maakt ze veel gebruik van Sechuan-knoppen, gele bloemknopjes die een bijzondere en hevige smaaksensatie in de mond geven.

Het geheel wegvallen van de smaak (ageusie), bijvoorbeeld door beschadiging van de smaakzenuw, is een veel minder voorkomende afwijking. Hypogeusie, het verminderd waarnemen van smaken komt in ongeveer 5% van de bevolking voor, al moet ik hierbij opmerken dat er erg weinig bekend is over aandoeningen van de smaakwaarneming.

## **Ruiken en proeven bij een COVID-19 infectie**

Als er één ding is dat reuk- en smaakonderzoekers zullen onthouden van de COVID-19 (officiële naam van het virus is SARS-CoV-2) pandemie van 2020/2021 is het effect dat een COVID-19 infectie op de reuk- en smaakwaarneming kan hebben. De reuk kreeg plotseling veel aandacht, de aandacht die ze eigenlijk altijd al verdiend had. Het verlies van reuk en smaak bleek samen te hangen met een COVID-19-infectie. Het werd erkend als een van de verschijnselen die als diagnostisch criterium kunnen worden gebruikt voor het vaststellen van een COVID-19 besmetting. Op de site van het RIVM is dit ook als veel voorkomende klacht te vinden: “Plotseling verlies van reuk en/of smaak (zonder neusverstopping).”.

Het is zelfs gesuggereerd dat het plotselinge verlies van reuk een eenvoudige test is voor een waarschijnlijke besmetting met COVID-19, wat vooral voor gebieden waar het moeilijk is om mensen grootschalig op aanwezigheid van het COVID-19 virus te testen nuttig kan zijn (Iravani et al. 2020).

Twee derde van de coronapatiënten merken iets vreemds aan hun smaak- en reukvermogen. Het gaat dan over een verminderd vermogen om eten goed te proeven door het optreden

van veranderingen in de smaak- en in de reukwaarneming. Sommige patiënten bemerken dat hun reuk- en smaakvermogen vermindert of zelfs vrijwel geheel verdwijnt. Bij anderen is de reuk- en smaakwaarneming gestoord waardoor de dingen anders ruiken. Wat vroeger lekker rook, bv. koffie, kan opeens naar diesel ruiken. Er lijkt geen vaste manier te zijn waarop de veranderingen optreden. Wel merken deze patiënten op dat het bijna altijd om vieze geuren gaat. De geur van wat voor de infectie normaal rook verandert schijnbaar in iets dat doet denken aan rook, stof, brand, chemische stoffen, etc. Bij sommige mensen is dit van relatief kortdurende aard, maar er zijn ook patiënten die nog lang nadat de infectie al is verdwenen kampen met een gestoord of sterk verminderd reuk- en smaakvermogen. Het komt ook voor dat patiënten geuren ruiken, meestal onaangename, in een omgeving waar anderen helemaal niets ruiken.

Ook kan de smaak, dat wat we met de tong proeven, aangetast worden door een COVID-19-infectie. Zaken smaken opeens anders, en vaak vies. Al deze afwijkingen in zowel geur- als smaakwaarneming kunnen bij een COVID-19-infectie voorkomen, in verschillende samenstellingen, volgorden en hevigheden. Er lijkt vooralsnog geen systeem te zitten in de geur- en smaak-aandoeningen als gevolg van een COVID-19-infectie. Wel treedt er meestal eerst verlies op, waarna de eventuele veranderingen in de reukwaarneming worden gerapporteerd.

Voor mensen die professioneel met de reuk en smaak bezig zijn, chefs bijvoorbeeld of parfumeurs, is het geïnfecteerd raken met dit virus, naast dat sommige symptomen sowieso onaangenaam kunnen zijn, extra erg. Zij verliezen hun vermogen om te werken, ook wanneer ze verder geen last van de overige symptomen van COVID-19 hebben.

Het bijzondere is dat het reukverlies zeer snel kan optreden, vrijwel van de ene op de andere dag. Daarnaast is dus vaak ook de smaak aangetast, waarbij veel patiënten aangeven dat er twee van de vijf basissmaken niet normaal meer functioneren. Dit is bijzonder, want aandoeningen waarbij de basissmaken

worden aangetast zijn zeldzaam. Nog bijzonderder is dat ook andere chemische zintuigen, bijvoorbeeld het vermogen om brandende, prikkelende of verkoelende stoffen waar te nemen in de mond, aangetast kan worden door een COVID-19 infectie (Parma et al. 2020).

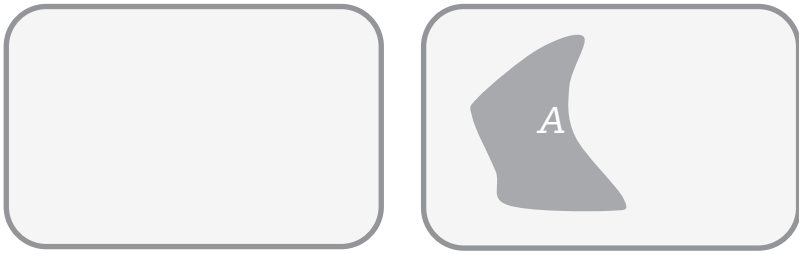
Of iedere patiënt herstelt van deze aandoening is nog niet bekend. Nadat de besmetting achter de rug is kunnen de reuk- en smaakwaarneming nog zeer lange tijd verstoord zijn. De meesten herstellen volledig binnen een aantal weken of soms maanden. In sommige gevallen duurt de verstoring van de reuk en de smaak langer en er zijn mensen die vrezen voor een permanent gestoorde reuk- en smaakwaarneming. Zij zullen dan moeten leren omgaan met koffie die naar diesel smaakt, zeep die naar rook ruikt of rozen met een stoffig aroma. Het lange-termijnverloop van deze aandoening is gewoon nog niet bekend, daarvoor is een COVID-19 besmetting een te recent verschijnsel. Meer onderzoek vindt op dit moment plaats. Er zijn speciale trainingen ontwikkeld ('fysiotherapie voor de reuk') die kunnen helpen bij het herstel van het reukvermogen (Sorokowska et al. 2017). Aan deze trainingen wordt nog volop onderzoek verricht.

## 5 ADAPTATIE, KRUISADAPTATIE EN MASKEREN VAN GEUREN

In dit hoofdstuk probeer ik een eenvoudig overzicht te geven van een aantal belangrijke begrippen in de geurwaarneming. Dit zijn adaptatie, kruisadaptatie en maskering. Omdat deze begrippen soms aanleiding tot verwarring geven wil ik ze hier in wat meer detail behandelen. Ze hebben duidelijk met elkaar te maken en kunnen in eenzelfde schematisch kader inzichtelijk worden gemaakt. Het is een enigszins abstracte presentatie, als u daar geen zin in heeft kunt u dit hoofdstuk overslaan zonder dat u bij de volgende hoofdstukken het gevoel krijgt iets gemist te hebben.

We hebben al gezien dat er zo'n 350 verschillende geurreceptoren bestaan. Dit aantal is er verantwoordelijk voor dat de begrippen adaptatie, kruisadaptatie en maskering bij geuren ingewikkelder zijn dan in andere zintuigen, zoals bijvoorbeeld het oog.

We kunnen de 350 verschillende receptoren in de neus voorstellen als een oppervlakte, het reukepitheel, waar ze netjes over verdeeld zijn (zie Figuur 18). Het is wat dit betreft te vergelijken met het netvlies achter in de oogbol, waar de lichtgevoelige receptoren op liggen. In ieder neushelft zit ongeveer vijf vierkante centimeter aan reukepitheel, we maken hier geen onderscheid tussen het linker en het rechter, het gaat om het verduidelijken van adaptatie, kruisadaptatie en maskering bij geuren, en deze werken in beide neushelften hetzelfde.



**Figuur 18** Links: gebied met de geurreceptoren schematisch weergegeven als een rechthoek waarbinnen de receptoren netjes verdeeld zitten; Rechts: de receptoren in het gebied A worden geprikkeld door een specifieke geurstof A. Deze prikkeling levert een geurperceptie op.

In werkelijkheid is het reukepitheel natuurlijk niet zo'n mooie rechthoek als in Figuur 18 maar het gaat hier om een schematische weergave. Een bepaalde geurstof, die we met een hoofdletter A, B, C of D zullen aanduiden, zal een aantal receptoren prikkelen, dit is schematisch weergegeven door het gebied A (schuingedrukt) in het rechterdeel van Figuur 18. Deze prikkeling zal gewoonlijk leiden tot de waarneming van een geur, deze waargenomen geur noemen we **A** (vetgedrukt). Natuurlijk zullen in werkelijkheid de receptoren die door een bepaalde stof worden geprikkeld niet netjes in zo'n mooi gebied als A in Figuur 18 liggen, maar verspreid over het gehele epitheel. Voor dit schematische voorbeeld maakt dat niet uit, wat we hier uitleggen gaat ook op voor receptorcellen die verspreid over de gehele oppervlakte van het schematisch weergegeven reukepitheel in Figuur 18 liggen.

Samengevat: een geurstof A (gewone hoofdletter) prikkelt een aantal receptoren op het reukepitheel – weergegeven door een gebied A (schuingedrukt) in de figuren en dit leidt tot het ruiken van een bepaalde geur die we **A** (vetgedrukt) noemen.

Er bestaat dus een verschil tussen een geurstof (A) en een geur (**A**), ook al worden beide vaak met hetzelfde woord aangeduid. We zeggen immers: “Ik voeg wat Vanille toe aan dit cake-deeg, zodat de cake straks lekker naar **vanille** ruikt.” Het eerste



woord 'Vanille' in deze zin slaat op een mengsel van geurstoffen (zoals afgesproken met een hoofdletter), het laatste woord '**vanille**' slaat op de geur die we ruiken (vetgedrukt). Dat ruiken van een **vanille**geur wordt gemedieerd door een gebiedje '*vanille*' op het reukepitheel met geprikkelde receptoren. In onze gewone taal kennen we 'Vanille', en '**vanille**', voor '*vanille*' hebben we geen woord omdat we ons gewoonlijk niet bezighouden met welke receptoren er precies op welke prikkels reageren.

## Adaptatie

Adaptatie is een verschijnsel dat bij elk zintuig voorkomt. Het betekent aanpassing. We kennen het van onze ogen, wanneer we op een zeer zonnige en heldere dag een donkere ruimte binnenstappen. Even zien we helemaal niets, de donkere ruimte lijkt wel geheel zwart. Na enige tijd kunnen we al wat vormen onderscheiden en na een tijdje in de ruimte te zijn zien we alles weer gewoon. De receptoren in ons netvlies waren als het ware uitgeput door het heldere licht buiten, ze konden alleen nog maar reageren op heel veel licht. Het beperkte licht binnen was onvoldoende om ze nog te prikkelen. Ze hebben tijd nodig om te herstellen. De chemische stoffen die in het netvlies een rol spelen in het omzetten van licht in visuele zenuwpulsen moeten worden aangevuld tot het niveau dat het mogelijk maakt om ook zenuwpulsen te genereren op grond van weinig licht. Onze ogen worden dus in het donker gevoeliger. Dat merk je zodra je van een donkere ruimte de heldere zon weer instapt. Na een tijd in een donkere ruimte is je oog helemaal afgestemd op het reageren op weinig licht. Als je dan de zon weer instapt, is het licht je even te veel en moet je je handen voor je ogen slaan of snel een zonnebril opzetten. Adaptatie komt voor in alle zintuigen, bij sommige meer dan bij andere. Het gehoor adapteert maar heel weinig, de reuk adapteert heel sterk.

Adaptatie in de reuk kennen we allemaal. Wanneer je bijvoorbeeld voor het eerst bij iemand in huis komen valt altijd een bepaalde 'huisgeur' op. Elk huis heeft zo'n geur. Door de gewoonten van de bewoners, het koken dat er plaatsvindt, de spullen die in het huis staan, zal er een specifiek geurmengsel in een huis hangen. Bij binnenkomst ruik je dat direct. Zeker wanneer er huisdieren in huis zijn is dat soms geen aangename geur. Nadat we enige tijd in de woning hebben doorgebracht ruiken we het niet meer. Onze neus is geadapteerd geraakt aan die geur. De receptoren die bij binnenkomst geprikkeld werden zijn enigszins uitgeput geraakt en zullen niet meer reageren op de aanwezige geurstoffen. Het gevolg is dat we die huisgeur niet meer ruiken.

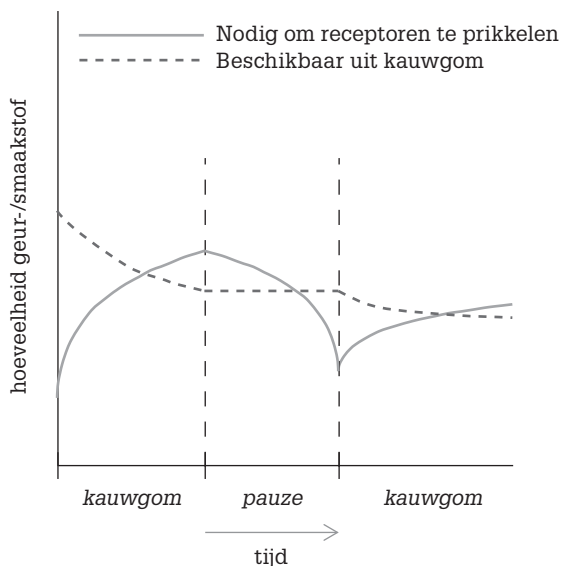
Je eigen huisgeur ruik je ook niet meer. Als je een paar dagen bent weggeweest bent kan je hem wel weer ruiken als je je eigen huis weer betreedt. In principe zal je neus na een aantal uren alweer hersteld zijn. Maar omdat je er erg aan gewend bent zal je eigen huisgeur je, ook met een 'herstelde' neus, vermoedelijk nooit opvallen. Dit verschijnsel is een eenvoudige vorm van leren en staat bekend onder de naam habituatie.

### ***De kauwgom die z'n smaak terugkreeg***

Adaptatie is ook verantwoordelijk voor het volgende wonderlijke verschijnsel dat kauwgomkauwers en -herkauwers zeker kennen. Op kauwgum kan heel lang worden gekauwd, maar op een bepaald moment zal het geen smaak meer hebben. De meeste kauwgomkauwers spugen dan hun kauwgom uit (niet op straat alstublieft). Wanneer je het smakeloze stukje gum niet weggooit maar het een tijdje weglegt, zal je merken dat het weer smaak heeft als je het weer in je mond stopt. Hoe kan dat? Het verdwijnen van de smaak van kauwgom is een gevolg van twee verschillende processen. De smaak- en geurstoffen in de kauwgom raken natuurlijk op, op den duur wordt het aantal moleculen met smaak/geur erg laag. Het andere proces is dat van adaptatie van de reukcellen in de neus en van de smaakreceptoren op de

tong. Deze twee processen versterken elkaar. De cellen worden steeds minder gevoelig en zouden dus eigenlijk meer geprikkeld moeten worden om nog actief te worden. Echter de smaak/geurstoffen verminderen ook. Er zijn nog wel smaak/geurmoleculen aanwezig, maar niet genoeg om de inmiddels 'vermoeide' gevoelige cellen nog te prikkelen. Het gevolg is dus dat de kauwgom 'geen smaak meer heeft'. Wanneer we de reuk- en smaakcellen nu enige tijd niet meer prikkelen, dus door te stoppen met kauwgomkauwen, zullen ze herstellen. Na een aantal minuten zijn ze veelal reeds merkbaar hersteld. Als je dan dezelfde kauwgom weer in je mond stopt zal je merken dat het meer smaak heeft dan toen je het uit je mond haalde. De hoeveelheid smaak/geurstof uit de kauwgom is natuurlijk niet vermeerderd, maar je geur/smaakcellen hebben hun oorspronkelijke gevoeligheid weer terug. De kauwgom heeft weer 'smaak'.

Figuur 19 laat schematisch zien wat er aan de hand is met de kauwgom die z'n smaak weer terugkrijgt. Op de horizontale as is een periode van kauwen op kauwgom te zien, vervolgens een pauze, en daarna weer een periode waar er op kauwgom wordt gekauwd. Tijdens de eerste periode wordt de hoeveelheid geur/smaakstof in de kauwgom langzaam minder (stippellijn). De stoffen die in speeksel oplossen zullen de smaakreceptoren op de tong prikkelen en de vluchtige stoffen zullen via een luchtstroom de neusholte instromen. De stippellijn laat zien dat de hoeveelheid beschikbare geur- en smaakstoffen gestaag afneemt. De doorgetrokken grijze lijn laat zien hoeveel geur/smaakstoffen er nodig is om de receptoren te prikkelen. In het begin zal dit weinig zijn, de tong en de neus zijn zeer gevoelig. Langzamerhand zullen ze echter adapteren, waardoor ze minder gevoelig worden. Er zal steeds meer geur/smaakstof nodig zijn om de receptoren nog te prikkelen. Dit is te zien aan de grijze lijn, die langzaam omhoog gaat. Dan komt er een periode waarin de kauwgom uit de mond gehaald wordt, hier aangegeven als 'pauze'. De hoeveelheid geur en smaakstoffen in de kauwgom blijft natuurlijk



**Figuur 19** Kauwgom krijgt smaak weer terug: een samenwerking van het opraken van de geur- en smaakstoffen en van het herstel van geadapteerde reuk- en smaakreceptoren in de neus en op de tong.

gelijk (de horizontale stippellijn). Doordat de tong en de neus even rust krijgen kunnen de smaak- en geurreceptoren zich herstellen. Ze krijgen langzaam hun oorspronkelijke gevoeligheid weer terug. De grijze lijn loopt weer naar beneden. Er zal steeds minder geur/smaakstof nodig zijn om de receptoren weer te activeren. Als je nu de kauwgom weer in de mond stopt zal deze opeens weer smaak hebben omdat de smaakstoffen die er nog inzitten genoeg zijn om de, nu weer gevoelige, geur- en smaakreceptoren te prikkelen. Nu herhaalt zich hetzelfde proces weer als in het begin. Op een gegeven moment zullen er zo weinig geur/smaakstoffen over zijn, en zullen de receptoren weer uitgeput raken, dat de kauwgom opnieuw zo goed als geen smaak meer heeft.

Hieruit blijkt dat het proeven/ruiken van prikkels dus nooit alleen een kwestie is van het aanbieden van voldoende smaak-

en geurstoffen. De staat waarin het ontvangende orgaan zich bevindt is minstens zo belangrijk. Later zullen we zien dat ook dit niet voldoende is om volledig te begrijpen wat iemand proeft. Factoren van een totaal andere aard blijken een grote rol te spelen. Naast de prikkels die ons via de vele zintuigen bereiken zijn er psychologische effecten die voor een groot deel bepalen wat iemand ruikt en proeft en lekker vindt.

