

Natuurlijke toxinen in voedingsmiddelen: Fytotoxinen

*door drs. C. Schlax
freelance journaliste*

1.	Inleiding	183- 3
2.	Fytotoxinen	183- 3
2.1.	Glyco-alkaloïden	183- 4
2.2.	Agaritine	183- 5
2.3.	Antinutritieele factoren	183- 6
2.3.1.	Enzyminhibitoren, lectinen en tanninen	183- 6
2.3.2.	Goitrogenen	183- 7
2.3.3.	Fytaat	183- 8
2.3.4.	Oxalaat	183- 9
3.	Controle en wetgeving	183- 9
4.	Literatuur	183-10

1 Chemische Feitelikheden is een uitgave van Ten Hagen & Stam bv in samenwerking met de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging.

1. Inleiding

Verontreinigingen in voedingsmiddelen halen met enige regelmaat het nieuws, zoals bijvoorbeeld in 1999 het vlees dat dioxinen bevatte. Zoals al in Chemische Feitelijkheid 165 gezegd, hoeven verontreinigingen in voedingsmiddelen echter niet noodzakelijkerwijze afkomstig te zijn van synthetische stoffen. Veel gifstoffen in voedingsmiddelen komen van nature voor in bijvoorbeeld planten, of worden geproduceerd door micro-organismen. Deze natuurlijke toxinen worden vaak op basis van herkomst ingedeeld in categorieën. Op die manier kan onderscheid worden gemaakt tussen mycotoxinen (zie Chemische Feitelijkheid 165), die door schimmels worden geproduceerd, fycotoxinen, die geproduceerd worden door algen en fytotoxinen, die van nature voorkomen in planten. Deze Chemische Feitelijkheid behandelt deze laatste categorie.

2. Fytotoxinen

Fytotoxinen zijn van nature in planten voorkomende verbindingen. Fytotoxinen zijn toxisch en/of beïnvloeden de biologische beschikbaarheid van voedingsstoffen in ongunstige zin. Deze laatste categorie wordt doorgaans aangeduid met de term „antinutritionele factoren”.

Sommige fytotoxinen worden door de plant gebruikt als afweermiddel tegen bacteriën, schimmels, insecten en andere bedreigingen, maar niet altijd is de functie duidelijk.

Van veel planten is reeds lang bekend dat zij giftige stoffen bevatten (paddestoelen, bessen en bepaalde aardappelsoorten). Er wordt echter beweerd dat acute vergiftigingen door fytotoxinen vaak niet opgemerkt worden omdat de symptomen nogal aspecifiek zijn en tot een diagnose van microbiologische voedselvergiftiging kunnen leiden.

Er is echter weinig bekend over het voorkomen van fytotoxinen in voedingsmiddelen in Nederland en de betekenis ervan voor de volksgezondheid. In het kader van nieuwe voedingsmiddelentechnologie, nieuwe teelt- en selectiemethoden en het gebruik van moderne biotechnologie voor het telen van planten, wordt deze kennis

van steeds groter belang. Deze relatief nieuwe ontwikkelingen zouden tot verhoogde concentraties van bekende fytotoxinen en de aanwezigheid van nieuwe fytotoxinen in eetbare planten(producten) kunnen leiden, hetgeen gezondheidsklachten bij de consument kan veroorzaken.

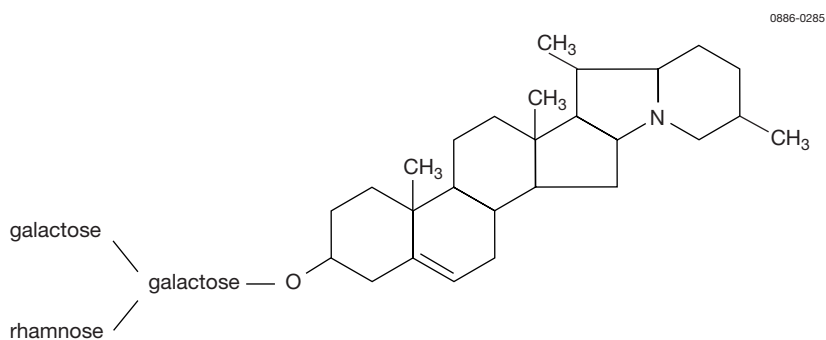
De fytotoxinen die tegenwoordig het meest in de belangstelling staan zijn de glyco-alkaloïden, de hydrazinen en de antinutritionele factoren.

