

# VOEDSELVEILIGHEID - CONTAMINANTEN



Ir. Corné van Dooren, kennisspecialist duurzaam eten, Voedingscentrum

## 1. Inleiding

Naast microbiële stoffen die onbedoeld in eten voorkomen, zijn er zogenaamde contaminanten. Dit zijn vervuilende stoffen in voedsel. Ze kunnen van nature in bepaalde producten aanwezig zijn, zoals lectinen in rauwe peulvruchten. Of er bijvoorbeeld door milieuverontreiniging in zijn gekomen. Voor stoffen die bewezen schadelijk zijn, gelden strenge eisen. Er zijn bijvoorbeeld limieten voor zware metalen, dioxines en polychloorbifenylen (PCB's). Daarnaast kunnen ook bij het (industriële) bereiden van voedsel schadelijke stoffen ontstaan, zoals acrylamide in friet en chips.

In dit document komen de belangrijkste stoffen aan bod. Allereerst, in paragraaf 2 gewasbeschermingsmiddelen, vervolgens in paragraaf 3. procescontaminanten, zoals acrylamide. En ten slotte in paragraaf 4. milieuverontreiniging; denk aan dioxines en PCB's.

Dit document gaat dus over de risico's van deze stoffen, maar vooral ook over de minimale aanwezigheid van gevaren in onze huidige voeding. Het is goed om daarbij, als toekomstig professional in de levensmiddelenindustrie, ook na te denken over het verschil in perceptie tussen consumenten en wetenschappers. Niet elke contaminant levert een gevaar op voor de volksgezondheid. Een bekend toxicologisch principe is: alles is giftig, als je er een te hoge dosis van binnen krijgt. Voor levensmiddelen gelden strenge regels voor de mate waarin bepaalde stoffen erin voor mogen komen. Denk aan resten van bestrijdingsmiddelen, zware metalen of dioxines. Naast wet- en regelgeving, gebeurt er ook veel op het gebied van zelfregulering. Op Europees retailerniveau is er bijvoorbeeld het initiatief Global Good Agricultural Practice (GlobalGAP), wat moet leiden tot een verhoging van de kwaliteit van levensmiddelen voornamelijk op het gebied van voedselveiligheid en milieubelasting tijdens de productie. Voordat de belangrijkste contaminanten besproken worden, lees je in het interview met hoogleraar toxicologie Ivonne Rietjens over de vooroordelen over synthetisch versus natuurlijk.

# 'RISK-BENEFIT ASSESSMENTS HELPEN BIJ HET OPSTELLEN VAN REGELS'

'Natuurlijk' is niet per se gezonder dan synthetisch. Alle stoffen kunnen in een te hoge dosis schadelijk zijn en supplementen met botanische ingrediënten zijn soms sowieso al ongezond. Ivonne Rietjens, hoogleraar Toxicologie aan Wageningen Universiteit, pleit daarom voor extra regelgeving en goede risk-benefit assessments.

'Bevat alleen natuurlijke vruchtensuikers'. 'Zonder kunstmatige kleurstoffen'. 'Met natuurlijke kruidenextracten'. Producten met alleen natuurlijke ingrediënten zijn in, want mensen denken dat zulke producten gezond zijn. Fabrikanten van voedingsmiddelen en -supplementen spelen daar met productontwikkeling en een clean label policy handig op in. De bijbehorende vaak suggestieve gezondheidsclaims zijn in veel gevallen niet wetenschappelijk onderbouwd.

'Natuurlijk' is niet per se gezonder dan kunstmatig, benadrukt Ivonne Rietjens, hoogleraar Toxicologie aan Wageningen Universiteit. 'Vitamine C uit natuurlijke bronnen bijvoorbeeld heeft precies dezelfde chemische structuur als zijn synthetische variant. En voedingsmiddelen kunnen zowel natuurlijke als niet-natuurlijke gifstoffen bevatten. Aan de ene kant heb je toxines geproduceerd door planten of schimmels, aan de andere kant zijn er chemische gifstoffen zoals dioxines en PCB's', legt zij uit.