### ***Normale geuradaptatie***

In Figuur 20 is de situatie van normale geuradaptatie geschetst. Bij een normale, niet-geadapteerde neus prikkelt een geurstof A een hoeveelheid geurreceptoren, in het linker deel van Figuur 20 weergegeven als het gebied A. Als een gevolg hiervan ruikt u een geur die we **A** noemen. De cellen in het gebied A raken uitgeput door de prikkeling, en na enige tijd zullen ze minder fel reageren op de aanwezigheid van de moleculen uit de geurstof. In het rechter deel van Figuur 20 is dit aangegeven door een lichtere kleur van het gebied A. Een herhaalde aanbieding van de geurstof A zal leiden tot een veel minder sterk waargenomen geur **A**, of zelfs tot het volledig verdwijnen van de geur, ook al



**Figuur 20** Schematische voorstelling van adaptatie aan een geurstof A. Links: prikkeling van receptorcellen in het gebied A doordat de geurstof A ermee in aanraking komt; Rechts: de cellen in gebied A zijn minder gevoelig geworden doordat ze een tijd geprikkeld zijn door geurstof A. Herhaalde aanbieding van dezelfde stof (A) leidt tot een veel minder sterke geur **A**, of zelfs tot het geheel niet meer waarnemen van de geur **A**.

is de geurstof A nog wel aanwezig. Dit gebeurt bij de huisgeur, zoals we eerder beschreven hebben en bij de kauwgom van hierboven.

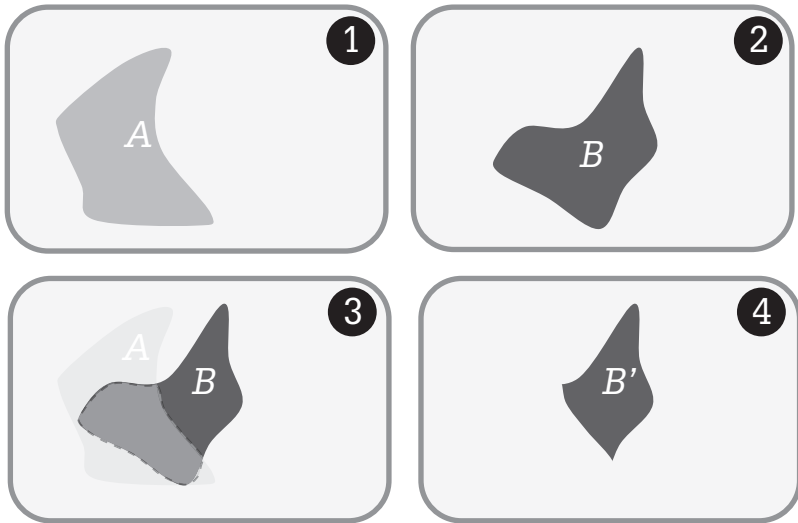
## Kruisadaptatie

Omdat er zoveel verschillende reukreceptoren zijn, ieder met hun eigen gevoeligheid voor specifieke moleculen, is er naast de gewone adaptatie ook zogenaamde kruisadaptatie mogelijk. Laten we dit eerst eens bekijken aan de hand van het zien. Wanneer je lang in een bepaalde kleur licht kijkt, dan zal daarna de wereld er iets anders gekleurd uit zien. Wanneer je op een lichte dag je ogen dicht doet, dan zie je een rode gloed. De rode kleur is afkomstig van het ooglid waar licht door komt, het licht schijnt door de huid en het bloed dat er door stroomt. Houd dat een tijdje vol, en doe dat met één oog, bijvoorbeeld het linker. Wanneer je dat oog dan weer opent en je rechteroog sluit zal je een kleurverschil waarnemen tussen de twee ogen. Het linker-oog is enigszins uitgeput voor rode kleuren, de roodreceptoren reageren minder dan ze normaal zouden doen en dus ziet alles er minder rood uit, iets blauwer dus. In het andere oog is de ene kleurreceptor niet méér uitgeput dan de andere, en zal alles normaal worden weergegeven. Als je beurtelings door je linker- en rechteroog kijkt zie je duidelijk een kleurverschil tussen het kijken met het linker en het rechteroog. Nu zal niemand beweren dat de kleur van de omgeving is veranderd, ook al zie je het anders dan anders. We schrijven het verschijnsel toe aan onze ogen en met een goede reden natuurlijk. Ons begrip van het netvlies, van licht, van de kegeltjes in het netvlies, is zodanig dat het kleurverschil hierdoor goed te verklaren en te begrijpen is.

Met de geurreceptoren in onze neus kan een vergelijkbaar verschijnsel optreden. Wanneer je gedurende lange tijd aan een bepaalde geurstof bent blootgesteld zullen de receptoren die erdoor geactiveerd zijn 'vermoeid' raken. Na enige tijd zal je de

geur niet meer ruiken, dat is gewone adaptatie en dit hebben we hierboven besproken. Wanneer je nu aan een andere geurstof wordt blootgesteld, zal de geur van deze stof anders zijn dan wanneer deze geurstof onder normale omstandigheden je reukcellen prikkelt. Dit kan leiden tot het ruiken van een hele andere geur dan dat deze stof onder normale omstandigheden zal hebben. Dit klinkt wat abstract, maar de meeste mensen kennen dit verschijnsel wel. Koffiedrinkers kennen het wanneer ze koffie drinken vlak nadat ze hun tanden hebben gepoetst. De tandpasta heeft vaak een zeer sterke mentholgeur en dit zal een zeker aantal receptoren min of meer uitputten. Die receptoren reageren even veel minder dan normaal op verdere prikkeling. Het gevolg is blijkbaar dat koffie een heel andere smaak en geur krijgt. Ik vind koffie na het tandenpoetsen altijd zeer muf smaken. De koffie prikkelt in principe nog steeds dezelfde receptoren maar de door de tandpasta vermoeide receptoren doen even niet meer mee, waardoor er een andere verzameling van receptoren relatief sterk worden geprikkeld. Het gevolg is dat de koffie anders zal smaken. Na enige tijd verdwijnt dit weer. Van de meeste effecten van adaptatie en kruisadaptatie merk je na een paar minuten niets meer. De geurreceptorcellen hebben in die tijd voldoende kunnen 'uitrusten', om weer normaal geprikkeld te kunnen worden.

In Figuur 21 is schematisch weergegeven wat er gebeurt bij kruisadaptatie. Het vindt plaats wanneer twee verschillende geurstoffen na elkaar op het reukepitheel inwerken, hier noemen we ze A en B. De normale waarneming van deze stoffen is weergegeven in de bovenste twee rechthoeken (1 en 2) in Figuur 21. Zoals we eerder hebben gezien zullen er een flink aantal receptoren vermoeid raken na blootstelling aan geurstof A, dat is weergegeven als het vage grijze gebied in de rechthoek 3 in Figuur 21. Dit is precies hetzelfde proces als ook geschetst in Figuur 20, dit is niets anders dan ook bij normale adaptatie gebeurt. Het verschil is nu dat we niet een tweede keer aan geurstof A ruiken, maar nu aan geurstof B nadat we



**Figuur 21** Schematische weergave van kruisadaptatie: het effect van geurstof A op het ruiken van geurstof B.

1. Het normale ruiken bij stof A: A prikkelt de receptoren in A en we ruiken de geur **A**
2. Het normale ruiken bij stof B: B prikkelt de receptoren in B en we ruiken de geur **B**
3. Het ruiken wanneer stof B na stof A wordt aangeboden: de receptoren in het overlappende gebied van A en B zullen even minder actief meedoen (want 'vermoeid' nadat stof A ze geprikkeld heeft)
4. Het gebied B', zonder de 'vermoeide' receptoren die door A werden geprikkeld, wordt nog normaal door B geprikkeld, we ruiken nu een geur **B'**, die anders is dan de geur **B**.

A hebben geroken. De geurstof B activeert de receptoren in het gebied weergegeven als de figuur B in plaatje 2 in Figuur 21. In plaatje 3 is te zien dat er een flink aantal receptoren overlappend geprikkeld wordt door de geurstoffen A en B. Dit is daar aangegeven door het met een zwarte stippellijn omringde donkergrijze gebied. De receptoren die door A vermoeid zijn geraakt



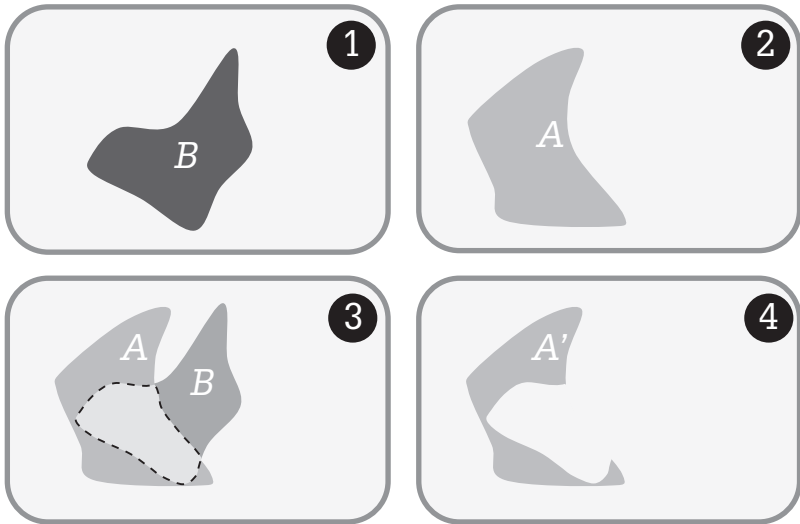
zullen nauwelijks meer reageren op geurstof B. Daarom blijft van geurstof B alleen het donkere gedeelte *B'* over (zie plaatje 4 in Figuur 21). Alleen die receptoren zijn niet door geurstof A vermoeid geraakt en zullen normaal reageren op geurstof B. De kruisadaptatie heeft er dus voor gezorgd dat de normale perceptie van een geur **B** (via activatie van de receptoren in *B*, in plaatje 2 in Figuur 21, is veranderd in geur **B'** plaatje 4 in Figuur 21. De geur **B'** die je ruikt bij plaatje 4 zal anders zijn dan de geur **B** die je gewoonlijk ruikt wanneer je alleen aan geurstof B wordt blootgesteld (plaatje 2 in Figuur 21).

We zeggen dat de geurstoffen A en B kruisadaptatie vertonen, in dit voorbeeld gaat het om het ruiken van geurstof B *nadat* je A hebt geroken. Het voorafgaand ruiken aan een geurstof A (en het hieraan gekoppelde ruiken van een geur **A**) heeft een effect op het vervolgens ruiken aan een geurstof B (en het hieraan gekoppelde ruiken van een geur **B'** in plaats van de geur **B**).

We hebben gekeken naar het effect dat een geurstof A heeft op het ruiken van de geurstof B, en dit schematisch weergegeven in Figuur 21. In Figuur 22 geven we hetzelfde proces weer, maar nu wordt eerst aan geurstof B (plaatje 1 in Figuur 22) geroken, en daarna aan A (plaatje 2). Nu zijn het de receptoren die op geurstof B reageren die uitgeput raken voordat ze op geurstof A kunnen reageren (in plaatje 3 weergegeven door de lichtgrijze versie van de figuur *B*).

Het aanbieden van geurstof A leidt nu tot een activatie van de receptoren die op geurstof A zouden reageren, maar met een 'gat' erin (*A'* in plaatje 4). In het 'gat' zitten de receptoren die nu uitgeput zijn doordat ze reeds door B geactiveerd waren. De geur die nu geroken wordt (**A'**) is het gevolg van het patroon van actieve receptoren als weergegeven in plaatje 4 van Figuur 22.

Kruisadaptatie is dus niet symmetrisch. Het maakt dus uit of je eerst aan A en dan aan B ruikt, of eerst aan B en dan aan A ruikt. De geuren die je in beide gevallen ruikt zijn niet hetzelfde.



**Figuur 22** Schematische weergave van kruisadaptatie: het effect van geurstof B op het ruiken van geurstof A.

Merk op dat het in theorie mogelijk is om een geur te ruiken precies zoals in de plaatjes 4 van Figuur 21 en Figuur 22 is weergegeven. In theorie zijn er geurstoffen die bij gewoon ruiken precies dit patroon van activatie zouden laten zien. Echter omdat we de relatie tussen de samenstelling van geurstoffen en de activatie van geurreceptoren niet begrijpen kunnen we zo'n geur niet ontwerpen, maar het is – in ieder geval in theorie – goed mogelijk dat er een geurstof bestaat die precies die receptoren prikkelt, en geen andere. Zo'n geurstof zouden we dus (als we onze notatie volgen) B' (of A') noemen en deze stof prikkelt een gebied B' (of A') op het reukepitheel. In zo'n geval ruikt die stof dus precies zo als B na (kruis)adaptatie aan A (of als A na (kruis) adaptatie) aan B.

## Maskeren en onderdrukken van geuren

Maskeren en onderdrukking zijn twee verschillende verschijnselen, die nogal op elkaar lijken. Beide worden gebruikt om te voorkomen dat ongewenste geuren worden geroken. Bij maskeren gaat het vaak om vieze geuren op bijvoorbeeld het toilet of in andere omgevingen waar een vieze geur ongewenst is. Bij onderdrukking kan het ook gaan om andere geuren die in een bepaalde omgeving ongewenst zijn. Denk bijvoorbeeld aan een bak-geur van een restaurant. Hoe lekker dit ook in principe kan ruiken, als er een hele woonwijk grote delen van de dag in zo'n geur zit levert dit toch een ongewenste situatie op. Ook industriële geuren kunnen voor overlast zorgen, het maskeren van zulke geuren kan uitkomst bieden.

Bij het maskeren van een geur is het de bedoeling dat de geur die wordt geroken verandert onder invloed van het toevoegen van andere geuren. Dit gaat meestal over vieze geuren, want waarom zou je een lekkere geur willen veranderen? Het nut van maskeren kennen we allemaal, het is de reden dat we toiletspray en deodorant kopen.

In Figuur 23 wordt het maskeren van een geur schematisch weergegeven. De geurstof **C** levert een vieze geur **C**. In het linker



**Figuur 23** Schematische weergave van het maskeren van de vieze geur **C**, veroorzaakt door de geurstof **C**, door het toevoegen van een andere geurstof (**E**), zodat de gezamenlijke geurimpressie van de stoffen **C+E** tezamen (hopelijk) minder vies is.

plaatje is weergegeven dat de stof **C** een aantal geurreceptoren prikkelt, het gebied **C**. Een maskeerder, weergegeven als geurstof **E** in het rechterplaatje prikkelt een groot aantal andere receptoren. Een maskerende geurstof (**E**) wordt met de te maskeren geurstof (**C**) gemengd. Het is de bedoeling dat het tezamen ruiken van de stoffen **E** en **C** een nieuwe geursensatie (**C+E**) oproept waarin de vieze geur **C** niet meer te herkennen is. Het is de bedoeling dat het ruiken van het mengsel van geurstoffen **C+E** minder onaangenaam is dan de vieze geur **C** alleen. In feite is het natuurlijk ook zo dat de geur van (**E+C**) helemaal niet hoeft te lijken op de geur **E** of de geur **C**. Maar door onze incomplete kennis van de manier waarop geurstoffen patronen van prikkeling van geurreceptoren opleveren, kunnen we hier verder niet veel over zeggen.

Er is een aantal problemen die het maskeren van vieze geuren erg moeilijk maken. Neem bijvoorbeeld toiletspray. Toiletspray wordt ontworpen om zoveel mogelijk vieze geuren te maskeren. Met het gevolg dat toiletspray zelf vaak een wat vreemde geur heeft. Deze geur wordt aangenaam gemaakt door er een duidelijke geurstof aan toe te voegen, bijvoorbeeld dennengeur, om het toch nog op iets te laten lijken dat aangenaam is. Het probleem bij het maskeren van toiletgeuren, om ze maar even eufemistisch zo te benoemen, is dat ons geurzintuig nu juist vaak gealarmeerd wordt door geuren van verrotting. Het gevolg is dat dat soort geuren dus juist moeilijk te maskeren zijn. Onze reuk is niet voor niets alert op dat soort geuren. We ruiken dus soms dennengeur *plus* poepgeur, twee geuren, in plaats van dat we als resultaat één aangename geur ruiken.

Een ander probleem is dat de geur van de maskeerder samen met de poepgeur een totaal nieuwe geursensatie kan oproepen, die misschien nog wel viezer is dan de poepgeur zonder de maskeerder. De geur van poep is natuurlijk mede afhankelijk van het dieet van de poeper en zijn/haar individuele darmbacterie-

huishouding. Er is dus niet één universele poepgeur, maar ieder mens heeft als het ware z'n eigen luchtje. De categorie 'poepgeur' is dus nogal breed, wat het maken van een goed werkende maskerende geurstof moeilijk maakt. Om de volledige klasse van vieze (poep-)geuren te kunnen maskeren is veel kennis nodig over welk type geuren welke receptoren prikkelen, en die kennis is nog maar summier beschikbaar. Het ontwerpen van maskerende geuren is een zaak van veel proberen en veel ervaring opdoen. Veel ruiken aan poep dus misschien. Wellicht is er daarvoor nog niet zo veel kennis over het maskeren van vieze geuren.

Hoe lacherig je ook kunt doen over poepgeuren, er zitten belangrijke hygiënische aspecten aan. In sommige arme gebieden op de wereld is het de gewoonte dat mensen zich in de vrije natuur of soms zelfs op veldjes of langs de kant van de weg ontdoen van hun ontlasting. Dit heeft naast onsmakelijke ook mogelijk negatieve consequenties voor de gezondheid van de mensen in dat gebied. Ziektekiemen kunnen zich bijvoorbeeld snel via ontlasting verspreiden. Wanneer men z'n behoeften niet in toiletten doet die via het riool de mogelijke besmettingsbronnen veilig afvoeren kunnen er gemakkelijk hele dorpen of gebieden aan sommige ziekten ten prooi vallen. Het is dus belangrijk dat men gebruikt maakt van de toiletten wanneer die er zijn. In sommige gebieden zijn ook wel openbare toiletten, maar die worden te weinig gebruikt. De reden hiervoor is dat ze een zeer vieze lucht verspreiden en mensen nu eenmaal een natuurlijke neiging hebben om zulke vieze poep-/piesgeuren te mijden. Hier is dus het vinden van de juiste geurmaskering van directe invloed op de verbetering van de hygiëne van hele dorpen en de gezondheidstoestand van de mensen die in deze gebieden wonen. Er vindt dan ook onderzoek plaats naar schoonmaakmiddelen die goed en hygiënisch reinigen, maar die ook componenten bevatten die een vieze geur, die onvermijdelijk in zulke toiletten ontstaat, effectief kan maskeren.

### ***Een stinkbom als wapen***

Er is een geurstof ontwikkeld met de mooie naam “US Governmental Standard Bathroom Malodour” die is ontwikkeld als standaard om het onderdrukken van vieze toiletgeuren te testen. Echter, deze stof kent nog een interessante toepassing. Door de natuurlijke zeer sterke afkeer die mensen van dit soort geuren hebben kan zo'n geur worden ingezet als 'chemisch wapen' van relatief onschuldige aard. De natuurlijke reactie van mensen op extreem vieze geuren is zich er onmiddellijk van af te keren en ervoor te zorgen dat ze bij de stank uit de buurt komen. Deze menselijke eigenschap kan met behulp van zulke vieze geuren worden gebruikt voor 'crowd control'. Door het verspreiden van vieze geuren kunnen grote menigten worden gestuurd of uit elkaar worden gedreven. Dit kan de kans op problemen, bijvoorbeeld bij grote demonstraties of opstootjes, verkleinen.

