



Brigitte Baumeister is orthomoleculair voedingskundige, gezondheidspsycholoog en levensmiddelen-technoloog. Haar praktijk 'Levensenergie in Balans' is een combinatie van therapeutische en wetenschappelijke werkzaamheden, waaronder het schrijven van artikelen. Ze is met name geïnteresseerd in de relatie tussen de darm- en hersengezondheid.

Deze bijdrage van Brigitte Baumeister heeft (soms letterlijke) overlap met haar bijdrage op pagina 34. De bepaling van de vitamine E-status. Dat hebben we bewust zo gelaten om de lezer te besparen voor begripsverklaringen en onderbouwingen steeds tussen beide artikelen te moeten schakelen. -Red.

Nieuwe tenaamstelling van vitamine E nodig? Het rijke werkingsveld van tocolen

In 1922 ontdekten de wetenschappers Evans en Bishop de vet-oplosbare vitamine E als essentiële voedingsstof voor de vruchtbaarheid.^[13]

Haar antioxidantfunctie werd vastgesteld door Mattill.^[14] Veel later bleek dat ze ook een rol heeft bij het tot uiting komen van genetische eigenschappen, de signaalwerking binnen cellen en van cellulaire functies in het algemeen.^[15] Wat wij doorgaans vitamine E noemen is een hele reeks tocolen, vaak met opmerkelijke eigenschappen.

Vitamine E is de verzamelnaam voor acht tocolen. Dat zijn alfa(α)-tocopherol, bèta(β)-tocopherol, gamma(γ)-tocopherol en delta(δ)-tocopherol en alfa-tocotriënol, beta-tocotriënol, gamma-tocotriënol en delta-tocotriënol. Van deze acht wordt alfa-tocopherol doorgaans vitamine E genoemd.

Tocolen worden geproduceerd en opgeslagen in bladeren

Samenvatting

Vitamine E bestaat uit verschillende vormen, die tocolen genoemd worden. Ze staat bekend om haar antioxidatieve, anti-inflammatoire, anticarcinogene, neuroprotectieve en huidbeschermende eigenschappen.^[1] Van alle tocolen, alfa(α)-, bèta(β)-, gamma(γ)- en delta(δ)-tocopherol en alfa(α)-tocotriënol t/m delta(δ)-tocotriënol^[2] is α -tocopherol (α -T) de bekendste. Deze noemt men ook wel als enige vitamine E,^[3] waarbij de ondergeschikt geachte werking van de overige tocolen in α -T-equivalenten wordt uitgedrukt.^[4] Uit de onderzoeksresultaten blijkt echter dat vooral de tocotriënolen biologisch heel actief zijn, zij het volgens andere mechanismen en bij lagere plasmawaarden, omdat ze zeer snel worden omgezet. Van alfa-tocotriënol (α -T3) zijn zelfs sterkere neuroprotectieve^[5, 6] en van γ -T en γ -T3 en δ -T en δ -T3 sterkere anticarcinogene eigenschappen vastgesteld dan van α -T.^[7-12] Veel studies nodigen dan ook uit om vitamine E-suppletie, bij voorkeur, als samenstelling van natuurlijke tocolen te geven.

van planten, noten en zaden, waaruit spijsoeiën worden gewonnen.^[2,3] Alfa-tocopherol (α -T) is vooral aanwezig in onder andere amandel-,^[16] pinda-,^[17] olijf-^[18] en zonnebloemolie.^[19] Het gehalte aan γ -T in koolzaad-, maïs-, camelina-, lijnzaad-, soja- en walnootolie is echter gelijk aan of hoger dan dat van α -T.^[2,20,21] Palmolie, de belangrijkste spijsoei ter wereld,^[22] bevat, behalve α -T, drie tocotriënolen (T3's), namelijk α -, γ - en δ -tocotriënol.^[23] T3's komen het meest voor in rijstzemelen, palm- en annattooliën. Andere bronnen van T3's zijn rogge, amaranth, walnoot, hazelnoot, papaver, saffloer, maïs, vlaszaad, druiven- en pompoenpitten.^[24] Tabel 1 geeft een overzicht van de concentratie T's en T3's in spijsoeiën.^[2]

Qua chemische structuur hebben alle tocolen één chromofor (bestaande uit zes C-atomen en een OH-groep) en een zijketen. Maar, in tegenstelling tot de T's, hebben de T3's drie dubbele bindingen in hun zijketen. Bovendien zijn er zowel bij de T's als T3's verschillen in aantal en plaats van hun methylgroepen. Deze komen tot uiting in de toevoegingen α -, β -, γ - en δ -. (zie figuur 1).^[25,26]

