

■ Lijkenlucht als aromatherapie

Ruben E. A. Musson

Musson is, net als Wagner, ook in de States geweest. Maar daar gaat ie nu niet over vertellen aangezien hij daar al veel te veel over geleuterd heeft langs andere kanalen. Wagner is inmiddels weledel en geleerd. Musson kan zich, als één der grijze nestoren onder de hogerejaars, beter op meer urgente zaken storten dan schrijven voor de *Chimica*.

Terwijl ik dit stukje schrijf in Word, ga ik dan ook af en toe vreemd met PowerPoint, de laatste hand leggend aan mijn colloquium, dat ik binnenkort hoop te mogen houden. Onderwerp hiervan wordt de synthese van een gifstofje dat in mosselen kan voorkomen. Persoonlijk koester ik toch al geen prettige gevoelens voor mosselen als warme hap. De eerste tien gaan er nog vrij makkelijk in, ingemetseld in copieuze hoeveelheden friet en sausjes, maar vervolgens wordt het gevoel dat je constant collectief verdrietig aangestaard wordt vanaf je bord steeds groter. En als ze nu een beetje groenblauw uitgeslagen zijn of een enorm gezwel etaleren, is de animo om ze op te smikkelen sowieso al wat minder groot, maar soms zijn de symptomen van een tanende geschiktheid tot consumptie wat minder evident. Als zeebeestjes je intrigeren, ben je van harte welkom om te komen luisteren.

Hoofdingrediënt van dit stukje wordt “militaire chemie”. Nooit van gehoord waarschijnlijk, maar als de huidige wildgroei aan verschillende chemisch getinte masterspecialisaties in Leiden – maar ook in de rest van Nederland; Utrecht kan er bijvoorbeeld ook wat van – zich doorzet, kun je het over twee jaar vast en zeker studeren. Onder de noemer “militaire chemie” kun je heel ruim anthrax, mosterdgas, vuile bommen en zenuwgassen rekenen, maar aangezien we natuurlijk allemaal steeds beschaafder worden, gaan we op zoek naar minder schadelijke en mogelijk net zo effectieve manieren van oorlogvoering. Deze zogenaamde niet-betalenoorlogvoering kan bestaan uit het verspreiden van bedwelmende middelen, waardoor iedereen in slaap sukkelt, maar een minstens zo ingenieuze aanpak maakt gebruik van onze neus. Hoera, raketten zijn passé.

Ook al struikelde ik als kind regelmatig achter een brommer aan omdat die zo heerlijk roken en draai ik bij de benzinepomp nog steeds trouw het raampje open om even diep te inhaleren, weinig is lekkerder dan 's ochtends wakker worden met de geur van gebakken spek en verse koffie in je neus. Als er dan niet vlug genoeg ontbijt op bed volgt, vind je zelf je weg wel naar beneden om maar bij de pan in de buurt te zijn. Ons reukvermogen is een zintuig dat vaak onderschat wordt, en ook al is het reukvermogen bij veel dieren een stuk sterker ontwikkeld dan bij de mens, de uitwerking die geur kan hebben op menselijk gedrag is nog steeds verbazingwekkend. De geur van verse broodjes lokt ons naar de bakkerij, de geur van een ontbindend lijk laat ons vol afgrijzen wegrennen. Bepaalde geuren werken ontspannend, andere stimulerend, weer andere maken ons onrustig of zelfs angstig (hier is overigens een tamelijk plausibele wetenschappelijke verklaring voor, maar je mag het naar believen op yin en yang afschuiven). Ook de concentratie van de geurmoleculen speelt een rol. Een bescheiden pufje van een lichte eau de toilette achter je oren werkt veelal in je voordeel, terwijl de zware lucht die als een aura rond Wassenaarse dames van half in de 60 heen hangt eerder onwillekeurig vluchtgedrag oproept. En nu we het toch over stank hebben, kunnen we het rijtje van de tegenhangers van gebakken spek en de kruidenpasta's van Knorr wel even afmaken: 2-butenylmercaptaan (grensdetectiewaarde = 0.029 ppb), ammonia (0.037 ppm) en triethylamine (0.08 ppm) slaan aardig op je adem, maar echte kotsneigingen krijg je bij thiofenol (0.062 ppb) en waterstofsulfide (0.47 ppb). Hetzelfde geldt voor indol en skatol – bestanddelen van feces –, en cadaverine en putrescine – afbraakproducten van

aminozuren, met de geur van rottend vlees. Ten slotte, de meest walgelijk ruikende moleculen zijn ethylmercaptaan (EtSH) en butylselenomercaptaan (BuSeH). Laatstgenoemd culinair hoogstandje kan op het conto van stinkdieren geschreven worden.

