

Orthomoleculaire ondersteuning bij een pathogene belasting in de darm

Een darminfectie kan de darmgezondheid en de algehele gezondheid flink verstoren. Omdat de darm direct verbonden is met het immuunsysteem, kan een pathogene darminfectie nadelige gevolgen hebben voor het gehele lichaam. Een gezonde darmwand, een gezond microbioom en een gezond mucosaal immuunsysteem is van groot belang om het lichaam te beschermen tegen onder andere pathogene micro-organismen.

Een pathogeen is een ziekteverwekker van biologische oorsprong, zoals:

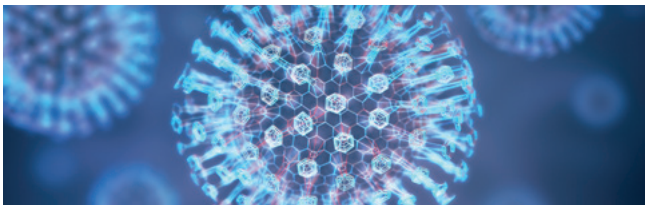
- › Een bacterie, bijvoorbeeld Campylobacter, Escherichia coli, Salmonella, Clostridium, Helicobacter pylori, Listeria, Bacillus cereus
- › Een virus, bijvoorbeeld Rotavirus, Norovirus
- › Een schimmel, bijvoorbeeld Candida, Aspergillus
- › Een parasiet, bijvoorbeeld wormpjes, lintwormen, Blastocystis, Giardia



Figuur 1. Campylobacter jejuni



Figuur 2. Salmonella enterica



Figuur 3. Rotavirus



Figuur 4. Lintworm

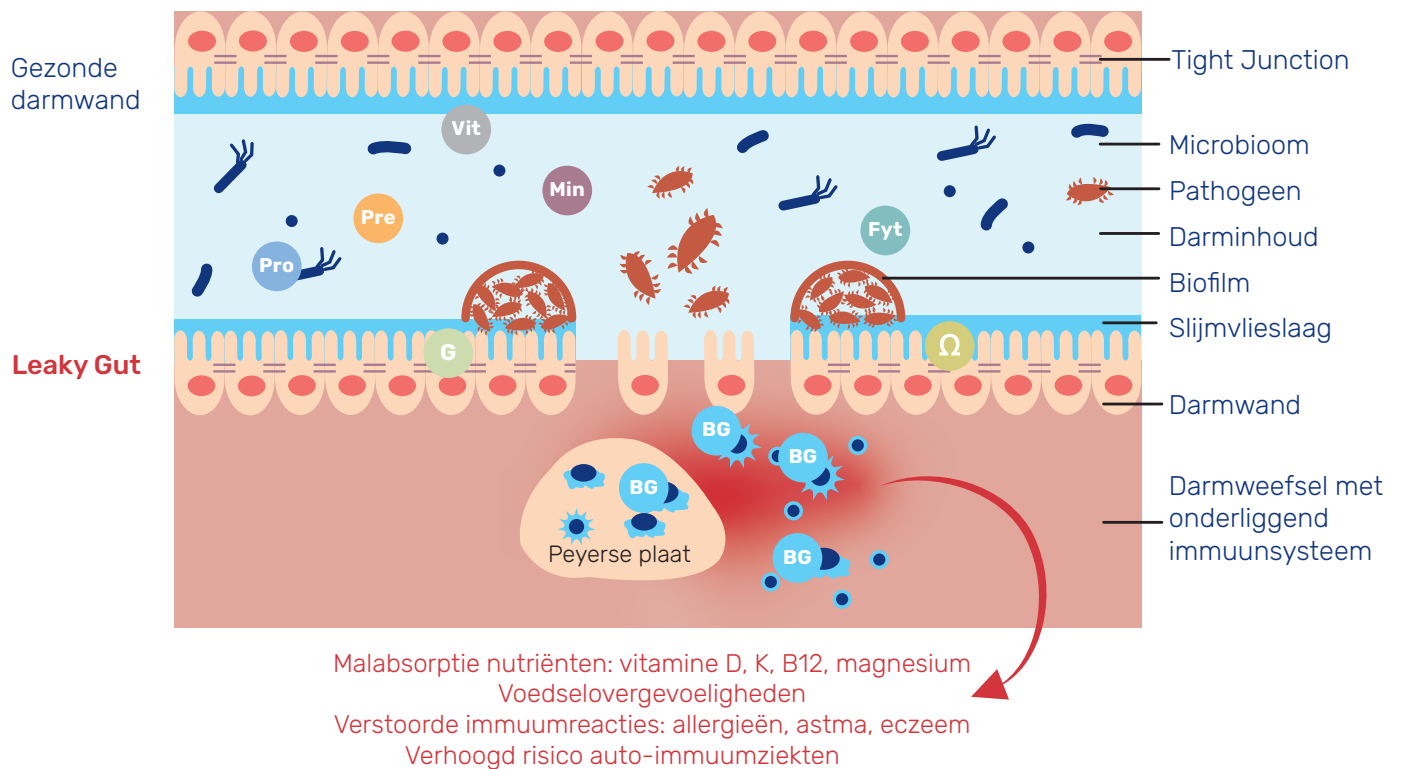
Van disbiose naar systemische inflammatie

