

Koffie

*door Astrid van de Graaf,
wetenschapsjournalist*

Deze Chemische Feitelikheden is geschreven in samenwerking met ir. Pieter Noomen, Research & Development Center, Sara Lee | DE n.v., Postbus 2, 3500 CA Utrecht, secretariaat R&D, tel. 030 2972808,

1.	Inleiding	211- 3
2.	Koffie	211- 3
2.1	De koffieplant	211- 4
2.2	Bewerking tot groene boon	211- 5
2.3	Roosten	211- 6
2.4	Malen	211- 7
2.5	Verpakken	211- 7
3.	Koffiezetten	211- 8
4.	Samenstelling van een kopje koffie	211- 9
4.1	Cafeïne	211- 9
4.2	Vitaminen en mineralen	211-10
4.3	Koolhydraten, vetten en eiwitten	211-11
4.4	Koffiearoma	211-13
5.	Effecten	211-14
5.1	Stimulerend effect	211-14
5.2	Overige effecten	211-16
6.	Wetgeving	211-16
7.	Ontwikkelingen	211-17
8.	Literatuur en websites	211-18

Chemische Feitelikheden is een uitgave van ten Hagen & Stam bv in samenwerking met de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging.

1. Inleiding

Na olie is koffie het belangrijkste handelsproduct ter wereld. Volgens de Vereniging van Nederlandse Koffiebranders en Theepakkers (VKNT) dronken we in 2002 gemiddeld 3,2 koppen koffie per dag. Goed voor 146 liter koffie per persoon per jaar. Tot grote zorg van de branche is dit jaarlijkse gemiddelde sinds 1990 dalende. Toen dronken we nog 3,8 kopjes per dag. Ook jongeren beginnen steeds later met koffiedrinken. Toch is de Nederlander een goede doordrinker. Er zijn veel momenten op een dag dat er koffie gedronken wordt en vaak meerdere koppen aaneensluitend. Van de Nederlandse bevolking (15 jaar en ouder) drinkt bijna 87% dagelijks koffie. Samen met de Scandinavische landen en Oostenrijk behoren we tot de wereld top-vijf van grootste koffiedrinkers. De zuidelijker gelegen landen drinken meer espresso, in de regel niet meer dan één of hooguit twee achter elkaar.

De smaak van die pittige slok aroma of slappe bak is niet alleen afhankelijk van het aantal schepjes koffie, maar van veel meer factoren. Deze Chemische Feitelijkeit gaat in op de koffieplant, de bewerking, de roostwijze, de zetmethode, de samenstelling en ook de gezondheidseffecten van koffie. Daaraan is inmiddels veel wetenschappelijk onderzoek gedaan omdat koffiedrinken in verband is gebracht met velerlei aandoeningen.

Het verwijderen van cafeïne uit de groene koffieboon is beschreven in Chemische Feitelijkeit no. 107 Gedecafeïneerde koffie.

2. Koffie

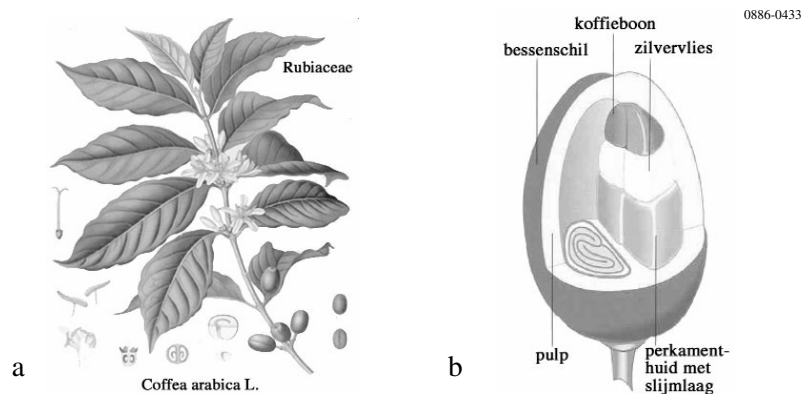
Lang voordat Nederland koffie begon te drinken, was het al populair in het Midden-Oosten. De oorsprong van koffie ligt waarschijnlijk in de beboste hooglanden van Ethiopië waar volgens de legende een geitenhoeder de stimulerende werking van de rode koffiebessen ontdekte. Vervolgens verschenen in Jemen rond de 11^e eeuw de eerste kleine koffieplantages. Het heeft echter tot de 17^e eeuw geduurd voordat de koffie vanuit Arabië via Turkije Europa bereikte. Arabische handelaren hielden de koffiehandel onder controle door alleen geroosterde en gekookte bonen te exporteren en de export van vrucht-

211-4 Koffie

bare bonen te verbieden. Het waren de Hollanders (de Verenigde Oost-Indische Compagnie) die erin slaagden het monopolie te doorbreken door een jonge koffieplant naar Amsterdam te smokkelen. Vervolgens begonnen ze koffie te verbouwen in de toenmalige kolonie Oost-Indië, waarna de koffieproductie van Java die van de Arabieren al snel overtrof. Tussen eind 17^e eeuw en begin 18^e eeuw werd Amsterdam het centrum van de wereldkoffiehandel. Daarna introduceerden de koloniale machten de koffieteelt in het Caribische gebied, Latijns-Amerika en Brazilië. Inmiddels omvat de 'koffiegorde' rond de aarde ongeveer 70 koffieproducerende landen. Brazilië is met 40% van de totale wereldproductie de grootste koffieproducent (oogstjaar 2002/03), gevolgd door Vietnam, Colombia, Indonesië en Mexico.

