

Achtergrond richtlijn

Zink

Doelgroep: volwassenen met chronische nierschade stadium G1 t/m G5D

Inhoud

1. Inleiding
2. Functies van zink
3. Inname en behoefte
4. Balans
5. Behandeling
6. Aandachtspunten bij nierstenen
7. Aandachtspunten bij chronische nierschade
8. Aandachtspunten bij hemodialyse
9. Aandachtspunten bij peritoneale dialyse
10. Literatuur

Zink zit in meer dan 300 enzymen in het lichaam en is daarmee noodzakelijk voor veel functies in het lichaam. Daarnaast is zink o.a. nodig bij de opbouw van eiwitten, speelt zink een rol bij de stofwisseling (onderdeel van insuline) en is belangrijk voor een goed werkend immuunsysteem.

Naar schatting heeft zo'n 17-31% van de wereldbevolking een zinkdeficiëntie. Zinkdeficiëntie komt veel voor bij chronische ziekten. Het kan leiden tot groei-vertraging, vertraagde wondgenezing, verminderde afweer en nachtblindheid, een laag testosterongehalte (leidend tot impotentie en oligosperma) en dermatitis. Ook vage klachten als anorexie, smaakverlies en verminderde cognitieve functie worden wel in verband gebracht met een laag serumzinkgehalte.

Tekort aan zink zou mogelijk voor een deel de verklaring vormen voor het grote aantal dialysepatiënten dat met depressieve symptomen kampt. Standaard zink suppletie wordt niet geadviseerd, maar suppletie van 50 mg gedurende 3-6 maanden zou overwogen kunnen worden bij dialysepatiënten met een chronische inadequate intake van eiwit en energie en symptomen van zinkdeficiëntie (verminderde smaak en reuk, kwetsbare huid, impotentie, perifere neuropathie). Het zinkgehalte in het bloed wordt niet standaard gemeten en zal op indicatie moeten worden aangevraagd.

1. Inleiding

Zink (Zn^{2+}) is een spooorelement met atoomnummer 30; 1 mmol zink weegt 65,38 mg. Spooorelementen zijn mineralen waarvan het lichaam maar weinig nodig heeft. Zink is na ijzer het meest voorkomende spooorelement in het lichaam. Het lichaam van de mens bevat 2-3 g zink. Ongeveer 95% van de zinkhoeveelheid in het lichaam bevindt zich intracellulair. Het grootste deel van het zink bevindt zich in spieren ($\pm 60\%$) en de botten ($\pm 30\%$); de rest is te vinden in de huid en lever (elk $\pm 5\%$). Slechts circa 0,1% van de lichaamsvoorraad circuleert in het bloed. In het plasma is zink gebonden aan eiwitten. Hoofdzakelijk albumine, maar ook aan α -2-macroglobuline en transferrine. ^[20,26]

2. Functies van zink

Het is onderdeel van vele enzymen

Zink als katalysator

Meer dan 300 enzymen in het lichaam zijn afhankelijk van zink. Deze enzymen katalyseren de meest uiteenlopende biochemische reacties, wat verklaart waarom er zo veel biologische processen ondersteund worden door zink.

Zink als structureel spoorelement

Zink heeft een structurele functie in het lichaam. Ongeveer 10% van de eiwitten in het lichaam bevat bindingsplaatsen voor zink. Zink zorgt daarmee voor de stabiliteit van deze eiwitstructuren.

Zink als regulator

Zink speelt een rol in het reguleren van de genexpressie doordat het in belangrijke mate betrokken is bij de communicatie tussen cellen en de signaaloverdracht in de cellen. Dit uit zich zowel op het vlak van de hormoonafgifte als ook bij het reguleren van de zenuwprikkel-overdracht in de hersenen. Zink regelt heel wat metabole processen, zoals dat van essentiële vetzuren (omega-3, omega-6) en van vitamine A. Zink heeft ook een positieve invloed op het immuunsysteem en beschermt gezonde cellen en weefsels tegen schadelijke invloeden van bijvoorbeeld uv-straling en luchtvervuiling. Zink is een belangrijk antioxidant en onmisbaar voor een gezond werkend afweersysteem. Het verbetert de weerstand tegen infecties en speelt een rol in de ontwikkeling van auto-immuunziekten. Onderzoek toont namelijk aan dat stimulatie van leukocyten met een hoge dosis zink een immuunreactie kan uitlokken in sommige soorten leukocyten. Een goede zinkstatus is ook cruciaal voor een optimale groei en ontwikkeling, voor de hersenfunctie en bij de vruchtbaarheid en voortplanting.