De effecten van deze “US Governmental Standard Bathroom Malodour” zijn onderzocht door psycholoog Pamela Dalton van het Monell Chemical Senses Centre in Philadelphia, USA. Ze beschrijft de geur als iets dat je nog nooit geroken hebt, dat naar menselijke uitwerpselen ruikt, maar dan vele malen sterker en erger dan je je kunt voorstellen. Over de geur zegt ze: “It gets to you in ways that are unimaginable.”. Sommige vrijwilligers die aan het onderzoek hebben meegedaan begonnen slechts na enkele seconden al te schelden en te gillen dat ze weg wilden. De stof is onschadelijk voor de gezondheid, maar de paniek die zo'n stank zou kunnen veroorzaken in een grote groep mensen zou voor ongelukken kunnen zorgen. Inzetten ervan kan dus alleen gebeuren in speciale omstandigheden waar een agressieve groep echt weggejaagd moet worden zonder inzet van wapens die direct lichamelijk letsel kunnen veroorzaken.

Er schijnen ook landen te zijn waar de politie studeert op de mogelijkheden om zo'n 'stinkbom' in te zetten tegen agressieve grote groepen mensen. Ik ben zelf in Nederland ooit betrokken geweest bij een brainstorm georganiseerd door een afdeling van de Amsterdamse politie die alternatieve, niet-beschadigende,

middelen zocht om mensen (waaronder de groep die wel eens wordt aangeduid met de zeer onvriendelijke term 'hangjongeren') zonder geweld van bepaalde plekken te weren of om groepen mensen te verjagen. Helaas mag ik daar verder niets over vertellen, maar stank is daar zeer zeker ter sprake gekomen. Ik weet niet of dit middel daadwerkelijk tot de instrumenten van het Nederlandse leger of de Nederlandse politie is gaan behoren.

### ***Geuronderdrukking***

Het onderdrukken van geuren is het verschijnsel dat je door het ruiken van een bepaalde geur, andere geuren niet meer ruikt. Dit lijkt op kruisadaptatie. Van onderdrukken wordt vaak gesproken wanneer er meer dan één geur is die niet meer wordt geroken na het ruiken aan een maskerende geurstof. Het gaat dus in dit geval niet primair om het veranderen van een bepaalde vieze geur in een neutrale of aangename geur, zoals bij maskeren, maar om het onderdrukken van een veelheid van geuren. Het is dus een vorm van kruisadaptatie. Van kruisadaptatie wordt meestal gesproken als het gaat over het ruiken van verschillende geuren na elkaar. Onderdrukking vindt plaats bij het ruiken van vele verschillende geuren tegelijkertijd. Maskeren is meestal gericht op het verwijderen van een bepaalde – onaangename – geur.

Als de onderdrukkende geurstof heel veel receptoren in de neus prikkelt is de kans groter dat andere geuren minder sterk geroken zullen worden. Een goede onderdrukker zal dus heel veel verschillende geurstoffen bevatten, of een geurstof zijn die heel veel receptoren prikkelt. Omdat we niet precies de relatie tussen het molecuul van de geurstof en het al of niet prikkelen van receptoren kennen levert het maken van een zo complex mogelijk mengsel van geurstoffen de beste kansen om een goede onderdrukker te maken.

Wanneer we nog eens kijken naar de overeenkomst met licht kunnen we concluderen dat we voor een goede onderdrukker eigenlijk op zoek zijn naar een 'fel wit licht'. In het visuele domein

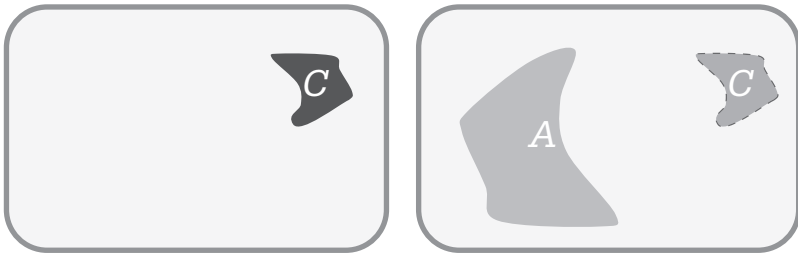
worden alle kleuren hierdoor als het ware onderdrukt. Wit licht prikkelt immers alle kleurreceptoren in het netvlies. Alle kleuren worden minder fel nadat je in een fel wit licht hebt gekeken. Een onderdrukkende geur zou dus net als een ‘fel witte geur’ moeten zijn. Toepassingen hiervan gaan verder dat die in het toilet. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het verwijderen van vieze geuren van de afvalstoffen die overblijven van bepaalde raffinageprocessen of destructiebedrijven. Het volstaat dan niet om wat ‘toiletspray’ in de lucht te spuiten. Wanneer deze bedrijven een maskerende of onderdrukkende geurstof aan hun afvalgeur producerende stoffen toevoegen verdwijnt eventuele stankoverlast. Het blijkt zeer moeilijk, of onmogelijk, om zo’n maskerende stof te vinden. Deze stof mag natuurlijk op geen manier schadelijk voor de omgeving zijn, want deze wordt misschien in grote hoeveelheden bij de afvalproducten gevoegd. Op kleinere schaal moet zo’n stof dus naast de geprikkelde receptoren die zo’n vieze geur opleveren, vele andere receptoren prikkelen zodat we een heel andere – hopelijk niet vieze – geur zullen ruiken. Het liefst ruiken we helemaal niets meer.

Zoals we hebben gezien is het prikkelen van heel veel geurreceptoren een strategie om tot onderdrukking te komen. Het levert iets op wat wel een ‘olfactorisch wit’ of een ‘witte geur’ wordt genoemd, een niet onomstreden begrip dat z’n naam ontleent aan wit licht dat immers ook ontstaat wanneer alle kleurgevoelige receptoren in het netvlies tegelijk worden geprikkeld. Wit licht bevat geen kleur, zo zou een ‘olfactorisch wit’ ook geen geur moeten hebben, maar wel alle receptoren prikkelen. Echter, ‘wit’, is dan formeel geen ‘kleur’, we kunnen het wel waarnemen. Ook een ‘witte geur’ zouden we kunnen waarnemen, waardoor het dus wel degelijk een ‘geur’ is.

Overigens zou er analoog aan wit licht en de witte geur ook een ‘witte smaak’ moeten bestaan. Dit zou een mengsel met de juiste verhoudingen van zoet, zout, zuur, bitter en umami moeten zijn.



Een recent onderzoek dat ik samen heb gedaan met dr. Sanne Boesveldt en Karen de Rosa Spierings, respectievelijk wetenschappelijk onderzoekster en student aan de Wageningen Universiteit, liet zien dat het bestaan van zo'n 'witte smaak' niet waarschijnlijk is. Ook leek het erop dat de afzonderlijke basissmaken nog steeds geproefd kunnen worden, dat er dus geen nieuwe smaken ontstaan in genoemde mengsels. De smaakmengsels zijn altijd veel eenvoudiger dan geurmengsels. Er bestaan slechts vijf basissmaken om te mengen, terwijl er veel meer verschillende geurstoffen gemengd kunnen worden omdat er zo'n 350 verschillende geurreceptoren bestaan.



**Figuur 24** Schematische weergave van een geurstof (C) die niet goed zal onderdrukken.

### ***Goede en slechte onderdrukkers/maskeerders***

In Figuur 24 is het geval geschetst van een geurstof C die slechts een beperkt aantal geurreceptoren prikkelt. Het zal duidelijk zijn dat deze geurstof niet in staat zal zijn om veel andere geuren te onderdrukken. In het rechterplaatje in Figuur 24 is te zien dat geurstof A op geen manier gehinderd wordt door het feit dat de receptoren in C minder reageren. Geurstof A zal precies zo worden geroken als wanneer geurstof C er niet was geweest. Er treedt in dit geval geen kruisadaptatie op, en dus ook geen enkele vorm van maskering of onderdrukking.



**Figuur 25** Schematische weergave van een geurstof (D) die goed zal maskeren, als er zoiets als een 'witte geur' bestaat dan zal de geur **D** voor dit predicat in aanmerking komen.

Figuur 25 laat een geurstof (D) zien die bijna alle geurreceptoren prikkelt. Als er zoiets bestaat als een 'witte geur', dan zou de geur van D er zeer dicht bij in de buurt komen. Omdat alle receptoren geprikkeld raken, en dus enigszins vermoeid, zal elke geurstof die na D wordt aangeboden minder sterk waargenomen moeten worden. In het rechterplaatje in Figuur 25 is dit weergegeven. De geurstof A die we eerder gezien hebben zal niet tot veel receptoractivatie meer leiden (zie het gebied A in Figuur 25) en dus zal de geur **A** nauwelijks nog geroken worden. De geur **D** onderdrukt dus de geur **A**.

## 6 GEVOEL IN DE NEUS, MOND EN KEEL

Naast de smaak op de tong en de geur in de neus zijn er nog veel andere prikkels die bij het eten erg belangrijk zijn. Deze worden vaak onder de noemer 'mondgevoel' samengevat. In dit hoofdstuk gaan we kijken in welke onderdelen dit mondgevoel uiteenvalt als we er in meer detail naar gaan kijken. Het zal blijken dat we het aloude idee dat we vijf zintuigen bezitten (zien, horen, voelen, ruiken, proeven) al snel kunnen verlaten.

Veel verschillende sensaties worden vaak samengevat onder de noemer 'voelen', maar we voelen op onze huid al veel meer dan slechts één bepaalde soort prikkel. Ook in de mond kunnen we een groot aantal verschillende sensaties waarnemen. We kunnen onderscheid maken tussen textuur, prik en pijn, temperatuur (koude en warmte) en de mate waarin de kaakspieren worden aangespannen. Er zijn nog veel meer complexe gewaarwordingen die nog niet volledig worden begrepen. In welke mate specifieke receptoren samenwerken en welke zintuigen er samenwerken om deze gewaarwordingen te maken is een onderzoeksgebied waar nog veel te ontdekken valt.

Twee nog andere bij eten en drinken veel voorkomende prikkels zijn stroefheid (in het Engels bekend als 'astringency', en soms in het Nederlands wel 'astringent' genoemd of gewoon 'stroef') en romigheid ('creaminess'). Deze komen later aan bod.

Ook met de neus kunnen we meer dan alleen ruiken. Sommige stoffen leveren duidelijk waarneembare priksensaties in de neus, denk maar aan Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) of de prik in prikkelende dranken ( $\text{CO}_2$ ) zoals Spa Rood.

Maar ook bij en na het slikken is het nog niet afgelopen met de prikkels. Er zijn specifieke prikkelingen die in de keel optreden, en sommige stoffen geven zelfs in de slokdarm of in de maag nog een gevoel. Natuurlijk kun je je ook 'vol' voelen, of 'hongerig', ook dat zijn prikkelingen van zintuigen. Deze zintuigen bevinden zich niet aan onze buitenkant, maar binnenin ons, en vertellen ons iets over wat er in ons lichaam gebeurt.

## **Gevoel in de mond: mondgevoel of textuur**

Een belangrijk onderdeel van de totale beleving van het eten is hoe voedsel in de mond aanvoelt. Onderzoek heeft laten zien dat het mondgevoel belangrijke aanwijzingen geeft over wat we nu eigenlijk eten. Wanneer we gepureerde gerechten te eten krijgen hebben we moeite met het herkennen wat het is. De smaak op zich, dat wil zeggen dat wat je op de tong en in de neus waarneemt verandert niet zo heel veel. Er zitten dezelfde geur- en smaakmoleculen in. Maar door het ontbreken van enig gevoel van de structuur van het voedsel is het moeilijk, of soms zelfs onmogelijk geworden om te herkennen wat we eten. Ook smaakt het allemaal toch minder lekker, we zullen het snel zat worden wanneer we al ons voedsel in pureevorm tot ons nemen. Het eten van voedsel uit tubes, soms aangeduid met astronautenvoeding, ziet er misschien efficiënt uit, maar lekker is anders. Dit kan een probleem vormen in extreme omstandigheden, bijvoorbeeld die waaronder militairen moeten opereren. Even snel tussendoor eten tot je nemen dat optimaal is afgestemd op het leven van een militair in actie, veel energie, de juiste bouwstoffen, kan ook leiden tot ondervoeding. Als het eruitziet als tandpasta en ook een overeenkomstig mondgevoel geeft, is het gewoon niet lekker. De soldaat heeft dan geen trek in dat saaie eten.

De textuur is een van de eigenschappen van voedsel die we allemaal kennen, maar waar we vaak maar in beperkte mate bij stilstaan. Echter, niet de ontwikkelaars van voedingsproducten

en voedselwetenschappers. Er wordt veel onderzoek gedaan naar de structuur van voedingsmiddelen, niet altijd met het oogmerk van hoe het in de mond aanvoelt. Vaak gaat het erom sommige voedingsmiddelen efficiënt te bewerken of te vervoeren, of gemakkelijk in potjes te kunnen stoppen. Dat gaat enkel om een aantal fysische eigenschappen van de structuur van voedsel, en heeft dan weinig te maken met het eten ervan. Sommige onderzoekers hebben daarom voorgesteld om een duidelijk onderscheid te maken tussen de begrippen 'structuur' en 'textuur'. Daarbij geldt volgens hen: '*Textuur is waargenomen structuur*'. Hiermee wordt bedoeld dat het voedingsmiddel, buiten de mond, een bepaalde *structuur* heeft. Deze structuur is te beschrijven in fysische termen, bijvoorbeeld in hardheid, samendrukbaarheid, breekgemak, etc. Maar dat wat je in je mond waarneemt is toch iets anders. Dat noemen we *textuur* en dat is afhankelijk van heel veel meer dan alleen de structuur van het product zoals het buiten je mond bestaat. Het kauwen en de speekselproductie hebben een grote invloed op de textuur, om maar iets te noemen. Dat hebben we gezien in hoofdstuk 2 waar bleek dat dit ook nog eens zeer kan verschillen tussen mensen. De vorm van het voedsel in de mond, de manier waarop en de snelheid waarmee het wordt kleingekauwd en wordt afgebroken zijn allemaal complexe dynamische processen die leiden tot een waarneming van textuur.

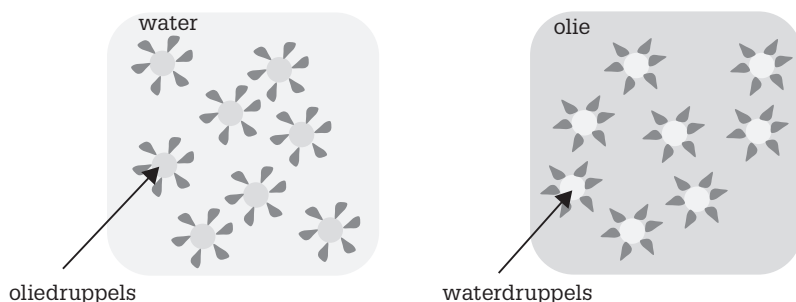
In de mond bevindt zich een groot aantal verschillende receptoren die reageren op de mechanische prikkels van het voedsel. Evenals op de huid zijn er receptoren die reageren op aanraking, op druk, op drukverschillen, op vibratie, enzovoort. Al deze sensaties tezamen geven ons een indruk van wat er zich in onze mond afspeelt.

We zijn in staat tot enkele zeer sterke staaltjes van waarneming op dit gebied. Door de samenwerking van de receptoren die ons het mondgevoel verschaffen kunnen we zeer kleine verschillen in grootte waarnemen van de deeltjes in ons voedsel. Ik heb het dan niet over deeltjes als doperweten, rijstkorrels of

fijngekauwde pinda's, nee we kunnen in de mond verschillen voelen tussen deeltjes die we niet eens meer met het blote oog kunnen waarnemen. Dit zal ik illustreren met voorbeelden van producten uit de keuken die we allemaal kennen. Hiervoor is het nuttig enige begrippen uit de fysische chemie te introduceren.

### **Emulsies**

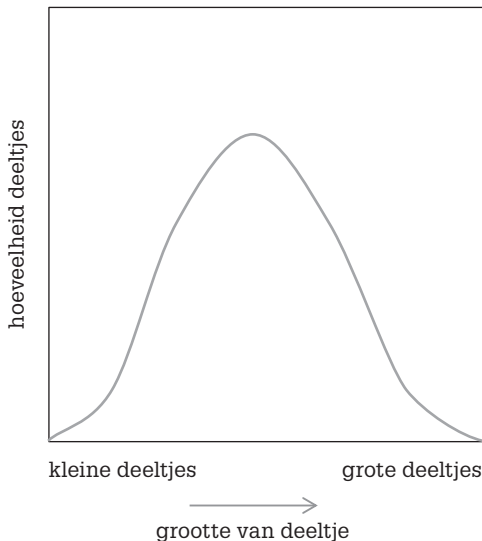
Een emulsie is een mengsel van stoffen die onder normale omstandigheden slecht mengen. Denk bijvoorbeeld aan een mengsel van olie en water. Zoals u weet mengen olie en water slecht, maar door toevoeging van een extra stof, een emulgator genoemd, ontstaat er toch een homogeen mengsel. Er ontstaan zeer kleine druppeltjes van olie die door de emulgator van het water zijn afgeschermd (schematisch weergegeven in Figuur 26). Een bekend voorbeeld van zo'n emulsie is mayonaise. Mayonaise is een mengsel van olie en azijn in water waarbij zeer kleine druppeltjes olie in het waterige mengsel van water en azijn ontstaan door toevoeging van eiwit. Ook zijn er omgekeerde emulsies, waar er zeer kleine waterdruppeltjes in een olie rondrijven. Een bekend product uit de keuken dat zo in elkaar zit is margarine of halvarine. Ook melk is een emulsie waar vetdruppeltjes in water rondobberen.



**Figuur 26** Voorbeelden van emulsies: mayonaise (links; oliedruppels in water) en margarine (rechts, waterdruppels in olie).

Waarom moeten we dit weten wanneer het gaat om het waarnemen van kleine verschillen in de mond? De grootte van de druppeltjes is één van de zaken die bepalen hoe een product in de mond aanvoelt. Nu zullen niet alle druppeltjes precies even groot zijn. Er zijn kleinere en grotere druppels. Hoeveel kleine en grotere druppels zich er in een emulsie bevinden kan inzichtelijk worden gemaakt door een zogenaamde deeltjesgrootteverdeling weer te geven (zie Figuur 27).

Het blijkt nu dat in bijvoorbeeld chocolade, dat gesmolten in de mond ook zeer kleine deeltjes bevat, het kleinste deeltje dat in de mond kan worden gedetecteerd  $25\ \mu\text{m}$  is (een  $\mu\text{m}$  is een micrometer, een duizendste van een millimeter). Dit wil zeggen  $1/40$  deel van een millimeter. Er passen dus 40 van deze deeltjes op een rij in een millimeter. Eén zo'n deeltje is dus met het blote



**Figuur 27** Voorbeeld van een verdeling van deeltjesgrootten (of druppelgrootten) in een emulsie: weinig 'kleine' deeltjes, weinig 'grote', en veel van gemiddelde afmetingen.

oog niet meer te zien, maar voelen in de mond kan je het wel. Ter vergelijking: de dikte van een menselijke haar is ongeveer 50  $\mu\text{m}$ .

Het hangt er wel een beetje vanaf wat je precies met je tong en je mond doet, want een grote hoeveelheid harde deeltjes van slechts 2  $\mu\text{m}$  kan reeds leiden tot een minder glad gevoel bij het strijken van de tong langs de tanden, in vergelijking met grotere deeltjes. Van deze deeltjes van 2  $\mu\text{m}$  gaan er 500 in één millimeter. Met de mond bent u dus heel goed in het waarnemen van hele kleine verschillen tussen soorten chocolade (en andere emulsies zoals mayonaise, margarine en melk) waar zeer kleine deeltjes als druppels in een vloeistof rondzweven.

