

Chemische Feitelijkheden

#385

Editie 98

september

2022

Michelle Wijma

Koffie

Drankje vol smaken, soorten en effecten

Wist je dat koffiebonen helemaal geen bonen zijn? Het zijn pitten afkomstig uit de bessen van een koffieplant, zoals de Arabica en Robusta. De bonen maak je door het vruchtvlees en andere onderdelen van de bes te verwijderen. Daarna brand je ze van groen naar licht- tot donkerbruin. Door maillard- en karamellisatiereacties ontstaan honderden verbindingen. Een deel daarvan zorgt voor het bijzondere smaakprofiel van koffie. Hoe je je kopje koffie ook zet, de

stappen bevochtiging, hydrolyse en extractie zijn cruciaal. Druk en beweging zijn ook belangrijk. Eenmaal in je lichaam heeft cafeïne verschillende oppeppende effecten, bijvoorbeeld doordat de verbinding in je brein concurreert met adenosine, een signaalstof die je hersenen moe maken. Er bestaan trouwens koffiebonen die tijdens de productie eerst zijn verteerd en uitgepoept door een dier, zoals de civetkat of een olifant.



Koffie

Een bakkie pleur, kopje troost of in het Vlaams een tas koffie. Deze drank heeft net zo veel namen als soorten en zetmethodes. Van koffieplant tot koffieboon en van in je mok tot in je brein, elke stap is een proces vol chemie en vakmanschap.

Tijdens een vroege ochtend in de negende eeuw, op de hoogvlakte van Ethiopië, ontdekte geitenhoeder Kaldi dat zijn kudde vermist was. Na een zoektocht van uren, trof Kaldi zijn geiten dansend en springend aan. Van slapen was duidelijk geen sprake geweest. De herder merkte op dat de dieren rode bessen hadden gegeten. Hij proefde er een paar en voelde zich extatisch. Kaldi bracht de mysterieuze bessen naar een klooster. Daar moesten ze niets weten van deze duivelse vrucht en een monnik gooide ze in het vuur. Het aroma dat de kamer vulde was niet te negeren. Ze maakten een drankje van de verbrande bessen en ervoeren de opwindende effecten.

Steeds populairder

De legende van Kaldi is een van de vele verhalen over de ontdekking van koffie.

Welk verhaal klopt weet niemand precies. Maar waar het ook begon, uiteindelijk bereikte de koffieplant het Arabisch schiereiland en kwam de ontwikkeling in een stroomversnelling. De Arabieren brachten de koffieteelt naar een hoger niveau, waarna het snel populairder werd in Islamitische landen, met havenstad Mokka als belangrijkste distributeur.

Het duurde daarna nog eeuwen voordat Nederlanders eind zeventiende en begin achttiende eeuw koffiestekjes naar de koloniën zoals Suriname en Indonesië smokkelden. De Nederlanders startten daar koffieplantages waar tot slaaf gemaakten moesten werken. Rond die tijd openden in Nederland de eerste koffiehuisen en groeide koffie uit van elitedrank tot meest geconsumeerde volksdrank van het land. Inmiddels drinken we wereldwijd meer dan twee miljard kopjes koffie per dag en is Brazilië de grootste producent. Er zijn

tientallen soorten koffieplanten, maar voor de productie worden voornamelijk *Coffea Arabica* en *Coffea Canephora* gebruikt. De *Canephora* wordt meestal *Robusta* genoemd, omdat de plant relatief goed bestand is tegen schadelijke invloeden van buitenaf. Dat komt mede door het hoge cafeïnegehalte, een stof die onder andere



Volgens de legende van Kaldi vonden de geiten van een herder een koffiebessestruik, wat hen vrolijk stemden.