3. Inname en behoefte

De belangrijkste zinkbronnen zijn vlees- en vleesvervangers (23%), zuivel en zuivelvervangers (22%) en brood, granen, rijst en pasta (20%).^[19] De biologische beschikbaarheid van zink ligt rond de 30% en is uit dierlijke producten (vlees, eieren en schaal- en schelpdieren) relatief hoog, terwijl de opname uit plant-aardige producten (volkoren graanproducten en groenten) lager is door de aanwezigheid van fytaat en in mindere mate voedingsvezel.^[25] Een maat om de zinkopname in combinatie met fytaat uit te drukken is de fytaat-zink molar ratio.^[22] De binding tussen fytaat en zink wordt lager in een zure omgeving. Bij bereiding van voedsel kan ook zink verloren gaan. Dit is vooral het geval bij koken van bladgroenten.^[24] Tenslotte wordt de opname mogelijk verlaagd door de aanwezigheid van calcium en caseïne^[20] en de polyfenolen in koffie.^[25]

De Nederlandse Warenwet bepaalt dat zink alleen aan voedingsmiddelen toegevoegd mag worden om daar een substitutieproduct of een gerestaureerd voedingsmiddel van te maken. Dit wil zeggen dat zink niet aan voedingsmiddelen mag worden toegevoegd om te verrijken.^[13]

De gezondheidsraad heeft voor zink een voedingsnorm vastgesteld. De aanbevolen hoeveelheid zink voor volwassenen is vastgesteld op 7 mg voor vrouwen en 9 mg voor mannen.^[7] De EFSA heeft een aanvaardbare bovengrens voor volwassenen van 25 mg vastgesteld^[25] Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt voor geslacht.^[23]

4. Balans

Opname van zink vindt hoofdzakelijk plaats in het distale duodenum en proximale jejunum. Het lichaam is over het algemeen goed in staat de zinkconcentratie stabiel te houden middels regulatie van absorptie en excretie. Bij een zinkdeficiëntie neemt de absorptie toe en de excretie af. De referentiewaarde in plasma is 10-18 µmol/L. Een zinktekort is niet altijd duidelijk aantoonbaar. Het zinkgehalte in het bloed is zelfs in een

laboratorium niet eenvoudig te bepalen en is onder andere afhankelijk van het tijdstip, van de dag en de gegeten maaltijd. Meestal komt enkel een ernstig zinktekort tot uiting in de bloedwaarden. ^[5,20] Omdat 60-80% van het zink in plasma gebonden is aan albumine, wijst een laag serum zink daarom niet per definitie op een zinkdeficiëntie. Lage waarden komen ook voor bij oncologische aandoeningen, chronische leverziekten en in de acute fase van inflammatie. De diagnose moet dan ook worden ondersteund door klinische verschijnselen. ^[26]

De zinkuitscheiding bedraagt 1,5-3 mg/dag, waarvan ongeveer 50% via de ontlasting. Het verlies via de urine bedraagt ±0,5 mg. Verder gaat er zink verloren met sperma, bloedverlies (menstruatie), huid en nagels, zweet en via moedermelk. De zinkuitscheiding met de ontlasting betreft voor een belangrijk deel niet-geabsorbeerd zink. ^[20,26]

Thiazide diuretica verhogen de zinkuitscheiding met ±60%. ^[16] Absorptie van zink kan worden verlaagd door ijzer- en calciumsupplementen, tetracyclinen, verbindingen die fosfor bevatten en ionenwisselaars. ^[17] ACE-remmers en Angiotensine II (AT1)-antagonisten I (ARB's) kunnen leiden tot een zinkdeficiëntie. ^[18] Doordat zink deels gebonden is aan transferrine, kan de zinkabsorptie ook verminderen door ijzersuppletie. ^[16]

De verhouding koper-zink is klinisch belangrijker dan de afzonderlijke bloedwaarden. Bij een hoge zinkinname wordt in de darmcellen meer thioneïne gevormd. Dit bindt koper waardoor het niet in de bloedbaan terecht komt en dus niet kan worden geabsorbeerd. ^[20,26]

Bij laag albumine moet het zinkgehalte gecorrigeerd worden. [klinisch chemicus Jeroen Bosch Ziekenhuis 's-Hertogenbosch, persoonlijke communicatie, 2015].