Ook met de vingers trouwens zijn we in staat om zeer kleine hoogteverschillen te voelen: een bobbeltje van een paar  $\mu\text{m}$  (duizendsten van een millimeter) hoog is voor ons al voelbaar. We kunnen dus gladheid misschien wel beter voelen dan zien. En dat verschijnsel kennen we, we wrijven met onze hand en vingers over oppervlakken als we echt willen weten of ze helemaal glad zijn. Daar vertrouwen we niet volledig op onze ogen. Misschien is het ook een idee om eens aan die oppervlakken te likken de volgende keer dat we willen vaststellen hoe glad iets is. Al is het maar om uit te vinden of uw tong gevoeliger is dan uw vingers.

### ***Aanspannen van de kaakspieren***

Een ander sterk staaltje van ons eetapparaat is de bijkracht die onze kaakspieren kunnen ontwikkelen. We zijn geen leeuwen of krokodillen, maar we kunnen eigenlijk best goed meekomen als het om bijten gaat. Een gezonde mannelijke bijter zal gemiddeld met een kracht van 700 Newton kunnen bijten (dat is het gewicht van 70 kilogram). Waarom er geen gegevens zijn van vrouwelijke bitters weet ik niet. Er zijn veel manieren waarop dit wordt gemeten, maar dit is ongeveer een redelijk gemiddeld gemeten waarde. Ter vergelijking, een gemiddelde hond bijt met 260 Newton (gemiddeld, er zijn natuurlijk ook hele kleine hondjes



en hele grote die harder zullen kunnen bijten), een hyena bijt met 900 Newton, een leeuw met 4200 Newton, en een krokodil met een angstaanjagende 9800 Newton. Vergeleken met deze wilde dieren doen we niet met de groten mee, maar we kunnen harder bijten dan je misschien zou denken.

Waarschijnlijk maakt u gebruik van uw enorme bijtkracht zonder dat u het weet. Soms is het moeilijk om een bepaald gerecht door te snijden, een stuk vlees kan soms blijven ontsnappen aan een mes en ook wil soms een stokbrood zo hard zijn dat het maar moeilijk kan worden doorgesneden. Een oplossing is simpel: gewoon een stuk afbijten. U kunt met uw kaken een gewicht van 70 kg op het onwillige stuk vlees of brood zetten, met uw handen en het mes zal dat niet snel lukken.

Een ander interessante eigenschap van ons bijtgedrag is een snelle feedback-loop. Iedereen bijt wel eens per ongeluk op een steentje. En de feedback-loop is vaak snel genoeg om te voorkomen dat we echt doorbijten en onze tanden of kiezen beschadigen. Natuurlijk gaat dat ook wel eens mis, en sneuvelt er een vulling of een kies, maar dan is er misschien ook wel sprake geweest van een zwakke plek.

### ***Prik en pijn***

Een ander belangrijk aspect van het mondgevoel bij het eten is het prikkende gevoel dat peper oplevert. Zeker bij die groep mensen die van 'heet' eten houdt, is dit een zeer bekende en zeer op prijs gestelde sensatie. Het is de reactie van pijnzenuwen in de mond op een aantal stoffen. De belangrijkste van deze stoffen is Capsaïcine. Dit is de actieve stof die voorkomt in de plantenfamilie Capsicum en deze stof vind je ook in de meeste pepers. Capsaïcine prikkelt de pijnzenuw en ook de receptor die normaal reageert op warmte. Daarom is gepeperd eten natuurlijk ook 'heet'. In 1912 ontwikkelde de Amerikaanse farmacoloog Wilbur Scoville (1865-1942) een test om de pikantheid van pepers te meten. Hierbij wordt de actieve stof uit pepers, Capsaïcine, net zo veel verdund totdat een panel van proevers geen prik of pijn

meer waarneemt. Het is geen erg exacte test, maar de schaal van Scoville bezit nog steeds enige bekendheid (Figuur 28).



**Figuur 28** De 'Scoville' schaal om de 'hitte', feitelijk pijn, van verschillende pepers aan te geven.

In Figuur 29 is een overzicht te zien met verschillende temperatuurreceptoren. Er is te zien welke temperatuurreceptor op welke temperatuur reageert. Deze receptoren worden door bepaalde chemische stoffen geprikkeld. Capsaïcine prikkelt blijkbaar de receptor die op temperaturen hoger dan 43 °C reageert. Dit is inderdaad ongeveer de pijngrens voor hoge temperaturen, hogere temperaturen worden als pijnlijk ervaren. We weten dat sterke pepers flink kunnen 'branden' in de mond. Ook op andere plekken dan in de mond kan deze stof een prikkeling veroorzaken. Veel mensen hebben wel eens per ongeluk in hun ogen gewreven nadat ze een peper hadden gesneden. Dat herinner je

je zeker, je ogen zullen lange tijd prikken. Er zijn nog meer plekken op het lichaam die gevoelig blijken voor sterke pepers. In dit verband wordt wel beweerd: 'Een goede Chili brandt tweemaal'.

Een andere heel bekende pijnprikkel wordt geleverd door het CO<sub>2</sub> dat in priklimonade is opgelost. 'Spa Rood', of andere 'prikkende' mineraalwaters bevatten een hoeveelheid opgelost CO<sub>2</sub>-gas. Dat gas is in staat pijnreceptoren te activeren, vandaar het prikkende gevoel dat zulke dranken in de mond geeft. Bij zeer sterke prikkeling is het duidelijk dat het een pijnprikkel is, het kan echt zeer doen. Het is een andere sensatie dan de prik van pepers, want er wordt geen warmtereceptor meegeprikkeld.

Ook geurstoffen kunnen in de neus prikken. CO<sub>2</sub> is geen geurstof, het heeft geen geur, maar prikt wel in de neus. Dat kan iedereen beamen die wel eens een te grote slok prik heeft gedronken. Naast dat de meeste geurstoffen een geur hebben, doordat ze geurreceptoren in het reukepitheel prikkelen, zijn ze ook in staat om andere zenuwuiteinden, die als pijnreceptoren werken, in de neus te prikkelen. Dit zijn vaak open zenuwuiteinden die reageren op sommige stoffen die er mee in aanraking komen. De meeste geurstoffen leveren, zeker in hoge concentratie, ook een prikkend gevoel in de neus. Een aantal bekende geurstoffen die dit juist *niet* doen zijn H<sub>2</sub>S (dat een rotte eieren-geur heeft) en vanilline (bijvoorbeeld uit vanillestokjes, dat naar vanille ruikt). Dit zijn stoffen die alleen een geur hebben. Misschien dat ze in extreem hoge concentraties ook nog een beetje zullen prikken, maar zulke hoge concentraties zullen normaal gesproken niet voorkomen.

### ***Pijn in de keel***

Een andere pijnprikkel die bij eten vaak voorkomt, maar die we zelden bewust waarnemen, is een prikkend gevoel in de keel. Het voelt enigszins als een keelpijn en dat is niet zo gek, want dat is het natuurlijk ook. Het is de activiteit van pijnreceptoren in de keel, maar zonder dat er een ontsteking of beschadiging zit. Een aantal stoffen stimuleert specifiek de pijnzenuwen in de

keel. In olijfolie zit bijvoorbeeld de stof oleocanthal die zo'n pijnprikkel in de keel geeft. In een artikel uit 2011 is dit verschijnsel gepubliceerd. Een van de auteurs, Gary Beauchamp, van het Monell Chemical Senses Center in Philadelphia in de USA, was het opgevallen dat verse olijfolie hetzelfde prikkende gevoel in de keel gaf als de pijnstiller Ibuprofen die hij kende. Bij nader onderzoek bleek een bepaalde stof uit olijfolie, die men toen oleocanthal is gaan noemen, dit prikkende gevoel te geven. Omdat Ibuprofen en deze stof oleocanthal hetzelfde pijngevoel in de keel gaven zijn Beauchamp en zijn collega's gaan onderzoeken of oleocanthal misschien ook enige pijnstillende en ontstekingsremmende eigenschappen zou hebben. Hier vonden ze inderdaad aanwijzingen voor. Olijfolie, met deze stof, kan dus misschien enigszins als medicijn dienen. Klinische tests hiernaar zijn naar mijn weten niet uitgevoerd, dus hoe effectief olijfolie als pijnstiller of ontstekingsremmer kan dienen is nog onbekend.

Er zijn natuurlijk meer stoffen die specifiek een lichte, onschuldige keelpijn veroorzaken. Er is mij ooit verteld dat echte Parmezaanse kaas door de specialisten wordt herkend door een lichte pijnprikkel in de keel. Een gevoel dat imitatie Parmezaanse kazen niet geven.

## **Temperatuur**

De temperatuur van wat we eten en drinken maakt een belangrijk deel uit van de ervaring van het eten. De traditionele 'warme maaltijd', moet dat blijkbaar ook zijn: warm. Voedsel dat we gewoon zijn warm of heet te eten, smaakt ook veel minder, of zelfs anders, als het is afgekoeld.

Aan de ene kant is er het feit dat de vluchtige stoffen beter vrijkomen bij een hogere temperatuur, waardoor je dus meer ruikt (en proeft, want proeven – zo hebben we gezien – is de combinatie van proeven en retronasaal ruiken). Aan de andere

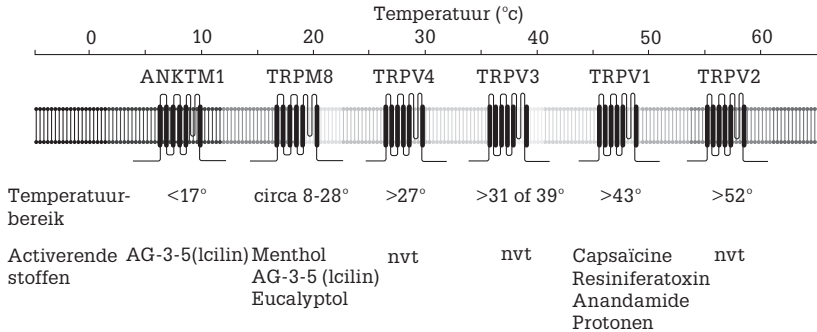
kant voegt de temperatuursensatie op zich iets toe. De hoge temperatuur is een extra sensatie naast die van de smaak, de geur, de textuur en de prik.

### ***Koude in de mond***

We eten ook veel zaken die juist een lage temperatuur hebben. Een voor de hand liggend voorbeeld is ijs. Dit consumeren we zelfs in bevroren toestand, bij ongeveer zo'n 10 tot 15 graden onder nul. Natuurlijk zal de temperatuur snel stijgen zodra we het ijs uit de vriezer nemen en opdienen. Zodra het ijs in de mond komt loopt de temperatuur helemaal snel op en zal het smelten. De sensatie van kou wordt over het algemeen als erg aangenaam ervaren. IJs brengt afkoeling op een hete zomerdag, maar de koude-sensatie zelf voegt echt iets toe. Veel frisdranken worden ook koud geconsumeerd, van een paar graden boven nul, tot kamertemperatuur, afhankelijk van het specifieke drankje, en van de persoonlijke smaak.

Van dieren is bekend dat ze bereid zijn flink wat arbeid te verrichten om een verkoeling op de tong te ontvangen. Dit is onderzocht met ratten die een knop herhaaldelijk moeten indrukken of in een molentje moeten lopen. Blijkbaar is het koelen van de tong alleen al voldoende belonend. Het drinken van koele dranken en het likken aan ijs koelt onze tong en mondholte. Wellicht maakt hetzelfde beloningsmechanisme als blijkbaar bij ratten bestaat, ook voor ons mensen de koele sensatie extra aangenaam.

Sommige producten voelen duidelijk koud aan in de mond. De mondtemperatuur ligt maar een beetje onder de normale lichaamstemperatuur van 37 °C. Het meten van de lichaamstemperatuur onder de tong levert gemiddeld 36,8 °C op. Het verschil is dus inderdaad erg klein. Alle temperaturen onder deze 36,8 °C zullen dus in principe koud aanvoelen in de mond. Maar het gevoel van koude in de mond kan op ook een aantal andere zeer verschillende manieren tot stand komen.



**Figuur 29** Schema met verschillende temperatuurreceptoren en de stoffen die ze activeren.

We hebben al gezien dat de koudereceptoren in de mond als het ware voor de gek gehouden kunnen worden door bepaalde stoffen. In Figuur 29 zien we dat er koude-receptoren zijn die reageren op lage temperaturen, daarom heten het 'koude-receptoren'. Deze receptoren reageren ook op stoffen als Menthol en Eucalyptol. Dit kennen we allemaal uit ervaring. Sommige snoepjes, pepermint en kauwgum, voelen koud aan in de mond. Wanneer je de mondtemperatuur zou meten zou je zien dat de temperatuur niet lager is geworden door deze stoffen. Het *voelt* alleen kouder, doordat er koude-receptoren zijn die worden geactiveerd door stoffen in die snoepjes. Stoffen die koud aanvoelen, zoals Menthol en Eucalyptol, worden veel gebruikt in tandpasta. Dit geeft de mond een koel en fris gevoel tijdens het tandenpoetsen en enige tijd erna. Er zullen nog wat van die menthol-achtige stoffen in de mond achterblijven die ook na het poetsen de mond enige tijd een fris gevoel geven.

Menthol is een stof die voorkomt in de planten uit de Muntfamilie. In vaste vorm komt het voor in lange dunne kristallen. Menthol voelt niet alleen koud in de mond, maar ook op de huid. Wrijf je wat van die kristallen op de huid, dan worden de koude-receptoren in de huid geactiveerd, wat een gevoel van koude

oplevert. Er zijn veel meer stoffen die om deze reden koud aanvoelen.

Koeling, het gevoel van koude, in de mond kan op nog een aantal manieren tot stand komen. Hierboven bespraken we stoffen die de koude-receptoren activeren, wat dus wel koud voelt zonder dat de fysieke temperatuur daalt. Een thermometer zal in deze gevallen geen effect laten zien. Een andere volstrekt logische manier om een koude in de mond te voelen is deze te vullen met een fysiek koude substantie. IJs is hier een voor-de-hand-liggend voorbeeld van. De temperatuur van gewoon (water)ijs ligt onder de 0 °C, en dit zal dus zeker de koudereceptoren prikkelen. Gekoelde dranken voelen koel om eenzelfde reden. Alles met een fysieke temperatuur onder de mondtemperatuur, zeg alles onder de 36 °C, zal koud aanvoelen in de mond.

Er zijn nog meer fysische processen die tot een gevoel van koude zullen leiden. Een ervan is smelten. Iets dat smelt zal wat warmte aan z'n directe omgeving onttrekken, een gewoon natuurkundig verschijnsel. Als er dus in je mond iets smelt, bijvoorbeeld een stuk chocolade, ook wanneer het op kamertemperatuur is, zal het toch koel voelen door het smelten. Dit is overigens wellicht een van de (vele) charmes van chocolade, dit licht koele mondgevoel. Het oplossen van een stof in een andere stof, bijvoorbeeld suiker in water, gaat eveneens gepaard met enige koeling. Ook daar zal het oplossen wat warmte aan de omgeving onttrekken en dat kan in de mond worden gevoeld. Een mond vol poedersuiker zal om die reden enigszins koel kunnen aanvoelen. De poedersuiker zal snel in het speeksel oplossen. Een laatste voorbeeld van een natuurkundig verschijnsel dat een koel mondgevoel kan oproepen is verdamping. Ook daarbij wordt er warmte gebruikt en zal dit tot een koel gevoel leiden. Een manier om iets in je mond te laten verdampen is bijvoorbeeld een slokje sterke drank enige tijd in de geopende mond te houden. Alcohol verdampt snel bij kamertemperatuur. Bij het verdampen van de alcohol zal dit een koud gevoel in de mond

tot gevolg hebben. Dit is hetzelfde verschijnsel dat plaatsvindt bij zweten. Wanneer zweet verdampt van de huid, heeft dit een koelend effect op de huid. Wanneer u alcohol zou zweten zal u het snel koud krijgen. Dit is overigens geen reden om extreem veel alcohol te gaan drinken.

Deze laatste voorbeelden (smelten, oplossen, verdampen) gaan allemaal gepaard met een verlaging van de mondtemperatuur en zijn dus met een gevoelige thermometer te registreren. Ik noem dit fysieke koeling. Het eerste voorbeeld, met mentholachtige stoffen, noem ik chemische koeling, er is een chemische stof die de koudereceptoren prikkelt, er is geen sprake van een temperatuurdaling die je met een thermometer kunt meten. Je voelt het alleen wel als kou.

## **Stroefheid**

Een aantal producten veroorzaakt een heel specifiek gevoel in de mond. Dit gevoel is in de Engelse taal bekend onder de naam 'astringency'. Vertaald in het Nederlands is dit zoiets als 'stroef' of het minder gangbare 'adstringerend' of 'samentrekkend' (of soms 'astringent'). Het is het gevoel dat iedereen kent die thee drinkt of rode wijn of wel eens spinazie eet. Een zeer specifiek gevoel van ruwheid wanneer je je tong langs je gehemelte beweegt of langs je tanden. Het is op zich meestal een licht onaangenaam gevoel, maar gezien het feit dat thee en wijn zeer populaire dranken zijn is het blijkbaar niet onaangenaam genoeg om te vermijden. Misschien voegt het wel iets zeer eigens toe aan deze producten, waardoor ze zo populair zijn geworden.

De oorsprong van dit gevoel ligt in 'tanninen'. Tannine is de naam voor een bepaalde groep chemische verbindingen. Dit zijn stoffen die door hun werking de smerende functie van speeksel kunnen verminderen. En een verminderde smering leidt tot de stroefheid die we voelen.



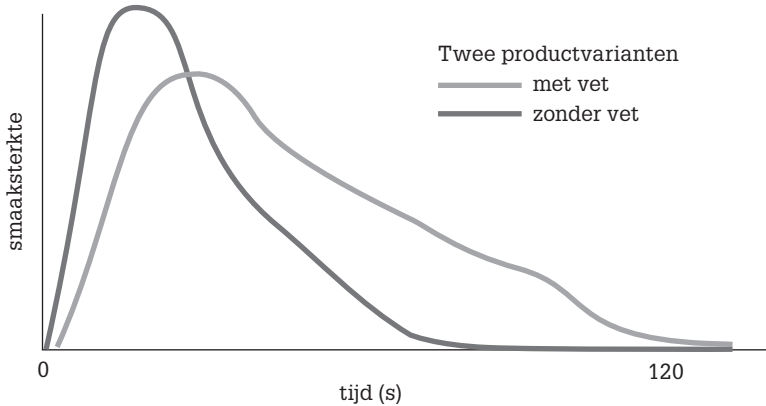
## Romigheid

Romigheid zou je kunnen zien als een soort tegenovergestelde van stroefheid. Een romig mondgevoel kennen we van vette producten. Het smeert de mond en het maakt dat alles in de mond glad aanvoelt. Producten met room veroorzaken vaak dit gevoel. Het klinkt eenvoudig, maar het blijkt moeilijk om het romige mondgevoel te begrijpen. Er is veel onderzoek naar gedaan en de reden hiervoor ligt voor de hand. Romige producten gaan vaak gepaard met veel calorieën, want het romige gevoel komt van vette ingrediënten. Romigheid wordt zeer aangenaam gevonden, waarschijnlijk vanwege het evolutionair belang van calorieën.