2.1 De koffieplant

De koffieplant behoort tot de familie der ruwbladigen (Rubiaceeën), en binnen die familie tot het geslacht *Coffea* (zie Figuur 1a). Er zijn zestig verschillende soorten koffieplanten. Twee daarvan zijn voor de koffieproductie het belangrijkste: *Coffea Arabica* en *Coffea Canephora Laurentii*, ook wel Robusta genoemd. Arabica is goed voor 63% (oogstjaar 2002/03) van de wereldproductie, en Robusta voor de overige 37%.



Figuur 1. De koffieplant (a) en een koffiebes met koffiebonen (b).

De Arabica levert milde aromatische bonen van hoge kwaliteit die minder cafeïne bevatten dan Robusta: zo'n 1,0 tot 1,3 %. De naam Robusta geeft aan dat deze koffieplant beter bestand is tegen schadelijke invloeden zoals bladziekten. De opbrengst per hectare is veel hoger dan van Arabica, maar de kwaliteit is minder. De smaak is erg pittig en bitter en is minder aromatisch. Het cafeïnegehalte van Robusta bedraagt 2,0 tot 2,5%. De Robusta wordt vaak vanwege de stevige ruwe smaak gecombineerd met Arabica (1:2) om aan melanges extra kracht te geven.

De koffieplant gedijt het best in (sub)tropische gebieden rondom de evenaar. De ideale groeiomstandigheden zijn een gemiddelde temperatuur van 17 tot 23 °C, veel neerslag en een vruchtbare bodem. Als een koffiestruik drie tot vijf jaar oud is, begint hij vrucht te dragen. De rijpe ronde rode koffiebes (zie Figuur 1b) bevat twee koffiebonen (de zaden). De koffieboon kan variëren in kleur. Afhankelijk van de soort zijn er enkele kleurnuances: grijsgroen, blauwe glans of gelig. Om de bonen heen zit een zilvervlies, een perkamenthuid, het vruchtvlees (pulp) en een schil.

2.2 Bewerking tot groene boon

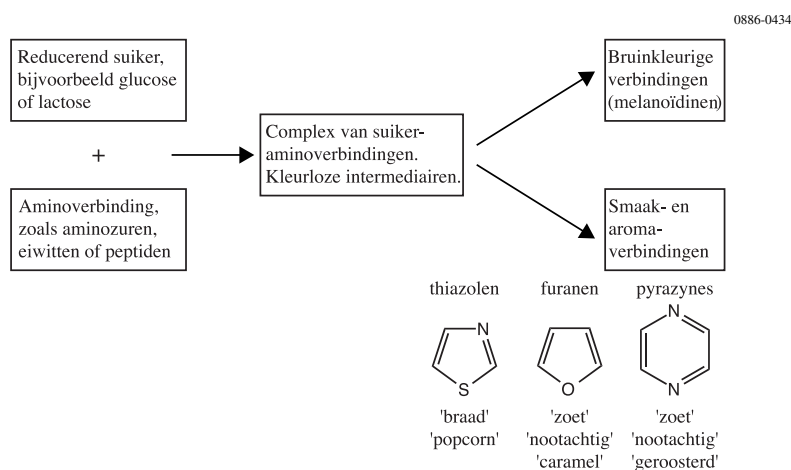
Om de groene koffiebonen uit de rode bessen te halen zijn er twee methoden: een natte en een droge. In Brazilië en een groot deel van Afrika wordt de droge bereiding gebruikt voor Arabica- en Robustakoffiebonen van mindere kwaliteit, omdat deze methode eenvoudig is en weinig arbeidskracht vergt. Na het drogen van de bessen in de zon worden ze in een pelmachine ontdaan van het gedroogde vruchtvlees, de perkamenthuid en een stukje van het zilvervlies.