Van stank kan evenwel ook handig gebruikgemaakt worden. In het noorden van de VS worden in de kersttijd talloze sparren bespoten met een draak van een sausje op basis van vossenurine – excuses voor de *overshare*. In de strenge kou merk je er weinig van, maar kerstboomcriminelen komen bedrogen uit als ze zo'n boom stelen en trots in hun warme woonkamer neerzetten. En een week je huis uit moeten in de winter is nou niet iets om je op te verheugen.

Het Amerikaanse ministerie van Defensie subsidieert al enige tijd onderzoek naar de toepassing van monsterachtig ruikende stofjes als middel tegen rellen en opstootjes. Deze stofjes moeten zodanig stinken, dat de menigte uit elkaar gedreven wordt (conform het aloude adagium: *veni, olfeci, domum redii* – u bent gewaarschuwd, Douwe Breimer vertrouwt erop dat het merendeel van u het Latijn nog machtig is) maar moeten daarnaast onschadelijk zijn, universeel als walgelijk ervaren worden, makkelijk verspreidbaar zijn én geen gewenning toelaten. Een tweede toepassing ligt in het besproeien van verdachte personen (“suspect marking”), zodat deze niet meer kunnen oplossen in de menigte en langdurig traceerbaar blijven. Vergelijk het maar met organici die in een korte episode van motorische gestoordheid een golf thiofenol over zich heen krijgen.

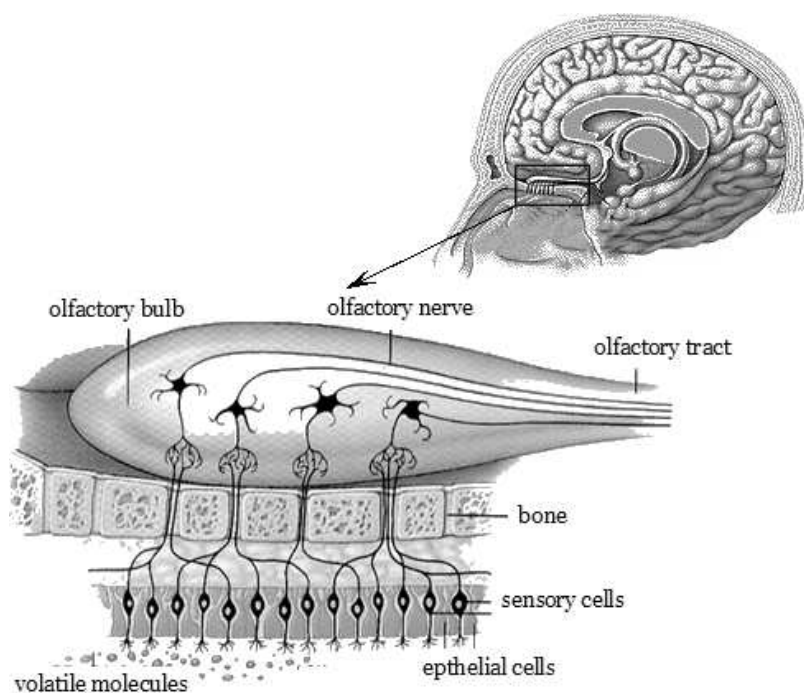
Een dergelijke benadering gaat terug tot zo'n 1000 jaar geleden, toen Chinese veldheren steden uitrookten door stinkbommen met katapulten over de muren te slingeren. Terwijl de veldheren lui achteroverhingen, kwamen de bewoners na een paar minuutjes vanzelf naar buiten gerend en konden de Chinezen op hun gemak de stad innemen. Wat recenter, tijdens de Tweede Wereldoorlog, kregen leden van het Franse verzet de beschikking over een verstuiver met daarin een mengsel van de heerlijkste ingrediënten en een bouquet van vuilnisbak en uitwerpselen, waarmee ze Duitse soldaten wilden parfumeren om ze op die wijze – letterlijk – te kakken te zetten. Naam van deze geurorgie uit het land van de uien en de knoflook, was *Who, Me?...* maar we blijven serieus. Helaas ging, door een te hoge vluchtigheid van het middel, het onderwerp minstens even hard stinken als het lijdend voorwerp. De cocktail ging daarom als wapen op z'n bek, faliekant gezakt op het criterium “gecontroleerde verspreidbaarheid”. Wél was de stank ongeëvenaard: BuSeH stelde van het ene op het andere moment weinig meer voor.

