

Chemische Feitelijkheden



#370

Editie 93

november

2020

Michelle Wijma

Chocolade

Lekkernij vol chemie en vakmanschap

Wist je dat cacaobonen eigenlijk helemaal niet lekker zijn? Om daar chocolade van te maken, moet er heel wat gebeuren. De reis van boon naar reep start op een cacaoplantage in West-Afrika, waar de cacaoboer de bonen na het oogsten laat fermenteren onder bananenbladeren. Roosteren, alkaliseren en temperen zijn slechts enkele van de haltes die cacao vervolgens moet passeren voordat je zo'n smaakvol, glanzend, heerlijk ruikend en

perfect smeltend stukje chocolade kunt opeten. Geen wonder dat het zo'n populair product is. Chocolade zou zelfs libidoverhogend werken, gelukkiger maken en goed zijn voor je bloedvaten. Maar wat klopt er eigenlijk van die verhalen? En hoe zit het met de keurmerken op een chocoladereep? In de cacao-industrie heerst grote armoede en de organisaties achter die labels proberen de omstandigheden van de boeren te verbeteren.

Lekkernij vol chemie en vakmanschap

Het is geen toeval dat chocolade precies in je mond smelt. Hetzelfde geldt voor de glans, smaak en geur van de lekkernij. Daar gaat heel wat werk aan vooraf. Als je de reis van cacao boon tot reep volgt, weet je straks precies waar cacao vandaan komt, hoe chocolade tot stand komt en wat alle verschillende stoffen in je lichaam doen.

Mensen drinken cacao al duizenden jaren als drankje, maar de chocolade zoals wij die kennen, bestaat pas tweehonderd jaar. Het maakproces kent veel stappen. Om erachter te komen hoe dat zit, reizen we af naar de grootste cacao-producent ter wereld, Ivoorkust. Ook in Ghana, andere West-Afrikaanse landen, Brazilië en Indonesië zijn veel cacao plantages. De cacao boom voelt zich namelijk wel thuis in het hete en vochtige klimaat van landen rond de evenaar.

De *Theobroma cacao*, zoals de boom officieel heet, is een mooie, kwetsbare plant die graag in de schaduw staat. Een deel van de roze of witte bloemen die de boom maakt, transformeert twee keer per jaar tot grote, langwerpige cacaopeulen. Per boom groeien twintig tot zestig peulen uit tot rijpe vruchten, die je kunt herkennen aan de geeloranje kleur. De vruchten wegen ongeveer een 0,5 kg en zijn 15 tot 30 cm lang.

Boonmetamorfose

Als je de vruchten oogst en daarna voorzichtig opent, tref je een witte geleachtige pulp (het vruchtvlees) met daarin 25 tot 75 bruinrijze tot -rode zaden. Dit zijn de cacao bonen. Die zijn zuur van smaak en

nog helemaal niet lekker; ze moeten een fermentatieproces ondergaan. De boer bedekt daarvoor de pulp en de bonen met bananenbladeren. Inmiddels is de boel besmet geraakt met allerlei micro-organismen, afkomstig van bijvoorbeeld de schil van de vrucht, handen en insecten. Dit is mooi meegenomen, want die bacteriën en schimmels gaan de komende zeven dagen

met allerlei biochemische processen het aroma van de bonen ontwikkelen. Omdat de pulp de cacao bonen bedekt, kan er bij de start van de fermentatie geen lucht bijkomen. In de anaerobe omgeving (zonder zuurstof dus) zijn veel suikers aanwezig en is de pH laag. Dat zijn ideale omstandigheden voor de groei van gisten. Die eencellige organismen gebruiken

► Xocoatl

Zo'n 1.500 jaar geleden dronken de Maya's al een cacao drank genaamd *xocoatl*. Die maakten ze van cacao bonen, water en smaakmakers, zoals piment en chilipeper. De goddelijke drank zou kracht en gezondheid schenken. Het was een echt luxeproduct. Duizend jaar later gaven de Azteken het drankje aan ontdekkingsreiziger Christoffel Columbus, maar die vond het spul veel te bitter en liet het links liggen. Begin 16de eeuw besloten Spaanse kolonisten toch cacao bonen mee te nemen naar Europa. Zij lieten de chilipeper achterwege in hun drankje en voegden er suiker en room aan toe. Ook bakten de Spanjaarden chocoladekoekjes. Ze hielden hun recepten lang geheim, maar in de 17de en vooral 18de eeuw nam de populariteit van cacao producten in Europa toe.