Ons lichaam is nog niet gewend aan het feit dat we zo gemakkelijk aan voedsel kunnen komen en is er nog altijd op gericht om calorieën op te slaan voor tijden waarin er even geen voedsel voorhanden is. Echter, die tijden zijn er nog maar zelden zodat we die extra calorieën gaan meeslepen in de vorm van vetrolletjes. Dit mechanisme is voor een deel verantwoordelijk voor de tegenwoordige obesitas 'epidemie'. In het streven om minder calorierijke voedingsmiddelen te maken, die toch lekker zijn, is er veel onderzoek gedaan naar het romige mondgevoel. We kunnen wel de vetten uit producten halen, maar dan kauwen we na een tijdje op een smakeloos klontje. Niemand zal zo'n product meer willen eten. Vandaar de grote onderzoeksinspanning naar het romige gevoel van vet zonder de calorieën van vet.

Het blijkt dus niet gemakkelijk om het romige gevoel te creëren zonder vet. Producten met vet bevatten veelal hele kleine bolletjes van een vet en die smeren goed en voelen dus glad aan. Wat het nu *precies* is wat het romige mondgevoel geeft blijft een beetje een mysterie. Inmiddels weten we dat het niet alleen gaat om hoe het in de mond voelt, de geur heeft er ook mee te maken. Room en romige producten hebben een eigen specifieke geur. Maar ook spelen er visuele aspecten mee, een lichtgele kleur lijkt ook te helpen bij het creëren van een romig gevoel.

Er zijn vele vetvervangers, maar er is nog niets dat net zo lekker smaakt als echte slagroom, volle yoghurt of andere volvette productvarianten. Er is ooit een vetvervanger geproduceerd die in de darmen niet kon worden omgezet en dus geen calorieën leverde. Deze stof, met de naam Olestra, ging onveranderd door de darmen met als gevolg dat de ontlasting iets meer vette stof kon gaan bevatten. Olestra smaakte naar vet en voelde als echt vet en leverde dus toch maar weinig calorieën. Helaas liep de stof soms iets te gemakkelijk door de darmen, met het effect dat in de Engelse taal de prachtige term 'anal leakage' heeft gekregen.



**Figuur 30** Verzonden verloop van de smaakintensiteit voor een product met vet (lichtgrijze lijn), en een product zonder vet donkergrijze lijn). Vet houdt smaakstoffen beter vast, zodat een product langer smaakt. Producten zonder vet smaken sneller nergens meer naar.

### ***Vet en timing***

Er is nog een belangrijk aspect van vet. Producten met vet smaken beter, maar ook langer. Dit komt doordat het vet in staat is om smaak- en geurstoffen vast te houden. Laag-vet producten laten in de mond snel hun smaak- en geurstoffen los waardoor het mogelijk wordt dat alle smaakstoffen er al uit zijn voordat de bolus rijp is om doorgeslikt te worden. In Figuur 30 is een voorbeeld gegeven van het verloop van de waargenomen smaaksterkte over de tijd bij een product met en een product zonder vet. Er is duidelijk te zien dat de laag-vet variant na enige tijd weinig smaak meer heeft.



## 7 PSYCHOLOGIE VAN PROEVEN EN ETEN

Wat wij normaal 'proeven' noemen is een samenspel van ons smaak- en reukzintuig. Deze zijn natuurlijk erg belangrijk voor het proeven maar eigenlijk 'proeven' we met al onze zintuigen. Het strikte onderscheid tussen de zintuigen is een gevolg van laboratoriumonderzoek waar men de geïsoleerde werking van de zintuigen onderzocht. In het echt wordt alles, en zeker voedsel, waargenomen met vrijwel alle zintuigen tegelijk. Al deze zintuigen kunnen elkaar beïnvloeden en dit gebeurt regelmatig.

Daarnaast zijn er legio psychologische effecten die een rol van betekenis spelen. De kennis over wat u eet, uw ideeën over voeding, de informatie over het product, spelen allemaal mee. U proeft als het ware alles wat u bewust, maar zeker ook onbewust, ooit aan het eten verbonden heeft.

### **Multisensorisch samenspel**

Er is misschien één zintuig dat niet meedoet bij het eten: het evenwichtszintuig. Tenzij er sprake is van overmatige consumptie van alcoholhoudende dranken, wordt het evenwichtszintuig normaliter niet geprikkeld bij het eten. Alle zintuigen tezamen, en dat zijn er meer dan u misschien dacht voordat u dit boek ter hand nam, leveren de indruk die u heeft van de buitenwereld (zie Figuur 31).

We hebben eerder al gezien dat er veel meer afzonderlijke zintuigen zijn te onderkennen dan de traditionele indeling in vijf: zien, horen, ruiken, voelen, proeven. In het bijzonder onder het



**Figuur 31** Alle zintuigen (van links naar rechts: temperatuur, proeven, ruiken, zien, voelen, horen, pijn) werken samen en leveren zo hun aandeel in een totale beleving van de buitenwereld.

voelen wordt een groot aantal verschillende zintuigen samengenomen: koude, warmte, pijn (2 soorten), druk, vibratie, streling, spierspanning en zo zijn er nog meer. Dit brengt ons gemakkelijk op twaalf verschillende zintuigen, die allemaal actief zijn bij het eten. Omdat het zeer zeldzaam is dat er enkel maar één zintuig reageert op een prikkel van buitenaf, zal er altijd sprake zijn van een interactie van de verschillende zintuigen. Een rekensom leert ons dat er bij twaalf zintuigen zeer veel manieren zijn om interacties met andere zintuigen te hebben. Er zijn zoveel verschillende interacties mogelijk dat het onwaarschijnlijk wordt dat de beleving van verschillende prikkels ooit dezelfde zal zijn omdat er altijd wel een zintuig ietsje anders geprikkeld wordt en er dus altijd wel ergens een interactie met één of meerdere zintuigen zal zijn die net iets anders uitpakt dan de vorige keer.

Het isoleren van een zintuig om dit in detail te bestuderen is een typische bezigheid voor onderzoekers in laboratoria. Dit soort onderzoek levert heel veel kennis op over hoe zo'n zintuig werkt. Pas de laatste jaren is er steeds meer onderzoek gedaan naar het samenspel van verschillende zintuigen. Ook dat levert heel veel

nieuwe kennis op. Het ligt voor de hand dat onderzoek naar de beleving van voeding zich moet richten op het samenspel van alle betrokken zintuigen. Traditioneel waren dit altijd geur en smaak en het gevoel in de mond, en veel onderzoek naar deze zintuigen heeft ons interessante dingen geleerd over hoe voedsel in de mond wordt ervaren.

### ***Zoete smaak, zoete geur en pijn***

Als we ons even beperken tot de wisselwerking tussen geur en smaak is er bijvoorbeeld gebleken dat sommige geuren een 'zoete' component kunnen hebben. Dit is in eerste instantie vreemd omdat 'zoet' een basissmaak is die niet in de neus, maar in de mond, op de tong, wordt geproefd. Er blijkt dat sommige geuren zo vaak met een zoete smaak samengaan, bijvoorbeeld vanillegeur, dat de geur alleen ook een aspect van de smaak 'zoet' kan krijgen. Nog vreemder misschien is de relatie die 'zoet' met pijn heeft.

Een bijzonder onderzoek op dit gebied is gedaan door John Prescott en collega's. Het is al langer bekend dat een zoete smaak een verzachtend effect kan hebben op pijn. Niet voor niets wordt menig gevallen kind getroost met een snoepje. Ook kan het natuurlijk zijn dat kinderen de zoete smaak van het snoepje leren te associëren met de troost van een ouder. Over wat nu precies wat veroorzaakt kunnen we discussiëren, maar overeind blijft dat een zoete smaak vaak een verzachtend effect op pijn kan hebben. In een ander onderzoek hebben onderzoekers laten zien dat sommige geuren een 'zoet' smaakaspect kunnen bezitten doordat de geur en de smaak als het ware door elkaar gehaald worden. Een geur die in het verleden vaak met een zoete smaak samenvalt, bijvoorbeeld de geur van aardbeien of vanillegeur, blijkt het zoete aspect van deze smaak enigszins te kunnen aannemen. Het gevolg is dat dranken of andere producten met deze geur iets zoeter zullen smaken dan zonder deze geur. Ook blijkt zo'n 'zoete' geur in staat om pijn een beetje te verzachten, net zoals een zoete smaak dat kan.

### ***Kan ik m'n voedsel horen?***

Als ik u gevraagd had welk zintuig het minst belangrijk was bij eten, zou u misschien het gehoor geantwoord hebben. Alhoewel inderdaad niet voor-de-hand-iggend, toch speelt het gehoor een belangrijke rol bij het eten. Als een biscuitje niet op de juiste manier kraakt, dan oordeelt u misschien dat 'ie niet vers is. Wanneer chips niet knisperen zoals u gewend bent, dan denkt u wellicht dat u het verkeerde merk heeft gekocht. U bent het zich niet bewust, maar u luistert goed naar wat u eet.

Er zijn veel voedingsmiddelen die best veel kabaal maken in uw mond. Eet eens een rauwe wortel en u kunt de conversatie niet meer volgen. Ook appels maken veel lawaai. De cellen in dit soort vruchten ploffen stuk wanneer u er in bijt en er verder op kauwt en dat gaat gepaard met kleine explosies die u hoort. Harde, gebakken etenswaar, zoals koek en crackers, breken bij het afbijten en bij het kauwen en al die breuken planten zich voort door het materiaal, met een krakend geluid als gevolg. Er zijn hele wetenschappelijke studies gemaakt van het breken van koekjes en andere voedingsmiddelen in de mond en van de geluiden die dat voortbrengt.

Een ander aspect is het effect van achtergrondgeluid tijdens het eten. Andy Woods en collega's hebben onderzocht of sommige voedingsproducten anders worden waargenomen wanneer je ze eet in een zeer luidruchtige omgeving. Proefpersonen kregen een koptelefoon op met een hoop lawaai en moesten wat eten en een aantal vragen beantwoorden over wat ze van de smaak en de textuur vonden. Het lawaai bleek een groot effect te hebben. Je kunt je voorstellen dat het uitmaakt voor textuureigenschappen als knapperigheid, hardheid en dergelijke, en dat was ook zo. Maar ook de zoetheid en de zoutheid van de producten bleek beïnvloed. Het smaakte allemaal minder zoet en minder zout in een lawaaiige omgeving. De onderzoekers suggereren dat het lawaai als het ware de aandacht van de geur en smaak afleidt. Echter, de eigenschap die iets met geluid te maken heeft – knapperigheid – bleek niet verminderd, maar verhoogd. De producten



werden als knapperiger beoordeeld wanneer ze in het lawaai gegeten werden, dan wanneer ze in rust werden verorberd. Daar heeft de grotere hoeveelheid geluid misschien bijgedragen tot het idee dat het voedsel meer geluid produceerde, waardoor het als knapperiger werd beoordeeld.

Toen dit onderzoek gepubliceerd werd, is het onmiddellijk door de pers opgepikt. De pers legde al snel de link met het eten in een vliegtuig – inderdaad een nogal lawaaiige omgeving (Figuur 32). Het leek erop dat veel journalisten blij waren om eens, wetenschappelijk ondersteund, op vliegtuigvoedsel te mopperen. Andy Woods heeft na publicatie van de resultaten op één dag eens meer dan tien radio-interviews moeten geven.



**Figuur 32** De (Engelse) pers over het onderzoek naar het effect van achtergrondruis op de smaak van voedsel, naar aanleiding van publicatie van een onderzoek naar het effect van geluid op eten.

### Eten in het donker

Er is een aantal speciale restaurants die hun gasten in het pikkedonker bedienen. Zij prijzen hun restaurant aan met de aanbeveling dat je veel meer proeft als je je niet richt op hoe alles eruitziet. Het idee erachter is dat je niet wordt afgeleid door de visuele aspecten van het eten, van de omgeving in het

restaurant, van het personeel, van je gezelschap, etc. Hierdoor zou al je aandacht kunnen gaan naar de geur en smaak en het mondgevoel van het diner. Ik heb zo'n restaurant eens met een aantal collega's bezocht. Het probleem van de bediening hebben ze op een creatieve manier opgelost. Hoe vind je bedienend personeel dat de gasten in het pikkedonker kan voorzien van hun bestelde maaltijden? In het restaurant dat ik bezocht bestond het bedienend personeel uit blinden. Voor hen is het normaal om zonder iets te zien dingen te doen en zij kunnen zonder probleem rondlopen in het donker en de juiste mensen het juiste gerecht voorzetten.

Proef je inderdaad meer als je niet wordt afgeleid door wat je ziet? Ik ervaarde het omgekeerde. Ik proefde minder en ik kan me op dit moment ook niet meer herinneren welke gerechten ik er gegeten heb. Het is zo'n onnatuurlijke situatie waarin je verkeert, waarbij ik me voortdurend bewust was van de kans dat ik zou knoeien en onder de vlekken straks weer buiten in het licht zou stappen. Hierdoor ging al mijn aandacht naar het manipuleren van het voedsel. Heel voorzichtig zoek je je bord en probeer je met je vork en mes delen van het gerecht te vinden en die zonder problemen naar je mond te brengen. Voor mij heeft het 'eating in the dark', niets extra's opgeleverd aan de geur of smaak van de gerechten, wel was het een leuke ervaring en gaf het de mogelijkheid om deze ervaring te vertellen.

Als je je realiseert dat eten gewoonlijk een multisensorische aangelegenheid is, dan snap je dat eten zonder dat je ziet wat je eet een zeer vreemde situatie is. De zaken op je bord zijn in het donker als het ware andere producten geworden. Ze ontberen alle visuele informatie die bij normaal eten een belangrijk aspect van het product is. De claim dat je *beter* proeft kan volgens mij niet gemaakt worden, je proeft wel *anders*. Je merkt ook dat het erg moeilijk is om te herkennen wat je eet. Zonder zicht weet je niet wat je eet. Als iets er niet goed uit ziet zal je het normaal niet eten, maar nu moet je het zonder deze check doen. Onbewust geeft dit mogelijk toch een ongemakkelijk gevoel.

## Psychologische invloeden

Stel je voor dat je in bad zit en daar een kop koffie drinkt. Je ruikt de zeep in het bad, maar je ruikt ook de koffie (Figuur 33). Als je een slok koffie drinkt heb je niet het idee dat je koffie gemengd met zeepwater zit te drinken. Ook realiseer je je niet met een schok dat je je vervolgens met koffie wast in plaats van met zeep. Blijkbaar zijn we in staat deze twee geuren uit elkaar te houden. Dat is eigenlijk vreemd omdat alle moleculen, zowel die uit het mengsel dat koffie is, als die uit het mengsel van geurstoffen uit de zeep, zich in je neus verdringen om geurreceptoren te bereiken. Dat we de geuren uit elkaar houden komt natuurlijk doordat we *weten* dat we niet in koffie baden en geen zeepwater drinken. Dit betekent dus dat onze kennis een effect heeft op hoe we de wereld waarnemen. Wat we waarnemen kan dus nooit een gevolg zijn van alleen de onmiddellijke indrukken die onze zintuigen ons leveren. Die laatste, zintuigelijke, indrukken worden wel aangeduid met 'bottom up'. De psychologische kennis die we, veelal onbewust, aan onze indrukken toevoegen om te komen tot een totaalwaarneming van onze omgeving, noemen we 'top down'.



**Figuur 33** In deze situatie wassen we ons niet met naar koffie-geurende zeep, en drinken we geen zeepwater.

### ***Voorkeuren uit de babytijd***

Naast het feit dat alle zintuigen samenwerken en hun gezamenlijke indruk over de omgeving, waar ook ons voedsel deel van uitmaakt, aan ons doorgeven, bestaat die omgeving ook uit niet direct zintuiglijke prikkels. Vanaf onze geboorte en zelfs al enige tijd daarvoor slaan we informatie uit onze omgeving op. Natuurlijk horen hier ook de prikkels bij waarmee eetsituaties omgeven zijn. Dit is een voortdurend leren dat voor het grootste deel onbewust gebeurt. Enkele van de aspecten die op deze manier deel van ons gaan uitmaken is samen te vatten onder de term cultuur. Deze cultuur levert dus veel achtergrondkennis waartegen waarnemingen worden gedaan. De prikkeling van de zintuigen gebeurt zelden in een prikkelarme omgeving. Zo'n omgeving vinden we alleen maar in laboratoria.

Ook wat we in een vroeg stadium proeven, bijvoorbeeld als baby, gaat deel uitmaken van onze persoonlijke geschiedenis en kan zo een effect hebben op onze voorkeuren later in ons leven. Een mooi voorbeeld hiervan is het onderzoek van Haller en collega's die een verschil vonden tussen mensen die een tomatenketchup met een klein beetje vanille lekkerder vonden dan ketchup zonder en de mensen van wie de voorkeur andersom was. Het bleek dat degenen die een voorkeur hadden voor een, hele lichte, vanillesmaak aan de ketchup vroeger als baby met kant-en-klare babymelk waren grootgebracht die ook een lichte vanillesmaak had. De mensen die als baby moedermelk hadden gedronken vertoonden deze voorkeur niet. Normaal heeft tomatenketchup geen lichte vanillesmaak, dus het kon niet liggen aan een mogelijke gewenning aan deze bijzondere ketchup. Het was dus zeer waarschijnlijk een effect van het drinken van babymelk met vanillesmaak. De mensen die dit betraf hadden overigens zelf geen idee waar het onderzoek over ging en waar hun voorkeuren vandaan konden komen. Uit dit onderzoek blijkt dat hele vroege voedingsprikkels een effect op veel latere voedselvoorkeuren kunnen hebben. Het laat ook zien dat deze voorkeuren niets met bewust leren en zeker niet met het leren van

namen van geuren of smaken, te maken kon hebben. Zuigelingen benoemen immers zeer zelden hun voedsel.

Er zijn veel voorbeelden van dergelijke psychologische invloeden op de geur- en smaakwaarneming.

### ***Effecten van informatie***

In een studie van Gie Liem en z'n collega's naar het reduceren van de hoeveelheid zout in soepen bleek dat de informatie 'Nu minder zout!', gedrukt op de verpakking, tot gevolg had dat men de soep veel minder zout vond smaken dan soep uit een gewoon pak. "Dat verbaast me niets", zult u zeggen. Echter, de soep in deze verpakking verschilde niet in de hoeveelheid grammen keukenzout van de soep uit het gewone pak. De informatie 'Nu minder zout!' heeft dus een effect op wat we proeven. De verwachting 'Het zal dan wel minder zout smaken', heeft blijkbaar tot gevolg dat het ook echt minder zout smaakt. Los van de hoeveelheid zout die in de soep opgelost zit.