Niettemin leren mensen van hun fouten, en het volgende waagstuk diende zich alras aan: men kwam trots met een nieuw brouwsel op de proppen, luisterend naar de welluidende naam *US Government Standard Bathroom Malodor*. Naar verluidt wordt dit goedje, met een geur die volgens kenners het beste omschreven kan worden als “stront met een vleugje Old Spice”, tegenwoordig gebruikt om deosprays en wc-eenden op potentie te testen. Het feit dat de geur van feces in bijzonder weinig culturen geapprecieerd wordt, maakt hem zeer geschikt als universeel middel om mensen af te schrikken. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld roquefort, of, beter nog, de vrucht van de durianboom, de “koning van het fruit” (die er heel koninklijk uitziet als een kruising tussen een kiwi en een egel). Deze sterk naar een vanillepudding-op-leeftijd riekende vrucht wordt omwille van zijn onuitstaanbare geur door veel Europeanen als finaal misselijkmakend ervaren en verfoeid, maar door net zo veel Aziaten als delicatessen beschouwd. Is dit genetisch bepaald of aangeleerd gedrag? Het lijkt erop dat geurherkenning al in de baarmoeder begint, maar afgemaakt wordt tijdens de opvoeding. Baby's zitten nog graag overal aan, stoppen alles in hun mond en ruiken ook overal aan: poep en afval, niets is ze te gek. Het is vooral omdat moederlief een onaantrekkelijk gezicht trekt, dat ze uiteindelijk tot inkeer komen!

Volgens Pam Dalton, onderzoekster bij het Monell Chemical Senses Centre in Philadelphia, zouden mensen die voorgesteld werden aan Standard Bathroom Malodor in een hysterisch gillen zijn uitgebarsten, omdat men van iets dat zó erg stinkt, verwacht dat het extreem slecht is voor de gezondheid. Hier komt pardoes een stukje cognitieve psychologie om de hoek kijken. Over het algemeen kunnen we stellen dat geuren waarmee

we onbekend zijn, waarvan we de bron niet kunnen lokaliseren (of die – zoals gezegd – té intens ruiken), grote onrust en afleiding veroorzaken. En dan hoeven ze nog niet eens te stinken! Laat iemand een zweempje methylsalicylaat (“Wintergreen”) ruiken, en hij zal het lekker vinden en nog even blijven hangen. Laat iemand wat methylsalicylaat ruiken en zeg erbij dat het hier om een schadelijk industrieel oplosmiddel gaat, en de proefpersoon vindt het spontaan helemaal niks meer. Sterker nog, hij zal zich heel snel ziek gaan voelen. Laat een militair op het slagveld ineens overvallen worden door een intense methylsalicylaatgeur: hij wordt afgeleid, en als hij niet snel kan vaststellen waar die lucht vandaan komt, raakt hij in paniek. Daarbij kunnen mensen ook elkáár verbazingwekkend makkelijk beïnvloeden, waardoor heel snel massahysterie ontstaat. Neem nu de spooktrein op NS-station Arnhem, november vorig jaar. Deze goederentrein was geladen met MTBE (methyl-*tert*-butylether) en iedereen die in de buurt van deze trein kwam, kreeg plotseling braakneigingen en moeite met ademen. Zonder resultaat werd urenlang naar een mogelijk lek gezocht. Ondertussen raakten steeds meer mensen onwel. Door de MTBE? Onwaarschijnlijk. Het spul stinkt als een beest, maar wordt niet geroken. Tevens wordt het tijdens geen enkele meting gedetecteerd. Waarschijnlijk heeft men gewoon zichzelf en elkaar op zitten fokken, uit angst dat er wat ging gebeuren. “Als de dood voor chemie” kopt het C2W op 29 januari van dit jaar...