Interieur van het Franse Koffiehuis, Kalverstraat 23-25. In de zaal een



SHUTTERSTOCK

De bessen van de Coffea Arabica oogst je als ze rood zijn.

bepaalde insecten verlamt en bijen lokt die de plant bestuiven. Robusta levert hogere opbrengsten dan Arabica en is goedkoper, maar de kwaliteit van de koffie is een stuk minder, net als volgens veel mensen de smaak, die relatief pittig en bitter is. Arabica is aromatischer, zachter en zuurder van smaak. De twee soorten worden vaak gecombineerd voor een evenwichtige, betaalbare koffiemelange. In de winkel

herken je ze aan de kleur van de verpakking. Twee derde Arabica met een derde Robusta is rood. Zilvermerk koffie heeft een verhouding van 80/20. Honderd procent Arabicakoffie heeft een gouden verpakking.

Van bes tot boon

Koffiebonen danken hun naam aan de boon-achtige vorm. Eigenlijk zijn het geen

bonen, maar pitten (zaden) uit de bes van de koffieplant. De zaden groeien per twee in de vrucht met een laagje vruchtvlees eromheen. In acht maanden tijd kleuren de bessen van groen naar rood. De bessen verwerken tot koffiebonen, waarbij je het vruchtvlees en andere onderdelen van de bes verwijdert, kan op verschillende manieren, grofweg te verdelen in ongewassen, halfgewassen en gewassen methodes. Bij de ongewassen methode droog je de geplukte koffiebonen eerst in de zon, waarna je het uitgedroogde vruchtvlees machinaal verwijdert. Tijdens het drogen zijn suikers vanuit het vruchtvlees in de boon getrokken. Ongewassen koffie heeft daarom een zoetere en intensere smaak met tonen van rode bessen. Fermentatie tijdens het drogen zorgt voor likeuraroma's. Tegenwoordig wordt meestal de gewassen methode gebruikt. Die is complexer en



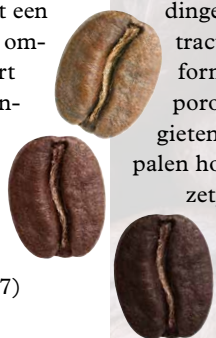
menigte bezoekers, bezig met damspelen, lezen, drinken en praten. Rechts de schouw met een turfvuur.

tijdrovender dan ongewassen methodes, maar je hebt wel meer controle over het proces. De rijpe bessen worden door een rooster geperst, wat het vel en meeste vruchtvlees verwijdert. Tijdens een fermentatieproces van een tot twee dagen breekt de cellulose in het overgebleven vruchtvlees af, waarna een borstel de resten weghaalt. De pitten worden nu gedroogd, zodat ook de perkamenthuid om de 'boon' kan worden verwijderd. Nu is het tijd om de bonen te sorteren en te mengen, zodat een constante smaak en prijs kan worden gewaarborgd. Gewassen koffie heeft een delicate, fruitige, lichtzure smaak en is beter in balans dan ongewassen koffie.

Halfgewassen verwerkingsmethodes worden steeds populairder. Je verwijdert dan wel de schil, maar niet al het vruchtvlees voordat je de bessen laat drogen in de zon. Er wordt volop met deze methode geëxperimenteerd. Hoeveel vruchtvlees verwijder je? Hoe lang laat je de boon fermenteren? Iedere combinatie van stappen levert een unieke koffie op. Zie je 'honey processed' op je koffieverpakking staan, dan is er tijdens de verwerking gelet op de hoeveelheid vruchtvlees die verwijderd is voor de droogfase. Er blijft dan een bepaalde hoeveelheid pectine over, een slijm laag om de boon heen die verandert in een honing-achtige substantie. Hoe korter gewassen, hoe meer pectine en hoe zoeter de koffie.