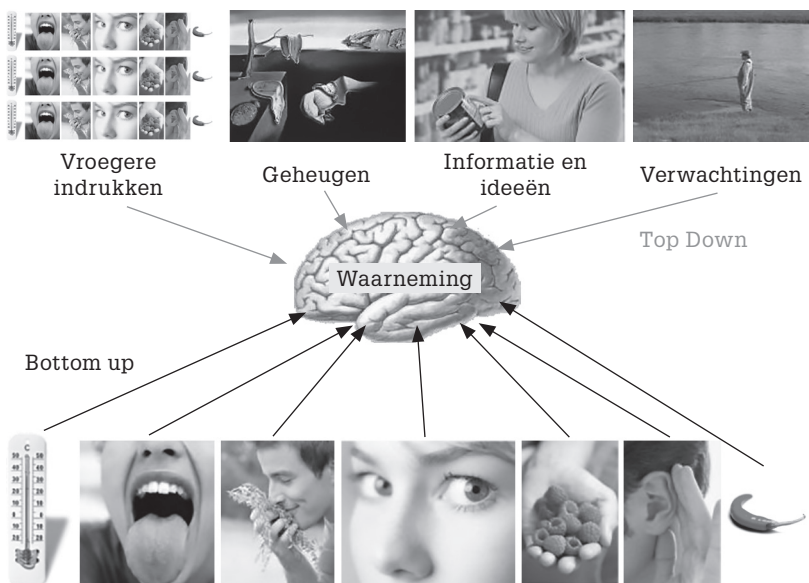
Een andere studie laat zien dat dit zelfs in de hersenen aantoonbaar is. Dezelfde Andy Woods van het vliegtuigvoedsel gaf mensen verdunde jus d'orange te drinken terwijl ze in een hersenscanner lagen. Wanneer de onderzoekers erbij vertelden dat ze "iets heel zoets" gingen proeven was dit in de smaakhersenen te zien. Vergeleken met de mededeling "U gaat gewone jus d'orange proeven", was er meer activiteit in de smaakhersenen zichtbaar. Het ging hier om de primaire smaakcortex, een deel van de hersenen waar de smaakprikkelers binnenkomen, maar wel een deel dat als het ware nog relatief dicht bij de tong staat. De proefpersoon kan blijkbaar op grond van deze hersenactiviteit geen verschil merken tussen een jus d'orange die meer suiker bevat, of één die gepaard gaat met alleen de mededeling "U gaat iets heel zoets proeven". Deze informatie verandert blijkbaar echt de smaak van de jus d'orange. Door middel van deze eenvoudige manipulatie bleken de onderzoekers in staat om de werkelijkheid van de proefpersonen – namelijk dat wat ze proeven – te

veranderen. In dit geval smaakte de jus d'orange dus écht zoeter zonder dat er meer suiker of zoetstof aan te pas kwam.

In een onderzoek van Ivan De Araujo en z'n collega's kregen mensen een geurstof te ruiken. De ene groep kreeg te horen dat het om een kaasgeur ging (Cheddar), een andere groep werd verteld dat ze een lichaamsgeur te ruiken kregen. In werkelijkheid kregen ze precies dezelfde geurstof onder hun neus. De proefpersonen vonden de geur veel aangener wanneer ze dachten dat het kaas was dan wanneer ze dachten dat ze lichaamsgeur roken. Wat dit onderzoek extra interessant maakt is dat de onderzoekers ook de hersenactiviteit van de proefpersonen bekeken met fMRI. Daar bleken bepaalde gebieden in de hersenen meer activatie te vertonen wanneer de proefpersonen dachten dat ze 'kaasgeur' roken dan wanneer ze dachten dat het 'lichaamsgeur' was.

Wat deze onderzoeken laten zien is dat de hersengebieden die normaal actief zijn bij het ruiken van geuren dus onder invloed staan van andere informatie. Dit levert een extra aanwijzing voor het feit dat onze waarneming niet alleen afhangt van de prikkeling van onze zintuigen, maar wel degelijk ook van de ideeën en de kennis die we over onze omgeving hebben. Verwachtingen kunnen een sterk effect hebben op wat we proeven en ruiken.

De informatie die we over wat we eten of drinken hebben ontvangen, of de ideeën die we erover hebben bepalen dus voor een groot deel wat we uiteindelijk proeven. Dit is niet zomaar een marginaal effect of een vergissing die we maken, of een gevolg van het feit dat we misschien afgeleid zijn van het proeven. Deze zogenaamde 'top down'-informatie heeft een werkelijk effect op wat we waarnemen, het maakt deel uit van onze werkelijkheid. Of, zo je wilt, het verandert de werkelijkheid. Met bepaalde informatie smaken de dingen echt anders dan zonder die informatie (zie Figuur 34).



**Figuur 34** Waarneming is altijd een samenspel van *bottom up* (zintuigen) en *top down* (psychologische) processen.

Dit illustreert ook nog maar eens dat de chemie van voedingsmiddelen en dranken slechts een beperkt deel uitmaakt van de smaak ervan. Dit is in tegenstelling tot wat veel mensen denken, namelijk dat geur en smaak om chemie gaat. Het blind proeven van producten (zonder dat je iets over het product weet) is eigenlijk een hele vreemde bezigheid. Geen normaal mens – behalve mensen zoals ik, wiens vak het is – zal regelmatig producten proeven en daarbij de context zoveel mogelijk verwijderen. Echter in veel onderzoek naar de geur en smaak van voedingsmiddelen gebeurt dit nog steeds. Verbaast het u dat veel nieuwe voedingsmiddelen na hooguit één of twee jaar van de schappen verdwijnen omdat de consument ze niet lekker vindt?

Er is natuurlijk wel een nut voor dit blind proeven, maar dan zie je de proevers eigenlijk als een soort machine. Een menselijke machine die heel erg goed is in het proeven, ruiken en (mond)

voelen, van voedingsmiddelen. Groepen van tien tot twintig van zulke proevers, zogenaamde 'sensorische panels', bewijzen de ontwikkelaars van voedingsmiddelen een grote dienst door hun gevoeligheid. De informatie die zulke sensorische panels genereert kan bij het ontwikkelen van voedingsmiddelen van groot belang zijn, bijvoorbeeld om te weten te komen of een nieuw ingrediënt afwijkingen in de smaak veroorzaakt, of om uit te vinden wat een nieuwe productiemethode voor effecten kan hebben op specifieke smaakeigenschappen. De mensen in deze panels worden speciaal geselecteerd en getraind, maar ze zullen nooit worden ingezet om uitspraken over 'lekker' te doen. Althans, hierover zullen ze geen zinvolle informatie kunnen leveren. Zij proeven wel blind, maar zij zijn, in hun afzonderlijke proefhokjes in het laboratorium onder gecontroleerde temperaturen en lichtomstandigheden zeer ver verwijderd van de alledaagse omstandigheden waaronder gewone consumenten hun producten kopen, bereiden en eten (zie Figuur 35).



**Figuur 35** Proever in een sensorisch panel, proevend in het sensorisch laboratorium van de onderzoeksgroep 'Food Design and Consumer Behaviour', van de Universiteit van Kopenhagen. (Foto's: Lennart Søgård-Høyer, [www.food.ku.dk](http://www.food.ku.dk).)



### ***Effecten van de directe omgeving***

Naast de informatie en ideeën over de producten speelt ook de directe omgeving een grote rol in wat we proeven. Velen van ons zijn na een heerlijke zonnige vakantie in Italië teruggekomen met een aantal flessen van de lekkerste wijn die we ooit geproefd hadden. Thuisgekomen echter bleek deze wijn eigenlijk niet zo veel bijzonders. Hoe kan dat toch? Is die wijn zo snel verslechterd? Nee, het komt door de psychologische invloeden, de top down effecten op de waarneming. De omgeving, het weer, het ontspannen gevoel, ze waren in Italië allemaal anders. De wijn is misschien wel het enige dat niet veranderd is, dat wil zeggen, de chemische samenstelling is dezelfde gebleven. Verder is thuis echt alles anders dan tijdens de vakantie in Italië, inclusief dus uiteindelijk ook de smaak van de wijn.

De afgelopen tien jaar is er veel onderzoek gedaan naar hoe alle zintuigen samenwerken en hoe ze elkaar beïnvloeden. Dit is ook gedaan in de context van eten. De vorm van het bord, de kleur van het eten, de positie van de maaltijdcomponenten op het bord, de inrichting van een restaurant, het gezelschap aan tafel, de muziek die er klinkt, u kunt het zo gek niet bedenken of het heeft mogelijk een effect op hoe u het eten vindt smaken.

In zijn restaurant 'The Fat Duck' heeft de chef Heston Blumenthal eens een gerecht met zeevruchten geserveerd waarbij hij z'n gasten een koptelefoon opzette. Door die koptelefoon hoorden de gasten het geluid van de zee. Er wordt beweerd dat het gerecht veel lekkerder was dan zonder de geluiden. De zee-geluiden versterkten als het ware de zoute smaak die bij het zeevruchtengerecht hoorde. Of dit nu een correct wetenschappelijk onderzoek is geweest valt misschien te betwijfelen, maar het is een mooi verhaal. Het illustreert goed dat geluid wel degelijk een effect kan hebben op de smaak, zoals Andy Woods en collega's ook in hun studie met de achtergrondruis hebben aangetoond.

Er is nog een studie waar een duidelijk effect van muziek is aangetoond. Weliswaar gaat deze studie niet direct over

eten of drinken, maar over de aankoop van wijnen. Het gaat dus bijna over eten en drinken. In een supermarkt waar Duitse en Franse wijnen verkocht worden werd soms typisch Duitse muziek (blaaskapel) of typisch Franse muziek (musettes) als achtergrondmuziek ten gehore gebracht. De verkoopcijfers lieten zien dat er bij Duitse muziek meer Duitse wijnen werden verkocht en bij Franse muziek meer Franse. Blijkbaar liet het wijnkopende publiek zich, zonder dat ze het in de gaten hadden, inspireren door het soort muziek dat er in de winkel ten gehore gebracht werd. Als je de wijnkopers achteraf vroeg of ze zich bewust waren van de mogelijke invloed van de muziek in de winkel, ontkenden ze enige invloed. Misschien hadden ze het zelfs niet eens bewust gehoord.

Een ander onderdeel van de directe omgeving waarin we eten wordt natuurlijk gevormd door het bord waarvan we eten, het bestek waarmee we eten, de glazen waaruit we drinken, enzovoort. Onderzoekers aan de Universiteit van Oxford, in het 'Crossmodal Research Laboratory' onder leiding van prof.dr. Charles Spence hebben veel onderzoek gedaan naar dit soort aspecten en hoe deze van invloed zijn op wat er geproefd wordt. In het boek *The Perfect Meal: The Multisensory Science of Food and Dining* zetten ze veel van hun bevindingen op een rij.

## Eetgedrag

Eten is natuurlijk het in de mond stoppen van allerlei eetbare zaken. Dit kan een appel zijn, net van de boom geplukt, een dikke vette regenworm, of een complete Indische rijsttafel. In de kern is alle eetgedrag hetzelfde: we pakken iets en we stoppen het in onze mond. Daarna kauwen we erop, en op een bepaald moment slikken we het door. Dan is het een onderdeel van ons lichaam geworden. Er wordt energie uit gehaald en bouwstenen om ons lichaam te onderhouden of te zorgen voor groei.

Vlak voordat we het eetbare in onze mond stoppen ruiken we dat wat we gaan eten. Maar daarvoor nog hebben we het al gezien en soms zelf geplukt, geoogst of gevangen. Bij mensen komt het nog maar zelden voor dat we zelf ons maal moeten verzamelen, of we moeten winkelen als een moderne vorm van verzamelen gaan zien. Zeker in de westerse wereld is overal en altijd goed, smaakvol en veilig voedsel verkrijgbaar. Dat is ook voor een deel de reden van het feit dat we hier gemiddeld te dik zijn met z'n allen. Het is misschien wel te gemakkelijk geworden om aan eten te komen. Ons lichaam is voor een groot deel nog het lichaam van de oermens die zelf achter z'n maaltje moest aanrennen. In ieder geval zijn onze voorkeuren nog steeds die van oermannen of oervrouwen. We houden van vet, dit vinden we vrijwel zonder uitzondering vanzelf lekker. Denk maar aan volvette yoghurt of melk, die is lekkerder dan de magere varianten. Denk aan room. Veel sauzen in restaurants smaken zo goed – soms beter dan thuis –, voor een belangrijk deel omdat ze met slagroom bereid zijn. We houden van zoet. Je kunt een kind, en menig volwassene, een groot plezier doen met een zoet snoepje. Lekkerder nog zijn koekjes, of taart, een combinatie van zoet en vet. De oermens in ons 'denkt' nog steeds dat hij een voorraad energie moet aanleggen en zal daarom altijd geïnteresseerd zijn in het consumeren van vette en zoete producten.

We houden ook van zout. We hebben een fysiologische behoefte aan zout. Het is nodig om vitale lichaamsfuncties op peil te houden. We krijgen er inmiddels gemiddeld wel veel te veel van binnen. Ook deze voorkeur voor zout zit nog in ons systeem geprogrammeerd.

Wanneer we ons voornemen om onze vet-, suiker- en zoutinname te minderen, trekken we ten strijde tegen een systeem dat ons gedurende de afgelopen tienduizenden jaren heeft geholpen te overleven. Als de overconsumptie zo doorgaat helpt het ons misschien ook wel met uitsterven.

### **Heerlijk overeten**

Natuurlijk zijn er toch ook wel veel van ons succesvol in het matig nuttigen van vet, suiker en zout. We kunnen het onszelf wel aanleren, al kost het enige moeite. Na enige tijd kan het vanzelf gaan, we hebben onszelf dan aangeleerd andere dingen net zo lekker – of lekkerder – te vinden. De afvalindustrie (hierbij doel ik op diëten en hun goeroes, niet op de verwerking van vuilnis – al is het misschien een aardige vergelijking) vaart hier wel bij. Uiteindelijk komen alle diëten neer op een eenvoudig sommetje. Wanneer er meer binnenkomt (energie in de vorm van vet en suiker) dan eruit gaat (energie besteed aan beweging), dan komt u aan. De eenheid waarin we dit bij kunnen houden is de calorie, en het tellen ervan is een aardige oefening voor wie niet wil aankomen. Wanneer we elke dag 1 gram meer binnenhouden dan we verbranden, komt u in drie jaar ongeveer een kilo aan. Over een leven kan dit gemakkelijk oplopen tot 10 kilo en dat is precies wat je veel ziet gebeuren bij de mens van middelbare leeftijd. Deze aantallen zijn niet schrikbarend, maar bij veel mensen gaat het aankomen helaas veel sneller en gemakkelijker en het afvallen zeer langzaam en zeer moeizaam.

Er is dus een hele industrietak ontstaan die zich met afvallen bezighoudt. Elk jaar komt er wel een nieuwe methode op de markt, waar iemand wellicht goed aan verdient en waardoor er hopelijk ook veel mensen succesvol, en blijvend, afvallen. Iedereen zal zijn of haar eigen voorkeur hebben en baat hebben bij een andere benadering. Voor de koele rekenaars onder ons is er een geruststelling: het eenvoudigweg tellen van de calorieën die je inneemt is waar het uiteindelijk allemaal op neerkomt.

### **Cultuur**

In de film *Pulp Fiction* is er een leuke scene waarin Vincent Vega (gespeeld door John Travolta) aan Jules Winnfield (Samuel B. Jackson) vertelt over zijn recente ervaringen in Amsterdam. Het meest bijzondere dat hij kan vertellen gaat niet over het ‘red

light district', of over de 'coffee shops', maar over friet. Vooral het feit dat wij er mayonaise op doen heeft hem met verbazing vervuld: "Really, they drown 'm in the stuff. Yuck!", kan Vincent alleen maar uitroepen, met een van walging vertrokken gezicht. Het dopen van onze patatjes in mayonaise is blijkbaar een nogal plaatselijke uiting van onze culinaire cultuur. In de USA roept dat wat wij zo gewoon vinden en waar we vermoedelijk niet eens bij nadenken blijkbaar gevoelens van walging op. Zelf zat ik op een congres over geur ooit bij het ontbijt naast een Amerikaan die voor zichzelf het volgende, voor mij zeer vreemde, ontbijt prepareerde. Ik zag hem een hardgekookt ei pellen en dat in een leeg kopje doen. Daarbij gooide hij enkele klodders mayonaise en ging het geheel met z'n vork prakken tot het een egale massa was geworden. Dit lepelde hij vervolgens uit het kopje en verorberde het met smaak.

Wat wij in onze omgeving allemaal onbewust oppikken gaat deel uitmaken van onze culturele bagage. Dit is soms zo vanzelfsprekend dat wij ons oprecht kunnen verbazen over mensen van andere culturen. Wij vinden dat zij zich wel erg vreemd gedragen, maar we vergeten dat zij precies hetzelfde van ons zullen vinden. In het culinaire vlak zijn dit vaak zaken waar we overheen kunnen stappen. Wij eten in het Westen met smaak de meest uiteenlopende internationale gerechten. Sommige gerechten gaan ons hier nog wel te ver, op het eten van ingewanden en insecten rust nog een soort taboe.

Op andere gebieden leiden verschillen in culturele achtergrond tot soms ernstige misverstanden, denk bijvoorbeeld aan het dragen van hoofddoekjes of het verbod op handenschudden tussen mensen van verschillend geslacht. Wij kunnen ons soms maar moeilijk voorstellen dat dat de culturele norm kan zijn, maar bedenk dat u ook maar uit een bepaalde cultuur komt. U heeft uw waarden ook maar geleerd en uit uw omgeving opgepikt, net zoals alle andere mensen dat hebben gedaan.

### ***Entomofagie: liever eten zonder te weten***

De afgelopen jaren zijn er regelmatig artikelen over insecten als voedsel verschenen in een aantal landelijke dagbladen. Het is duidelijk dat de wereldbevolking in de toekomst niet gevoed kan worden als het huidige consumptiepatroon hetzelfde blijft. De productie van vlees is niet duurzaam, alternatieve bronnen van eiwit zullen nodig zijn. Insecten worden al jaren voorgesteld als een goed alternatief. Een van de problemen is de acceptatie van insecten als voedsel. In grote delen van de wereld rust er een cultureel taboe op het eten van insecten. Voorstanders van het gebruik van insecten als normaal voedingsmiddel zijn al jaren actief, bijvoorbeeld met het publiceren van speciale recepten voor larven, sprinkhanen of mieren. Zij zijn ook actief in de media met mooie plaatjes van gerechten met zichtbare meelwormen of kevers. Op deze manier verdwijnt ons culturele taboe natuurlijk nooit. Vrijwel iedereen heeft een leven lang geleerd om dat kruipend ongedierte te vermijden en te verdelgen.

Toch zijn insecten een goed alternatief, maar om ze zichtbaar in producten te verwerken of om expliciet te adverteren dat er insecten in zitten is geen goed idee. Insecten kunnen zonder probleem in grote aantallen worden gekweekt in tanks, worden gefermenteerd of gefractioneerd, of wat er ook nodig is om er veilig voedsel van te maken. Ze moeten vooral niet zichtbaar worden geadverteerd in de producten. Je kunt ze gewoon als nieuw ingrediënt introduceren, wel netjes aangegeven op het ingrediëntenlabel natuurlijk. Op deze manier blijft het een min of meer abstract ingrediënt. Dit zal veel minder weerstand oproepen dan het zien van dezelfde beestjes die je in je huis en tuin vaak fanatiek bestrijdt.

Er zijn culturen waar het eten van insecten normaal is. Alleen in de westerse culturen is er blijkbaar een soort taboe ontstaan rond het eten van insecten. Dat maakt het dus moeilijk om de westerse consument zover te krijgen insecten als voedingsmiddel normaal te gaan vinden. Er liggen tegenwoordig al wel een soort 'insectenburgers' bij de Jumbo-winkels in

het schap. Niets in die producten wijst op het feit dat er een van insecten afkomstig ingrediënt in zit, behalve natuurlijk de tekst op de verpakking. Deze relatieve onzichtbaarheid is misschien ook wel een voorwaarde voor de groeiende acceptatie van insecten als voedingsmiddel. De Wageningse hoogleraar Marcel Dicke is al jaren bezig om insecten op het menu te krijgen. Volgens hem bevatten ze gezonde vetten en mineralen en zijn ze een heel goede bron van eiwitten. Ook geldt er nauwelijks een dierwelzijnsprobleem en kunnen insecten veel efficiënter dan normaal vlees worden gekweekt. Dicke heeft ook meegewerkt aan 'Het insectenkookboek'. Helaas gaat dat boek in tegen wat ik beweert over het vergroten van de acceptatie van insecten als voedingsmiddel. Veel van de plaatjes in dat boek doen mij naar de spuitbus met verdelger grijpen.