Bij de productie van synthetische tocolen ontstaan er van elke tocol meerdere vormen met verschillende ruimtelijke structuren. Dit zijn stereo-isomeren. Hun ruimtelijke structuur wordt uitgedrukt met R- of S-, die beide even vaak voorkomen. Hiervan is de R-vorm de natuurlijke, die ook als enige biologisch actief is. Natuurlijke tocolen hebben dus meer vitamine E-activiteit dan synthetische, omdat deze laatste uit meerdere stereo-isomeren bestaan, met zowel de actieve R- als inactieve S-vorm.^[27] RRR- α -T bijvoorbeeld, is de natuurlijke vorm van α -T,^[4] terwijl de synthetische vorm, 'all-rac- α -T', uit RRR-, RRS-, RSR-, RSS-, SSS-, SSR-, SRS- en SRR- α -T bestaat.^[4,27] Zowel tussen de tocolen als hun stereo-isomeren bestaan er dus verschillen in biologische activiteit.^[2]

In ons lichaam komen tocolen voor in vetrijke delen van cellen, zoals de mitochondriale membranen, vetdepots en lipoproteïnen, waaronder 'low density lipoproteïne' (LDL).^[28]

Met hun lange lipofiele zijketen kunnen tocolen zich binden aan cel- en mitochondriale membranen. Hierdoor zijn ze niet alleen goed in staat zijn om vrije radicalen weg te vangen, maar ook om de vorming ervan en de oxidatie van LDL-cholesterol te voorkomen.^[29-31]



‘tocolen worden geproduceerd en opgeslagen in bladeren van planten, noten en zaden’

TABEL 1. De concentratie T's en T3's in mg/100 g olie in spijsoliebronnen.^[2]

Spijsoliebron	α -T	β -T	γ -T	δ -T	α -T3	β -T3	γ -T3	δ -T3
Gerst	14.2-20.1	0.60-1.90	3.50-15.1	0.90-4.60	46.5-76.1	nd-12.4	8.50-18.6	0.50-2.6
Kokos	0.20-1.82	sp-0.25	sp-0.12	nd-0.39	1.09-3.00	nd-0.17	0.33-0.64	nd-0.10
Mais	18.0-25.7	0.95-1.10	44.0-75.2	2.20-3.25	0.94-1.50	nd	1.30-2.00	nd-0.26
Katoenzaad	30.5-57.3	0.04-0.30	10.5-31.7	sp	nr	nr	nr	nr
Lijnzaad	0.54-1.20	nd-sp	52.0-57.3	0.75-0.95	nd	nd	nd	nd
Olijven	11.9-17.0	nd-0.27	0.89-1.34	nd-sp	nd-sp	nd	nd	nd-sp
Palmvrucht	6.05-42.0	nd-0.42	sp-0.02	nd-0.02	5.70-26.0	nr-0.82	11.3-36.0	3.33-8.00
Pinda's	8.86-30.4	nd-0.38	3.50-19.2	0.85-3.10	nd	nd	nd	nd
Koolzaad	18.9-24.0	nd-sp	37-51	0.98-1.90	nd	nd	nd	nd
Rijstzemelen	0.73-15.9	0.19-2.5	0.26-8.00	0.03-2.70	0.84-13.8	sp-2.6	1.74-23.1	0.14-2.53
Saffloer	36.7-47.7	nd-1.20	sp-2.56	sp-0.65	nd	nd	nd	nd
Sesamzaad	0.24-36.0	0.28-0.80	16.0-57.0	0.17-13.0	sp	nd	0.34	nr
Sojabonen	9.53-12.0	1.00-1.31	61.0-69.9	23.9-26.0	nd	nd	nd	nd
Zonnebloem	32.7-59.0	sp-2.40	1.40-4.50	0.27-0.50	0.11	nd	sp	sp
Tarwekiemen	151-192	31.2-65.0	sp-52.3	nd-0.55	2.5-3.6	nd-8.2	nd-1.85	nd-0.24

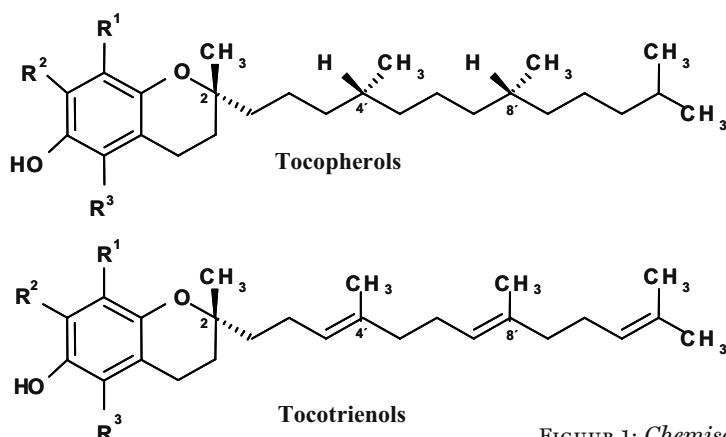
Nd = niet gedetecteerd, nr = niet gerapporteerd, sp = spoor