Bij een darminfectie ontstaan acute gastro-intestinale klachten zoals buikkrampen, diarree, misselijkheid, braken, koorts en hoofdpijn. Deze acute symptomen verdwijnen doorgaans binnen enkele dagen. Het microbioom is echter verstoord als gevolg van de infectie en de eventuele medische behandeling (bijvoorbeeld antibiotica). In sommige gevallen kan een infectie chronische klachten geven zoals vermoeidheid, pijnlijke gewrichten en ontstekingen van de huid.¹ Hierbij is er een blijvende disbiose in de darm, hyperpermeabiliteit van de darmwand en inflammatie.² Als de disbiose en hyperpermeabiliteit blijven bestaan, kan er op termijn een chronische en systemische ontsteking ontstaan. Dit type ontsteking is gerelateerd aan diverse ziektebeelden zoals prikkelbare darm syndroom, inflammatoire darmziekten, coeliakie en voedselallergieën, auto-immuunziekten waaronder diabetes en artritis, atherosclerose³, depressie en zelfs dementie. (zie figuur 5)

Orthomoleculaire ondersteuning bij pathogenen in de darm

Indien er sprake is van een pathogeen infectie in de darm en bijkomende disbiose van het microbioom, draagt de Orthomoleculaire therapie bij aan:

1. Het verminderen van de pathogeen belasting
2. Ondersteunen van het immuunsysteem
3. Het herstellen van de darmwand en het microbioom



Figuur 5. Pathogeen belasting als oorzaak van ontstekingsreactie en hyperpermeabiliteit (leaky gut)

1. Pathogeen belasting verminderen

Van verschillende nutriënten, en in het bijzonder van fytotherapeutica waaronder kruiden en paddenstoelen, is een anti-pathogene en anti-inflammatoire activiteit aangetoond.⁴ De meeste informatie over de anti-pathogene werkingsmechanismen van fytotherapeutica zijn verkregen middels in vitro studies. Fytotherapeutica kunnen goede aanvulling zijn op reguliere behandeling, bijvoorbeeld antibiotica.⁵

Bacteriën

Een bacteriële darminfectie ontstaat meestal door het consumeren van besmet voedsel met als gevolg een voedselinfectie. Acute symptomen zijn darmkrampen, diarree, misselijkheid, braken, koorts en hoofdpijn.

Biofilm

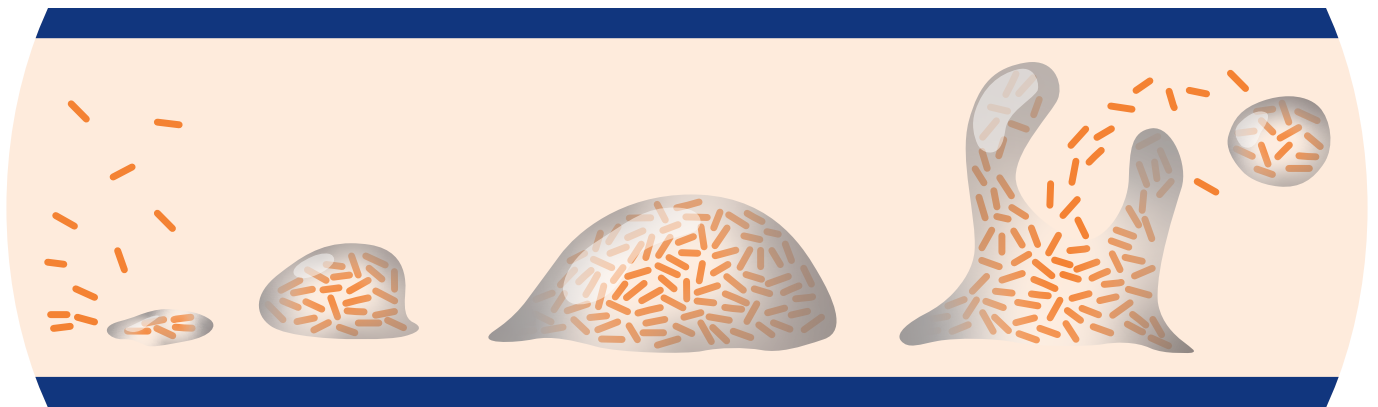
Bij een bacteriële infectie kan het pathogeen na aanhechting aan de darmwand een biofilm maken (zie figuur 6). Het biofilm bestaat uit suikerverbindingen, eiwitten en vetten. Bacteriën die zich in een biofilm bevinden zijn beter resistent tegen de effecten van het immuunsysteem, tegen antibacteriële stoffen die door het commensaal microbioom worden geproduceerd en tegen de (medicamenteuze) behandeling.^{5, 6} Diverse enzymen en bioactieve bestanddelen uit sommige kruiden hebben activiteit tegen het biofilm en kunnen de groei van pathogene bacteriën remmen. Deze bestanddelen hebben geen invloed op het ontstaan van resistente bacteriën en op het commensaal microbioom.⁶

Enzymen

Amylase, bromelaïne, papaïne en serrapeptase zijn in staat biofilms af te breken.^{7, 8}

Paddenstoelen

Polysachariden uit de Chaga paddenstoel en Agaricus soorten zijn in staat de vermenigvuldiging van bacteriën te remmen.^{9, 10}