2.1. Glyco-alkaloïden

Glyco-alkaloïden zijn opgebouwd uit een steroidalkaloïde met daaraan gebonden één of meer monosacchariden (glucose, galactose, rhamnose, xylose). Zij komen voor in een aantal soorten van de Nachtschadefamilie (*Solanaceae*), zoals aardappel, tomaat, aubergine en paprika. Het meeste onderzoek naar glyco-alkaloïden is gericht aan de aardappel, omdat deze met name in de westerse wereld een belangrijk onderdeel van het voedselpakket is. Ook zijn er relatief veel gevallen bekend waarbij mensen ernstig ziek zijn geworden ten gevolge van het consumeren van aardappelen met een te hoog gehalte aan glyco-alkaloïden. De belangrijkste alkaloïden in de aardappel zijn α -solanine en α -chaconine. Diverse stressfactoren (zoals ziekte, licht, mechanische beschadiging en verkeerde opslag) en de vorming van uitlopers kunnen tot snelle vorming van het toxine leiden. Rassenveredeling kan het glyco-alkaloïdegehalte beïnvloeden. Het inkruisen van wilde soorten (onder andere om de ziekteresistentie te verbeteren) kan leiden tot ongewenst hoge gehalten aan glyco-alkaloïden. Daarom is een zorgvuldige selectie van nieuwe aardappelrassen uiterst belangrijk. Het meest bekende glyco-alkaloïd in de tomaat is tomatine.

Glyco-alkaloïden zijn zeer hittebestendig, zij worden niet afgebroken tijdens koken, stomen, bakken of frituren van het voedsel. Bovendien zijn deze toxinen slecht oplosbaar in water, waardoor maar een gering deel met het kookwater wordt afgevoerd. Bij (te) hoge gehalten aan glyco-alkaloïden kan een bittere smaak worden waargenomen.

Verschuiven van acute toxiciteit worden bij de mens al waargenomen vanaf een belasting van 2-5 mg/kg lichaamsgewicht. De

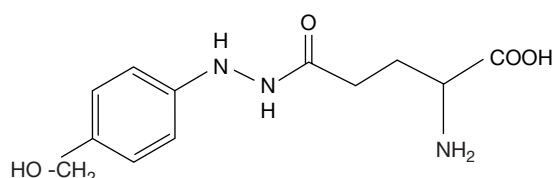


Figuur 1. α -solanine.

symptomen zijn vooral stoornissen van het maag-darmkanaal en worden vaak als microbiologische voedselvergiftigingen gediagnosticeerd. Over de mogelijke effecten van langdurige inname van lage concentraties glyco-alkaloïden is vrijwel niets bekend. Er is derhalve nooit een „no adverse effect level” (de concentratie waarbij geen nadelige effecten optreden) of een „tolerable daily intake” (TDI, de aanvaardbare dagelijkse inname) van het toxine vastgesteld. Het gehalte aan glyco-alkaloïden in de meeste Nederlandse consumptieaardappelen ligt tussen de 20-80 mg/kg.

2.2. Agaritine

De paddestoeltoxinen worden meestal als fytotoxinen beschouwd en niet als mycotoxinen. Een van de meer bekende paddestoeltoxinen is agaritine, een fenyldiazine dat van nature in de voor consumptie gekweekte champignon (*Agaricus bisporus*) voorkomt. De concentraties in Nederlandse champignons variëren van circa 200-800 mg/kg. Er is veel onduidelijkheid over de effecten van hydrazinen op de gezondheid. Er zijn onderzoeken die uitwijzen dat consumptie van rauwe champignons door muizen tot tumorvorming leidt, terwijl ander onderzoek er op wijst dat bepaalde afbraakproducten van agaritine mutageen zijn, dat wil zeggen wijzigingen in het erfelijke materiaal aanbrengen.



Figuur 2. Agaritine.

2.3. Antinutritionele factoren

Antinutritionele factoren (ANF) zijn stoffen die de stofwisseling of gezondheid van mens en dier zodanig kunnen beïnvloeden dat de groei achterblijft en de biologische beschikbaarheid van voedingsstoffen vermindert. Sommige ANF kunnen bij inname van hoge concentraties ook acute toxiciteit veroorzaken, maar de zorg betreft vooral de effecten van langdurige consumptie van kleine hoeveelheden ANF.

Tot de ANF behoren onder meer enzyminhibitoren, lectinen en tanninen, en mineralenbindende agentia, zoals goitrogenen, fytaat en oxalaat.