In de darm worden tocolen geabsorbeerd met voedingsvet en opgenomen in chylomicronen^[32] en vervolgens via de lymfe getransporteerd naar de lever en andere weefsels.^[33] Door binding van vooral α -T met ‘ α -T transfer protein’ (α -TTP) in de lever, vindt regulatie plaats van het α -T-gehalte in bloed en lichaamsweefsels.^[34, 35] De binding van α -TTP aan α -, β -, γ - en δ -T is respectievelijk 100, 50, 10-30 en 1%. Hierdoor is de α -T-plasmaconcentratie hoger dan die van andere tocolen.^[35] Zelfs bij een veel hogere inname van γ -T, zoals in het gangbare Amerikaanse dieet, blijkt de plasmaconcentratie α -T veel hoger te zijn dan die van γ -T.^[34] Dit verklaart waarom men dacht dat α -T de grootste vitamine E-activiteit had.

Bloedarmoede, netvliesafwijkingen, vertraagde immuunrespons, neurologische en neuromusculaire problemen, zoals ataxie, wijzen op een primair vitamine E-tekort. De oorzaak hiervan is een defect in het α -TTP-gen.^[4, 36, 37] Genoemde symptomen, enkel als gevolg van een lage inname, zijn volgens de European Food Safety Authority (EFSA) tot nu toe niet waargenomen.^[4] De adequate RRR- α -T-plasmaconcentratie is vastgesteld op 14 μ mol/l (600 μ g/dl). Ter preventie van veel chronische aandoe-

ningen is deze mogelijk te laag, omdat ze gebaseerd is op de antioxidatieve eigenschappen van vitamine E, terwijl deze ook belangrijke andere functies heeft.^[3, 38-40] De EFSA heeft voor vitamine E een Adequate Intake van 13 mg α -T per dag voor volwassen mannen en 11 mg voor volwassen vrouwen vastgesteld.^[4]

Er bestaat verdeeldheid over het punt of vitamine E gelijk is aan α -T of aan alle tocolen samen. In haar rapport van december 2017 beschouwt de EFSA alleen α -T als vitamine E en vermeldt daarbij dat voedselconcentraties van de overige tocolen voorheen al in α -T-equivalenten werden uitgedrukt.^[4] Volgens Azzi, die al veel onderzoek naar T's heeft verricht, voldoet alleen RRR- α -T aan de criteria voor een vitamine, onder andere vanwege haar rol bij de vruchtbaarheid en bij de preventie en behandeling van ziekten die te maken hebben met een vitamine E-tekort.^[3] Wel geeft hij aan dat tocoferylfosfaat een actievere vorm van vitamine E lijkt te zijn, die mogelijk verantwoordelijk is voor veel beschermende eigenschappen die nu aan α -T worden toegeschreven.^[41] Ook verwacht hij dat van β -, γ - en δ -T meer positieve gezondheidseffecten ontdekt zullen worden.^[3]



	R ¹	R ²	R ³
α -	CH ₃	CH ₃	CH ₃
β -	CH ₃	H	CH ₃
γ -	CH ₃	CH ₃	H
δ -	CH ₃	H	H

FIGUUR 1: Chemische structuur van tocoferolen en tocotrienolen.^[25]

'bloedarmoede, netvliesafwijkingen, vertraagde immuunrespons, neurologische en neuromusculaire problemen wijzen op een primair vitamine E-tekort'

Steeds meer studies tonen aan dat T3's over krachtige biologische activiteit beschikken die T's niet hebben.^[42] Een verklaring hiervoor kan zijn dat T3's dubbele bindingen in hun zijketen hebben, waardoor ze gelijkmatiger dan T's aan een dubbele lipidenlaag (*membranen*) kunnen hechten. Hun chromanolring kan hier dan efficiënt op inwerken.^[43] Bovendien is de opnamesnelheid van α -T3 in de cel 70 keer hoger dan die van α -T^[44] en mogelijk hebben T3's een hogere recycling-efficiëntie.^[45] Bij orale toediening blijken T3's dan ook sneller aantoonbaar in bloedplasma dan T's, zij het in lagere concentraties.^[46] Hun vlotte detecteerbaarheid en aanhoudende werking bij lagere bloedconcentraties, die op een snelle en langdurige werkzaamheid wijzen, kunnen T3's tot betere therapeutische middelen maken dan T's.^[43] T3's worden soms als T3-rijke fractie (*TRF*) op hun werking onderzocht, als de afzonderlijke T3-concentraties niet bekend zijn.