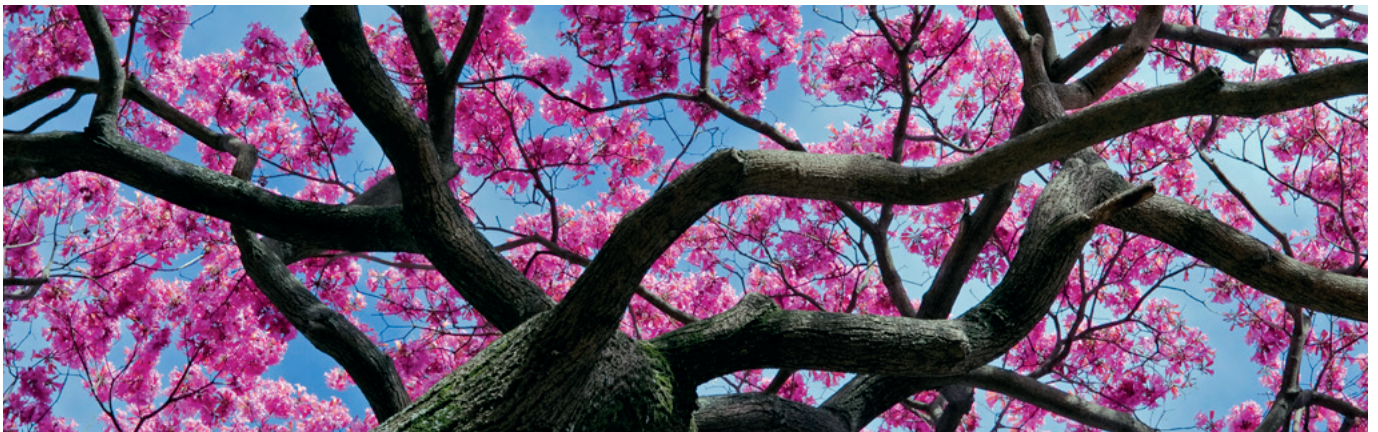
Figuur 6. Vorming van een biofilm

Kruiden

- › Carvacrol, een bestanddeel uit onder andere tijm, oregano en rozemarijn, verhoogt de membraan permeabiliteit van bacteriën waardoor protonen en kalium weglekken. Hierdoor kunnen essentiële celprocessen niet goed plaatsvinden en sterft de bacterie.^{11, 12}
- › Tijm, oregano, kruidnagel en sinaasappel hebben de sterkst remmende effecten tegen bacteriën die voedselvergiftiging kunnen veroorzaken, waaronder Listeria, E. coli, Salmonella en Bacillus cereus.^{13, 14, 15}
- › Propolis heeft op verschillende manieren anti-bacterieel effect, onder andere tegen E. coli. Het verhoogt de membraan permeabiliteit, het vermindert de ATP-productie en de beweeglijkheid van de bacterie en het verhoogt de lichaamseigen afweermechanismen.¹⁶
- › Olijfblad draagt bij aan afbraak van bacteriële biofilms van onder andere Listeria, E. coli en Salmonella.^{17, 18} Ook gember helpt de bacteriële biofilms af te breken.⁵
- › Bestanddelen uit Pau d'arco hebben antibacteriële activiteit, onder andere tegen Clostridium en H. pylori^{19, 20}, waarschijnlijk door beïnvloeding van het elektronentransport en cellulaire mechanismen.²¹
- › Curcuma longa, chilipeper en okra remmen de aanhechting van H. pylori aan epitheelweefsel²² en cranberry remt de aanhechting van E.coli aan epitheelcellen.²³
- › Knoflook heeft antibacterieel activiteit tegen onder andere E.coli en Salmonella.²⁴ Deze effecten worden toegeschreven aan het bestanddeel allicine en andere zwavel-bevattende bestanddelen. Deze bestanddelen onderdrukken de synthese van bacterieel RNA, DNA en eiwit, en remmen bacteriële enzymen.^{25, 26}
- › Zwarte komijn heeft een remmend effect op pathogene bacteriën, waaronder E. coli.²⁷
- › Citroengras, oregano en laurier hebben antibacteriële eigenschappen.²⁸
- › Essentiële oliën van zwarte peper, kruidnagel, geranium, nootmuskaat, oregano en tijm hebben antibacteriële effecten tegen 25 geslachten van (pathogene) bacteriën.²⁹



Figuur 7. Tijm



Figuur 8. Pau d'arco

Virussen

Ook virussen kunnen oorzaak zijn van darminfecties. Het Noro-virus en het Rotavirus zijn bekende voorbeelden. Overdracht van virussen die de darm kunnen infecteren vindt voornamelijk plaats via de handen.