Van groen tot zwart

Koffiebonen roosteren is een delicaat proces, waarbij de bonen verkleuren van groen naar bruin. Hoe langer je brandt, hoe donkerder de koffieboon wordt. Lichte, medium en donkere koffiebonen geven unieke smaken en aroma's. Dat komt door de maillardreactie, een serie reacties die tijdens het branden plaatsvindt. Eerst reageert een reactieve carbonylgroep van een suikermolecuul met een nucleofiele aminogroep van een aminozuur (uit een eiwit bijvoorbeeld). Er ontstaat een instabiele glycosylamine die wordt omgezet in aminoketose. Deze reageert verder waarna in de koffieboon honderden nieuwe verbindingen ontstaan. Met name de cyclische moleculen zorgen voor de typische kleur, smaak en geur van koffie. Meer over de maillardreactie lees je in editie 95 (nummer 377)



van Chemische Feitelikheden: Chemie in de keuken.

Er vindt ook karamellisatie plaats, een serie reacties tussen suikermoleculen. Er ontstaan honderden nieuwe verbindingen die volgen uit allerlei type processen, zoals condensatiereacties, intramoleculaire binding, isomerisatie van aldosen en ketosen, dehydratiereacties en fragmentatiereacties. De bruine kleur komt voort uit drie polymeregroepen: karamelans ($C_{24}H_{36}O_{18}$), karamelens ($C_{36}H_{50}O_{25}$) en karamelins ($C_{125}H_{188}O_{80}$). Ook hierbij is het oplossen geblijven. Eerst ontstaan er moleculen verantwoordelijk voor boter- en melk- aroma's (diacetylmoleculen), fruitaroma's (ethers en lactonen) en karamelaroma (maltol). Stijgt de temperatuur verder, dan krijg je zure, bittere en verbrande aroma's. Licht gebrande bonen hebben een rinse (ook wel fris of zuur genoemd), lichte body. Brand je donkerder, dan passeren ook zoete smaken de revue. Hoe langer je brandt, hoe meer de zoete aroma's plaatsmaken voor bittere verbindingen, wat resulteert in een dark roast met volle body. Tijdens het branden breekt de cafeïne overigens steeds verder af en worden CO_2 en andere gassen 'opgesloten' in de koffieboon. Voor welke roast je gaat, is een kwestie van smaak. Kies je koffie die al gemalen is, dan is deze vaak vacuüm en donker verpakt, om het vervliegen en oxideren van alle smaak- en geurstoffen te vertragen.

Koffiezetmagie

Er zijn allerlei koffiezetmethodes, maar laten we eerst naar de basis kijken. Hoe je je koffie ook zet, zodra het in contact komt met water, gebeuren er grofweg drie dingen: bevochtiging, hydrolyse en extractie. Voor het bevochtigen zijn het formaat van de koffiedeeltjes, de porositeit, dichtheid, snelheid van opgieten en druk van groot belang. Ze bepalen hoe snel en gelijkmatig het koffiezetproces in gang wordt gezet.

Zodra de koffie contact maakt met water, ontsnappen de opgesloten gassen in een keer. Doe je



BY MEDVEDEV - OWN WORK, CC BY-SA 3.0

Mokkapot



UNSPLASH

Cafetière



BY ADAM HARANGÓZ - OWN WORK, CC BY-SA 4.0

Cezve voor Turkse koffie

dit net na het roosteren en malen, dan ontstaan er flink wat luchtbelllen. Dit fenomeen, in het Engels blooming genoemd, is een teken dat je koffie vers is en rijk aan aromatische gassen die de smaakbeleving bevorderen. Zijn de bonen meer dan twee weken geleden geroosterd, dan zijn de meeste gassen in de tussentijd al ontsnapt en smaakt je koffie anders.



Nu de koffie bevochtigd is, kan de sleutelgebeurtenis van koffie zetten plaatsvinden: extractie. Bij koffie zetten wordt extractie gebruikt als verzamelterm voor verschillende processen die plaatsvinden om oplosbare stoffen in de vaste koffie te verplaatsen naar de waterfase, ofwel het gezette kopje koffie. Welke processen er precies plaatsvinden, hangt onder andere af van temperatuur, tijd en beweging.