De relatief kostbare natte bereiding, waarbij de bonen worden gewassen, wordt voornamelijk in Midden-Amerika en een deel van Afrika toegepast. De geplukte bessen worden door een waterkanaal getransporteerd naar fermentatietanks om ze te wassen, te weken en de rijpe en onrijpe bessen te scheiden. De onrijpe bessen zinken naar de bodem, de rijpe blijven drijven. Een pulpmachine haalt het vruchtvlees van de bessen, waarna de koffiebonen in grote waterbassins worden gestort om te gisten. Hierdoor komen het resterende vruchtvlees en de kleverige slijmlaag los. Dit fermentatieproces duurt

ongeveer één à twee dagen. Na het wegwassen van de losgegiste resten zit alleen de perkamenthuid nog om de bonen heen. Deze wordt na het drogen in pelmachines van de bonen afgeschuurd. De schone groene bonen worden met trilzeven op grootte gesorteerd en verpakt in jute, sisal of hennep zakken van 60 kg.

2.3 Roosten

Het roosten of branden van de groene bonenmelange zorgt voor het specifieke koffiearoma. De koffiebonen worden in grote trommels met hete lucht geleidelijk opgewarmd zodat het vocht verdampt. Bij een temperatuur van 180 °C begint het roosten, waardoor de chemische samenstelling verandert. Intern kan de temperatuur oplopen tot 200 à 250 °C. De roosttijden bedragen afhankelijk van de gewenste roost- en kleurwaarde – licht, medium of donker – tussen de 2,5 en 12 minuten. Wanneer de gewenste kleur is bereikt, wordt met koud water het proces abrupt gestopt, omdat in de laatste fase de bonen binnen enkele seconden kunnen verbranden. Vervolgens wordt gekoeld met koude lucht.



Figuur 2. Schematische weergave van de Maillardreactie.

Het verhitten van de bonen zet een aantal fysische veranderingen en complexe chemische reacties in gang. Door het verdampen van het vocht en het vrijkomen van CO₂ (decompositie van organische stoffen) nemen ze circa 60% in omvang toe en worden uiteindelijk broos. De suikers in de bonen karameliseren en geven de bonen de typische smaak en een donkerbruine kleur. Vorming van smaak- en aromastoffen vindt onder meer plaats via de Maillardreactie (zie Figuur 2), de typische bruinkleuringsreactie waarbij onder verhitting suikers reageren met aminoverbindingen tot bruine kleurstoffen en diverse geur- en smaakstoffen.

2.4 Malen

Maar liefst 98 % van de gerooste koffie wordt reeds in de fabriek vermalen. De maalfijnheid wordt afgestemd op de zetmethode. De deeltjesgrootteverdeling van het maalsel heeft invloed op de snelheid waarmee het water door het koffiebed loopt, en daarmee op de extractie efficiency en dus de smaak. De gemiddelde deeltjesdiameter voor espresso is 0,32 mm met een brede verdeling zodat in de espresso-apparatuur de benodigde hoge druk opgebouwd kan worden. Voor snelfiltermaling is een gemiddelde deeltjesdiameter 0,45 mm met vrij smalle verdeling nodig om dichtslibben en slechte doorloop van het filter te voorkomen. Dit is veruit het meest gebruikte maalsel. De standaardmaling voor koffie in een houder met een geperforeerde bodemplaat heeft een gemiddelde deeltjesdiameter van 0,65 mm, met ook een vrij smalle verdeling.

2.5 Verpakken

De beste bewaarplaats voor het koffiearoma is de gerooste koffieboon zelf. In het gunstigste geval kunnen koffiebonen verpakt in een gesloten blik twee jaar goed blijven. Eenmaal gemalen gaat de kwaliteit koffie snel achteruit. Smaak- en aromastoffen vervliegen of breken af onder invloed van licht, zuurstof, vocht en warmte. Onder vacuüm blijft de gemalen koffie acht maanden goed, afhankelijk van het verpakkingsmateriaal.

3. Koffiezetten

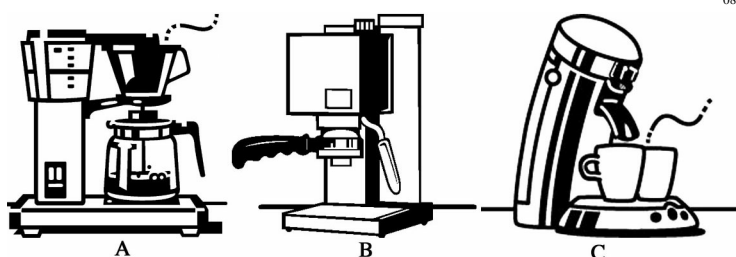
Koffiezetten is op zich een eenvoudig fysisch proces, waarbij heet water de kleur-, geur- en smaakstoffen uit het koffiemaalsel haalt. Niet alleen de mate van wateroplosbaarheid bepaalt wat er uiteindelijk in het kopje terecht komt, maar ook de deeltjesgrootte (de maling), de kwaliteit (koffiesoort), de hoeveelheid water, de zetemperatuur en de contacttijd tussen water en maalsel. Voor een kopje normale koffie is volgens de koffie-experts 6 gram genoeg.