gecorrigeerd serum zink = $\text{gemeten serum zink} / ((0,666 \times (\text{gemeten serum albumine} / \text{referentiewaarde serum albumine}) + 0,333)$

Voorbeeld:

- gemeten serum albumine 26 g/L
- referentiewaarde serum albumine 40 g/L en
- gemeten serum zink van 8,6 umol/L

Gecorrigeerd serum zink: $8,6 / ((0,666 \times 26/40) + 0,333) = 8,6 / 0,7667 = 11,2 \text{ umol/L}$

4.1 Zink tekort

Een zinktekort wordt meestal veroorzaakt door een inadequate voedingsinname of malabsorptie, verhoogde verliezen (o.a. bij chronische diarree of proteïnurie) of verhoogde behoefte (o.a. wondgenezing).

Een tekort aan zink is te herkennen achterblijvende groei, verminderde eetlust, smaak en reuk en verminderde afweer tegen infecties. Ernstige deficiënties kunnen ook leiden tot o.a. haarverlies, diarree, afwijkingen aan de huid en slijmvlies, nachtblindheid, vertraagde seksuele rijping en verminderde wondgenezing. ^[16,25] Diarree kan zowel oorzaak als gevolg zijn; gestoorde vertering en absorptie heeft als gevolg ook een tekort aan andere voedingsstoffen.

4.2 Zink overschot

Het is vrijwel onmogelijk om via de voeding te veel zink binnen te krijgen. Bij langdurig dagelijks gebruik van een hoge dosis zinktabletten, kan een tekort aan koper en ijzer ontstaan. ^[24] De symptomen die hierbij optreden zijn onder andere misselijkheid, braken,

buikkrampen en diarree. Ook kan dit leiden tot onder andere anemie (bloedarmoede) en een vermindering van de weerstand. [20,25]

5. Behandeling zinkdeficiëntie

Hoewel er voldoende aanwijzingen zijn dat zinkdeficiëntie regelmatig voorkomt bij patiënten met chronische nierschade, wordt routinematige suppletie van zink niet geadviseerd. De [11] stelt dat er nog onvoldoende bewijs is dat zinksuppletie de voedings-toestand, zinkstatus of inflammatie verbetert. [11]

5.1 Zinksupplementen

Er bestaan verschillende zinkvormen.

- Anorganische zinkverbindingen: zinkoxide, zinkcarbonaat en zinksulfaat.
- Organische zinkverbindingen: zinkmethionine, zinkbisglycinaat, zinkhistidine, zinkgluconaat, zinkcitraat, zinkorotaat en zinkpicolinaat.

Voorkeur bestaat voor het suppleren van zink in een organische vorm. Zinkmethionine is de beste vorm, omdat dit niet bindt aan fytaat, oxalaat of tannine. Advies is om zink samen met koper te suppleren, omdat zink en koper elkaar zowel kunnen stimuleren als remmen.

In Farmacotherapeutisch kompas [27] zijn 2 zink preparaten opgenomen:

- Zinkacetaat: capsules met 25 mg en 50 mg zink, alléén geïndiceerd bij ziekte van Wilson;
- Zinksulfaat: drank met 10 mg zinksulfaat/ml. Dit bevat 2,27 mg zink/ml en is geïndiceerd bij zinkdeficiëntie.

Daarnaast is zink verkrijgbaar als voedingssupplement. Er zijn vele soorten beschikbaar, met alleen zink of in combinatie met andere vitamines en/of mineralen/spoorelementen. De top vijf van vrij verkrijgbare (OTC) supplementen zijn:

Merk	Generieke stof	Vorm	Dosering zink
Vital Nutrition	Zinkmethionine	tablet	15 mg
Vitals	Zinkbisglycinaat	tablet	15 mg
AOV 536	Zinkbisglycinaat	tablet	15 mg
VitOrtho	Zinkbisglycinaat (en koper)	tablet	15 mg (en 250 µg)
Bonusan	Zinkmethionine	capsule	15 mg

Tabel 1 Top 5 zinkpreparaten OTC.

5.2 Inname van supplement

Zinksulfaat moet tijdens de maaltijden worden ingenomen.