Verskillende zuren, cafeïne en allerlei andere stoffen lossen op in het water. Sommige moleculen ondergaan hydrolyse, waarbij het molecuul splitst door een watermolecuul. Moeilijk tot niet oplosbare deeltjes, zoals grotere organische zuren, kunnen daardoor toch (deels) oplossen. Hoe hoger de temperatuur en hoe meer tijd er voorbijgaat, hoe meer en beter stoffen oplossen. Dat geldt ook

voor minder lekkere verbindingen, dus controle over het koffiezetproces is heel belangrijk voor de smaak. Bovendien speelt diffusie een rol. De concentratie opgeloste deeltjes is groter in de buurt van de koffiedeeltjes dan verderop in het water; er is dus een concentratiegradient. Daarnaast neemt de concentratie opgeloste stoffen toe naarmate het water door de koffiedeeltjes in het filter beweegt, wat de oplosbaarheid van moleculen in de koffie beïnvloedt. Welke stoffen er precies oplossen en in welke mate, verschilt dus per koffiezetmethode en of je bijvoorbeeld roert of niet. Maak je espresso, dan is er nog een belangrijke factor in het spel: druk. Omdat je water onder hoge druk door de koffiedeeltjes perst, was je ook onoplosbare deeltjes mee, zoals vezels, eiwitten en oliën. Espresso heeft daarom een hogere viscositeit dan langzaam gezette koffie.

Voor de meeste koffie is een extractieopbrengst van 18-22% ideaal. Dit percentage beschrijft de massa die is verplaatst van koffie naar water, ten opzichte van de koffiemassa voor de extractie. Is de opbrengst te laag, dan is je kopje koffie te zuur en niet in balans. Dat komt doordat zuren vroeg tijdens de extractie oplossen, terwijl suikers en bittere stoffen later aan de beurt zijn. Is het percentage te hoog, dan hebben juist te veel bittere stoffen kunnen oplossen.

Filter, espresso of oplosbaar

In Westerse culturen drinken de meeste mensen filterkoffie, gezet met de hand, een koffiezetapparaat, met koffiepad (Senseo) of capsules (Nespresso). Daarnaast heb je bijvoorbeeld de cafetière, een glazen kan met grof gemalen koffie waar je water opgiet. Daarna roer je, wacht je even en duw je een filter naar beneden. Ook is er de mokkapot, die je op het fornuis zet waarna het kokende water met een druk van zo'n 1,5 bar omhoog door de koffie wordt geperst en boven in de pot wordt opgevangen.

Bij andere methodes laat je de koffie bezinken, waarna je de overgebleven 'drab' onderin je kopje



Kraantjespot/-kan

niet opdrinkt. Je kunt ook een kraantjespot gebruiken, waarin de koffie bezinkt in de ronde buik van de kan. Daarboven zit een kraantje waarmee je de koffie aftapt. Voor Turkse koffie gebruik je een speciaal pannetje van brons of koper (een cezve) met daarin kort gebrande, zeer fijn gemalen koffie en suiker in gelijke hoeveelheden. Je voegt hier koud water aan toe, waarna je de boel langzaam aan de kook brengt. Het paradepaardje onder de koffie is toch wel de espresso. Deze maak je met een speciale machine waarin gedurende twintig tot dertig seconden een kleine hoeveelheid water (30 ml) onder hoge druk (8-9 bar) door zo'n 7 gram zeer fijn gemalen, goed aangestampte koffie wordt geduwd. Er ontstaat een viskeus kopje koffie met hoge concentratie verbindingen. Bovenop ligt de crema, een laagje schuim van kleine CO₂-bubbelletjes in een olie-in-wateremulsie. Die bestaat uit vetten, proteïnen, suikers en vaste deeltjes afkomstig uit de celwand van koffiecellen. Een vreemde eend in de bijt is oploskoffie,

die na opgieten (vrijwel) volledig oplost. De smaak is duidelijk anders dan die van verse koffie en wordt vaak minder lekker gevonden. Oploskoffie wordt gemaakt van geconcentreerde gezette koffie waar het water uit verwijderd is. Dat kan middels sproeidrogen, waarbij de koffie onder hoge druk wordt verneveld. De vloeistof in de kleine druppeltjes verdampt door hitte en de droge deeltjes blijven over in de vorm van poeder. Een andere manier om oploskoffie te maken is vriesdrogen. Tijdens dat proces ontstaan ijskristallen in de koffie bij zeer lage temperatuur. Die laat je sublimeren, waarna de vaste deeltjes overblijven in de vorm van korrels.