Vetzuren

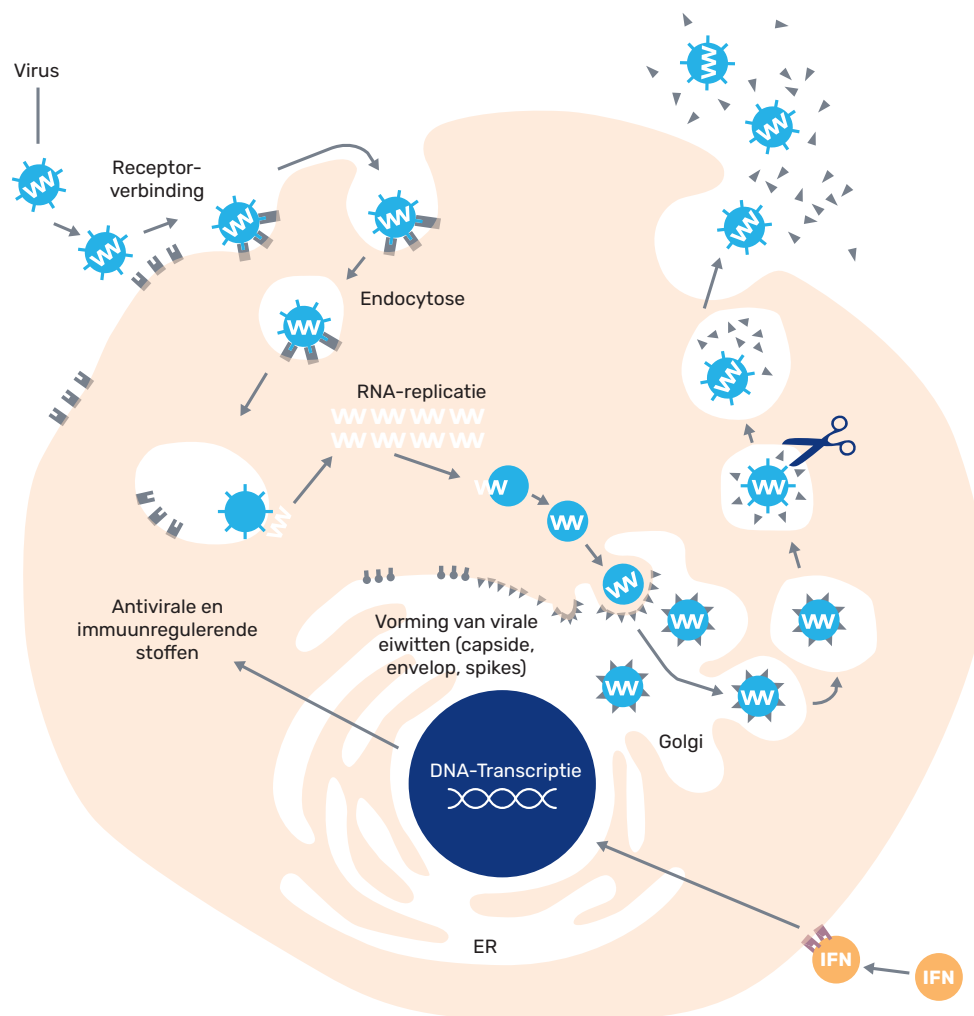
De vetzuren linolzuur, gamma linoleenzuur, EPA en DHA hebben een mogelijk antiviraal effect via het verhogen de interferonproductie.³⁰

Paddenstoelen

Polysachariden uit de Chaga paddenstoel kunnen de replicatie van virussen helpen te verminderen door middel van een remmend effect op de opname van virusdeeltjes in cellen, de activiteit van virale enzymen en de synthese van viraal nucleïnezuur (DNA en RNA).^{4, 31}

Kruiden

- > Knoflook verhindert de aanhechting van pathogene virussen op gastheercellen, remt diverse virale enzymen (RNA polymerase en reverse transcriptase) en remt de virale DNA synthese. Daarnaast heeft knoflook immuun-modulerende eigenschappen wat de lichaamseigen afweer tegen pathogene virussen, waaronder het Rotavirus ondersteunt.³²
- > Laurier vertoont antivirale activiteit.³³



Figuur 9. Intracellulaire virusreproductie. Bestanddelen uit kruiden en paddenstoelen belemmeren de reproductie door de aanhechting en opname in de gastheercel te remmen, de activiteit van enzymen te remmen, en de productie van interferon te verhogen.

Schimmels

Een schimmelinfectie in de darm kan ontstaan door het consumeren van een door schimmels geïnfekteerde voeding, door besmetting via de lucht (bijvoorbeeld bij *Aspergillus*), of door overgroei van *Candida* in de darm. (Candidiasis).

Candida

Candida komt in de vorm van een gist voor op de huid, slijmvliezen en in de darm en kan bij een verstoord milieu uitgroeien tot een schimmelinfectie. In deze schimmel status bevindt de *Candida* zich in een biofilm.³⁴ *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida krusei* en *Candida parapsilosis* veroorzaken de meeste klachten.

Vetzuren

Caprylzuur is een verzadigd vetzuur dat o.a. voorkomt in melk en kokosolie. Dit vetzuur remt de uitgroei van de *Candida* gist tot schimmel.³⁵

Paddenstoelen

Paddenstoelen van de *Agaricus* soorten vertonen activiteit tegen onder andere *Aspergillus*.¹⁰

