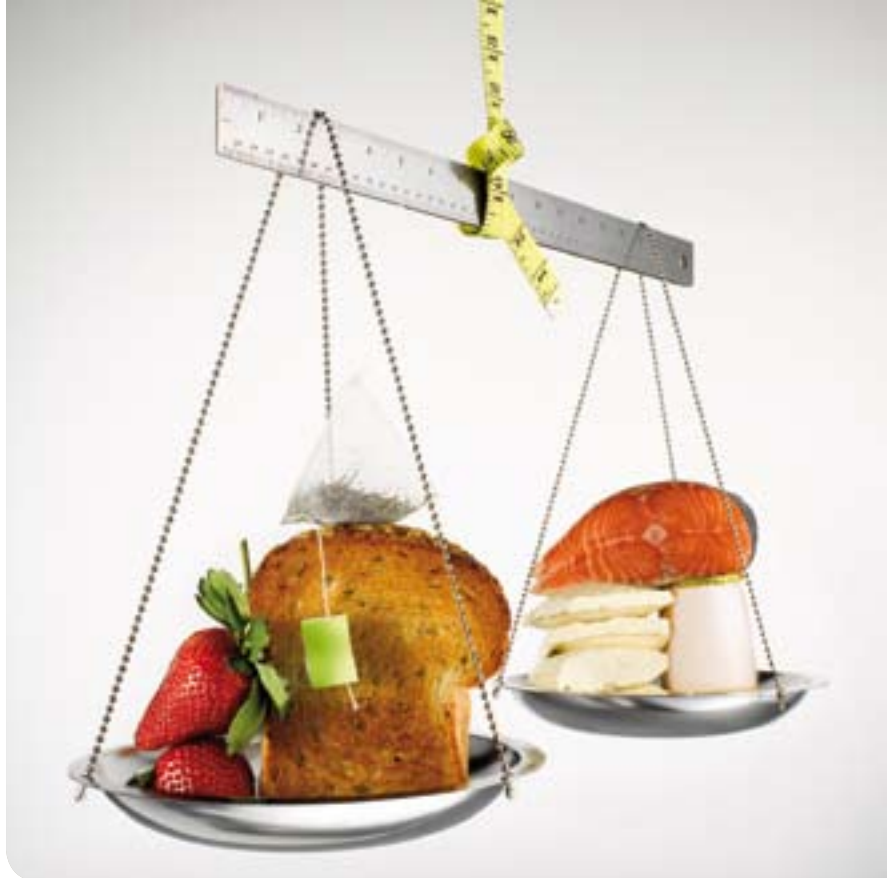


In het milieu van de alternatieve geneeskunde worden gezondheidsklachten zoals diabetes type 2 en osteoporose maar ook burnout wel eens toegeschreven aan een zogenaamde verzuring van het lichaam door een verkeerd eetpatroon. Wat wordt hiermee bedoeld en zijn er voldoende wetenschappelijke argumenten om deze stellingen te staven?

I. Coene  
Voedingsdeskundige NICE

© Gettyimages



## Het zuur-base-evenwicht in het lichaam

### Welke rol speelt de voeding?

Het zuur-base-evenwicht in het lichaam is uiterst cruciaal maar ook zeer complex. Desondanks circuleren er rond dit fenomeen schijnbaar eenvoudige theorieën en raadgevingen die sommigen klakkeloos overnemen. Zij willen immers niet het slachtoffer worden van zogenaamde verzuringsziekten. Gedetailleerde lijstjes met verboden en toegestane voedingsmiddelen bieden houvast en worden strikt opgevolgd. Preparaten met basencomplexen worden gretig ingenomen. En wie graag zelf zijn resultaten wil nagaan, kan aan de slag met pH-strips. Waar ligt de waarheid? Hebben dieetadviezen om de zuurbelasting van het lichaam in te perken enig nut of kunnen ze integendeel ook schadelijk zijn?

#### Wat bedoelt men met het zuur-base-evenwicht?

De term zuur-base-evenwicht wordt in de literatuur gebruikt met betrekking tot het bloed, maar kan ook refereren naar het intracellulaire milieu, de urine of de voeding.