Aroma-explosie

De smaakbeleving van je kopje koffie wordt bepaald door een combinatie van aroma's (bittere, zure en zoete smaakprikkelingen) en de body, die licht tot zwaar is. Daarnaast spelen persoonlijke voorkeur en allerlei neurologische en psychologische

► Cafeïnevrij

Je kunt koffie op verschillende manieren (grotendeels) ontdoen van cafeïne via cafeïne-extractie van de ongebrande koffiebonen. Je dompelt de bonen onder in een extractiemiddel, bijvoorbeeld ethylethanoaat of dichloormethaan. De cafeïne lost op in het middel, waarna je de bonen verwijderd en droogt. Je kunt ook CO₂ gebruiken. Je weekt de koffiebonen dan in een bad van CO₂ in superkritische toestand. Dat betekent dat de stof zich in een fase bevindt tussen gas en vloeistof in. De druk moet hiervoor hoger zijn dan 74 bar. De cafeïne lost op in de CO₂, waarna het geheel wordt verwijderd. Dat gebeurt op zo'n manier, dat je de CO₂ kunt hergebruiken en andere stoffen in de koffieboon niet worden meegenomen, zodat de smaak zoveel mogelijk hetzelfde blijft.

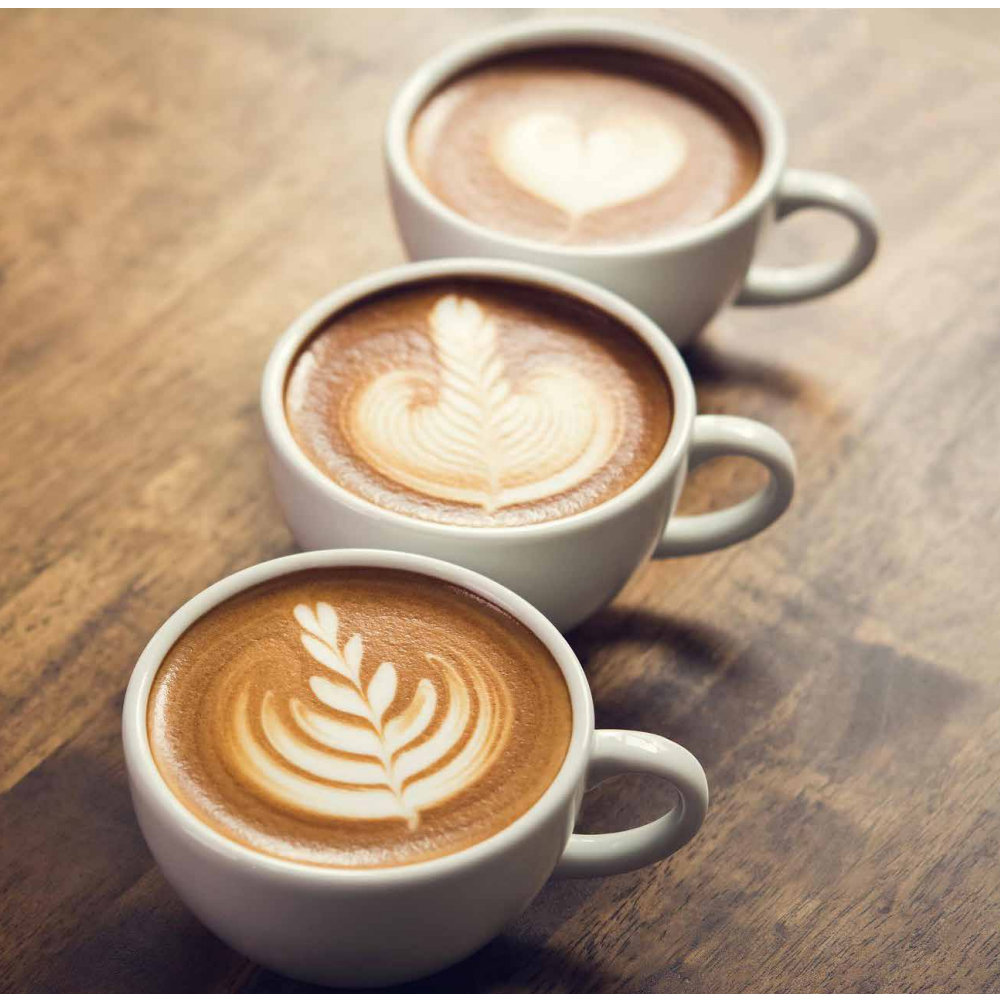
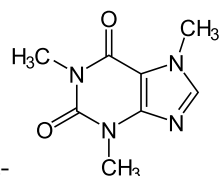
factoren een rol.