Kruiden

- › Allicine, een actief bestanddeel uit knoflook, vermindert de groei van de biofilm van *Candida albicans*^{24, 34, 36} en remt de vorming van schimmeldraden.³⁶
- › Carvacrol, een bestanddeel uit onder andere tijm, oregano en rozemarijn, remt de kieming en groei van *Candida albicans*.^{37, 38}
- › Tijm, oregano, kruidnagel en sinaasappel hebben de sterkst remmende effecten tegen schimmels die voedselvergiftiging kunnen veroorzaken, waaronder *Candida albicans* en *Candida oleophila*. Ook komijn, tea tree en munt remmen de *Candida albicans* gisten.¹³
- › Citroengras, oregano en laurier remmen de groei van *Candida albicans*.²⁸
- › Kokos(olie), munt en salie laten gunstige effecten zien tegen *Candida*.³⁹
- › Kaneel, tijm, oregano en komijn remmen de groei en productie van aflatoxine van de *Aspergillus* schimmel.⁴⁰
- › Zwarte komijn heeft een remmend effect op schimmels, waaronder *Candida albicans* en *Aspergillus*.²⁷



Figuur 10. Oregano

Parasieten

Een parasitaire darminfectie kan optreden door contact via besmette voeding of ontlasting. Voorbeelden van parasitaire darminfecties zijn 'wormpjes', lintwormen, *Blastocystis* en *Giardia*. Langdurige diarree is kenmerkend voor een parasitaire darminfectie.

Kruiden

- › Zwarte komijn heeft een stimulerend effect op het immuunsysteem wat de groei van wormen, waaronder de lintworm, en *Blastocystis hominis* helpt te verminderen.^{41, 42, 43}
- › Gember helpt worminfecties te verminderen.⁴⁴
- › Bestanddelen uit knoflook hebben een breed spectrum activiteit tegen parasieten, waaronder *Giardia*.⁴⁵



Figuur 11. Gember

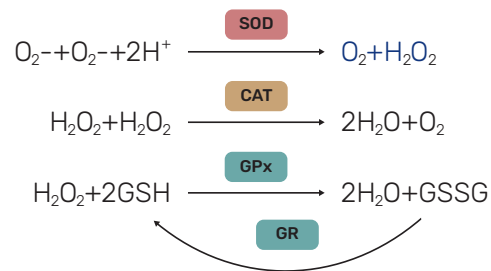
2. Immuunsysteem ondersteunen

70-75% van alle immuuncellen bevinden zich in en rond de darm. Bij activatie van het immuunsysteem door een pathogene infectie, verbruikt het immuunsysteem veel vitamines en mineralen. Deze nutriënten zorgen voor het functioneren van de immuuncellen en dragen bij aan de antioxidatieve bescherming van het lichaam en immuuncellen.

- > Vitamine A, D, C, E, selenium en zink spelen een rol in het (mucosale) immuunsysteem en ondersteunen de darmintegriteit.^{46, 47, 48}
- > Meervoudig onverzadigde vetzuren (EPA, DHA) zijn onderdeel van celmembranen, fungeren als energiebron, spelen een belangrijke rol in het immuunsysteem en verbeteren de darmpermeabiliteit.^{48, 49}
- > Bèta glucaan, onder andere uit paddenstoelen, sommige granen (haver en gerst), algen en zeewier is betrokken bij het functioneren van immuuncellen en hebben een gunstig effect op de barrièrefunctie van de darm.^{47, 50}

Naast vitaminen, mineralen en vetzuren hebben ook fytotherapeutica een immuun-modulerend effect wat een beschermend effect heeft op de darmwand.

- > Paddenstoelen hebben immuun-modulerende eigenschappen en ondersteunen de werking van onder andere lymfocyten, macrofagen, T-cellen, dendritische cellen en Natural Killer cellen (NK cellen).^{51, 52}
- > Gember remt NF-kB waardoor minder TNF- α wordt geactiveerd en de expressie van COX-2 wordt geremd. Dit blokkeert de aanmaak van ontstekingsbevorderende cytokines⁵³ Remming van NF-kB vermindert ook de productie van de oxidatieve stof stikstofoxide (NO).⁵⁴
- > Knoflook heeft zowel antioxidatieve als anti-inflammatoire effecten en moduleert hiermee de immuunreactie. Knoflook activeert de antioxidant enzymen glutathion peroxidase (GPx), catalase (CAT) en superoxide dismutase (SOD)⁵⁵ en vermindert TNF- α en CRP en heeft hiermee een ontstekingsremmend effect.⁵⁶



Figuur 12. Omzetting van het zuurstofradicaal superoxide (O_2^-) naar water (H_2O) en Glutathion disulfide (GSSG), onder invloed van de antioxidant enzymen superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) en glutathion peroxidase (GPx). Glutathion reductase (GR) zorgt voor de omzetting van glutathion disulfide naar glutathion (GSH).

- > Propolis heeft anti-inflammatoire effecten via modulatie van NF-kB en remming van prostaglandine E2 en stikstofoxide (NO).¹⁶
- > Pau d'arco heeft een anti-inflammatoir effect door het remmen van de productie van prostaglandine E2 en stikstofoxide (NO), via blokkade van de mRNA expressie van COX-2 en NO synthase enzymen. Daarnaast vermindert Pau d'arco macrofaag-gestuurde ontstekingsprocessen.⁵⁷
- > Eucalyptus en tijm hebben een anti-inflammatoire activiteit door de productie van NO-radicalen te remmen.⁵⁸

3. Darmwand herstellen

Bij een gezonde darmwand liggen de epitheelcellen aaneengesloten en zijn verbonden middels Tight Junctions. Door deze constructie is de darmwand slechts beperkt doorlaatbaar (permeabel) om nutriënten en bioactieve stoffen op te nemen in de bloedbaan. Indien door een pathogene infectie het microbioom verstoord is en de darmwand beschadigd, kunnen prebiotica, probiotica en L-glutamine helpen bij het herstel.