Onze instincten grijpen niet altijd ten onrechte in, soms is er écht wat aan de hand. Om te kunnen beredeneren waarom geuren zo’n heftige emotionele respons kunnen veroorzaken, moeten we gaan kijken hoe onze neus in elkaar zit. De afbeelding toont een doorsnede van het plafond van onze neusholte. Vluchtige moleculen die de neus binnenkomen lossen op in het slijmmembraan dat het reukepitheel bedekt. Vervolgens binden ze aan de cilia (geurhaartjes) van de receptorneuronen (de “sensory cells”) en starten zo de signaaltransductie naar de hersenen. De geursignalen komen eerst groepsgewijs samen in synaptische structuren, de zogenaamde glomeruli, hetgeen de intensiteit van de signalen reguleert; de uitlopers van de glomeruli monden op hun beurt weer in mitraalcellen (de zwarte klodders in de afbeelding), wier axonen uiteindelijk het reukkanaal vormen. De geurinformatie bereikt de hersenen via de eerste hersenzenuw, de *N. olfactorius* (reukzenuw). Daarnaast bereikt informatie over druk-, pijn- en temperatuurgevoelens in de mond- en neusholte de hersenen via de vijfde hersenzenuw, de *N. trigeminus* (drielingzenuw), die het gelaat bedient. Stoffen als allylthiocyanaat (mosterdolie, irriterend), (-)-menthol (in lage concentraties koel, in hoge concentraties tintelend) en capsaïcine (werkzame stof in chilipepers, heet) zijn erg bedreven in het stimuleren van de trigeminus.



Dat de geurzin een bijzondere positie inneemt, moge blijken uit het feit dat reukprikkelers direct doorgestuurd worden naar de amygdalae – twee amandelvormige orgaantjes die deel uitmaken van het limbisch systeem, en emoties zoals agressie, angst en genot controleren –, terwijl alle andere zintuiglijke informatie zich eerst moet melden bij de thalamus, de douane, die bepaalt of de info interessant genoeg is om er iets zinnigs mee te doen, en de gegevens vervolgens doorschakelt naar een toepasselijk deel van het brein. Het limbisch systeem ligt in een ring om de hersenstam heen en is één van de meest primitieve delen van onze hersenen. Geurprikkelers kunnen via het limbisch systeem herinneringen en associaties oproepen (in de hippocampus), honger- en seksuele gevoelens stimuleren (in de hypothalamus) en allerlei snelle en onbewuste reacties tot gevolg hebben, zelfs nog vóórdat de neocortex (hersenschors, zetel van hogere hersenfuncties als gedachte, taal, redeneren en vrije wil) de kans heeft gekregen om de informatie fatsoenlijk te analyseren en weloverwogen actie te ondernemen.

De biochemie van de reukzin is tamelijk complex; de G-eiwitten en *second messengers* vliegen je rond de oren. Ik zal er kort doorheen razen. In het reukepitheel zijn voor een groot aantal geurmoleculen (e.g. benzaldehyde) eiwitten gevonden die tamelijk specifiek aan “hun eigen” moleculen binden en ze door de slijmlaag heen naar de geurreceptoren vervoeren. Waarom deze eiwitten, die *Olfactory Binding Proteins* (OBP's) genoemd worden, nodig zijn, is nog ietwat enigmatisch. Wellicht voorkomen ze overbelading van de receptoren bij excessieve hoeveelheden geurmoleculen, of versterken ze juist de intensiteit van de geur door het gericht transport.

Linus Pauling en R.W. Moncrieff stelden halverwege de vorige eeuw dat we moleculen kunnen ruiken als ze – volgens het sleutel-en-slot-principe uit de enzymologie – in complementaire receptoren pasten. Na binding zou een conformatieverandering van het receptoreiwit de signaaltransductie inleiden. John Amoore opperde het bestaan van groepen receptoren voor zeven primaire geuren: etherisch, kamfer, musk, bloemen, munt, verstikkend en walgelig. Deze zeven geurclassificaties zijn afgeleid van een oud systeem om geurimpresies in kaart te brengen, bedacht door Linnaeus in de 18^e eeuw en uitgebreid door Zwaardemaker in 1895. Nog steeds wijzen niet alle neuzen dezelfde kant op als het gaat om de precieze indeling, maar het onderstaande geeft al een redelijk beeld:

1. etherisch (fruit, aceton, ether, chloroform)
2. welriekend, bloemig (jasmijn, lelie)
3. aromatisch (kamfer, lavendel, laurier, citroen)
4. ambrosijn (muskus, feromonen)
5. allicieus, scherp (knoflook, rotte eieren)
6. kruidig, vurig (tabaksrook, naftaleen)
7. stinkend, geitachtig (kaas, zweet, urine)
8. weerzinwekkend, verstikkend (wolfkers, peper, koriander, orchideeën)
9. walgelig, misselijkmakend (graflucht, rot vlees)