De pH van het bloed varieert tussen 7,35 en 7,45. Voor een optimale enzymactiviteit en een gezond metabolisme moet het lichaam de pH van het bloed nauwkeurig rond de 7,40 houden. Dit gebeurt door middel van diverse controlemechanismen. Verschillende intra- en extracellulaire buffersystemen compenseren pH-schommelingen.

#### SAMENVATTING

In het milieu van de alternatieve geneeskunde worden gezondheidsklachten zoals diabetes type 2 en osteoporose maar ook burnout wel eens toegeschreven aan een verzuring van het lichaam door een verkeerd eetpatroon. Tot op vandaag hebben wetenschappelijke studies geen consistente bewijzen kunnen vinden voor het feit dat zogenaamde “verzurende” voedingsmiddelen de gezondheid kunnen schaden via een invloed op het zuur-base-evenwicht van het lichaam. Melk, yoghurt en peulvruchten worden gecatalogeerd als licht “zure” voedingsmiddelen (licht positieve netto zuurbelasting). De netto zuurbelasting loopt verder op voor sommige graanproducten, kaas, eieren, gevogelte, vlees, vis en sojaproducten. Groenten, fruit en aardappelen worden beschouwd als “basische” voedingsmiddelen (negatieve netto zuurbelasting). Het netto “zure” of “basische” effect van voedingsmiddelen wordt niet bepaald door de smaak maar wordt ingeschat op basis van hun verhouding aan zuurvormende componenten, zoals chloride, fosfor en eiwitten (vooral de zwavelhoudende aminozuren methionine en cysteine), en basevormende componenten, zoals zouten van organische anionen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). Zure of basische overschotten moeten via diverse homeostatische mechanismen worden gecompenseerd, onder meer via de nierexcretie. Gezonde personen zijn hiertoe zeer goed in staat.

De gezonde voedingsaanbevelingen, met name om voldoende melk en melkproducten te nemen, matig te zijn met vlees en vleesvervangers, het gebruik van allerhande nutriëntarme voedingsmiddelen (restgroep) en zout te beperken en vooral ook om meer groenten en fruit te eten, sluiten enigszins aan bij de aanbevelingen om meer zogenaamd “basische” dan “zure” voedingsmiddelen te consumeren. Het uitgangspunt van de gezonde voedingsaanbevelingen steunt echter op wetenschappelijke bewijzen van het belang van een adequate voedingsstoffeninname en niet op onbewezen stellingen over het gevaar van een chronische verzuring van het lichaam.

gen die worden bepaald door de concentratie aan waterstofionen ( $H^+$ ) die tijdens de stofwisseling worden gevormd. De kwantitatief belangrijkste buffer is de koolstofdioxide ( $CO_2$ )-bicarbonaat ( $HCO_3^-$ )-buffer ( $H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$ ). Daarnaast vindt ook pH-controle plaats via respiratoire mechanismen -  $CO_2$  uitademen verlaagt de pH van het bloed - en urinaire excretie. Een verlaging van de pH wordt door de nieren gecompenseerd door meer bicarbonaationen te reabsorberen, waterstofionen uit te scheiden en meer van de buffer ammonium aan te maken.

Sommigen stellen dat te veel verzurende voedingsmiddelen eten resulteert in verzuurd bloed, wat aanleiding kan geven tot een lange lijst van ziekten. Hiervoor bestaat nog geen overtuigend bewijs. Gezonde personen zijn zeer goed in staat om de zuur-basehomeostase te handhaven, ongeacht hun voedingspatroon. Grote veranderingen van het zuurgehalte in het bloed komen

### Gezonde personen zijn zeer goed in staat om de zuur-basehomeostase te handhaven, ongeacht hun voedingspatroon.

slechts voor bij zeer ernstige respiratoire of metabole stoornissen, bijvoorbeeld bij een keto-acidose door een slecht geregelde diabetes of ten gevolge van een ernstige nierinsufficiëntie. Een ander type zuur dat het zuur-base-evenwicht kan wijzigen is melkzuur geproduceerd tijdens zeer zware spierinspanningen of afkomstig van weefsels die te weinig zuurstof krijgen (bijvoorbeeld in een toestand van shock bij een zeer lage bloeddruk). In ernstige en levensbedreigende situaties waarbij een acidose resulteert in een acidemie (pH lager dan 7,35) speelt de voeding zelden een rol.