In het algemeen geldt hoe fijner het maalsel hoe hoger de extractiegraad, dus hoe korter de zettijd kan zijn. De zetmethoden (zie Figuur 3) en het maalsel moeten daarom op elkaar zijn afgestemd.

Tijdens de extractie komen eerst de goed oplosbare aromatische stoffen vrij, daarna volgen de bittere bestanddelen. Hoe langer het koffiezetten duurt hoe bitterder en zuurder de koffie gaat smaken. Mensen die hun koffie te bitter vinden, gaan vaak minder koffiepoeder gebruiken. Dit werkt echter averechts: de koffie wordt slapper maar ook bitterder.

Het verse koffie-extract heeft de ideale smaakeigenschappen. Alles wat er verder mee gebeurt kan het alleen maar slechter maken. Temperatuur is hierbij een belangrijke factor: alle afbraak- en omzettingprocessen gaan gewoon door en aroma's verdampen. Na een kwartier op een warmhoudplaat is de koffie bitter.

Vroeger werd koffie nog niet gefilterd. Koffie maakte men door kokend water op kapot gevijzelde koffiebonen te gieten, of het maalsel samen met water te koken. Dit gebeurt overigens nog steeds in



Figuur 3. Een aantal methoden voor het zetten van koffie: snelfilter (A), espresso (B) en senseo (C).

vele delen van de wereld. Het was pas in 1908 dat de Duitse huisvrouw Melitta Benz een eerste papieren filter in een metalen houder ontwikkelde om de koffieprut uit de koffie te houden. Inmiddels is (snel)filterkoffie, automatisch of handmatig gezet, samen met de espressomethode, wereldwijd de populairste zetmethode.

De term Espresso betekent koffie die wordt bereid op het moment dat het gewenst is. Deze Italiaanse zetmethode is in 1903 uitgevonden door Luigi Bezzera, omdat hij sneller koffie wilde zetten. Het espresso-apparaat perst heet water met een druk van 9 bar in ongeveer 25 seconden door een filter met stevig aangedrukte, fijngemalen koffie direct in een kopje. Een kop espressokoffie is vrij sterk, heeft een krachtige smaak en aroma en een stabiele crèmelaag.

Het nieuwste zetsysteem is Senseo: eigenlijk een combinatie van filterkoffie en espresso. Het systeem combineert gemak, snelheid en versheid. Het systeem gaat uit van een vaste hoeveelheid heet water die onder lichte druk van 1,5 bar door de koffiepads – de kant-en-klare ronde kussentjes voor precies één kopje koffie – wordt geperst. Het zetsel komt via een klein gaatje (nozzle) onder grote kracht in het schuimkamertje terecht. De bodem is voorzien van omhoog staande puntjes om de werveling te versterken die moet zorgen voor het crèmelaagje. Een kop Senseo is even sterk als een kop snelfilterkoffie. De korte zettijd van 30-40 seconden en de ruime hoeveelheid koffie zorgen ervoor dat de bittere smaakstoffen in de koffiepads achterblijven.

4. Samenstelling van een kopje koffie

Een kopje koffie bevat ongeveer 1,5% droge stof, de rest is water. Grotendeels bestaat deze droge stof uit cafeïne, chlorogeenzuur en andere zuren, mineralen en koolwaterstoffen (zie Tabel 1). Van deze droge stof is slechts weer 1% verantwoordelijk voor het koffiearoma.

4.1 Cafeïne

Cafeïne (of ook wel coffeïne genoemd, zie Figuur 4) is het bekendste en actieve bestanddeel van koffie. Het is goed wateroplosbaar (21 g/l) en komt dus gemakkelijk vrij. De extractieopbrengst van cafeïne bij

211-10 Koffie

Tabel 1. Chemische samenstelling van de droge stof in koffie*

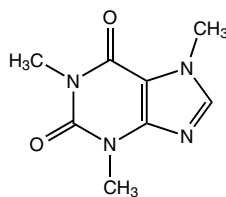
stof(groep)	percentage (%)
cafeïne	8,2
chlorogeenzuur	18,5
reducerende suikers	1,4
overige koolhydraten	19,9
peptiden	6,0
kalium	10,0
overige mineralen	13,6
zuren	17,3
trigonelline	5,1

* lipiden zijn niet meegenomen in deze samenstelling

filterkoffie is 100%, bij de espressomethode wordt 75-85% gehaald, waarschijnlijk door de korte contacttijd tussen maassel en water. Het cafeïnegehalte per kop is afhankelijk van de plantsoort, land van herkomst en de zetwijze. In een gewoon kopje filterkoffie (150 ml) zit ongeveer 80 mg cafeïne (zie Tabel 2).