Andere zinksupplementen dienen ten minste een uur vóór, of 2–3 uur na het eten op een lege maag te worden ingenomen. Bij maagklachten bij inname van de ochtenddosering kan het supplement halverwege de ochtend, tussen ontbijt en lunch, of ingenomen worden met wat eiwithoudend voedsel zoals vlees. [27]

Bij inname van bepaalde antibiotica (fluoroquinolonen, tetracyclinen, penicillamine) moeten zinksupplementen ofwel 2 uur voor of 4 uur na de antibiotica ingenomen worden. De combinatie van zink- met ijzersupplementen kan de absorptie van beide elementen verlagen. Ditzelfde geldt bij combinatie inname met calciumsupplementen.

6. Aandachtspunten bij nierstenen

Zink kan net als calcium oxaalzuur binden. Uit onderzoek blijkt dat calciumoxalaatstenen ook vrij veel zink bevatten. In epidemiologische studies onder volwassenen bleek een hoge zink inname samen te hangen met een verhoogd risico op het ontstaan van nierstenen en hadden steenvormers een hogere zinkexcretie met de urine. Waarom zink de kristallisatie in de hand werkt, blijft nog onduidelijk. [2,14] Hoewel zink oxaalzuur kan binden, is het effect van zink op de preventie van nierstenen minder duidelijk. In de *Guideline Urolithiasis* van de European Association of Urology wordt zink niet genoemd. [4]

7. Aandachtspunten bij chronische nierschade

Bij chronische nierschade worden lagere serum zink waarden gezien. Tevens is de zink excretie met de urine hoger dan bij mensen zonder chronische nierschade en neemt deze toe naarmate de nierfunctie slechter is. Lage serum zink waarden worden dus niet gecompenseerd met een verminderde uitscheiding. Mogelijke oorzaken zijn gebruik van een onvolwaardige voeding door anorexie/uremie, een eiwitbeperkt dieet, malabsorptie en gebruik van RAAS-medicatie en/of thiazide diuretica. Ook gaat verlies van eiwit in de urine gaat met verlies van zink. Veranderingen in de zink homeostase hebben mogelijk negatieve effecten op EPO-resistente anemie, oxidatieve stress, atherosclerose, hart- en vaatziekten, verminderde afweer en inflammatie. ^[1,3,15,20] Bereiken en handhaven van een goed serum zink zou symptomen gerelateerd aan diabetes complicaties kunnen verminderen en het verschil kunnen maken in gepaard gaande progressie van nierfunctie bij patiënten met hoog risico op het ontwikkelen van eindstadium nierfalen. ^[7]

8. Aandachtspunten bij hemodialyse

Bij hemodialyse gaat zink verloren met het dialysaat wat naast de eerder genoemde oorzaken eveneens kan leiden tot een lagere zinkstatus. ^[15] Aan de andere kant zal met het verder afnemen van de restfunctie de zinkexcretie ook afnemen.

In een gerandomiseerde dubbel blinde placebo gecontroleerde studie van Rashidi et al. (2009) onder hemodialyse patiënten met een zink deficiëntie steeg het serum zink significant na suppletie gedurende 7 weken met dagelijks 220 mg zinksulfaat. Het CRP daalde, maar dat was niet significant. ^[18]

Een zinktekort is gelinkt aan depressie. Omdat veel hemodialysepatiënten depressieve klachten rapporteren hebben Roozbeh et al. (2011) onderzocht of hier ook een link wordt gezien tussen de zinkstatus en depressie. Hierbij is gebruik gemaakt van de Beck Depression Inventory (BDI), een zelfrapportage-vragenlijst. De serum zink waarde bleek inderdaad lager te zijn bij patiënten die volgens de BDI-score een mate van depressie hadden. ^[20]

Omdat de zink status een relatie heeft met smaakwaarneming hebben Kim et al. (2016) in een cross-sectionele studie onder hemodialysepatiënten met een sensorische test de smaakvoorkeur voor zout onderzocht. Patiënten met een lage zink status bleken een sterkere voorkeur voor zout te hebben. Hoewel niet significant was de zoutinname van deze groep wel hoger; de interdialytic weight gain (IDWG) was wel significant hoger. ^[12]

Garagarza et al. (2022) hebben in een multicenter onderzoek aangetoond dat meer dan 50% van de hemodialysepatiënten een inadequate zink inname hadden. De inname van zink was positief gecorreleerd met de inname van eiwit en energie. Er was een negatieve correlatie met voedingstoestand en lichaamssamenstelling en een hoger risico op overlijden. ^[6]