In tegenstelling tot de zuurtegraad van het bloed kan de pH van de urine wel sterk variëren onder invloed van de voeding (1). Wanneer de voeding bij gezonde personen de urinaire zuurexcretie tot tien keer verhoogt, zijn er echter nauwelijks veranderingen in de bloed-pH te detecteren. Dit ondersteunt het bestaan van een volledig compensatoir evenwicht (2).

#### “Zure” en “basische” voedingsmiddelen

Naast het cellulaire metabolisme induceren ook de vertering, absorptie en metabolisering van voedingsmiddelen een overschot aan zuren ( $H^+$ ) of aan basen ( $HCO_3^-$ ). Deze overschotten moeten via diverse homeostatische mechanismen worden gecompenseerd, onder meer via de nierexcretie (3). De eerder zure dan wel basische eigenschappen van de voeding worden bepaald door de samenstelling van de voedingsmiddelen, en niet door de smaak. Zuursmakende vruchten bijvoorbeeld kunnen dus toch zogenaamd “basische” voedingsmiddelen zijn.

De mate waarin voedingsmiddelen eerder “zuur” of “basisch” zijn - met andere woorden hun netto zuurbelasting - wordt nagegaan op basis van metingen van de urinaire excretie van titreerbare zuren (TA) (zoals fos-

forzuur en zwavelzuur) plus ammonium ( $NH_4^+$ ) en verminderd met de hoeveelheid bicarbonaat ( $HCO_3^-$ ). Het resultaat van deze berekening geeft de netto zuurexcretie (NAE of “net acid excretion”) (tabel 1). De zuurbelasting kan ook worden berekend aan de hand van de voedingsmiddelenamenstelling, rekening houdend met de biobeschikbaarheid van de betreffende nutriënten en de endogene productie van organische zuren. De uitkomst is de geschatte netto endogene zuurproductie (NEAP of “estimated net endogenous acid production”) bij normale fysiologische omstandigheden. Hiervoor worden verschillende algoritmes gehanteerd (tabel 1) (4). Het netto “zure” of “basische” effect van voedingsmiddelen hangt samen met hun verhouding aan zuurvormende componenten, zoals chloride, fosfor en eiwitten (vooral de zwavelhoudende aminozuren methionine en cysteïne), en basevormende componenten, zoals zouten van organische anionen ( $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ). Natriumchloride (NaCl) lijkt de systemische zuurbasestatus onafhankelijk van de netto zuurbelasting van de voeding te beïnvloeden. Een meer basische voeding (berekend via PRAL - tabel 1) wordt significant geassocieerd met een meer alkalische urine. Omdat de NEAP- en de NAE-waarden nauw verwant blijken, worden ze vaak beschouwd als equivalenten (4,5).

Groenten, fruit en aardappelen worden beschouwd als “basische” voedingsmiddelen (negatieve netto zuurbelasting). Melk, yoghurt en peulvruchten worden gecatalogeerd als licht “zure” voedingsmiddelen (licht positieve netto zuurbelasting). De netto zuurbelasting loopt verder op voor sommige graanproducten, kaas, eieren, gevogelte, vlees, vis en sojaproducten (1). Er bestaan verschillende tabellen met per product uiteenlopende cijfers voor de zuurbelasting. De verklaring hiervan ligt in het feit dat het geschatte waarden betreft die kunnen variëren naargelang de precieze samenstelling en bereiding van de producten. De absorptiegraad tussen individuen kan ook verschillen (5).