De eerste chocoladerepen werden pas in de 19de eeuw gemaakt. In 1828 vond chocolademaker Casparus van Houten senior namelijk een hydraulische cacao bonenpers uit, waarmee hij cacao boter van cacao poeder kon scheiden. Met de boter maakte hij vaste repen en het poeder was goed voor een drinkbare chocolade die lekkerder smaakte dan de eerdere recepten.





De binnenkant van een cacaovrucht.

anaerobe respiratie, waarbij ze kleine suikers (zoals glucose) omzetten in ethanol, CO₂ en een beetje warmte. Ondertussen zetten melkzuurbacteriën suikers in de pulp om in melkzuur. Tijdens de eerste 24 uur stijgt de temperatuur van de broeiende massa flink. Enzymen transformeren ondertussen de pulp in een vloeistof. Dit stroomt weg en neemt daarbij andere stoffen mee. De pH van de massa stijgt en langzaam ontstaat er ruimte voor zuurstof. Arbeiders helpen de toevoer van lucht een handje door de bonen door elkaar te mixen.

Nu begint de aerobe fase van de fermentatie. Bacteriën oxideren het eerder gemaakte ethanol en diverse zuren, waarna azijnzuur ontstaat. Door de zuurstof breekt dit verder af tot CO₂ en water. Omdat ethanol afbreken een exotherm proces is, stijgt de massa wederom in temperatuur. Ethanol en azijnzuur dringen de cacaobonen binnen en de combinatie met de hitte zorgt dat ervoor dat de celwanden afbreken.

De beschadigde interne structuur van de bonen is een feest voor allerlei chemische activiteiten. Enzymen breken eiwitten en koolhydraten in de bonen af, waardoor de aroma's die wij met chocolade associëren ontwikkelen.

Nu de micro-organismen zijn uitgegeten, wast de boer de bruin geworden bonen en legt ze daarna in de zon om te drogen. Door de warmte daalt het watergehalte van 60 naar 7 %. De bonen zijn nu klaar voor transport. We reizen met ze mee naar België, waar de grootste chocoladefabriek ter wereld staat.

Steeds donkerder

Eerst rooster je de bonen een half uur bij ongeveer 140 °C. Het resterende vocht verdampt en micro-organismen sterven af. Tijdens het roosteren vindt de maillard-reactie plaats. Bij dit proces reageert een reactieve carbonylgroep van een suikermolecuul met een nucleofiele aminogroep van een aminozuur. Op die manier ontstaat een complexe mix van allerlei moleculen, die samen verantwoordelijk zijn voor de karakteristieke smaak en aroma's van chocolade.

Nu de cacaobonen klaar zijn, is het tijd om er cacaomassa van te maken. Een machine breekt de boon open, zodat je losse schalen en de kern, ofwel de 'nib', overhoudt. Een windtunnel blaast de schalen weg, terwijl de nibs naar beneden vallen. De volgende

machine maalt de cacaokernen en omdat die voor 50 % uit vetstof (cacaoboter) bestaan, ontstaat daarbij geen poeder, maar een stroperige pasta, de cacaomassa. De massa ondergaat daarna een speciaal alkaliseringsproces. Je voegt dan een base toe, meestal kaliumcarbonaat, die de aanwezige zuren neutraliseert. Het resultaat is een product met mildere smaak, donkerdere kleur en betere oplosbaarheid in water. Bovendien verspreiden de cacaodeeltjes zich beter en dat komt van pas in de rest van het proces.

Je kunt zowel cacaomassa als nibs en cacaopoeder alkaliseren. Cacaopoeder maak je door de massa samen te persen, waarbij het vette gedeelte, de cacaoboter, door een zeef loopt en er een poeder achterblijft. Als je dit verder vermaalt, houd je cacaopoeder over. Daarmee kun je chocolademelk maken, of je voegt het toe aan gebak en andere lekkernijen.