- › Prebiotica zijn fermenteerbare vezels die door het microbioom worden omgezet naar korte-keten vetzuren en andere metabolieten. Deze metabolieten dragen bij aan het behoud, verbetering en bescherming van de intestinale barrière.⁴⁸
- › Probiotica ondersteunen het microbioom en helpen tight junctions te herstellen.^{59, 60}
- › L-glutamine is de belangrijkste energiebron van zowel enterocyten (darmcellen)⁶¹ als lymfocyten (bepaalde typen immuuncellen).⁴⁶ Bij een tekort aan L-glutamine door activatie van het immuunsysteem neemt de permeabiliteit van de darm toe⁴⁶ en werken immuuncellen minder effectief.⁶²

Interactieschema

Nutriënt	Interacties en contra-indicaties
Enzymen	
Amylase	Geen interacties bekend.
Bromelaïne	Bij het gebruik van bloedverdunners en/of antibiotica is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Papaïne	Geen interacties bekend.
Paddenstoelen	
Agaricus	Bij het gebruik van immuun-onderdrukkers is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts. Bij het gebruik van bloedglucoseverlagende middelen is het raadzaam om bloedsuikerwaarden te controleren. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Chaga	Bij het gebruik van bloedverdunners en/of immuun-onderdrukkers is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts. Bij het gebruik van bloedglucoseverlagende middelen is het raadzaam om bloedsuikerwaarden te controleren. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Vetzuren	
Caprylzuur	Gebruik bij colitis, gastritis of maag- en/of darmzweren wordt afgeraden. Bij het gebruik van bloedverdunners en/of bloeddrukverlagers is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Omega-3 vetzuren (EPA, DHA)	Bij het gebruik van hoge doseringen omega-3 vetzuren (meer dan 5 gram) in combinatie met bloedverdunners is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts.
Omega-6 vetzuren (GLA, LA)	Bij het gebruik van bloedverdunners en/of antipsychotica is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts.
Kruiden	
Citroengras	Bij het gebruik van medicijnen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Cranberry	Bij het gebruik van bloedverdunners is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts.
Curcuma longa	Niet gebruiken bij galwegstoornissen. Bij het gelijktijdig gebruik van medicijnen is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Gember	Bij het gebruik van hoge doseringen gember in combinatie met bloedverdunners is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Geranium	Geen interacties bekend. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Kaneel	Bij het gebruik van medicijnen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Knoflook	Bij het gebruik van medicijnen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Kokos	Geen interacties bekend. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.

Interactieschema

Nutriënt	Interacties en contra-indicaties
Kruiden	
Komijn	Bij het gebruik van bloedverdunners en/of bloedglucoseverlagende middelen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Kruidnagel	Bij het gebruik van bloedverdunners is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Laurier	Bij het gebruik van bloedglucoseverlagende middelen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren. Bij het gebruik hoge doseringen laurier in combinatie met narcotica (verdovingsmiddelen) en/of middelen die het centraal zenuwstelsel onderdrukken is het raadzaam te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Munt	Geen interacties bekend. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Nootmuskaat	Bij het gebruik van medicijnen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Olijfblad	Bij het gebruik van medicijnen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Oregano	Bij het gebruik van bloedverdunners is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Pau d'arco	Bij het gebruik van bloedverdunners is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Propolis	Geen interacties bekend. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Rozemarijn	Geen interacties bekend. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Salie	Bij gebruik van anti-epileptica is het raadzaam om te overleggen met de behandelend arts. Bij het gebruik van bloedglucoseverlagende middelen en/of bij middelen die het centraal zenuwstelsel onderdrukken is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Sinaasappel	Sinaasappel kan de opname van diverse medicijnen beïnvloeden. Bij gebruik van medicijnen is het raadzaam de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Tea tree	Geen interacties bekend. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Tijm	Bij het gebruik van bloedverdunners is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Zwarte komijn	Bij het gebruik van medicijnen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.
Zwarte peper	Bij het gebruik van medicijnen is het raadzaam om de effecten van medicijnen te monitoren en/of te overleggen met de behandelend arts. Gebruik tijdens de zwangerschap of de borstvoeding wordt afgeraden.