De tocolen α -T en β -T hebben vergelijkbare antioxidatieve eigenschappen.^[47] LDL-cholesterol wordt door α -T vooral via antioxidatie verlaagd.^[48] De tocolen δ -T3 en \square -T3 werken vetverlagend door de afname van HMG-CoA-reductase te stimuleren.^[43, 49-51] Statines doen hetzelfde door remming van dit enzym, maar dan via een andere 'route'.^[52] Bij hypercholesterolemie gaf minimaal 200 mg TRF per dag een verlaging van het totale (*TC*) en LDL-cholesterolgehalte te zien.^[51, 53-57] Bij normale cholesterol-niveaus (*TC* < 6,2 mmol/l) werd meestal geen cholesterolverlagend effect vastgesteld, maar wel een verbetering van de soepelheid van de bloedvaten en de antioxidantstatus,^[58, 59] vooral bij mensen boven de 50.^[51, 59]

Verhoogde T3-spiegels zijn geassocieerd met bescherming tegen cognitieve achteruitgang, een kleinere kans op de ziekte van Alzheimer en (*bij oudere mensen*) vermindering van DNA-schade.^[60] De krachtigste neuroprotectieve tocol blijkt α -T3 te zijn.^[5] Khanna et al. vonden dat zelfs nanomoleculaire concentraties van α -T3 (*niet van α -T*) in neuronale cellen glutamaat-gemedieerde neurotoxiciteit met de dood als gevolg, konden voorkomen.^[6] Patel et al. toonden een tijdgerelateerde significante verhoging aan van α -T3 in bloed-, huid-, vet-, hersen-, hart- en leverweefsel, bij orale suppletie van 200 mg per dag, gedurende minstens 12 weken.^[42]

Door indirect de vorming van leukocyten, met name van neutrofiële granulocyten, te stimuleren, bieden γ -T3 en δ -T3 significante bescherming tegen straling. Ook van α -T-succinaat, een omzettingsproduct van α -T, werd bij muizen een beschermende werking tegen straling vastgesteld, mits vooraf toegediend.^[43]

Meerdere studies wijzen op veel sterkere anticarcinogene eigenschappen van γ -T en γ -T3 en δ -T en δ -T3 dan van α -T. Bovendien hebben hun omzettingsproducten, verschillende carboxychromanolen, eveneens anticarcinogene effecten.^[7] Deze werden aangetoond bij prostaat-, borst-, colon-, long- en prostaatkanker.^[8-12] Hoge dose-



ringen α -T (>400 IE/dag) blijken de kans op kanker en de sterftkans bij ouderdomsziekten te verhogen, terwijl doseringen <200 IE/dag deze juist verlagen.^[61, 62] Hoge α -T-doseringen remmen mogelijk de opname van γ -T en andere vetoplosbare stoffen, waardoor natuurlijke balansen worden verstoord.^[63]

Rondanelli et al. onderzochten de associatie tussen de inname van tocolen en leeftijdsafhankelijke ziektebeelden, zoals osteoporose, afname van spierkracht en cognitieve stoornissen. Ook keken ze naar de optimale dieettherapie en tocolensuppletie voor de behandeling ervan. Op basis van hun bevindingen adviseerden ze als preventie een voeding die rijk is aan zoveel mogelijk verschillende tocolen, zoals tarwekiemolie, olijfolie, hazelnoten, walnoten, amandelen en granen, eventueel aangevuld met supplementen.^[64]

Al de hier opgesomde resultaten laten zien dat vitamine E, anders dan als synoniem van α -T, te beschouwen is als een samenstelling van tocolen, met zowel overeenkomstige als verschillende eigenschappen. Deze eigenschappen, en aansluitend de bepaling van de tocolenstatus, dienen nader onderzocht te worden. Bovendien is zorgvuldigheid geboden bij suppletie. Anders dan werd aangenomen, blijken niet alleen α -T, maar ook de overige tocolen biologisch actief te zijn als vitamine E, al zijn hun bloedconcentraties, zelfs bij hogere inname, lager dan die van α -T. Ze blijken namelijk belangrijke katalysatoren te zijn van processen die bescherming bieden tegen welvaartsziekten en veroudering. Ondanks het feit dat de meeste tocolen zich niet als 'gangbare' vitamines gedragen zou een nieuwe tenaamstelling van vitamine E wenselijk kunnen zijn. Gedacht kan worden aan vitamine E1 (α -T) tot en met E8 (δ -T3), zoals vergelijkbaar met vitamine B.

De onderzoeksresultaten nodigen uit om vitamine E, bij voorkeur, als gebalanceerde samenstelling van natuurlijke tocolen te suppleren en enkelvoudige α -T-suppletie slechts kortdurend toe te passen.

U vindt een selectie van de bronvermelding op pagina 43 van dit tijdschrift. De volledige bronvermelding treft u op www.orthofyto.com bij het betreffende artikel. Abonnees kunnen daar inloggen.