Haddadian-Khouzani et al. (2022) hebben in een randomized clinical trial onderzocht of suppletie met zinkgluconaat (30 mg per dag) effect heeft op kwaliteit van leven, slaapkwaliteit en serum albumine. Na 12 weken was er een positief effect op slaapkwaliteit en serum albumine. Er was geen effect op kwaliteit van leven en C-Reactive Protein (CRP). ^[9]

Zinksuppletie van 50 mg per dag voor 3-6 maanden kan overwogen worden bij hemodialysepatiënten met chronische inadequate inname van eiwit/energie inname en symptomen van zinkdeficiëntie (verminderde smaak en geur, kwetsbare huid, perifere neuropathie of impotentie). ^[12]

9. Aandachtspunten bij peritoneale dialyse

Ook bij patiënten met peritoneale dialyse komen lagere zinkgehalten in het bloed voor. Dit is niet verklaard door evt. verlies via het dialysaat. Waarschijnlijk is er extra verlies van zink via de ontlasting door gebruik van medicatie tegen of ter voorkoming obstipatie. [17]

10. Literatuur

1. Damianaki, K., Lourenco, J. M., Braconnier, P., Ghobril, J.-P., Devuyst, O., Burnier, M., Lenglet, S., Augsburger, M., Thomas, A., & Pruijm, M. (2020). Renal handling of zinc in chronic kidney disease patients and the role of circulating zinc levels in renal function decline. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 35(7), 1163-1170. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz065>
2. Dijkgraaf, A. (2015). *Zink leidt tot nierstenen*. Geraadpleegd op 28 februari 2024, van <https://www.sciencelink.net/verdieping/zink-leidt-tot-nierstenen/6989.article>
3. Elgenidy, A., Amin, M. A., Awad, A. K., Husain-Syed, F., & Aly, M. G. (2023). Serum zinc levels in chronic kidney disease patients, hemodialysis patients, and healthy controls: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Renal Nutrition*, 33(1), 103-115. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2022.04.004>
4. European Association of Urology (EAU, 2024). *Guideline Urolithiasis*. Geraadpleegd op 9 augustus 2024, van <https://uroweb.org/guidelines/urolithiasis>
5. Farmaline. (z.d.). *Zink*. Geraadpleegd op 28 februari 2024, van <https://www.farmaline.be/apotheek/advies/zink/>
6. Garagarza, C., Valente, A., Caetano, C., Ramos, I., Sebastião, J., Pinto, M., Oliveira, T., Ferreira, A., & Sousa Guerreiro, C. (2022). Zinc deficient intake in hemodialysis patients: A path to a high mortality risk. *Journal of Renal Nutrition*, 32(1), 87-93. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2021.06.012>
7. Gembillo, G., Visconti, L., Giuffrida, A. E., Labbozzetta, V., Peritore, L., Lipari, A., Calabrese, V., Piccoli, G. B., Torreggiani, M., Siligato, R., & Santoro, D. (2022). Role of zinc in diabetic kidney disease. *Nutrients*, 14(7), 1353. <https://doi.org/10.3390/nu14071353>
8. Gezondheidsraad. (2018). *Voedingsnormen voor vitamines en mineralen voor volwassenen*. Geraadpleegd op 28 februari 2024, van <https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2018/09/18/gezondheidsraad-herziet-voedingsnormen-voor-volwassenen>
9. Haddadian-Khouzani, S., Shahidi, S., Askari, G., Clark, C. C. T., & Rouhani, M. H. (2022). The efficacy and safety of zinc gluconate supplementation on quality of life, sleep quality, and serum albumin in hemodialysis patients: A randomized clinical trial. *European Journal of Integrative Medicine*, 55, 102183. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2022.102183>
10. Hendler, S. S. & Rorvik, D. M. (2008) (2^e ed.) *PDR for nutritional supplements*. Thomson Reuters.
11. Ikizler, T. A., Burrowes, J. D., Byham-Gray, L. D., Campbell, K. L., Carrero, J.-J., Chan, W., Fouque, D., Friedman, A. N., Ghaddar, S., Goldstein-Fuchs, D. J., Kaysen, G. A., Kopple, J. D., Teta, D., Wang, A. Y.-M., & Cuppari, L. (2020). KDOQI Clinical practice guideline for nutrition in CKD: 2020 update. *American Journal of Kidney Diseases*, 76(3 (suppl 1), S1-S107. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2020.05.006>
12. Kim, S. M., Kim, M., Lee, E. K., Kim, S. B., Chang, J. W., & Kim, H. W. (2016). The effect of zinc deficiency on salt taste acuity, preference, and dietary sodium intake in hemodialysis patients. *Hemodialysis International*, 20(3), 441-446. <https://doi.org/10.1111/hdi.12388>
13. Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA, 2022). *Handboek Voedings-supplementen, verrijkte levensmiddelen en kruidenpreparaten (1.0)*. Geraadpleegd op 25 april 2024, van <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/voedingssupplementen/nvwa-handboek-voedingssupplementen-verrijkte-levensmiddelen-en-kruidenpreparaten>