Referenties

1. Keizer Kliniek. Hoe lang duurt een darminfectie? 2019. URL: <https://www.keizerkliniek.nl/keizer-pub/darminfectie-hoe-lang-duurt-dat/>. Geraadpleegd op 03-08-2021
2. Lobionda et al. (2019). The Role of Gut Microbiota in Intestinal Inflammation with Respect to Diet and Extrinsic Stressors. *Microorganisms*, 7(8), 271
3. Devi et al. (2015). Kaempferol and inflammation: From chemistry to medicine. *Pharmacological research*, 99, 1–10
4. Shahzad et al. (2020). The Antiviral, Anti-Inflammatory Effects of Natural Medicinal Herbs and Mushrooms and SARS-CoV-2 Infection. *Nutrients*, 12(9), 2573
5. Kumar et al. (2013). Zingerone inhibit biofilm formation and improve antibiofilm efficacy of ciprofloxacin against *Pseudomonas aeruginosa* PA01. *Fitoterapia*, 90, 73–78
6. Jang et al. (2020). Inhibition of Bacterial Biofilm Formation by Phytotherapeutics with Focus on Overcoming Antimicrobial Resistance. *Current pharmaceutical design*, 26(24), 2807–2816.
7. Watters et al. (2016). Enzymatic degradation of in vitro *Staphylococcus aureus* biofilms supplemented with human plasma. *Infection and drug resistance*, 9, 71–78
8. Longhi et al. (2008). Protease treatment affects both invasion ability and biofilm formation in *Listeria monocytogenes*. *Microbial pathogenesis*, 45(1), 45–52.
9. Balandaykin et al. (2015). Review on Chaga Medicinal Mushroom, *Inonotus obliquus* (Higher Basidiomycetes): Realm of Medicinal Applications and Approaches on Estimating its Resource Potential. *International journal of medicinal mushrooms*, 17(2), 95–104
10. Stojković et al. (2014). Cultivated strains of *Agaricus bisporus* and *A. brasiliensis*: chemical characterization and evaluation of antioxidant and antimicrobial properties for the final healthy product--natural preservatives in yoghurt. *Food & function*, 5(7), 1602–1612
11. Ultee et al. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and environmental microbiology*, 65(10), 4606–4610
12. Ultee et al. (1998). Bactericidal activity of carvacrol towards the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Journal of applied microbiology*, 85(2), 211–218
13. Irkin et al. (2009). Growth inhibition of pathogenic bacteria and some yeasts by selected essential oils and survival of *L. monocytogenes* and *C. albicans* in apple-carrot juice. *Foodborne pathogens and disease*, 6(3), 387–394
14. Burt et al. (2003). Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in applied microbiology*, 36(3), 162–167
15. Elgayyar et al. (2001). Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms. *Journal of food protection*, 64(7), 1019–1024
16. Przybytek, I., & Karpiński, T. M. (2019). Antibacterial Properties of Propolis. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(11), 2047
17. El-Sayed et al. (2020). Olive Leaf Extract Modulates Quorum Sensing Genes and Biofilm Formation in Multi-Drug Resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 9(9), 526
18. Liu et al. (2017). Assessment of the Antimicrobial Activity of Olive Leaf Extract Against Foodborne Bacterial Pathogens. *Frontiers in microbiology*, 8, 113
19. Park et al. (2005). Selective growth-inhibiting effects of compounds identified in *Tabebuia impetiginosa* inner bark on human intestinal bacteria. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(4), 1152–1157
20. Park et al. (2006). Antibacterial activity of *Tabebuia impetiginosa* Martius ex DC (Taheebo) against *Helicobacter pylori*. *Journal of ethnopharmacology*, 105(1–2), 255–262.
21. Hussain et al. (2007). Lapachol: an overview. *Arkivok* (ii):145–71
22. Yakoob et al. (2017). *Helicobacter pylori* outer membrane protein Q genotypes and their susceptibility to anti-adhesive phytotherapeutic agents. *Journal of integrative medicine*, 15(5), 398–406
23. Hotchkiss et al. (2015). Cranberry Xyloglucan Structure and Inhibition of *Escherichia coli* Adhesion to Epithelial Cells. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(23), 5622–5633
24. Sasaki et al. (1999). Antibacterial activity of garlic powder against *Escherichia coli* O-157. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 45(6), 785–790.
25. Feldberg et al. (1988). In vitro mechanism of inhibition of bacterial cell growth by allicin. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 32(12), 1763–1768
26. Ghannoum. (1988). Studies on the anticandidal mode of action of *Allium sativum* (garlic). *Journal of general microbiology*, 134(11), 2917–2924
27. Forouzanfar et al. (2014). Black cumin (*Nigella sativa*) and its constituent (thymoquinone): a review on antimicrobial effects. *Iranian journal of basic medical sciences*, 17(12), 929–938.
28. Hammer et al. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of applied microbiology*, 86(6), 985–990
29. Dorman et al. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*, 88(2), 308–316
30. Horrobin. (1990). Post-viral fatigue syndrome, viral infections in atopic eczema, and essential fatty acids. *Medical hypotheses*, 32(3), 211–217
31. Lindequist et al. (2005). The pharmacological potential of mushrooms. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2(3), 285–299
32. Rouf et al. (2020). Antiviral potential of garlic (*Allium sativum*) and its organosulfur compounds: A systematic update of pre-clinical and clinical data. *Trends in food science & technology*, 104, 219–234
33. Roviello et al. (2020). Lower COVID-19 mortality in Italian forested areas suggests immunoprotection by Mediterranean plants. *Environmental chemistry letters*, 1–12. Advance online publication
34. Khodavandi et al. (2011). Comparison between allicin and fluconazole in *Candida albicans* biofilm inhibition and in suppression of HWP1 gene expression. *Phytomedicine : international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 19(1), 56–63
35. Jadhav et al. (2017). The Dietary Food Components Capric Acid and Caprylic Acid Inhibit Virulence Factors in *Candida albicans* Through Multitargeting. *Journal of medicinal food*, 20(11), 1083–1090.