Analyseer je koffiebonen met een gaschromatograaf, dan vind je in groene koffiebonen heel andere resultaten dan in ge-roosterde. De groepen aromatische verbindingen die belangrijk zijn voor de smaak en aroma van koffie, ontstaan grotendeels tijdens het branden. We kunnen zo'n 5% van de honderden vluchtige organische stoffen in koffie waarnemen. Onderzoek suggereert dat slechts twaalf van die stoffen het aromaprofiel bijna geheel bepalen. Laat je een van deze stoffen weg, dan krijg je een heel andere koffiebeleving. Zie de tabel op de volgende pagina.

Cafeïne in het lichaam

Cafeïne (zie hieronder; 1,3,7-trimethylxanthine; C₈H₁₀N₄O₂), ook bekend onder de namen coffeïne en theïne, is een van de meest geconsumeerde en sociaal geaccepteerde natuurlijke stimulantia. Het komt van nature voor als een zout met chloorgeenzuur in koffiezaad, theebladeren en cacao's. Ook wordt cafeïne in zuivere vorm toegevoegd aan cola, energiedrankjes en sommige geneesmiddelen, zoals paracetamol, omdat het vermoedelijk de werking bevordert.

In het lichaam doet cafeïne meerdere dingen. De stof verhoogt de productie van adrenaline en serotonine en het stimuleert het sympathische zenuwstelsel. Dat deel



Naam	Molecuulformule	Aroma	Structuurformule
2-Methylpropanal	C_4H_8O	Zoet, karamel	
2-Methylbutanal	$C_5H_{10}O$	Zoet, karamel	
3-Methylbutanal	$C_5H_{10}O$	Zoet, karamel	
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine	$C_8H_{12}N_2$	Aards	
2-Ethenyl-3,5-dimethylpyrazine	$C_8H_{10}N_2$	Aards	
2,3-Diethyl-5-methylpyrazine	$C_9H_{14}N_2$	Aards	
2-Methoxy-3-(2-methylpropyl)pyrazine	$C_9H_{14}N_2O$	Aards	
(Furan-2-yl)methaanthiol	C_5H_6OS	Gebrand, zwavelachtig	
4-Ethenyl-2-methoxyfenol	$C_9H_{10}O_2$	Fenolisch	
Ethanal	C_2H_4O	Fruitig, bloemig	
Propanal	C_3H_6O	Fruitig, bloemig	
4-Hydroxy-2,5-dimethylfuran-3-on	$C_5H_8O_3$	Scherp	

van het zenuwstelsel stoomt ons lichaam klaar voor fysieke arbeid, met als gevolg een verhoogde hartslag, snellere ademhaling en geremde spijsvertering. Er zijn aanwijzingen dat cafeïne in bepaalde situaties, zoals bij duursporten, prestatiebevorderend werkt. Bovendien remt cafeïne de heropname van dopamine, wat een verhoogd geluksgevoel geeft.