Met dit principe is echter moeilijk te verklaren waarom moleculen met zeer verschillende structuren toch hetzelfde kunnen ruiken. Tevens is het een raadsel waarom acetofenon en volledig gedeuteerd acetofenon juist totaal anders ruiken. Volgens een andere theorie zijn geurreceptoren niet gevoelig voor de vorm van moleculen, maar voor hun vibraties. Geurreceptoren worden in deze opvatting beschouwd als kleine biologische spectroscopjes; geurdetectie is dan gebaseerd op electronentunneling door de bindingsplaats op de geurreceptor. Deze theorie is nog ietwat krakkemikkig, maar de suggestie dat geurwaarneming net zoals kleurenzicht en gehoor spectrale eigenschappen heeft, is erg fascinerend.

We zijn inmiddels een beetje gedeserteerd uit de militaire wereld, dus het wordt tijd om nog even terug te keren om een laatste aspect van stank als wapen te belichten: tegenmaatregelen. Er zijn een hoop manieren – of ze ook allemaal altijd even effectief zijn is een ander verhaal – om van vervelende luchtjes af te komen. Een plug in je neus is de meest rudimentaire methode en chemisch gezien verder niet interessant. Je kunt geuren maskeren door ze met andere, intensere of overstemmende geuren te lijf te gaan (luchtverfrissers en

toiletspuitbussen) die de geurreceptoren overladen. Zo'n tweede geurstof kan er ook voor zorgen dat je helemaal niets meer ruikt (chemische neutralisatie) of juist een geur die totaal verschilt van beide begingeuren en niet aanstootgevend is. Bepaalde producten bevatten actieve bestanddelen die geurmoleculen chemisch uitschakelen door adsorptie of complexering. Febreze, bijvoorbeeld, bevat cyclodextrinen, die nare luchtjes insluiten. Tevens kun je als laatste redmiddel je neusslijmvlies en reukepitheel chemisch schade toebrengen. Formaldehyde doet dat erg leuk. In Homerus' Odyssee dragen Odysseus en Telemachos de dienstmeisjes, nadat alle vrijers aan pijlen geregen zijn, op om zwavel te halen en het gehele huis uit te zwavelen om van die penetrante lijkenlucht af te komen. Het schijnt dat het aansteken en vervolgens weer uitblazen van een lucifer op soortgelijke wijze helpt tegen ongewenste geurtjes (in het bijzonder indolen). Mythe of zwaveldioxide? De boodschap is in ieder geval duidelijk: mochten stankcocktails het ooit nog tot wapen schoppen, des te interessanter wordt het om defensiemechanismen te gaan ontwikkelen. En aangezien hij die wind zaait, storm zal oogsten, wordt dat waarschijnlijk niet iets om naar uit te kijken.

Nog een laatste ontwikkeling: een artikel in het Duitse weekblad "Die Zeit" meldt dat in Oost-Afrika een harige rat (*Lophiomys imhausi*) rondhangt, die eruitziet als een verfromfaaid stinkdier en net zo verdomd hard kan stinken. Erger is echter dat het beestje een niet-waarneembaar gas uitscheidt, dat bij mensen monddroogheid en een algeheel gevoel van onbehagen teweegbrengt. "Kun je nagaan wat een extract van die substantie op een zootje soldaten heeft, die geen idee hebben waarom ze zich plotseling zo beroerd voelen!" zinspeelt het artikel. Klinkt heel spannend, maar als een chemicus wiens aandacht is getrokken wil weten wat voor gas dat dan wel is, wordt het ineens verdacht stil... Irritant, zulke artikelen. ■



Stinkdier dat niet op de foto wilde

Meer lezen:

- Nakazawa, K. *et al.* **2002**, Requirement for Hippocampal CA3 NMDA Receptors in Associative Memory Recall. *Science* 297, 211-218.
- Anderson, A.K. & Phelps, E.A. **2001**, Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. *Nature* 411, 305-309.
- Brand, G. & Jacquot, L. **2002**, Sensitization and Desensitization to Allyl Isothiocyanate (Mustard Oil) in the Nasal Cavity. *Chem. Senses* 27, 593-598.
- Turin, L. **1996**, A spectroscopic mechanism for primary olfactory reception. *Chem. Senses* 21, 773-791.
- Biochemie van de dood & Als de dood voor chemie, *Chemisch2Weekblad*, 2, **2005**