Om insecten als voedingsmiddel geaccepteerd te krijgen moeten we ophouden om ze zo te presenteren dat we ze duidelijk herkennen als ongedierte. We moeten ze zonder veel tamtam invoeren als een nieuw ingrediënt dat toevallig van insecten afkomstig is.

## **Gezondheid is een ander vak**

De gezondheidsaspecten komen in dit boek nauwelijks aan bod. Over de gezondheid van voedsel wordt erg veel gepubliceerd. Voeding en gezondheid is niet mijn vak, al weerhoudt een gebrek aan achtergrondkennis veel schrijvers van populaire boeken op dit gebied er niet van hun ideeën over gezond eten te publiceren. Er zijn evenveel meningen als er schrijvers over zijn. Degenen met een goede staat van dienst, bijvoorbeeld door er zelf zeer veel onderzoek naar gedaan te hebben, delven soms het onderspit door de media-aandacht voor weer een nieuw boek over eten en gezondheid. Als je het een beetje bijhoudt weet je niet meer wat je moet geloven: vroeger was suiker gewoon lekker zoet, vandaag is het volgens sommige auteurs gif en, wie

weet, morgen zal het volgens weer anderen misschien wel kanker kunnen genezen.

Het eten van gezonde producten is een ingewikkelde zaak. Zogenaamd gezonde ingrediënten moeten in het lichaam nog wel de juiste plekken bereiken om enig effect op onze gezondheid te kunnen hebben. De inname van speciale 'gezonde' producten – wat het ook mag zijn dat de laatste mode op dit gebied voorschrijft – is vaak niet genoeg. Wanneer die ingrediënten het lichaam gewoon ongebruikt passeren heeft het natuurlijk geen zin. De wetenschap die zich bezighoudt met hoe stoffen zich in het lichaam gedragen, hoe ze interacties met andere stoffen aangaan en waar ze wel en niet terecht komen is zeer ingewikkeld. Te ingewikkeld vaak om eenvoudige algemeen geldige gezondheidsregels te formuleren. Dit heeft natuurlijk tot gevolg dat er zoveel meningen over gezondheid bestaan. Zeer weinig schrijvers hierover zullen een compleet overzicht hebben over alle aspecten van gezondheid, dus zullen we tot in lengte van dagen bestookt blijven worden door eetgoeroes met bijzondere diëten, die altijd wel voor een aantal mensen zullen werken. Deze mensen worden enthousiast en zullen hun succes verkondigen. De mensen die het dieet of de goeroe zonder succes hebben gevolgd hoor je er niet meer over. Het gevolg is dat elk denkbaar dieet een zichtbare aanhang zal vergaren en natuurlijk ook een – weliswaar onzichtbaar – percentage mislukking kent. De eerste groep zorgt soms voor een groot economisch succes voor de gelukkige dieetbedenker of schrijver. Het is hun gegund, zolang ze maar niet gaan denken dat ze boven deze economische wet staan, hun verhaal het enige juiste is en een Messias-achtige status aannemen.

Gezondheid is nooit een kwestie van een specifiek product of een enkele productgroep, maar van een levensstijl. Daar hoort ook beweging bij en misschien ook wel een gezonde geestelijke houding. Een houding waardoor je je niet te druk maakt over allerlei zaken, zodat je je stress vermindert.



### ***Van voedsel naar eten, van productie naar gedrag***

Ons collectieve ongezonde eetgedrag houdt de gemoederen flink bezig. Maar het is dan ook een erg ingewikkeld probleem. Om te beginnen kan geen enkel voedingsmiddel op zich als duidelijk gezond of ongezond worden aangemerkt. Het is de levensstijl die gezond of ongezond is. Je levensstijl maakt je op een gegeven moment tonnetjesronde, of kluistert je vroegtijdig aan een ziekenhuisbed. Af en toe een zak patat-met en een fles zoete frisdrank kan natuurlijk geen kwaad, zolang dit niet het hoofdbestanddeel van je dieet vormt. Regelmatige sportieve beweging, of gewoon met de fiets naar je werk, vormt een andere component van een gezonde levensstijl. De schijf van vijf, afwisselend eten en regelmatig bewegen, het klinkt saai en ouderwets maar het werkt wel.

Het wordt ons soms wel erg gemakkelijk gemaakt en het is zeer verleidelijk om te veel eten tot je te nemen, via producten die je meer calorieën opleveren dan je met je beweging zult verbranden. Als dat te lang gebeurt krijg je gezondheidsproblemen. De overheid kan haar ogen niet sluiten voor het feit dat dit bij een groot deel van de bevolking op dit moment gebeurt. De eerste verantwoordelijkheid van de overheid is het welzijn van haar burgers, terwijl haar begroting natuurlijk ook moet blijven kloppen.

De verantwoordelijkheid van de voedingsmiddelenindustrie is een andere. Zij houden veel mensen aan het werk door te zorgen voor continuïteit van hun bedrijf en zij moeten zorgen voor winst. Ook hebben zij een verantwoordelijkheid om hun consumenten niet te overvoeren, want dan heb je op een bepaald moment geen consumenten meer over. Maar toch heeft dit misschien niet hun eerste interesse. Voor de overheid moet dit wel het belangrijkste zijn. Als burgers zich niet meer kunnen weren tegen het gemak en de verleidingen om meer te eten dan goed voor ze is, dan is de overheid verplicht hier wat aan te doen. Al is het maar om de begroting op termijn sluitend te krijgen doordat de bevolking in staat blijft om de economie aan de gang houden.

Het tegenwoordig zo populaire 'nudgen' is een instrument om gedrag te sturen. Dit kan zowel op consumenten als op ondernemingen worden toegepast. De laatste laten zich traditioneel nudgen door financiële maatregelen, de eersten door reclame en marketing. Alleen blijkt die marketing afkomstig van de industrie beter dan die van de overheid. Voorlichtingscampagnes van de overheid blijken niet zo effectief, reclame door de industrie wel. Natuurlijk is dat laatste ook gemakkelijker omdat zoete en vette producten nu eenmaal een voorsprong hebben. We vinden ze ook zonder reclame al lekker. Ze niet eten, wat de overheid zou willen promoten, gaat tegen onze natuurlijke neigingen in. Toch weten we nog onvoldoende over het voedselkeuzegedrag van consumenten onder uiteenlopende omstandigheden. Er is hier gewoonweg een onderzoeksachterstand. Er is al tientallen jaren, feitelijk begon dit al na de tweede wereldoorlog, zeer veel geïnvesteerd in voedselproductie. Deze traditie is nog lang voortgezet, ook toen de bevolking al lang geen honger meer leed. Kijk maar naar de bolwerken van het Nederlands voedingsonderzoek, daar bevindt zich veel meer landbouwkennis en voedseltechnologische expertise dan gedragsonderzoekscapaciteit. Er wordt daar meer onderzoek gedaan naar het produceren van voedsel dan naar het kiezen ervoor door consumenten. Deze landbouwkundige kennis is ook een belangrijk exportproduct geworden wat goed voor onze Nederlandse economie is. De gezondheid van onze bevolking moet daar niet onder gaan lijden, meer geld voor onderzoek naar de psychologie van de voedselkeuze zal op langere termijn goed voor iedereen zijn en de op deze manier opgedane nieuwe psychologische kennis kan ook een Nederlands exportproduct worden.

In de industrie is de situatie vergelijkbaar al hebben die met hun enorme budgetten voor marketing een flinke voorsprong. Echter, hun onderzoeksresultaten zijn lang niet allemaal openbaar en ook daar zijn er kennislacunes, die duidelijk zichtbaar worden door het feit dat in sommige voedselmarkten 70% van

de nieuwe producten binnen een jaar uit de schappen verdwijnt doordat de consument ze niet blijft.

De beslissingen over landbouw, voedselproductie en over nieuwe producten voor de consument worden veelal ingegeven door technologische argumenten en nog vaak gemaakt door bestuurders met een landbouw- of voedseltechnologische achtergrond. De gespecialiseerde gedragswetenschappers die in dit krachtenveld iets in de melk te brokkelen hebben zijn moeilijk te vinden.

Er is een paradigmaverschuiving nodig en daar kan de overheid bij helpen. De overheid zou kunnen inzetten op grootschalig gedragswetenschappelijk onderzoek naar eetgedrag. Dit zou ik in eerste instantie loskoppelen van industriële toepassingen. Neem als overheid de verantwoording voor de onderzoeksvragen en de resultaten. Vertrouw niet meer op technologie-push, maar stuur met de bevindingen van het gedragsonderzoek het voedselbeleid aan. De voedselproductietechnologie kan wel even pas op de plaats maken, ze kan het met de onderzoeksvoorsprong die ze heeft heus wel volgen. Productie is wellicht ook meer een zaak van de industrie dan van de universiteiten en onderzoekscentra. Enige herverdeling van overheidssubsidies zal hier op langere termijn zeker vrucht afwerpen.

## **Lekker is emotie**

Iedereen zal het ermee eens zijn dat lekker eten alles te maken heeft met emotie. Over emoties zijn bibliotheken volgeschreven. Ik wil daar met dit boek nu geen bijdrage aan leveren. Een van de belangrijke ideeën over emoties is dat het de belangrijkste motivatoren zijn voor gedrag. Je kunt gedrag grofweg in twee soorten indelen. Een is het gedrag dat ons ergens op af stuurt. Psychologen noemen dit 'approach'(toenaderings-)gedrag. In tegenspraak hiermee staat het 'avoidance' (vermijdings-)gedrag. Bij dit gedrag is er de motivatie om je van de prikkel te

verwijderen. Bij het eten gaat het over het eten of gegeten worden. Nu worden wij zelf nauwelijks meer gegeten, maar in een evolutionaire context gezien, ging het bij de onze verre voorouders natuurlijk wel degelijk over eten of gegeten worden. Als je iets zag of rook dat op een prooi wees dan moest je onmiddellijk erop af om jezelf van een maaltijd te kunnen voorzien. Als je een wild dier rook of zag dat jou wel eens voor zijn maaltijd zou kunnen aanzien kon je je maar beter verstoppen of uit de voeten maken. Deze twee fundamentele gedragingen ('erop af' of 'wegwezen') vormen de basis voor een emotietheorie die van twee basisemoties uitgaat: toenadering of vermindering. In de context van eetgedrag kunnen we deze emoties respectievelijk 'lekker' ("Hier wil ik wel meer van eten") en 'vies' ("Bah, het liefst zou ik dit willen uitspugen") noemen.

## Zin en onzin over voeding

Ons voedsel in Nederland, en over het algemeen in de westerse wereld, is nog nooit zo veilig geweest als nu. Waarom denkt u dat we steeds maar ouder worden? Nog niet zo heel lang geleden was je met 75 jaar al zeer bejaard. Nu begint meniggeen op z'n 75<sup>ste</sup> aan een tweede – of derde – jeugd. Veel mensen koesteren een romantisch ideaal ("Vroeger was alles toch veel beter en lekkerder"), maar veel van deze zelfde mensen hadden nu echt niet meer geleefd indien de stand van de medische wetenschap en de voedingswetenschap, zo was als honderd jaar – of zelfs maar vijftig jaar – geleden.

Er is een beweging 'voeding van onze voorvaderen', die ernaar lijkt te streven om net zo te eten als onze verre voorouders. Sommigen gaan erg ver terug, zij spreken over de oermens als mensen die gezond en natuurlijk aten. Dat kan zo zijn, maar een oermens van 50 was hoogbejaard. Deze mensen werden heus geen 80.

Er is een romantische roep naar 'authentiek' en 'natuurlijk' voedsel. Deze begrippen betekenen voor iedereen iets anders. Voor sommigen betekenen ze dat voeding zo weinig mogelijk bewerking mag ondergaan. In extreme vormen geldt voor hen: hoe rauwer hoe beter. Naast dat veel rauw eten onsmakelijk is, is het soms niet goed voor onze spijsvertering, nemen we de belangrijke – en gezonde – componenten eruit zeer slecht op of ontstaan er misschien andere gezondheidsrisico's.

'Natuurlijk' betekent voor sommige mensen dat het ver moet blijven van alles wat ook maar enigszins op professionele of grootschalige productie lijkt. Het ideaal vinden sommige aanhangers van dit gedachtengoed eigen gekweekte groenten. Er is veel te zeggen voor het eigen moestuintje, het is een leuke hobby. Maar het hoeft niet vanzelf gezonder te zijn dan de grootschaliger geproduceerde groenten. Ik moet de 'natuurlijke' groentetuinhobbyist die z'n grond heeft geanalyseerd op het voorkomen van zware metalen of andere ongewenste stoffen nog tegenkomen.

Regelmatig wordt beweerd dat sommige toevoegingen verslavend zijn. Onlangs viel suiker deze eer weer eens te beurt. Echter een recente studie aan de Universiteit van Utrecht heeft laten zien dat dit niet het geval is. Suiker is weliswaar belonend, we vinden het altijd lekker, maar het verandert niet de hersenen zoals echte verslavende stoffen dat doen. Wanneer we een tijdje minder, of zelfs geen, suiker krijgen gaan we niet stelen om het te kunnen krijgen en ook beroven we geen andere mensen van hun snoep. Veel echte verslavende drugs blijken tot onverschillig gedrag te leiden, suiker doet dit dus niet. Het is waar dat we graag meer suiker eten, maar dat gaat niet gepaard met ernstige lichamelijke veranderingen, noch met crimineel gedrag. Dat we graag (te) veel suiker tot ons nemen komt doordat we het erg lekker vinden. Dit is een biologisch gegeven. Toegegeven, veel voedingsproducenten buiten dit uit, dit is een economisch gegeven. We kunnen hun natuurlijk wel de schuld geven van het feit

dat we zo gemakkelijk aan onze suiker komen en er te dik van worden. Maar dit is in feite een erkenning van ons eigen onvermogen om nee te zeggen tegen lekkere zoete zaken. Misschien is de kreet dat suiker verslavend is een verholde roep om overheidsingrijpen. Hiermee betreden we echter een politieke arena die ik in dit boek liever links laat liggen.

U proeft het reeds, ik ben geen aanhanger van de idee dat ons moderne, massaal geproduceerde voedsel ongezond is. De voedingswetenschap is er voor een belangrijk deel verantwoordelijk voor dat we in het Westen gezond leven en gezond oud worden. Natuurlijk zijn er uitwassen en bestaan er welvaartsziekten. Deze zijn voor een deel terug te voeren op commerciële belangen van sommigen, maar toch ook op ons eigen gedrag.

Soms is het ronduit grappig om hierover te praten met sommige – soms fanatieke – aanhangers van dit modieuze romantische gezondheidsdenken. Ze beweren de meest fantastische zaken over hoe ongezond sommige producten zijn, terwijl ze hun biertje drinken en nog een sigaret opsteken...

### ***Nocebo's en jeuk***

Er lijken de laatste jaren meer en meer voedingsgerelateerde ziekten, allergieën en overgevoeligheden bij te komen. Iedereen kent wel mensen die bepaalde ingrediënten mijden. Natuurlijk zijn er de 'echte' allergieën en overgevoeligheden. Deze mensen weten precies wat ze wel en niet kunnen eten, en die hoor je er eigenlijk zelden over. Er is een veel grotere groep die te koop loopt met hun – vermeende – overgevoeligheid en graag hun kennis hierover en de bijbehorende kwaaltjes in gezelschap ventileren. Ik beweer niet dat dat allemaal aandachtszoekers zijn. Ik denk dat de meerderheid echt kwaaltjes heeft, maar het ontstaan ervan is waarschijnlijk niet te herleiden tot medische oorzaken. Deze mensen zijn het slachtoffer van nocebo's. Het begrip placebo is bij veel mensen bekend. Het is een biologisch inactieve stof die toch effectief blijkt. Een pil zonder inhoud kan, als de ontvanger gelooft dat er iets gebeurt, toch een positief medisch effect

hebben. Een nocebo is hetzelfde, alleen met een negatief effect. Mensen kunnen echt ziek worden van een inactieve stof.

Hoe werkt dit nu bij die kwalen die veel mensen toeschrijven aan bepaalde ingrediënten? Gluten liggen nu in het bijzonder onder vuur, laten we deze als voorbeeld nemen. Er worden op het moment veel meer glutenvrije producten gekocht dan dat de allergische personen (bijvoorbeeld met coeliakie) die medisch geregistreerd zijn zouden kunnen verorberen. Toch beweren de meeste mensen die glutenvrije producten kopen dat ze zich echt niet lekker voelen wanneer ze gluten eten. Ik geloof dat dat ook zo is. Gluten, of de informatie dat ze gluten eten, werkt bij hen als een nocebo. Dezelfde mechanismen kunnen werken voor kunstmatige zoetstoffen, of E-nummers, of elke ander ingrediënt waar iemand z'n aandacht maar op wil richten. Hoe kan dit nu?

*Gaat u een tijdje rustig stil op uw stoel zitten. Ik beweer dat ik u jeuk kan bezorgen, via deze zinnen die u nu in dit boek leest. Let u eens op uw linkerbeen, probeer dat eens bewust te voelen. Voelt u ook die lichte kriebel op uw kuit?... Ga met uw gedachten eens naar die kuit en voel eens goed wat daar allemaal gebeurt.... Doe nu hetzelfde eens met uw achterhoofd. Probeer goed te voelen hoe de haren er zitten.... Begint het al te kriebelen? Als er nog niets gebeurt, denk dan eens aan een kluwen kleine krioelende beestjes. Beestjes te klein om te zien, maar u kunt ze wel voelen. In uw bed bijvoorbeeld zitten vele van die enge kleine mijten. Als u uw bed een tijd niet verschoont zit het er vol mee en zullen ze ook op uw lijf zitten. Bijvoorbeeld op uw kuit, of in uw haar... Blijft u nu nog een tijdje rustig op uw stoel zitten, denk aan uw kuit of uw achterhoofd en hoe het daar een beetje kriebelt en probeer niet te krabben. Hebt u al jeuk?*

Dit is een beetje een flauw voorbeeld, maar het illustreert het mechanisme. Als u uw aandacht maar richt op de kriebel, zult u op een bepaald moment een kriebel voelen. Zonder deze aandacht zal het u niet opgevallen zijn dat er iets steekt of kriebelt,

maar doordat ik uw aandacht erop heb gericht zult u elk gevoel op uw lichaam gaan interpreteren als kriebel of jeuk.

Wanneer er maar genoeg aandacht wordt geschonken aan lichamelijke zaken, bijvoorbeeld door vaak te lezen en te praten over wat gluten allemaal zouden kunnen veroorzaken, is de kans groot dat een klein lichamelijk gevoel als ongemak wordt geïnterpreteerd en als veroorzaakt door die gluten. Op deze manier houden we elkaar lichtelijk ziek en geven we allerhande voedingsstoffen de schuld van onze ongemakken. Ongemakken die we vermoedelijk niet eens zouden opmerken wanneer we onze aandacht er niet op zouden vestigen.