4.2 Vitaminen en mineralen

Naast cafeïne bevat een gewone kop filterkoffie een aantal mineralen, spoorelementen, ijzer en vitamine B3 (nicotinezuur, niacine). Een kop koffie bevat ongeveer 0,6 mg vitamine B3. Dit is 3% van de in Nederland dagelijks aanbevolen hoeveelheid. Zoals elk plantaardig product is koffie rijk aan kalium en arm aan natrium. De belangrijk-



0886-0436

Figuur 4. Structuurformule cafeïne. Cafeïne komt in de natuur in meer dan zestig verschillende plantensoorten voor.

Tabel 2. Hoeveelheid cafeïne in verschillende koffiezetsels en enkele andere producten.

product	gemiddeld (in mg)	minimaal/maximaal (in mg)
koffie (150 ml)		
filterkoffie	80	70-100
oploskoffie/instant	65	30-120
cafeïnevrij	3	2-5
espresso (50 ml)	65	50-70
thee ⁽¹⁾ (125 ml)	30	15-45
cola (180 ml = 1 glas)	18	15-30
energie dranken ⁽²⁾ (250 ml = 1 blikje)	75	30-90
sommige pijnstillers (tablet 200 mg) ⁽³⁾	50	

(1) De cafeïne in koffie is dezelfde verbinding als theïne in thee (zie ook Chemische Feitelijheid no. 193 Thee).

(2) Vanaf juli 2004 moet het op het etiket van energiedrankjes staan als de drank meer dan 150 mg cafeïne per liter bevat.

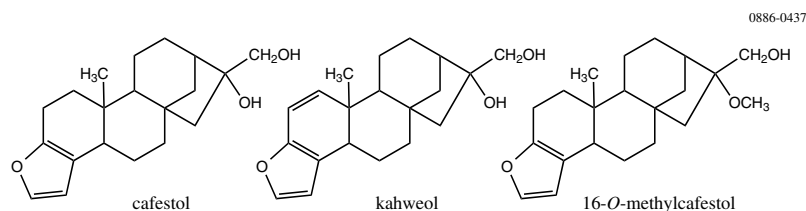
(3) Cafeïne, of het in de farmacologie gebruikelijker coffeïne, versterkt de werking van pijnstillers als paracetamol of ibuprofen. Het faciliteert de passage van geneesmiddelen van de darmen naar het bloed.

ste mineralen zijn kalium (117 mg), natrium (1,5 mg), calcium (6 mg), magnesium (9 mg) en enkele spoorelementen als ijzer (0,3 mg), zink (0,015 mg) en koper (0,015 mg).

4.3 Koolhydraten, eiwitten en vetten

Uit het oogpunt van voedingswaarde zitten er in koffie minieme hoeveelheden koolhydraten, eiwitten en vetten. Een kop zwarte koffie, zonder melk en suiker, bevat minder dan 1 kilocalorie. De grote hoeveelheid koolhydraten in de groene boon zijn tijdens het roostproces veranderd in een vrij onoplosbare koolhydraatfractie. De aanwezige koolhydraten in de vorm van suikers verdwijnen bij het roosten. De vorming van de aromacomponenten zoals furanen, pyrazines en aldehyden in de Maillardreactie (zie Figuur 2) geeft aan dat suikers zijn afgebroken. Karamelisatie vormt vele heterocyclische en aromatische stoffen zoals hydroxymethylfurfural. Sommige zijn zo reactief dat ze polymeriseren tot melanoïdine-achtige verbindingen. Het bruine complex van melanoïdinen kan tot 30% uitmaken van een kopje koffie.

211-12 Koffie



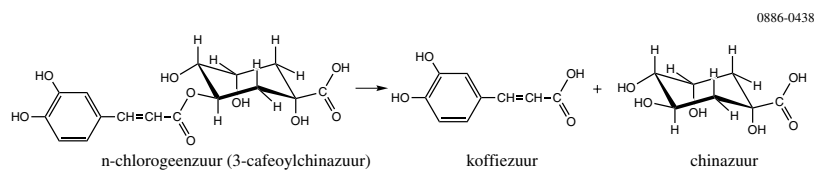
Figuur 5. Structuurformules van drie diterpenen die in koffie(bonen) kunnen voorkomen.

De olie in de koffiebonen bevat de vetachtige stoffen (diterpenen) zoals cafestol, kahweol en 16-*O*-methylcafestol (zie Figuur 5).

De hoeveelheid die in de koffie aanwezig is hangt af van de zetmethode en van de soort koffie. Bij filterkoffie worden de stoffen door het papieren filter tegengehouden. Arabica-koffie bevat cafestol en kahweol. Robusta daarentegen bevat de helft minder cafestol, zeer lage hoeveelheden kahweol en bovendien 16-*O*-methylcafestol. Deze laatste stof is alleen in Robusta bonen aangetroffen. Omdat deze stof ook stabiel is tijdens roosten is dit een ideale component om de aanwezigheid van Robusta in Arabicamelange te detecteren.