#### Zuurbelasting huidig voedingspatroon

In tegenstelling tot de eerder basische voeding van onze verre voorouders (40.000 tot 10.000 jaar geleden) met een gemiddelde NEAP van -88 mEq per dag heeft de gemiddelde hedendaagse Amerikaanse voeding een berekende NEAP van 48 mEq per dag (6). De vraag is natuurlijk of de evolutie van een meer basische naar

**Belangrijk knelpunt in het onderzoek is dat er nog altijd geen algemene consensus bestaat over de bepaling van het zuur-base-evenwicht in het lichaam en van de netto zuurbijdrage van de voeding.**

een meer zure voeding en een matige chronische metabole acidose (kleine pH-daling die weliswaar boven de normale ondergrens van 7,35 blijft), ingeschat door middel van de NEAP, op termijn pathofysiologische gevolgen heeft. Verder speelt de vraag welke effecten de beperking of de eliminatie van zogenaamde “zure” voedingsmiddelen of de toediening van basische supplementen kan hebben (4). Belangrijk knelpunt in het onderzoek van deze problematiek en de zoektocht naar oorzaak-gevolgrelaties en mogelijke klinische toepassingen is dat er nog altijd geen algemene consensus bestaat over de bepaling van het zuur-base-evenwicht in het lichaam en van de netto zuurbijdrage van de voeding. De methodologie is gebaseerd op theoretische veronderstellingen bij een stabiele metabole status. Er wordt dus geen rekening gehouden met mogelijke endocriene en metabole effecten die van invloed kunnen zijn op de endogene zuurproductie en -buffering (7).

Een definitieve marker voor de zuur-basestatus ontbreekt. Bovendien is een acidose, het proces van verzuring, moeilijk te detecteren zonder een acidemie (4). De gepubliceerde onderzoeksresultaten over het effect van de voeding op het zuur-base-evenwicht moeten dan ook met de nodige omzichtigheid worden geïnterpreteerd. Ten slotte mag evenmin uit het oog worden verloren dat een metabole acidose een veel voorkomende manifestatie is van een verslechterde nierfunctie door onder meer veroudering. De niercapaciteit om de dagelijks aangemaakte zuren te verwijderen vermindert met toenemende leeftijd (5).

### Zuurbelasting en botgezondheid

Er wordt gesuggereerd dat een te grote zuuraanbreng, kenmerkend voor het huidige westerse voedingspatroon, een belangrijke risicofactor is voor osteoporose. De theorie luidt als volgt. Bij een chronische zuurbelasting

**TABEL 1**

#### Diverse algoritmes om de netto endogene zuurproductie (NEAP of “net endogenous acid production”) te bepalen (4).

Algoritme	Formule voor de geschatte NEAP (mEq/dag)
<b>Remer &amp; Manz</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRAL (mEq/d) + <math>OA_{est}</math> (mEq/d)</li> <li>• <math>PRAL = 0,4888 \times \text{protein (g/d)} + 0,0366 \times P \text{ (mg/d)} - 0,0205 \times K \text{ (mg/d)} - 0,0263 \times Mg \text{ (mg/d)} - 0,0125 \times Ca \text{ (mg/d)}</math></li> <li>• <math>OA_{est}</math> (mEq/d) = body surface area <math>\times 41/1,73</math></li> <li>• Body surface area (m<sup>2</sup>) = <math>0,007184 \cdot \text{height (cm)}^{0,725} - \text{weight (kg)}^{0,425}</math></li> </ul>
<b>Sebastian et al.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sulfuric acid (mEq/d) + organic acids (mEq/d) - bicarbonate (mEq/d)</li> <li>• Sulfuric acid based on cystine and methionine content of protein (US Department of Agriculture database), assuming fractional intestinal absorption rate of 75 %, and complete metabolism to sulfuric acid</li> <li>• Organic acids = <math>32,9 + 0,15 \times \text{diet unmeasured anion content (which equals } Na^+ + K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Cl^- + P_i)</math></li> <li>• Bicarbonate = <math>0,95 \times (Na^+) + 0,80 \times (K^+) + 0,25 \times (Ca^{2+}) + 0,32 \times (Mg^{2+}) - 0,95 \times (Cl^-) - 0,63 \times (P_i)</math> (all in mEq/d)</li> </ul>
<b>Frassetto et al.</b>	$(0,91 \times \text{protein (g/d)}) - (0,57 \times K \text{ (mEq/d)}) + 21$ <b>or</b> $(54,5 \times \text{protein (g/d)})/K \text{ (mEq/d)} - 10,2$
<b>Renal net acid excretion analysed</b>	$TA + NH_4 - HCO_3$ (24 h urine, all in mEq/d)