Deeltjesmagie

Om chocolade te maken, zijn nog een paar stappen nodig. Eerst stel je het recept samen. Voor pure chocolade meng je de cacaoboter uit de vorige stap met cacaomassa en suiker. Als je melkchocolade maakt, voeg je melkpoeder toe. Ga je voor witte chocolade? Dan laat je de cacaomassa weg. De hoeveelheid cacaoboter bepaalt de viscositeit, dus als je bakvaste chocolade wilt, dan voeg je minder toe. Voor vloeibaardere chocolade doe je er meer in. Nu is het van belang dat je de cacao- en suikerdeeltjes zo klein mogelijk maakt. Krachtig draaiende cilinders walsen het mengsel fijn totdat de deeltjes nog maar 15 tot 30 µm groot zijn. Hoe minder je walst, hoe zanderiger de chocolade aanvoelt in je mond.

De kleine deeltjes zijn belangrijk in de volgende stap: 'concheren', een toevallige uitvinding van chocolademaker Rudolphe van Lindt. In 1879 vergat de Zwitser een keer zijn mengmachine uit te zetten. Het apparaat draaide de hele nacht door en dat resulteerde per ongeluk in heerlijke chocolade. Door het lange mengen, soms wel drie dagen lang, wordt ieder vast deeltje in de massa namelijk optimaal bedekt met de vloeibare cacaoboter. Dit perfectioneert het mondgevoel van de chocolade. Ondertussen verwarmt en kneedt de 'conche' het mengsel continu, waarbij het resterende vocht en vluchtige (vaak bittere) aroma's verdampen. Ook



► Theobromine

Chocolade is giftig voor verschillende dieren. De boosdoener is theobromine, een stof waarvan de structuurformule en de werking op die van cafeïne lijkt. In mensen is het effect gering – veel zwaker dan cafeïne – en we breken de stof snel af. Een mens zou kilo's chocolade moeten eten voordat het gevaarlijk wordt. Dat is anders bij onder meer honden, katten en paarden. Zij metaboliseren theobromine zo langzaam, dat het al snel symptomen veroorzaakt als trillen, braken, epilepsieaanvallen en hartritme stoornissen. Eén pure chocoladereep kan zelfs al genoeg zijn om een hond te doden. Voor katten is het nog minder, maar omdat ze geen zoet kunnen proeven, zijn ze minder geïnteresseerd in chocolade.



Als de bonen drogen in de zon daalt het watergehalte door de warmte van 60 naar 7 %.

voegt de chocolademaker de laatste ingrediënten toe, zoals vanille-extract en lecithine. Lecithine is een multifunctionele stof die in chocolade voornamelijk dienstdoet als emulgator. Het maakt het mengsel vloeibaarder en helpt bij de suikerkristallisatie in de laatste stap: temperen.

Kristallenkunst

Temperen is een precies werkje, waarbij het cruciaal is dat de cacao boter in de chocolade tijdens het afkoelen stolt in de juiste kristallijne structuur. Cacaoboter bestaat uit verschillende triglyceriden (esters van glycerol en drie vetzuren). De vetzuren die in de cacaobotermoleculen kunnen voorkomen zijn oleïnezuur (O), stearinezuur (S) en palmitinezuur (P). Er is altijd een oleïnezuur aanwezig, dus de mogelijke combinaties zijn POP, SOP en SOS. S en P zijn verzadigde vetzuren, O is onverzadigd. Er zijn dus verschillende stereo-isomeren mogelijk. Die eigenschappen betekenen dat cacaoboter in verschillende conformaties voorkomt: het is polymorf. Het gevolg daarvan is dat de boter tijdens het stollen verschillende kristallijne vormen kan aannemen. Iedere polymorf heeft door zijn unieke kristalrooster bepaalde fysische eigenschappen.