Verder maakt cafeïne je alerter en het verbetert je geheugen. Dat komt omdat het in de hersenen concurreert met adenosine.

Deze stof bindt gedurende de dag aan receptoren op je hersencellen. Een receptor is een soort doorgeefluikje op een cel die, als er een signaalmolecuul aan bindt, een seintje naar binnen of buiten stuurt. Door adenosine wordt de hersenactiviteit gedurende de dag lager en je wordt langzaam maar zeker moe. Tijdens je slaap neemt de concentratie van het signaalmolecuul weer af. Omdat cafeïne qua structuur op adenosine lijkt, kan het aan dezelfde doorgeefluikjes binden, maar het geeft vervolgens geen signaal door. Met andere woorden: de hersenactiviteit neemt in mindere mate af en je wordt minder snel moe.

Je brein compenseert voor deze ontregeling door meer adenosinereceptoren te maken. Je hebt daardoor steeds meer cafeïne nodig voor eenzelfde effect en je slaapkwaliteit gaat erdoor achteruit. Dit veroorzaakt bij sommige mensen uiteindelijk een slaapprobleem. Stop je met koffie drinken, dan duurt het even voor je brein het gewenste aantal receptoren hersteld heeft.

Gedurende ongeveer een week kun je hoofdpijn hebben, extra vermoeid zijn en trillende handen krijgen. De halfwaardetijd van cafeïne is vijf tot zes uur. Drink je om 8:00 uur vier kopjes koffie, dan heb je rond lunchtijd net zoveel cafeïne in je lijf als wanneer je net twee kopjes op hebt. Als je om 20:00 uur 's avonds koffie drinkt, dan is de hoeveelheid koffie rond middernacht nog niet gehalveerd. Dit verstoort je slaapritme.

Er zijn aanwijzingen dat koffie een positief effect heeft op de gezondheid van hart en bloedvaten. Maar krijg je regelmatig te veel cafeïne binnen, dan kan dat zorgen voor rusteloosheid, angstgevoelens, hoofdpijn en hartkloppingen. Levensgevaarlijk overdoseren is via koffie niet mogelijk. Je moet dan ongeveer 1 kopje koffie drinken per kilogram lichaamsgewicht. Dat is meer dan 10 l als je 70 kg weegt en zoveel past er simpelweg niet in je maag. ●



SHUTTERSTOCK

Koffie met een luchtje. Kopi loewak (of luwak) is een van de duurste koffies ter wereld. Dat komt door het speciale productieproces, waarin de loewak, een civetkatachtige (zie foto), een cruciale rol speelt. Dit kleine roofdier eet de koffiebesen op, verteert het vruchtvlees en poept de overgebleven pitten weer uit, klaar voor verdere verwerking. Tijdens het verteren bewerken enzymen bepaalde eiwitten in de koffie, met als gevolg minder zure en bittere smaaktonen. Veel professionele koffieproevers vinden kopi loewak overigens helemaal niet lekker. Omdat de poep moest worden verzameld op het land, had civetkoffie een exclusief en luxe imago. Tegenwoordig worden veel civetkatten onder slechte omstandigheden in hokken gehouden. Dat komt de kwaliteit en het imago van de koffie niet ten goede. Er bestaan nog meer poepkoffies. Zo komt kopi muncak uit de drollen van Aziatische herten. Jacukoffie bestaat uit koffiepitten die zijn uitgepoept door de jacu, een Braziliaanse vogel. Black Ivory Coffee is een koffiemerk dat bonen verkoopt die een bezoekje hebben gebracht aan het maag-darmstelsel van olifanten.