- mEq: milli-equivalenten berekenen uit mg: delen door het moleculaire gewicht van het ion om mmol te krijgen en dan vermenigvuldigen met de lading van het ion in oplossing
- PRAL: potential renal acid load
- $OA_{est}$ : organic acids estimated
- $P_i$ : inorganic P
- TA: titratable

ting via de voeding worden naast de nieren en de longen ook het skelet, een belangrijk reservoir van basen, aangesproken als buffersysteem om de bloed-pH op peil te houden. Dit kan metertijd de botmineraalinhoud en de botmassa verlagen (8). Hoewel deze fysiologische en biochemische principes logisch lijken, zijn de klinische uitkomsten hieromtrent niet eenduidig (7). Eiwitrijke voedingsmiddelen, en vooral deze van dierlijke oorsprong zoals vlees en zuivelproducten, worden in dit verhaal gemakkelijk met de vinger gewezen. Eiwitten worden beschouwd als zuurvormende componenten. In het bijzonder zwavelhoudende aminozuren (methionine, cysteïne) bevorderen de vorming van zwavelzuur wat de pH verlaagt en de urinaire calciumexcretie verhoogt. Terwijl er is aangetoond dat een hoge eiwitinname de calciumexcretie verhoogt, zijn de bevindingen over het effect van eiwitten op de calciumbalans en de botgezondheid niet eenduidig (9). Een verhoogde calciurie vertaalt zich niet noodzakelijk in netto verlies aan lichaamscalcium, een negatieve calciumbalans en een verminderde botmassa. Integendeel, verschillende onderzoeken hebben een positief verband gevonden

### Een verhoogde calciurie vertaalt zich niet noodzakelijk in netto verlies aan lichaamscalcium, een negatieve calciumbalans en een verminderde botmassa.

essentiële onderhoudsmaterialen van het bot. Daarnaast lijkt een verhoogde urinaire calciumexcretie door eiwitten te worden gecompenseerd door een verhoogde calciumabsorptie (9). Een voeding met een eiwitinname van 1 tot 1,5 g/kg/dag gaat gepaard met een normaal calciummetabolisme en heeft geen effect op het botmetabolisme. Zodra de eiwitinname zakt onder 0,8 g/kg/dag verlaagt de calciumabsorptie en verhoogt het gehalte aan parathyroïdhormoon met botresorptie tot gevolg (9). Uit onderzoek is bovendien gebleken dat eiwitten bij gezonde personen zelf ook de niercapaciteit verbeteren om zuren uit te scheiden via een verhoogde excretie van urinair ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), een belangrijke waterstofionacceptor (1). Omdat de renale  $\text{NH}_4^+$ -productie afhankelijk is van een adequate eiwitinname, kan een voeding die extreem weinig eiwitten bevat de zuurbelasting verhogen (4). Ten slotte is op basis van klinisch onderzoek niet bewezen dat dierlijke eiwitten op zich een negatief effect hebben op de botgezondheid, evenmin als het feit dat plantaardige eiwitten beter zouden zijn voor de botgezondheid. De mate waarin eiwitten worden ingenomen samen met andere voedingsstoffen kan wel cruciaal zijn en resulteren in verschillende effecten op de botgezondheid. Een adequate calciuminname is een belangrijke voorwaarde voor een gunstig effect van eiwitten op de botmassa (9). Melk en melkproducten beschikken over een gunstige calcium-eiwitratio (meer dan 20 mg cal-

cium per gram eiwit, namelijk 35 mg/g) waardoor ze in een adequate botbescherming kunnen voorzien. Behalve adequate hoeveelheden calcium en eiwitten zijn er in de voeding ten slotte nog andere micronutriënten belangrijk voor de botgezondheid, bijvoorbeeld vitamine K, magnesium, kalium, vitamine B12 en zink. Er zijn eveneens gunstige effecten op de botgezondheid vastgesteld van groenten en fruit. Dit kan te maken hebben met het feit dat dit eerder “basische” voedingsmiddelen zijn die de algemene zuurbelasting van de voeding en de calciumexcretie verminderen. Voor deze specifieke theorie is echter nog geen eenduidig bewijs gevonden. Het gunstige effect van groenten en fruit kan met andere woorden ook liggen aan andere componenten in groenten en fruit (bv. vitamine C, vitamine K, kalium, magnesium, carotenoïden) die bijdragen tot een goede botgezondheid los van de zuur-basetheorie. Het precieze mechanisme van het beschermende effect van groenten en fruit is nog onduidelijk (12).