Referenties

36. Khodavandi et al. (2011). Expression analysis of SIR2 and SAPs1-4 gene expression in *Candida albicans* treated with allicin compared to fluconazole. *Tropical biomedicine*, 28(3), 589–598
37. Tampieri et al. (2005). The inhibition of *Candida albicans* by selected essential oils and their major components. *Mycopathologia*, 159(3), 339–345
38. Manohar et al. (2001). Antifungal activities of oregano oil against *Candida albicans*. *Molecular and cellular biochemistry*, 228(1-2), 111–117
39. Salazar et al. (2020). An Overview on Conventional and Non-Conventional Therapeutic Approaches for the Treatment of Candidiasis and Underlying Resistance Mechanisms in Clinical Strains. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 6(1), 23
40. Tantaoui-Elaraki et al. (1994). Inhibition of growth and aflatoxin production in *Aspergillus parasiticus* by essential oils of selected plant materials. *Journal of environmental pathology, toxicology and oncology : official organ of the International Society for Environmental Toxicology and Cancer*, 13(1), 67–72
41. Ayaz et al. (2007). The effect of *Nigella sativa* oil against *Aspiculuris tetraptera* and *Hymenolepis nana* in naturally infected mice. *Saudi medical journal*, 28(11), 1654–1657
42. Akhtar et al. (1991). Field trial of *Saussurea lappa* roots against nematodes and *Nigella sativa* seeds against cestodes in children. *JPM. The Journal of the Pakistan Medical Association*, 41(8), 185–187
43. El Wakil. (2007). Evaluation of the in vitro effect of *Nigella sativa* aqueous extract on *Blastocystis hominis* isolates. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 37(3), 801–813
44. Iqbal et al. (2006). In vivo anthelmintic activity of ginger against gastrointestinal nematodes of sheep. *Journal of ethnopharmacology*, 106(2), 285–287
45. Anthony et al. (2005). Plant active components – a resource for antiparasitic agents?. *Trends in parasitology*, 21(10), 462–468
46. Farré et al. (2020). Intestinal Permeability, Inflammation and the Role of Nutrients. *Nutrients*, 12(4), 1185
47. Hachimura et al. (2018). Immunomodulation by food: impact on gut immunity and immune cell function. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 82(4), 584–599
48. Suzuki (2020). Regulation of the intestinal barrier by nutrients: The role of tight junctions. *Animal science journal*, 91(1), e13357
49. Usami et al. (2003). Effect of gamma-linolenic acid or docosahexaenoic acid on tight junction permeability in intestinal monolayer cells and their mechanism by protein kinase C activation and/or eicosanoid formation. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 19(2), 150–156
50. Ganda Mall et al. (2017). A β -Glucan-Based Dietary Fiber Reduces Mast Cell-Induced Hyperpermeability in Ileum From Patients With Crohn's Disease and Control Subjects. *Inflammatory bowel diseases*, 24(1), 166–178
51. Hetland et al. (2008). Effects of the medicinal mushroom *Agaricus blazei* Murill on immunity, infection and cancer. *Scandinavian journal of immunology*, 68(4), 363–370
52. Guggenheim et al. (2014). Immune Modulation From Five Major Mushrooms: Application to Integrative Oncology. *Integrative medicine (Encinitas, Calif.)*, 13(1), 32–44
53. Frondoza et al. (2004). An in vitro screening assay for inhibitors of proinflammatory mediators in herbal extracts using human synovial cell cultures. *In vitro cellular & developmental biology. Animal*, 40(3-4), 95–101
54. Aktan et al. (2006). Gingerol metabolite and a synthetic analogue Capsarol inhibit macrophage NF-kappaB-mediated iNOS gene expression and enzyme activity. *Planta medica*, 72(8), 727–734.
55. Helen et al. (2003). A comparative study of antioxidants S-allyl cysteine sulfoxide and vitamin E on the damages induced by nicotine in rats. *Pharmacology*, 67(3), 113–117
56. Koushki et al. (2021). Effect of garlic intake on inflammatory mediators: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Postgraduate medical journal*, 97(1145), 156–163.
57. Byeon et al. (2008). In vitro and in vivo anti-inflammatory effects of taheebo, a water extract from the inner bark of *Tabebuia avellanedae*. *Journal of ethnopharmacology*, 119(1), 145–152
58. Vigo et al. (2004). In-vitro anti-inflammatory effect of *Eucalyptus globulus* and *Thymus vulgaris*: nitric oxide inhibition in J774A.1 murine macrophages. *The Journal of pharmacy and pharmacology*, 56(2), 257–263
59. Kelly et al. (2015). Breaking down the barriers: the gut microbiome, intestinal permeability and stress-related psychiatric disorders. *Frontiers in cellular neuroscience*, 9, 392
60. Ait-Belgnaoui et al. (2014). Probiotic gut effect prevents the chronic psychological stress-induced brain activity abnormality in mice. *Neurogastroenterology and motility : the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society*, 26(4), 510–520
61. Rapin et al. (2010). Possible links between intestinal permeability and food processing: A potential therapeutic niche for glutamine. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 65(6), 635–643.
62. Brennan. Glutamine: Health Benefits, Safety Information, Dosage, and More. WebMD, WebMD, 17 Nov. 2020, URL: www.webmd.com/diet/health-benefits-glutamine#1. Geraadpleegd op 18-05-2021