2.3.1. Enzyminhibitoren, lectinen en tanninen

Enzyminhibitoren zijn eiwitachtige stoffen die de activiteit van enzymen kunnen remmen. Ze komen voor in bonen, vooral soja en *Phaseolus* (een soort sperzieboon); in granen, vooral rogge en *Triticale* (kruising tussen rogge en tarwe), en in sommige zaden als zonnepit en katoenzaad. Bekende voorbeelden zijn remmers van trypsine, chymotrypsine en amylase. Zo veroorzaken trypsine-inhibitoren bij slechte verhitting eiwitonverteerbaarheid bij mens en dier en kunnen zo leiden tot verminderde groei en een vergroting van de alveesklier. Op dit moment zijn er nog te weinig onderzoeksgegevens beschikbaar om een goed onderbouwde risicoanalyse te maken.

Lectinen of haemagglutinenen zijn eiwitten die in bonen voorkomen, vooral in soja, *Phaseolus* en erwten. Ze kunnen rode bloedcellen doen samenklonteren en door een binding aan de darmwand de absorptie van voedingsstoffen ongunstig beïnvloeden. Dit laatste effect leidt tot groeivertraging. Veel lectinen zijn niet bestand tegen hitte en daarom voorkomt voldoende verwarming van producten

waarin deze stoffen aanwezig zijn, dat toxische effecten optreden. Ook het vooraf in de week zetten (en het weekwater weggooien) draagt bij tot de eliminatie van lectinen.

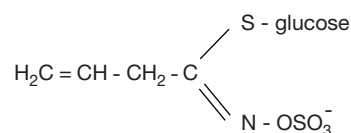
Tanninen (looizuur) zijn polyfenolen die vermoedelijk verantwoordelijk zijn voor groeivermindering bij dieren, door complexvorming met eiwitten en remming van verteringsenzymen. Ze worden vooral aangetroffen in sorghum, in *Vicia faba*-bonen, in erwten en in sommige zaden als zonnepitten en pinda's. Meer dan de helft van het effect van de hittebestendige groeiremmers, die verantwoordelijk zijn voor de slechte benutting van *Vicia faba*-bonen, wordt toegeschreven aan de aanwezigheid van tanninen die primair in de zaadhuid van de boon zijn gelokaliseerd.

2.3.2. Goitrogenen

Goitrogenen zijn stoffen die een schadelijke werking op de schildklier hebben, zoals vergroting en atrofie (achteruitgang in structuur en werking). Tot deze groep behoren de glucosinolaten, de cyanogenen en een in soja voorkomende factor. De cyanogeen-bevattende voedingsmiddelen worden in Nederland weinig geconsumeerd (bijvoorbeeld cassave) en het goitrogene effect van sojabonen (en afgeleide producten) kan door verhitting en door het toedienen van jodium (gedeeltelijk) worden tegengegaan. Om die reden worden hier alleen de glucosinolaten (GSL) behandeld.

GSL zijn organische zwavelverbindingen die voornamelijk zijn opgebouwd uit een aglucon met een thiocynaatgroep, glucose, een sulfaatgroep en een restgroep (zie fig. 3). Er zijn meer dan honderd GSL in de literatuur beschreven. GSL komen met name voor in de familie van de kruisbloemigen (bijvoorbeeld spruitjes, bloemkool, savooiekool, rode kool, koolraap en radijs). De GSL verlenen deze gewassen onder meer de karakteristieke smaak en geur. Er is een grote natuurlijke variatie die onder andere afhankelijk is van het type gewas, het ras, de teeltwijze (inclusief bemesting) en het grondtype.

Onder invloed van het enzym myrosinase, dat eveneens in de plant aanwezig is, doch pas na beschadiging van het plantenweefsel werkzaam is, worden de GSL afgebroken tot vier splitsingsproducten, namelijk isothiocyanaaten, thiocyanaaten, nitrillen en oxazolidinethi-



Figuur 3. Sinigrine.

onen. GSL en/of hun splitsingsproducten spelen mogelijk een rol bij de afweer van de plant tegen pathogenen. Tijdens het koken wordt de activiteit met 25 à 35% gereduceerd.

GSL en hun splitsingsproducten hebben verschillende negatieve en positieve effecten op de gezondheid. Het meest bekende effect is de remming van de schildklierfunctie. De werking van isothiocyaten, thiocyaten en nitrillen berust op competitie met jodium, terwijl oxazolidinethionen onafhankelijk van jodium de synthese van schildklierhormonen zouden beïnvloeden. Daarnaast is beschadiging van lever, nieren en pancreas door bepaalde splitsingsproducten waargenomen. In tegenstelling tot deze ongewenste eigenschappen is er het positieve effect van onder meer indolverbindingen, afkomstig van sommige GSL, op detoxificatieprocessen, waardoor deze stoffen een anticarcinogene werking kunnen uitoefenen.