Voor op school

- 1 Waarom is de smaak van gewassen koffie beter in balans dan die van ongewassen koffie?
- 2 Welke koffieboon bevat meer cafeïne, een licht of donker gebrande? Waarom?
- 3 Waarom smaken donker gebrande bonen relatief bitter?
- 4 De eerste stap bij karamellisatie is de hydrolyse van suikermoleculen (saccharose, zie BiNaS 67F). Geef de reactievergelijking van deze reactie in structuurformules.
- 5 Hoe denk je dat hard water en gedestilleerd water de extractie van koffie beïnvloeden?
- 6 Waarom gebeurt 'blooming' nauwelijks als je voorgemalen koffie zet?
- 7 Wat maakt espresso zo viskeus?
- 8 Cafeïne concurreert in je lichaam met adenosine. Gebruik tabel 67 uit de BiNaS om de structuurformule van adenosine af te leiden. Omcirkel het deel van cafeïne dat waarschijnlijk bindt met de adenosinereceptoren.
- 9 Wat gebeurt er in je hersenen als je stopt met koffie drinken?
- 10 Leg uit waarom bij de productie van cafeïnevrije koffie de cafeïne met ethylethanoaat of dichloormethaan wordt geëxtraheerd en niet met water.

Meer weten?

- Keuringsdienst van Waarde over single origin koffie: <https://bit.ly/KVWKoffie>
- Over duurzaamheid en mensenrechten: <https://coffeebarometer.org/>
- Video SciShow, Is coffee disappearing or will it just taste different? <https://bit.ly/SciShowCoffee>
- Coffee brewing: wetting, hydrolysis & extraction revisited: <https://bit.ly/CoffeeBrewingSCAA>
- Characterization of the aroma profile and main key odorants of espresso coffee: <https://doi.org/10.3390/molecules26133856>
- Video AsapScience, Your brain on coffee: <https://bit.ly/AsapScienceCoffee>
- Het verontrustende geheim achter de duurste koffie ter wereld: <https://bit.ly/NatGeoCivetkat>

Editie

Koffie

editie 98 | nummer 385 | september 2022

www.chemischefeitelijkheden.nl

Coverbeeld: Shutterstock

Met dank aan: dr. Wendy Sanders, docent en vakdidacticus scheikunde TU/e

Colofon

Over Chemische Feitelijkheden

KNCV

Chemische Feitelijkheden is een actuele encyclopedie over moleculen, mensen, materialen en milieu. Het is een losbladige uitgave van de KNCV en verschijnt driemaal per jaar met in totaal tien onderwerpen.

Redactie

Esther Thole (hoofdredacteur), Daniël Linzel (eindredactie), Michelle Wijma (tekst en vragen)

Vormgeving & Opmaak

Content Innovators

Uitgever

KNCV Media
Postbus 249, 2260 AE Leidschendam

Abonnementen
088-2266 680

kncv@mijntijdschrift.com

Wij hanteren de opzegregels uit het verbintenissenrecht. Wij gaan ervan uit dat Chemische Feitelijkheden altijd wordt ontvangen uit hoofde van het beroep. Hierdoor wordt het abonnement automatisch met een jaar verlengd, tenzij twee maanden vóór de einddatum een opzegging is ontvangen. Een abonnement op Chemische Feitelijkheden geeft via de website toegang tot tien nieuwe edities per jaar en het totale onlinearchief. Daarnaast ontvangen abonnees in drie zendingen per jaar de losbladige edities.

Tarieven (2022)

Voor particulieren: onlinetoeegang met inlogcode en papieren editie kost € 102,50* incl. btw; leden van de KNCV (of een van de secties), KVCV en NVON krijgen € 10 korting.

Voor bedrijven en (onderwijs)instellingen: onbeperkt toegang tot de digitale edities op basis van

IP-adres en papieren editie in drievoud kost € 287* excl. btw.

Losse nummers kosten € 9,95* per stuk en zijn te bestellen bij Mijntijdschrift.com.

*Bij betaling per factuur wordt € 2,95 administratiekosten in rekening gebracht.