Er is ook een economische kant aan dit verschijnsel. Er zijn voedselproducenten die drankjes produceren met een reclame die de aandacht op onze darmen vestigt. Nu voel je al snel iets in je darmen als je er op gaat letten. Er zijn vele bacteriën actief die bijvoorbeeld gassen produceren. Dit is volkomen normaal en al die activiteit van die gassen en de vele andere chemische processen daar leiden regelmatig tot iets dat we kunnen voelen (en ruiken). Normaal zal dit soort buikactiviteit onopgemerkt blijven. Wanneer onze aandacht erop wordt gevestigd gaat het ons opvallen. Als er nu ook gesuggereerd wordt dat we er iets aan kunnen doen, of zelfs zouden moeten doen (soms bevat de reclame een dame die er duidelijk opgelucht uitziet na het nuttigen van zo'n drankje), gaan we het onschuldige gerommel in de buik zien als iets lastigs, als iets dat niet hoort en als iets waar je iets tegen zou moeten doen. Deze normale en onschuldige lichamelijke zaken, waar op verschillende manieren abnormale aandacht op wordt gevestigd, dragen bij tot de toename van klachtjes. Afhankelijk van de bron van de aandacht gaan we ze toeschrijven aan voedsel, aan specifieke ingrediënten, soms zelfs aan elektriciteitskabels, radiozenders, digitale zendmasten, enzovoorts.

De snelle verspreiding van allerhande informatie, bijvoorbeeld via het internet, draagt wellicht bij aan dit verschijnsel. Ik beweer niet dat ik het juiste mechanisme heb geïdentificeerd,



maar het lijkt mij minimaal een interessante case voor sociologisch en psychologisch onderzoek.

## **Voortbestaan van de soort**

Twee soorten gedrag zijn erg belangrijk voor de mens om te overleven. Het ene gedrag heeft tot gevolg dat de mens als soort blijft voortbestaan, het andere is gericht op het individu. Eerstgenoemd gedrag zorgt ervoor dat er nakomelingen komen, dit is voortplantingsgedrag. Volgens de biologische wetenschap een zeer belangrijk en algemeen voorkomend gedrag. De hele evolutie van soorten is gebaseerd op dit gedrag. Zonder voortplanting geen verdere generaties en geen individuen die zich weer zullen voortplanten. Dit is voor het voortbestaan van de mensheid even belangrijk als voor alle overige dieren. De mens is geen uitzondering, ze is zonder meer als onderdeel van de natuur te zien en wat dit betreft een dier als elk ander. Het is snel afgelopen wanneer er iets hapert in de voortplanting. Het gevolg is het uitsterven van soorten, maar daardoor wordt vaak ook de opkomst van nieuwe soorten mogelijk.

Het andere gedrag waar ik op doel is eetgedrag. Eetgedrag richt zich op het overleven van individuen. Ook dit is een biologisch gegeven en geldt voor alle diersoorten, inclusief natuurlijk de mens. Eten is een noodzaak, we worden er automatisch toe gedreven. Zonder eten is het snel afgelopen met een individu.

Ik noem beide gedragingen om te laten zien hoe vergelijkbaar ze zijn. Natuurlijk zijn er grote verschillen tussen hoe deze twee soorten gedrag eruitzien en beleefd worden. Het ene zult u nooit in het publiek, bijvoorbeeld in een restaurant, tentoonspreiden. Het andere doet u vele malen op de dag, op veel verschillende locaties meestal gewoon in bijzijn van andere mensen. Beide gedragingen zijn biologisch gezien even belangrijk en zorgen ervoor dat een soort blijft bestaan. In hun functie lijken ze dus zeer op elkaar. Dat het ene zo algemeen geaccepteerd is

en het andere feitelijk taboe is, is een grappig gegeven. Dit had misschien wel andersom kunnen zijn. Bedenk eens een geschiedenis van de mensheid waar eten taboe is en het andere gedrag voor mensen even gewoon en vanzelfsprekend is als het voor de meeste dieren is. De consequenties van zo'n wereldbeeld laat ik aan uw fantasie over.

## **Tot slot**

Dit boek ging over menselijk eetgedrag en over de beleving van de vele prikkels die bij het eten op ons afkomen. Ik heb gewezen op de vele zintuigen die allemaal samenwerken om ons een beleving te bezorgen. Daarnaast zijn er veel psychologische processen die meewerken deze beleving vorm te geven. Bij eetgedrag heeft u misschien nog nooit stilgestaan. Het verloopt meestal automatisch. U doet het zonder er bij na te denken en dit is voor het grootste deel natuurlijk prima. Als het leidt tot gezondheidsproblemen is het onnadenkend innemen van te veel calorieën iets waar het automatisme beter van af kan. Wanneer u erg veel plezier beleeft in eten en ook in de gedragingen eromheen zoals koken, menu's uitzoeken, sfeer scheppen rond de maaltijd, etc., zult u ook geneigd zijn meer na te denken over wat u eet en hoe u het eet. Hopelijk gaat dit laatste samen met een gezondere keuze van wat u eet. In dat geval combineert u een aantal positieve zaken: u denkt na over alle prikkels rondom de maaltijd, u geniet meer van het eten en u vermijdt mogelijke ongezonde consequenties van uw eetgedrag. U draagt bij aan het voortbestaan van de soort, in het bijzonder van uzelf en misschien ook van uw even gezonde nakomelingen.

# GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- Ahn, N., (2000). Bachelor thesis. KVL Copenhagen, Denmark.
- Andrewes, P., Busch, J.L.H.C., de Joode, T., Groenewegen, A., Alexandre, H. (2003). Sensory properties of virgin olive oil polyphenols: identification of deacetoxy-ligstroside aglycon as a key contributor to pungency. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1415-1420.
- Barham, P. H. Skibsted, L.H., Bredie, W.L.P., Bom Frøst, M., Møller, P., Risbo, J., Snitkjær, P., Mørch Mortensen, L. (2010). Molecular gastronomy: a new emerging scientific discipline. *Chemical Reviews*, 110 (4), 2313–2365.
- Bartoshuk, L. M. (1979). Bitter taste of saccharin related to the genetic ability to taste the bitter substance 6-n-propylthiouracil. *Science*, 205, 934-935.
- Beauchamp, G.K. Keast, R.S.J., Morel, D., Lin, J., Pika, J., Han, Q., Lee, C.-H., Smith, A.B., Breslin, P.A.S. (2005). Ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. *Nature*, 437, September, 45-46.
- Blumenthal, H. (2008). *The Big Fat Duck Cookbook*. Bloomsbury.
- Bosman, F., van der Bilt, A., van der Glas, A. (1997). *Proceedings COST96 meeting Garching*. 9-11 October 1997.
- Boon, J. (2009). *Het mysterie van de reuk*. Wormer: Inmerc.
- Boon, J. (2012). *Smaakvol en gezond eten met al je zintuigen*. Kosmos.
- Brown, W.E., Langley, K.R., Martin, A., MacFie, H.J.H. (1994). Characterisation of patterns of chewing behaviour in human subjects and their influence on texture perception. *Journal of Texture Studies*, 25 (4), 455–468.
- Buck, L., Axel, R. (1991). A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition. *Cell*, (65), 175-87.

- Bushdid, C., Magnasco, M.O., Vosshall, L.B., Keller, A. (2014). Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli. *Science*, (343), 1370-1372.
- Chaudhari, N., Landin, A.M., Roper, S.D. (2000). A metabotropic glutamate receptor variant functions as a taste receptor. *Nature Neuroscience*, 3 (2), 113–119.
- De Araujo, I., E., Rolls, E.T., Velaco, M.I., Margot, C., Cayeux, I. (2005). Cognitive modulation of olfactory processing. *Neuron*, (46), 671–679.
- De Jong, H. (2015). *Eating addiction? The nerves and fibers that control food intake*. PhD thesis, Utrecht University.
- Dijksterhuis, G.B., de Grave, D. (2014). *The emperor's new nose*. Poster presented at the Eurosense conference 'A sense of life'. 6<sup>th</sup> European conference on Sensory and Consumer Research. 7-10 September 2014. Copenhagen, Denmark.
- Dijksterhuis, G.B., Flipsen, M., Punter, P.H. (1994) principal components analysis of time intensity data: three methods compared. *Food Quality and Preference*, 5, 121-127.
- Dijksterhuis, G.B., Luyten, H.M., De Wijk, R., Mojet, J. (2007). A new sensory vocabulary for crisp and crunchy dry model foods applied. *Food Quality and Preference*, 18, 1, 37-50.
- Draaisma, D. (2001). *Waarom het leven sneller gaat als je ouder wordt. De geheimen van het geheugen*. Amsterdam: Rainbow.
- Engelen, L., de Wijk, R.A., van der Bilt, A., Prinz, J.F., Janssen, A.M., Bosman, F. (2005). Relating particles and texture perception. *Physiology and Behavior*, 86, 111-117.
- Green, B.G., Lim, J., Osterhoff, F., Blacher, F., Nachtigal, D., (2010). Taste mixture interactions: Suppression, additivity, and the predominance of sweetness, *Physiology and Behavior*, 101, 5, 2, 731-737.
- Haller, R., Rummel, C., Henneberg, S., Pollmer, U., Köster, E. P. (1999). The influence of early experience with vanillin on food preference later in life. *Chemical Senses*, 24, 465–467.

- Hausner, H., Bredie, W.L.P., Mølgaard, C., Petersen, M.A., Møller, P. (2008). Differential transfer of dietary flavour compounds into human breast milk. *Physiology and Behaviour*, 95, 1–2, 118–124.
- Iravani, B., Arshamian, A., Ravia, A., Mishor, E., Snitz, K., Shushan, S., Roth, Y., Perl, O., Honigstein, D., Weissgross, R., Karagach, S., Ernst, G., Okamoto, M., Mainen, Z., Monteleone, E., Dinnella, C., Spinelli, S., Mariño-Sánchez, F., Ferdenzi, C., Smeets, M., Touhara, K., Bensafi, M., Hummel, T., Sobel, N., Lundström, J. N. (2020). Relationship between odor intensity estimates and COVID-19 prevalence prediction in a Swedish population. *Chemical senses*, 45, 6, 449–456.
- Herz, R.S., McCall, C., Cahill, L. (1999). Hemispheric lateralization in the processing of odor pleasantness versus odor names. *Chemical Senses*. 24(6), 691-695.
- Keast, R., Constanzo, A. (2015). Is fat the sixth taste primary? Evidence and implications. *Flavour*, 4, 5.
- Köster, E.P. (2000). Psychophysics and sensory analysis in the “lower” senses. Proceedings Fechner day: *Proceedings of the 16<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*. Strasbourg.
- Köster, E.P., Møller, P., Mojet, J. (2014). A “misfit” theory of spontaneous conscious odor perception (mitscop): reflections on the role and function of odor memory in everyday life. *Frontiers in Psychology*. February, 5, 1-12.
- Kremer, S. (2006). *Food perception and food liking with age*. PhD thesis Wageningen: Wageningen University and Research.
- Lim, J., Johnson, M.B. (2010). Potential mechanisms of retronasal odor referral to the mouth. *Chemical Senses* 36: 283–289.
- Liem, D.G., Toraman Aydin, N., Zandstra, E.H. (2012). Effects of health labels on expected and actual taste perception of soup. *Food Quality and Preference*, 25, (2), 192-197.
- Mattes, R.D., (1996). Oral fat exposure alters postprandial lipid metabolism in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. 63, 911-917.

- Mattes, R. D. (2009). Is There a Fatty Acid Taste? *Annual Reviews in Nutrition*, 29, 305–327.
- McGee, H., (2006). *Over eten & koken. Wetenschap en cultuur in de keuken*. Amsterdam: Nw A'dam.
- Meinders, M.B.J., Van Vliet, T. (2008). Scaling of sound emission energy and fracture behavior of cellular solid foods. *Phys. Rev. E. Stat. Nonlin. Soft Matter Phys*, 77(3), 1539-3755.
- Mojet, J. (2004). *Taste Perception with Age*. PhD Thesis, Wageningen: Wageningen University and Research.
- Mojet, J., Christ-Hazelhof, E., Heidema, J. (2001). Taste perception with age: Generic or specific losses in threshold sensitivity to the five basic tastes? *Chemical Senses*, 26, 845-860.
- Møller, P., Mojet, J., Köster, E.P. (2007). Incidental and intentional flavour memory in young and older subjects. *Chemical Senses*, 32, 557-567.
- Nara, K., Saravaia, L.R., Ye, X., Buck, L.B. (2011). A large-scale analysis of odor coding in the olfactory epithelium. *The Journal of Neuroscience*, 31, 9179-9191.
- Nordin, S., Monsch, A.U., Murphy, C. (1995). Unawareness of smell loss in normal aging and Alzheimer's disease: discrepancy between self-reported and diagnosed smell sensitivity. *J. Gerontol. B Psychol. Sci. Soc. Sci.* 50, 187-192.
- North, A. C., Hargreaves, D. J., McKendrick, J. (1997). In-store music affects product choice. *Nature*, 390, 132.
- Onyper, S.V., Carr, T.L., Farrar, J.S., Floyd, B.R. (2011). Cognitive advantages of chewing gum: Now you see them, now you don't. *Appetite*. 57, 321–328.
- Parma, V., Ohla, K., Veldhuizen, M.G., Niv, M.Y., Kelly, C.E., Bakke, A.J., Cooper, K.W., Bouysset, C., Pirastu, N., Dibattista, M., Kaur, R., Liuzza, M.T., Pepino, M.Y., Schöpf, V., Pereda-Loth, V., Olsson, S.B., Gerkin, R.C., Rohlfs Domínguez, P., Albayay, J., Farruggia, M.C., Bhutani, S., Fjaeldstad, A.W., Kumar, R., Menini, A., Bensafi, M., Sandell, M., Konstantinidis, I., Di Pizio, A., Genovese, F., Öztürk, L., Thomas-Danguin, T.,

- Frasnelli, J., Boesveldt, S., Saatci, Ö., Saraiva, L.R., Lin, C., Golebiowski, J., Hwang, L.D., Ozdener, M.H., Guàrdia, M.D., Laudamiel, C., Ritchie, M., Havlíček, J., Pierron, D., Roura, E., Navarro, M., Nolden, A.A., Lim, J., Whitcroft, K.L., Colquitt, L.R., Ferdenzi, C., Brindha, E.V., Altundag, A., Macchi, A., Nunez-Parra, A., Patel, Z.M., Fiorucci, S., Philpott, C.M., Smith, B.C., Lundström, J.N., Mucignat, C., Parker, J.K., van den Brink, M., Schmuker, M., Fischmeister, F.P.S., Heinbockel, T., Shields, V.D.C., Faraji, F., Santamaría, E., Fredborg, W.E.A., Morini, G., Olofsson, J.K., Jalessi, M., Karni, N., D'Errico, A., Alizadeh, R., Pellegrino, R., Meyer, P., Huart, C., Chen, B., Soler, G.M., Alwashahi, M.K., Welge-Lüssen, A., Freiherr, J., de Groot, J.H.B., Klein, H., Okamoto, M., Singh, P.B., Hsieh, J.W., Reed, D.R., Hummel, T., Munger, S.D., Hayes, J.E. (2020). More Than Smell-COVID-19 Is Associated With Severe Impairment of Smell, Taste, and Chemesthesis. *Chemical senses*, 45(7), 609–622.
- Peyrot des Gachons, C., Uchida, K., Bryant, B.P., Shima, A., Sperry, J.B., Dankulich-Nagrudny, L., Tominaga, M., Smith, A.B. III, Beauchamp, G.K., Breslin, P.A.S. (2011). Unusual pungency from extra-virgin olive oil is attributable to restricted spatial expression of the receptor of oleocanthal. *Journal of Neuroscience*, 31, 3, 999-1009.
- Pfeiffer, J.F., Boulton, R.B., Noble, A.C. (2000), Modeling the sweetness response using time–intensity data, *Food Quality and Preference*, 11, 1–2, 129-138.
- Prescott, J. (2012). *Taste Matters*. London: Reaction books.
- Prescott, J., Wilkie, J. (2007). Pain tolerance selectively increased by a sweet-smelling odor. *Psychol Sci*. Apr,18 (4), 308-11.
- RIVM (2012). *Zoutconsumptie van kinderen en volwassenen in Nederland Resultaten uit de Voedselconsumptiepeiling 2007-2010*. RIVM rapport 350050007/2012.
- Running, C.A., Craig, B.A., Mattes, R.D. (2015). Oleogustus: The Unique Taste of Fat. *Chemical Senses*. July, 1–10.

- Saito, H., Chi, Q., Zhuang, H., Matsunami, H., Mainland, J.D. (2009). Odor coding by a mammalian receptor repertoire. *Sci Signal.*, 60.
- Smith, A. (2009). Chewing gum, stress and health. *Stress and Health.* 2, 445–451.
- Smith, A. (2010). Effects of chewing gum on cognitive function, mood and physiology in stressed and non-stressed volunteers. *Nutritional Neuroscience*, 13, 7-16.
- Sorokowska, A., Drechsler, E., Karwowski, M., Hummel, T. (2017). Effects of olfactory training: a meta-analysis. *Rhinology*, 55(1), 17–26.
- Spence, C., Piqueras-Fiszman, B. (2014). *The Perfect Meal: The Multisensory Science of Food and Dining*. Wiley-Blackwell.
- Stevenson, R.J., Prescott, J., Boakes, R.A., (1999). Confusing tastes and smells: how odours can influence the perception of sweet and sour tastes. *Chemical Senses.* 24, 6, 627-635.
- Udink ten Cate, J. (2016). *Creative Chef. Maak van je diner een spectaculaire beleving*. BIS publishers.
- Van Campen, C. (2010). *Gekleurd verleden. Verhalen over het geheugen van de zintuigen*. Utrecht: Zien.
- Van Dam, J. (2009). *De dikke van dam. Van aardappel tot zwezerik*. Nijgh & van Ditmar.
- Van Huis, A., van Gurp, H., Dicke, M. (2015). *Het insectenkookboek*. Amsterdam: Atlas contact.
- Vereniging reuksmaakstoornis (2021). <https://reuksmaakstoornis.nl/reukverliesnacovid19/> (november 2021).
- Weiss, T., Snitz, K., Yablonka, A., Khan, R.M., Gafsub, D., Schneidman, E., Sobel, N. (2012). Perceptual convergence of multi-component mixtures in olfaction implies an olfactory white. *PNAS*, 109, 49, 19959–19964.
- Welge-Lüssen, A., Dörig, P., Wolfensberger, M., Krone, F., Hummel, T. (2011). A study about the frequency of taste disorders. *Journal of Neurology*, 258, 386–392.



- Wilkinson, C., Dijksterhuis, G.B., Minekus, M. (2000). From food structure to texture. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 442-450.
- WHO (2014). *Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health. Population sodium reduction strategies*. ([www.who.int/dietphysicalactivity/reducingsalt](http://www.who.int/dietphysicalactivity/reducingsalt)).
- Woods, A.T., Poliakoff, E., Lloyd, D.M., Kuenzel, J., Batchelor, J., Hodson, R., Gonda, H., Dijksterhuis, G.B., Thomas, A.T. (2010). Effect of background noise on food perception. *Food Quality and Preference* 22, 1, 42-47.
- Woods, A.T., Lloyd, D.M., Künzel, J., Poliakoff, E, Dijksterhuis, G.B., Thomas, A. (2011). Expected taste intensity affects response to sweet drinks in primary taste cortex. *Neuroreport*. 22, 8, 365-369.
- Wright, J. (2010). Creating and formulating flavours. In: Talyor, A.J., Linforth, R.S.T. (eds.) *Food Flavour Technology*. Chichester, UK: Blackwell publishing Ltd. 1-23.