In koffie zijn verschillende zuren aanwezig zoals azijnzuur, mierenzuur, appelzuur, melkzuur, chinazuur en chlorogeenzuur. Hierdoor heeft een kop koffie een pH van 5,2 tot 5,8. Bewaren van koffie bij hoge temperatuur leidt tot verdere verlaging van de pH als gevolg van hydrolyse van chlorogeenzuurlacton naar chlorogeenzuur en eventueel verder naar chinazuur en koffiezuur (zie Figuur 6)

Cafeïne, trigonelline en fenolische componenten, zoals chlorogeenzuur en melanoïden, zijn verantwoordelijk voor de bittere smaak in koffie.



Figuur 6. Hydrolyse van chlorogeenzuur tot koffiezuur en chinazuur.

4.4 Koffiearoma

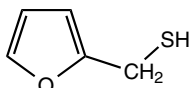
Inmiddels zijn 841 vluchtige koffiearomacomponenten bekend, waaronder 126 furanen, 100 zwavelcomponenten, 86 pyrazines, 80 koolwaterstoffen, 66 pyrrolen, 85 ketonen, 49 fenolen, 37 aldehyden, 33 esters en 28 alcoholen. De geurstoffen worden voornamelijk gevormd tijdens het roosten door de Maillardreactie en de afbraak van fenolische zuren en caroteenverbindingen.

Alhoewel een waterige oplossing van 2-furfurylthiol (zie Figuur 7) de indruk van een 'koffiegeur' kan geven, is het specifieke koffiearoma echter niet toe te schrijven aan één of twee componenten. De heersende gedachte is dat alleen de componenten die boven hun geurwaarnemingsgrens uitkomen een actieve bijdrage kunnen leveren aan het aroma (zie Tabel 3).

Tabel 3. Enkele aromastoffen in koffie van gebrande Arabica koffiebonen uit Colombia.

aroma	koffiezetse gemiddelde concentratie (mg/kg)	aroma-activiteit* quotient concentratie en geurwaar- nemingsgrens	koffiebonen gemiddelde concentratie (mg/kg)
zoet / karamel			
methylpropanal	0,76	1090	28,2
3-methylbutanal	0,57	1430	17,8
4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon	7,2	720	120
2-ethyl-4-hydroxy-5-methyl-3 (2 H)furanon	0,8	700	16,7
aarde			
2-ethyl-3,5-dimethylpyrazine	0,017	110	0,326
3-isobutyl-2-methoxypyrazine	0,0015	300	0,087
zwavelachtig / geroosterd			
2-furfurylthiol	0,017	1700	1,70
3-mercapto-3-methylbutylformaat	0,0057	1630	0,112
3-methyl-2-buteen-1-thiol	0,0006	2000	0,0099
rokerig / fenolisch			
guaiacol	0,120	50	3,2
4-vinylguaiacol	0,740	40	55
fruitig			
acetaldehyde	4,7	470	130
(E)- β -damascenon	0,0016	2130	0,226
kruidig			
3-hydroxy-4,5-dimethyl-2 (5 H)-furanon	0,08	4	1,58

* De aroma-activiteit is het quotiënt van de concentratie en de geurwaarnemingsgrens. Deze waarde geeft aan welke component het meest waarschijnlijk bijdraagt aan het betreffende aroma.



0886-0439

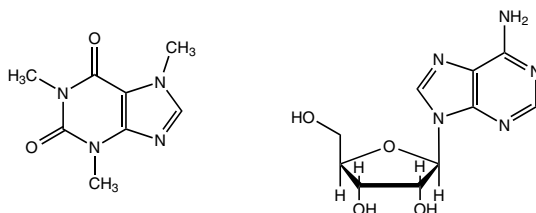
Figuur 7. Aromacomponent 2-furfurylthiol.

5. Effecten

5.1 Stimulerend effect

Een van de redenen om koffie te drinken is het licht stimulerende effect van cafeïne op het centrale zenuwstelsel. Het verdrijft de slaap en vermoeidheid, en verbetert het concentratievermogen, de reactiesnelheid en het uithoudingsvermogen. Daarnaast stimuleert het de spijsvertering. Gemiddeld krijgt de Nederlandse man per dag 600 mg cafeïne binnen; de Nederlandse vrouw 500 mg. De meeste mensen ondervinden daarvan geen problemen. Te veel cafeïne veroorzaakt echter rusteloosheid, beven, duizeligheid, suizende oren, hartkloppingen en kan het in slaap vallen bemoeilijken. De gevoeligheid voor cafeïne is wel sterk individueel bepaald. Aan mensen die gevoelig zijn voor cafeïne adviseert men een maximum van 400 mg cafeïne per dag.