Als vloeibare chocolade stolt, ontstaan zes verschillende kristalstructuren: I tot en met VI. Alleen vorm V bezit de gewenste eigenschappen. Gelukkig heeft elke structuur een uniek smeltpunt, die van vorm V

ligt net onder 35 °C. Het smeltpunt van vorm VI ligt hoger. Toch ontstaat die polymorf niet tijdens het stollen, want omdat het temperen vlot gebeurt, is er niet genoeg tijd voor vorm VI-kristallen om te ontstaan. Dat is anders voor vorm IV-kristallen, want ondanks het smeltpunt van 27 °C, ontstaan die toch altijd een beetje. Om ze weer te doen verdwijnen, verwarm je de chocolade iets, zodat alle vorm IV-kristallen weer smelten maar de vorm V-kristallen niet.

Ambachtelijke chocolatiers gebruiken om te temperen graag een koel oppervlak zoals een marmeren werkblad. De maker giet hier drie vierde van de gesmolten chocolade op en bewerkt het mengsel met een paletmes terwijl het afkoelt. Als je het daarna weer vermengt met de rest van de gesmolten chocolade, warmt het weer een beetje op. Het geheel koel je af in de gewenste vorm, zoals de mal van een reep, een paaseitje of een andere vorm.

Terwijl het verder afkoelt, zorgen de eerder ontstane kristallen ervoor dat ook nu voornamelijk vorm V-kristallen ontstaan. Het resultaat is een glanzende chocoladereep met perfect, kort smeltraject dat start rond de 36 °C. Daardoor smelt de chocolade niet direct in je hand, maar wel in je mond, waar vervolgens alle lekkere smaken en aroma's vrijkomen.

Als je een chocoladereep een tijdje bewaart of laat smelten en weer laat stollen, merk je dat de reep harder en brozer wordt. Dat

komt omdat de vorm V-kristallen transformeren in de stabielere vorm VI. Die grotere kristallen verstrooien licht, waardoor de glans van de chocolade verdwijnt en er een grijs-witte waas ontstaat. Hoewel de chocolade nog prima eetbaar is, smelt die langzamer en komen de smaken minder goed vrij.

Feit of fabel

Er gaan veel verhalen de ronde over wat er in je lichaam gebeurt als je chocolade eet. Zo zou het libidoverhogend werken, word je er gelukkiger van en veroorzaakt het puistjes en hoofdpijn. Het spul zou zelfs verslavend zijn. Het is niet zo gek dat die mythes ontstaan, want er zitten honderden verschillende stoffen in cacao. Veel daarvan hebben in theorie inderdaad een effect in je lichaam, bijvoorbeeld 2-fenylethaanamine, waarvan de structuur lijkt op stoffen als amfetamine en MDMA (xtc). 2-fenylethaanamine komt echter van nature al in je lijf voor, waar het geestelijk opwekkend werkt. Hetzelfde geldt voor dopamine en endorfine.

Daarnaast zit er in chocolade cafeïne en theobromine (zie kader op pagina 5). Beide hebben een opbeurende werking. Dan heb je nog anandamide, dat verwant is aan THC (de werkzame stof in cannabis). Het klinkt spannend, al die stoffen in een stukje onschuldige chocolade. In de praktijk valt het echter mee, want de hoeveelheden van die verbindingen zijn heel klein. Om er iets van te merken, zou je zo veel chocolade moeten eten dat de misserijheid de andere effecten overtreft.

Wetenschappers hebben toch één uitzondering gevonden. Cacao bevat namelijk flavonolen. Onderzoek laat zien dat die stoffen, als je elke dag een paar blokjes chocolade eet, een gunstige werking kunnen hebben op de bloeddruk en bloedvaten. Maar chocolade is natuurlijk ook rijk aan minder gezonde stoffen. In melkchocolade zit relatief veel suiker, terwijl pure chocolade door het hoge cacaopercentage juist veel vet bevat. Vanwege de flavonolen en de gedeeltelijk onverzadigde vetzuren in cacao, zou je kunnen zeggen dat pure chocolade de gezondere keuze is. De vraag die je jezelf daarbij kunt stellen is hoe belangrijk dat is, want voor velen is kwaliteit



De alkaliseringsstap heet in het Engels *dutching*, omdat de Nederlander Coenraad van Houten het proces ontdekte (zijn vader Casparus vond eerder de een hydraulische cacaobonenpers uit). Gealkaliseerde chocolade wordt erkend als superieur aan cacao die niet 'gedutchet' is. Op de afbeelding zie je het verschil goed; gealkaliseerde cacao is een stuk donkerder van kleur. Vrijwel alle chocolade in Nederland en België is gealkaliseerd.