Er wordt in de literatuur ten slotte een fysiologische grens gesuggereerd waarbij het plasmabicarbonaatgehalte zodanig verlaagt dat de grootste bron van basen, de botstructuur, wordt aangesproken om grote hoeveelheden mineralen vrij te geven om een sterk verhoogde zuurproductie te bufferen. De fysiologische grens wordt gelegd op een chronisch verhoogde NAE van 100 mEq per dag of een PRAL van 60 mEq per dag (13). De gemiddelde hedendaagse Amerikaanse voeding haalt een berekende NEAP van 48 mEq per dag (6). In een recent Belgisch onderzoek bedroeg de gemiddelde geschatte PRAL bij 30 vegetariërs  $-10,9 \pm 19,7$  mEq per dag en bij 30 niet-vegetariërs  $13,8 \pm 17,1$  mEq per dag (14).

### Andere gezondheidseffecten

Een matige chronische zuurbelasting via de voeding wordt in de literatuur behalve met osteoporose ook nog in verband gebracht met andere aandoeningen: spierverlies door veroudering, vorming van nierstenen, hypertensie, astma bij inspanning en een versnelde leeftijds- en ziektegebonden chronische nierinsufficiëntie (3). In meer populaire informatiekanaalen wordt zelfs gewag gemaakt van een link met chronische infecties, eczeem, diabetes type 2, overgewicht, kanker, artrose, burnout en depressie. Zoals voor osteoporose is er ook voor deze aandoeningen geen duidelijk of enig bewezen rechtstreeks verband met de invloed van de voeding op het zuur-base-evenwicht in het lichaam gevonden.

### Besluit

De voeding heeft een belangrijke invloed op de incidentie van diverse aandoeningen. Een goede voeding moet voorzien in een adequate en evenwichtige aanbreng van alle essentiële voedingsstoffen. Een tekort of een teveel aan bepaalde voedingsstoffen kan het normale functioneren verstoren. Over directe effecten van de voeding op de gezondheid via haar invloed op het zuur-

## Over directe effecten van de voeding op de gezondheid via haar invloed op het zuur-base-evenwicht in het lichaam ontbreken vooralsnog consistente bewijzen.

base-evenwicht in het lichaam ontbreken vooralsnog consistente bewijzen. Veel onderzoek ter zake gebruikt bovendien als uitgangspunt het actuele Amerikaanse voedingspatroon, rijk aan energiedense en nutriënt (mineraal)arme voedingsmiddelen en dus geen toonbeeld van een gezond voedingspatroon. Aanpassingen in de richting van de algemene voedingsaanbevelingen zoals weergegeven in de actieve voedingsdriehoek zullen sowieso al een gunstig effect hebben op de zogenaamde zuurbelasting van de voeding. Het advies om voldoende nutriëntdense magere melk en melkproducten te nemen, matig te zijn met vlees en vleesvervangers, het gebruik van allerhande nutriëntarme voedingsmiddelen (restgroep) en zout te beperken en vooral ook om meer groenten en fruit te eten, sluiten enigszins aan bij de aanbevelingen om meer zogenaamd “basische” dan “zure” voedingsmiddelen te consumeren. Het uitgangspunt van de gezonde voedingsaanbevelingen steunt echter op wetenschappelijke bewijzen van het belang van een adequate voedingsstoffeninname en niet op onbewezen stellingen over het gevaar van een chronische verzuring van het lichaam (15). Met het oog op een goede botgezondheid moet er mogelijk meer aandacht gaan naar het verhogen van de groente- en fruitinname dan naar het verminderen van eiwitbronnen, zeker bij meer kwetsbare ouderen. Meer fanatieke aanhangers van zuur-base-theorieën die vooral communiceren via publieke informatiekanalen en in veel mindere mate via “peer reviewed” wetenschappelijke tijdschriften zullen vaak meer strikte voedingsadviezen formuleren in de vorm van lijstjes met verboden en toegestane voedingsmiddelen. Wie de lijstjes, die naargelang de bron nogal kunnen variëren, nauwkeurig volgt en zogenaamd “zuurvormend” voedsel zonder meer uit de voeding schrapt, riskeert uiteindelijk alleen nog maar groenten en fruit te eten en thee te drinken. Hoe gezond groenten en fruit ook zijn, erop overleven is geen gezonde optie. Men vervalt op die manier in een inadequate voeding met voedingstekorten en op termijn mogelijke gezondheidsschade tot gevolg. Zijn toevlucht zoeken in “basische” preparaten zoals sapkuren en supplementen van kaliumbicarbonaat en calciumcarbonaat vereist ten slotte de nodige omzichtigheid en expertise, vooral bij hart-, long- en nierpatiënten, om potentieel fatale nevenwerkingen te vermijden.