Na ongeveer een half uur begint de cafeïne te werken. De duur van de werking varieert maar bedraagt gemiddeld drie uur. Het stimulerende effect op het centrale zenuwstelsel van cafeïne is te danken aan de gelijkenis met de lichaamseigen stof adenosine (zie Figuur 8). In het lichaam zijn op talloze plaatsen adenosine-receptoren aanwezig



0886-0440

Figuur 8. De structuurformules van cafeïne (1,3,7-trimethylxanthine) en adenosine (rechts).

bijvoorbeeld in de hersenen, luchtwegen, hart, nieren, vetcellen, bloedvaten en in het darmweefsel. Als adenosine aan de receptor bindt, veroorzaakt dat een slaperig gevoel omdat het de zenuwcelactiviteit afremt. Cafeïne verdringt de adenosine van zijn receptor, maar heeft geen remmende werking op de zenuwactiviteit. Doordat de receptoren bezet zijn, neemt de cel geen adenosine meer waar. De hersenen worden weer actief (wakker), evenals de luchtwegen, het hart, het darmweefsel en de nieren; vetten worden verbrand en bloedvaten verwijdt. Die activiteit zorgt voor de aanmaak van het stresshormoon adrenaline, waardoor onder meer de hartslag versnelt. De gunstige uitwerking van cafeïne op de luchtwegen is dan ook ingezet als medicijn om astma-aanvallen te verlichten.

Bovendien beïnvloedt cafeïne het serotonine- en dopaminesysteem in de hersenen, waardoor een koffiedrinker zich prettig gaat voelen. Het vermeende diuretisch effect van koffie is verwaarloosbaar klein bij een normale cafeïneconsumptie. Het totale urinevolume blijft gelijk. Wel kan de frequentie toenemen omdat cafeïne een licht stimulerend effect uitoefent op de spieren die met de blaas verbonden zijn.

De cafeïne in koffie is niet verslavend maar er treedt wel gewenning op. Abrupt stoppen met koffie, bijvoorbeeld in het weekend, kan gepaard gaan met ontwenningverschijnselen als lichte hoofdpijn. Die symptomen zijn van tijdelijke aard.

Sport

Met het prestatievermogen bevorderende effect van cafeïne werd tot voor kort ook in de internationale wedstrijdsport rekening gehouden. Cafeïne stond op de dopinglijst van het Internationaal Olympisch Comité (IOC). Als de urine van een sporter meer dan 12 microgram cafeïne per millimeter bevatte, was hij strafbaar. Toen per 1 jan 2004 het Wereld Anti-Doping Agentschap (WADA) de verantwoordelijkheid voor het opstellen van de dopinglijst heeft overgenomen van het IOC, is cafeïne van de dopinglijst verdwenen. De belangrijkste reden volgens het Nederlands Centrum voor Dopingsvraagstukken (NeCeDO) is dat de prestatieverhogende werking van cafeïne reeds bij hele lage concentraties plaatsvindt, dat een verbod buitengewoon onpraktisch is. Bovendien is cafeïne in deze lage concentraties niet schadelijk voor de gezondheid.

5.2 Overige effecten

Met regelmaat verschijnen er berichten in de media over voedingsmiddelen en de effecten ervan op de gezondheid. Zo ook over koffie. Koffiedrinken is onder meer in verband gebracht met kanker, hart- en vaatziekten, spontane abortus en osteoporose. Met diezelfde regelmaat worden de effecten weer tegengesproken met resultaten uit ander onderzoek. Vaak omdat negatieve effecten die bij veel koffiedrinken te zien zijn ook aan andere levensstijlfactoren – stress, roken, drinken en slechte voeding – kunnen worden toegeschreven. Behalve negatieve effecten, worden ook positieve gezondheidseffecten gemeld. Koffiedrinken vermindert mogelijk de kans op suikerziekte type-2, Parkinson, Alzheimer, levercirrose, galstenen, dikke-darmkanker, blaaskanker of zelfs tandplaque. In veel gevallen zijn de uitkomsten nog onderwerp van debat en is aanvullend onderzoek nodig om ‘aanwijzingen’ te bevestigen.

Vanwege de veronderstelling dat koffie kanker zou bevorderen is met name de invloed van koffie op kanker uitgebreid onderzocht. Volgens het recente overzichtsrapport van het KWF Kankerbestrijding naar de rol van voeding bij het ontstaan van kanker, is het niet nodig de consumptie van koffie te beperken of te stimuleren om zo het risico van kanker te verkleinen. Voor veel voorkomende vormen van kanker (maag, borst, prostaat, blaas, mond, keelholte en slokdarm) is een verband niet aannemelijk. Wel zijn er aanwijzingen dat koffiedrinken het risico van lever- en darmkanker verlaagt. Polyfenolen, chlorogeenzuur en koffiezuur – de antioxidanten in koffie – zouden mogelijk een beschermende werking hebben.

De aanwezige diterpenen kahweol en cafestol in de koffieolie kunnen het cholesterolgehalte verhogen, zowel van het totaal als het ongunstige LDL (low density lipoprotein)-cholesterol. Aan de andere kant kunnen deze stoffen een beschermend effect op de lever hebben.