De Zaanstreek kent van oudsher een belangrijke traditie in cacaooverwerking en heeft inmiddels een van de grootste cacaooverwerkende industrieën ter wereld; de geur van cacao is bij alle Zaanankanten bekend. Waarschijnlijk draaide er rond 1727 voor het eerst een cacao-molen in Zaandam. Molen De Oranjeboom (1683-1941) staat aan de wortel van Cacao de Zaan, tegenwoordig onderdeel van Olam Cocoa, in Koog aan de Zaan.

belangrijker dan kwantiteit als het gaat om chocolade.

Keurmerken

Waarschijnlijk heb je ze weleens gespot op de verpakking van een chocoladeproduct: keurmerken van bijvoorbeeld Rainforest Alliance of Fairtrade. Zo'n certificeringslabel kan de indruk geven dat je een eerlijk, duurzaam product koopt, maar helaas ligt de werkelijkheid ingewikkelder. Om dat te begrijpen, reizen we terug naar West-Afrika. In de cacaosector heerst namelijk grote armoede. Het gemiddelde inkomen van een cacao-boer in Ivoorkust is \$ 0,78 per dag. Dat is slechts een derde van het minimaal leefbaar inkomen van \$ 2,51, dat Fairtrade International na onderzoek heeft vastgesteld. Van dat bedrag kunnen boeren voorzien in minimaal levensonderhoud en een kleine reserve opbouwen om risico's te dekken. De oorzaken en gevolgen van de armoede

zijn meervoudig en ingewikkeld. Sinds 1960 is de wereldwijde cacao-productie verviervoudigd. 90 % van de oorspronkelijke bosgrond in West-Afrika is verdwenen om voornamelijk plaats te maken voor cacao-bomen. De ontbossing, waardoor ecosystemen veranderen en schaduwbomen verdwijnen, vergroot de impact van de veranderende weersomstandigheden door de klimaatcrisis. Experts voorspellen dat een groot deel van de cacao-gronden in West-Afrika door de klimaatcrisis minder geschikt wordt voor cacao-productie. Daarnaast worden plantages kleiner door overerving bij een groeiende bevolking. Ook is de prijs van cacao door schommelingen vaak niet hoog genoeg om met een kleine boerderij genoeg te verdienen. Mede door al die problemen werken op de plantages in Ivoorkust en Ghana meer dan 2 miljoen kinderen, van wie een deel gevaarlijke handelingen moet doen, tijdens schooltijd moet werken, gedwongen wordt

► Cacaofantasia

Je mag een product mag niet zomaar chocolade noemen. In het Warenwetbesluit Cacao staat dat pure chocolade ten minste 35 % droge cacaobestanddelen moet bevatten. Voor melkchocolade is dat 25 %. In witte chocolade dient minimaal 20 % cacao-boter te zitten. Als een product niet voldoet aan die eisen, noemen de makers het iets als 'cacaofantasia' of 'choco'. Kijk maar eens op de verpakking van een Koetjesreep of Choca vlokken.

te werken en/of niet betaald wordt (moderne slavernij).

Trainingen voor boeren

Versillende organisaties proberen de omstandigheden te verbeteren. De pogingen vanuit de chocoladesector, bijvoorbeeld duurzaamheidsprojecten van grote producenten als Mars en Barry Callebaut, richten zich vaak op technische oplossingen en trainingen voor de boeren, zodat ze hun productie kunnen verhogen. Dat kan een deel van de cacao-telers een beetje helpen, maar het is geen oplossing voor alle (miljoenen) boeren. Naast armoede speelt een gebrek aan wetgeving, transparantie en kennis een grote rol. De oplossing ligt daarom niet alleen in een hoger inkomen voor de boeren, maar is een heel complex vraagstuk waarin mensenrechten, cultuur, economie en politiek nauw met elkaar verweven zijn.