Het is niet duidelijk wat de gezondheidkundige betekenis is van de inname van glucosinolaten via groente, die in Nederland circa 5 g GSL per persoon per jaar bedraagt. De mogelijkheid bestaat dat de consumptie van koolsoorten bijdraagt aan het ontstaan van krop (al dan niet in combinatie met een jodiumdeficiënte voeding). Gezien de anticarcinogene werking van een aantal splitsingsproducten zou nader onderzoek hiernaar wenselijk zijn.

2.3.3. Fytaat

Fytaat is een cyclische verbinding die vaak in plantenweefsel voorkomt. Het vormt met di- en trivalente metaalionen zoals calcium, magnesium, zink, koper en ijzer onoplosbare complexen die niet direct uit het spijsverteringskanaal kunnen worden opgenomen. Daardoor kan de beschikbaarheid aan mineralen verminderen. De verminderde beschikbaarheid van deze essentiële mineralen kan leiden tot een relatief hogere opname van andere mineralen die doorgaans in grotere hoeveelheden als toxisch worden beschouwd. Dit kan on-

der andere belangrijk zijn bij zuigelingenvoeding op basis van soja-eiwit. Het vervangen van dierlijke eiwitten door plantaardige (bijvoorbeeld soja, dat weinig zink en veel fytaat bevat), vergroot de kans op zinkdeficiëntie. Dit verschijnsel komt in delen van het Midden-Oosten veel voor en wordt daar in verband gebracht met de fytaatinneming. Diverse factoren zijn van invloed op de effecten van fytaat, zoals de interactie met mineralen, individuele variaties in hoeveelheden van het enzym fytase (enzym dat fytaat afbreekt) en de wijze van voedselbereiding. Het in de week zetten van bonen, koken en autoclaveren leidt tot een gedeeltelijke inactivering van fytaat.

2.3.4. Oxalaat

Bepaalde planten, zoals rabarber en spinazie, bevatten relatief hoge gehalten aan oxalaat. Het feit dat oxalaat met calcium een onoplosbaar complex kan vormen, heeft tot de gedachte geleid dat consumptie van dergelijke planten zou kunnen interfereren met de calciumstofwisseling. Uit onderzoek blijkt echter dat er weinig risico verbonden is aan het consumeren van oxalaat bevattende planten. De mens is namelijk in staat om zeer efficiënt om te gaan met kleine hoeveelheden calcium in het voedsel, zodat chronische effecten uitsluitend optreden wanneer lange tijd zeer grote hoeveelheden oxalaat, in combinatie met kleine hoeveelheden calcium en vitamine D, worden opgenomen.

Er zijn ziektegevallen gerapporteerd (sommige zelfs met dodelijke afloop) na consumptie van grote hoeveelheden rabarber. Verondersteld wordt echter dat daarvoor de eveneens in rabarber voorkomende antraquinon-glycosiden in grotere mate verantwoordelijk zijn dan oxalaat.

3. Controle en wetgeving

In vergelijking met andere natuurlijke toxinen, zoals de myco- en fycotoxinen, is de controle op fytotoxinen beperkt. Ook zijn er vrij weinig erkende analysemethoden voor controle. Een van de redenen hiervoor is dat er maar weinig landen zijn die een wetgeving kennen

voor fytotoxinen, er is derhalve weinig wettelijke druk om die methoden te ontwikkelen.

Een uitzondering vormen de Scandinavische landen die via de Nordic Working Group on Food Toxicology and Risk Assessment een veilig niveau voor glyco-alkaloïden (solanine/chaconine) in aardappelen vastgesteld hebben. De waarde is 100 mg/kg voor nieuwe aardappelrassen en 200 mg/kg voor rassen die reeds verkocht worden. Ook het JECFA (Joint Expert Committee on Food Additives) heeft de veiligheid van aardappel glyco-alkaloïden geëvalueerd en kwam tot de conclusie dat er te weinig gegevens beschikbaar zijn om een veilig innameniveau te bepalen. Er bestaan echter nergens regels die het daarvoor benodigde onderzoek eisen. Normaal gesproken is de producent verantwoordelijk voor het verstrekken van toxicologische gegevens, maar in het geval van natuurlijke plantentoxinen is de vraag wie verantwoordelijk is voor deze gegevens lastig te beantwoorden.

4. Literatuur

- H.P. van Egmond, G.J.A. Speijers, R.B.M. Wouters, Van nature voorkomende vergiften in voedingsmiddelen, *Voeding*, juni 1990, nr. 6.
- C.A. van der Heijden (editor), *International Food Safety Handbook*, WHO-publicatie (in druk).