6. Wetgeving

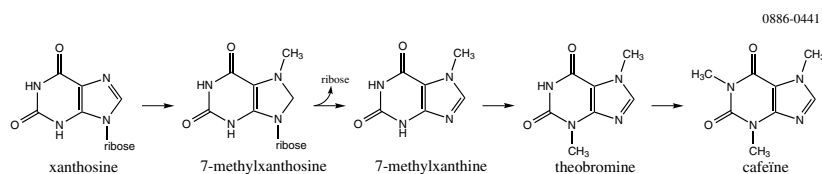
Op koffie is de algemene Warenwet van toepassing met daarin onder andere het Warenwetbesluit Koffie en Cichorei. In dit besluit wordt gedefinieerd wat koffie nu eigenlijk is, namelijk: *de behoorlijk gerei-*

nigde en gerooste zaadkernen van de koffieboom (soorten van het geslacht *Coffea*). Ook worden eisen gesteld aan de vermelding 'cafeïnevrij', deze mag uitsluitend worden gebruikt voor (gemalen) koffie met een cafeïnegehalte van ten hoogste 0,1%. Verder worden nog kwaliteitseisen gesteld met betrekking tot het watergehalte, het in wateroplosbare extract, het gehalte aan verontreinigingen (schillen, huidjes), het asgehalte, het chloridegehalte.

In het kader van de deregulering zal waarschijnlijk dit jaar het koffiebesluit worden opgeheven. Hiermee vervalt ook de benaming koffie en ook de aanduiding cafeïnevrij. Het betekent dat producten met een cafeïnegehalte hoger dan 0,1% als cafeïnevrij kunnen worden verkocht, zo mogelijk ook surrogaatkoffie als koffie. Verder geldt voor koffie-extract (vloeibare koffie-extracten en instant-koffie) de Europese richtlijn (1999/4/EG) Koffie en Cichorei-extracten.

7. Ontwikkelingen

Ondanks dat koffie wereldwijd een belangrijk handelsproduct is, is er nog relatief weinig moleculair biologisch of biotechnologisch onderzoek gedaan. Dit komt waarschijnlijk omdat de koffieplant niet een eenjarige plant is zoals maïs, sojabonen en katoen en daardoor minder aantrekkelijk voor zaadproducerende, biotechnologische bedrijven. Tot nu toe zijn er slechts enkele genen geïdentificeerd. De biosyntheseroute van cafeïne heeft daarbij grote belangstelling (zie Figuur 9). Het produceren van een cafeïnevrije koffieboon maakt het decafeïneren overbodig waardoor er ook geen kwaliteitsverlies meer optreedt.



Figuur 9. Het model voor de biosynthese van cafeïne. De eerste stap is het methyleren van xanthosine. Na afsplitsing van ribose zijn nog twee methyleringsstappen nodig voor de vorming van cafeïne.

De transgene cafeinevrije koffieplant is inmiddels in de laatste fase van ontwikkeling.

Zowel schimmelziekten en de gevreesde koffiebesboorder als abiotische factoren zoals vocht en bevrozing, vormen problemen voor de telers. Wellicht kunnen interessante ontwikkelingen in de biotechnologie hier in de toekomst oplossingen voor bieden.

8. Literatuur en websites

- R.J. Clarke and O.G. Vitzthum, *Coffee, Recent Developments*, Blackwell Science Ltd. (2001).
- *De rol van voeding bij het ontstaan van kanker*, Signaleringscommissie Kanker van KWF Kankerbestrijding, april 2004, H 10 Koffie, p. 76-79.
- H. van Maanen, *Koffie of diabetes*, Het Parool, 14 november 2002.
- Schrauwers, 'Eerlijk' produceren: (Delfts) reactorinstituut beschieft bonen met neutronen. Delft Integraal, no 4 (2002)
- R. Tice, *Cafestol and Kahweol*, Review of Toxicological Literature, Integrated Laboratory Systems, North Carolina (1999).
- World Health Organisation International Agency for Research on Cancer (WHO/IARC), (1991) *Coffee, Tea, Mate, Methylxanthines and Methylglyoxal*. In: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 51, 47-206, Lyon.
- Nederlandse Voedingsstoffen bestand, NEVO-tabel 2001, *Koffie bereid*, p. 34-35.

Internet

- Vereniging Nederlandse Koffiebranders en Theepakkers: www.vnkt.nl
- Voorlichtingsbureau koffie en gezondheid: www.koffieismeer.nl
- Koffie en thee informatiebureau: www.koffiethetee.nl
- Het voedingscentrum: www.voedingscentrum.nl
- European Coffee Science Information Centre: www.cosic.org

- Coffee Science Source (National Coffee Association, VS):
www.coffeescience.org
- International Coffee Organization (VN): www.ico.org
- Coffee Research Institute: www.coffeeresearch.org
- Douwe Egberts: www.de.nl
- Nestlé: www.nestle.nl
- Max Havelaar: www.maxhavelaar.nl