Ook de organisaties achter de certificeringslabels kunnen de armoedeproblematiek dus niet oplossen, maar de labels zeggen wel iets over de herkomst van de cacao-bonen in jouw chocoladereep. Rainforest Alliance en Fairtrade zetten zich in voor duurzame landbouw, natuurbehoud, sociale omstandigheden en een beter inkomen voor de boeren. Fairtrade heeft daarnaast een beschermingsmaatregel getroffen; ze betalen cacao-boeren ten minste de door henzelf vastgestelde minimale cacao-prijs. Die is op dit moment nog zo laag dat het inkomen van de boeren alsnog niet in de buurt komt van het leefbaar inkomen, onder meer door de kleine plantages. Tot slot zie je op de repen van Tony's Chocolonely het logo 'Samen maken we chocolade 100% slaafvrij'. Dat label staat voor een programma dat actief werkt aan cacao-productie zonder dwangarbeid. ●

Chocolade



In 2017 introduceerde Barry Callebaut, 's werelds grootste chocoladefabrikant, roze chocolade. Sindsdien zijn er bijvoorbeeld KitKats en Magnums verkrijgbaar met een roze jasje. De productiemethode is geheim, maar experts vermoeden dat Callebaut cacaobonen gebruikt die van nature een rood-roze kleur hebben en (bijna) niet gefermenteerd zijn. Het bedrijf noemt zijn creatie de vierde natuurlijke soort chocolade naast wit, melk en puur. Het is een slimme marketingstunt, maar de Amerikaanse Food and Drug Administration erkent de claim niet.

Voor op school

- 1 Bekijk het cacao- en vetpercentage op de wikkel van een reep pure chocolade. Stel dat je uit één cacaoboon 1 g cacaoamassa haalt, waarvan het massapercentage cacao boter 50 % is. Hoeveel cacaobonen waren er dan nodig voor deze reep?
- 2 Ontwerp een blokschema voor het productieproces van chocolade. Begin met het fermentatieproces en eindig bij het temperen. Neem vervoer niet mee in je schema.
- 3 Tijdens het fermentatieproces zie je soms bubbels aan het oppervlak van de massa ontstaan. Waar komen die vandaan?
- 4 De maillardreactie bestaat uit drie stappen. Zoek hier informatie over op en beschrijf de stappen met behulp van reactievergelijkingen in structuurformules. Hoe ontstaat de bruine kleur van een gebakken product?
- 5 Geef de reactievergelijking van kaliumcarbonaat met water. Waarom kan kaliumcarbonaat een zure oplossing neutraliseren?
- 6 Teken de structuurformule van lecithine. Waarom heeft de stof een emulgerende werking?
- 7 Hoe hoger het cacaopercentage, hoe gezonder de chocolade. Leg uit waarom je het wel/niet eens bent met die stelling.
- 8 Als je chocolade met een keurmerk koopt, koop je dan duurzame chocolade? Waarom wel/niet?

Meer weten?

- Blog: thechocolatejournalist.com
- Chemistry World over temperen: bit.ly/CWtemperen
- Cacao Barometer: bit.ly/CacaoBarometer2018
- Onderzoek naar leefbaar inkomen: <https://edepot.wur.nl/507120>
- Voedingscentrum: voedingscentrum.nl/encyclopedie/chocolade
- Video SciShow, over dieren en chocolade: bit.ly/SciShowGiftig

Editie

Chocolade

editie 93 | nummer 370 | november 2020
www.chemischefeitelijkheden.nl

Covercredit: iStock/Sezeryadigar

Met dank aan: Scarlett Braddock, docent scheikunde, en Yuca Waarts, senior onderzoeker duurzame ketenontwikkeling aan Wageningen University & Research

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

dr. Erwin Boutsma (hoofdredacteur), drs. Franny Scholte (eindredacteur),

Michelle Wijma (tekst)

Vormgeving & Opmaak

Content Innovators

Uitgever

Rik Stuivenberg, Beta Publishers
Postbus 19949, 2500 CX Den Haag

Abonnementen

088-2266 680

beta@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 (2020)

Voor particulieren: onlinetoegang met inlogcode en papieren editie (inclusief verzamelmap)

kost € 100*; leden van de KNCV, 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 (inclusief verzamelmappen) kost € 280*. 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.