## LITERATUUR

1. Remer T. Influence of nutrition on acid-base balance: metabolic aspects. *Eur J Nutr.* 2001; 40 (5): 214-220
2. Vormann J, Daniel H. The role of nutrition in human acid-base homeostasis. *Eur J Nutr.* 2001; 40 (5): 187-188
3. Cordain L, Eaton SB, Sebastian A, Mann N, Lindeberg S, Watkins BA, O'Keefe JH, Brand-Miller J. Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. *Am J Clin Nutr.* 2005; 81 (2): 341-354
4. Pizzorno J, Frassetto LA, Katzinger J. Diet-induced acidosis: is it real and clinically relevant? *Br J Nutr.* 2010; 103 (8): 1185-1194
5. Remer T. Influence of diet on acid-base balance. *Semin Dial.* 2000; 13 (4): 221-226
6. Sebastian A, Frassetto LA, Sellmeyer DE, Merriam RL, Morris RC Jr. Estimation of the net acid load of the diet of ancestral preagricultural Homo sapiens and their hominid ancestors. *Am J Clin Nutr.* 2002; 76 (6): 1308-1316
7. Frassetto LA, Lanham-New SA, Macdonald HM, Remer T, Sebastian A, Tucker KL, Tyllavsky FA. Standardizing terminology for estimating the diet-dependent net acid load to the metabolic system. *J Nutr.* 2007; 137 (6): 1491-1492
8. Wynn E, Lanham-New SA, Krieg MA, Whittamore DR, Burckhardt P. Low estimates of dietary acid load are positively associated with bone ultrasound in women older than 75 years of age with a lifetime fracture. *J Nutr.* 2008; 138 (7): 1349-1354
9. Heaney RP, Layman DK. Amount and type of protein influences bone health. *Am J Clin Nutr.* 2008; 87 (5): 1567S-1570S
10. Fenton TR, Lyon AW, Eliasziw M, Tough SC, Hanley DA. Meta-analysis of the effect of the acid-ash hypothesis of osteoporosis on calcium balance. *J Bone Miner Res.* 2009; 24 (11): 1835-1840
11. Fenton TR, Lyon AW, Eliasziw M, Tough SC, Hanley DA. Phosphate decreases urine calcium and increases calcium balance: a meta-analysis of the osteoporosis acid-ash diet hypothesis. *Nutr J.* 2009; 8: 41
12. Ashwell M, Stone E, Mathers J, Barnes S, Compston J, Francis RM, Key T, Cashman KD, Cooper C, Khaw KT, Lanham-New S, Macdonald H, Prentice A, Shearer M, Stephen A. Nutrition and bone health projects funded by the UK Food Standards Agency: have they helped to inform public health policy? *Br J Nutr.* 2008; 99 (1): 198-205
13. Remer T, Manz F. High meat diet, acid-base status and calcium retention. *J Nutr.* 2003; 133: 3239
14. Deriemaeker P, Aerenhouts D, Hebbelink M, Clarys P. Nutrient based estimation of acid-base balance in vegetarians and non-vegetarians. *Plant Foods Hum Nutr.* 2010; 65 (1): 77-82
15. Tucker KL, Hannan MT, Kiel DP. The acid-base hypothesis: diet and bone in the Framingham Osteoporosis Study. *Eur J Nutr.* 2001; 40 (5): 231-237