AR Zink - versie 0, 11/2024 - status concept - geldig tot 2029

Eindverantwoordelijk : DNN WG richtlijnen

Contactpersoon(en) : Monique Hoogerwerf, diëtist nierziekten Meander Medisch Centrum, Amersfoort

Goedgekeurd door : DNN WG richtlijnen

Afdrukdatum : 19-12-2024

14. Negri, A. L. (2018). The role of zinc in urinary stone disease. *International Urology and Nephrology*, 50(5), 879-883. <https://doi.org/10.1007/s11255-017-1784-7>
15. Neto, L. C., Bacci, M. R., Sverzutt, L. C., Costa, M. G., Alves, B. C. A., & Fonseca, F. L. (2016). The role of zinc in chronic kidney disease patients on hemodialysis: A systematic review. *Health*, 8(4), 344-352. <https://doi.org/10.4236/health.2016.84036>
16. Osredkar, J., & Sustar, N. (2011). Copper and zinc, biological role and significance of copper/zinc imbalance. *Journal of Clinical Toxicology*, s3(1), 1-18. <https://doi.org/10.4172/2161-0494.S3-001>
17. Panorchan, K., & Davenport, A. (2015). Incidence and predictors of zinc deficiency in stable peritoneal dialysis patients. *Peritoneal Dialysis International*, 35(5), 597-599. <https://doi.org/10.3747/pdi.2014.00134>
18. Rashidi, A. A., Salehi, M., Piroozmand, A., & Sagheb, M. M. (2009). Effects of zinc supplementation on serum zinc and C-reactive protein concentrations in hemodialysis patients. *Journal of Renal Nutrition*, 19(6), 475-478. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2009.04.005>
19. Rijksinstituut voor Volksgezondheid (RIVM, z.d.). *Wat eet Nederland - Mineralen. Voedselconsumptiepeiling 2019-2021*. Geraadpleegd op 28 februari 2024, van [Inname van mineralen | Wat eet Nederland](#)
20. Roozbeh, J., Sharifian, M., Ghanizadeh, A., Sahraian, A., Segheb, M. M., Shabani, S., Hamidian Jahromi, A., Kashfi, M., & Afshariani, R. (2011). Association of zinc deficiency and depression in the patients with end-stage renal disease on hemodialysis. *Journal of Renal Nutrition*, 21(2), 184-187. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2010.05.015>
21. Stiles, L. I., Ferrao, K., & Mehta, K. J. (2024). Role of zinc in health and disease. *Clinical and Experimental Medicine*, 24:38. <https://doi.org/10.1007/s10238-024-01302-6>
22. Van Berkel, R. (2020). Fytaatrijk eten en toch voldoende zink. *VoedingsMagazine*, 1 2020, 26-29.
23. Vitamine Informatie Bureau. (z.d.). *Zink*. Geraadpleegd op 28 februari 2024, van <https://www.vitamine-info.nl/alle-vitamines-en-mineralen-op-een-rij/zink/?L=310>
24. Voedingscentrum. (2023). Factsheet *Thuis koken: over voedingsstoffen, veiligheid en duurzaamheid*. Geraadpleegd 28 februari 2024, van <https://www.voedingscentrum.nl/Assets/Uploads/voedingscentrum/Documents/Professionals/Pers/Factsheets/Factsheet%20Bereiden%20van%20voedsel.pdf>
25. Voedingscentrum. (z.d.). *Zink*. Geraadpleegd op 28 februari 2024, van <https://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie/zink.aspx>
26. Witkamp, R. F. (2023). Spoorelementen. In M. Former, G. Van Asseldonk, J. Drenth & C. Schuurman (Reds.), *Voedingskennis.nl*. Bohn Stafleu van Loghum.
27. Zorginstituut Nederland. (z.d.). *Farmacotherapeutisch Kompas*. Zie: [Farmacotherapeutisch Kompas](#)