## Vermijdbaar?

De toxicologe spreekt liever van vermijdbare versus niet-vermijdbare toxines. 'Voor vermijdbare gifstoffen, zoals voedseladditieven, diergeneesmiddelen of pesticiden, waarvan in veiligheidsonderzoek blijkt dat er risico's aan het gebruik ervan verbonden zijn, geldt dat je kunt besluiten dat ze niet mogen worden toegepast. Daar kun je bij kwaliteitscontroles op letten. Retailers of productontwikkelaars kunnen de bijbehorende risico's vermijden omdat de stoffen niet gebruikt mogen worden en dit gecontroleerd kan worden.'

Voorbeelden van niet-vermijdbare gifstoffen zijn dioxines en schimmeltoxines. 'Hoe goed we de productie ook uitvoeren en controleren, deze stoffen zitten altijd in meer of mindere mate als verontreiniging in onze voedingsmiddelen. Als er in de voedingsmiddelenindustrie sprake is van een incident, dan gaat het vaak over deze categorie, hoewel incidenten met het gebruik van vermijdbare gifstoffen, zoals verboden kleurstoffen of diergeneesmiddelen, ook voorkomen.'

De consument mag er vanuit gaan dat voedingsmiddelen in de winkel veilig zijn, of ze nu natuurlijke of synthetische ingrediënten en toevoegingen bevatten. 'Alle aan voeding toe te voegen hulpstoffen worden uitvoerig en op dezelfde manier getest en beoordeeld op hun veiligheid, en gecontroleerd. Toxines kunnen wel gezondheidsschade veroorzaken, maar de invloed daarvan is in de Westerse wereld klein ten opzichte van de gezondheidsschade als gevolg van een ongezond eetpatroon. De meeste gezondheidswinst is te behalen door niet te veel verzadigd vet, zout en calorieën binnen te krijgen, niet te roken en niet te veel alcohol te drinken', benadrukt Rietjens.

## Overdosis

In tegenstelling tot de veiligheid van voedingsmiddelen is de hoogleraar niet tevreden over die van supplementen. 'Mensen die meerdere supplementen naast elkaar slikken, kunnen al gauw een overdosis binnenkrijgen. Een teveel aan vitamine A bij zwangere vrouwen bijvoorbeeld kan afwijkingen aan het ongeboren kind veroorzaken. De vijftiende eeuwse arts Paracelsus zei het al: 'de dosis maakt het gif.'

Wat Rietjens nog meer zorgen baart, zijn de botanische ingrediënten in supplementen. Hiervoor bestaat geen adequate regelgeving. 'Iedereen kan zonder enig toezicht Chinese of andere kruiden in pillen stoppen en die verkopen, en dat leidt tot ongelukken. Zo werden in 2001 mensen ziek na het drinken van kruidenthee waarin per ongeluk Japanse in plaats van Chinese steranijs verwerkt zat. En in een afslankkliniek in België hebben verkeerde kruidenpreparaten geleid tot nierkanker. Deze preparaten bevatten per ongeluk giftige aristolochiazuren.'

Na incidenten als die met de thee of de afslankkruiden reageert de overheid vaak met de invoering van een richtlijn, bijvoorbeeld in de Warenwet. Maar van een overkoepelende regelgeving is op dit moment nog geen sprake. Rietjens weet waarom: 'Er is geen overeenstemming over hoe de veiligheid van ingrediënten in zulke botanische preparaten beoordeeld moet worden. Bovendien is onduidelijk wat die beoordeling voor consequenties kan hebben voor de toepassing van botanische preparaten met dezelfde ingrediënten als medicijn.'

## Risk-benefit

Wetenschappelijke risk-benefit assessments kunnen een handje helpen bij het opstellen van regels. 'Hierbij worden gezondheidsvoordelen afgewogen tegen de risico's. Als maatstaf kan bijvoorbeeld de DALY eenheid worden gebruikt, oftewel een disability-adjusted life year. Een DALY staat voor een volledig gezond levensjaar dat behouden is gebleven of juist verloren gaat als het gevolg van een bepaalde risicofactor', aldus Rietjens. 'Zo kun je voor de consumptie van vis het aantal verloren DALYs als gevolg van de aanwezigheid van dioxinen en zware metalen in de geconsumeerde vis afwegen tegen de gezondheidswinst als gevolg van de relatief grote hoeveelheid omega-3 vetzuren. Voor de consumptie van groente en fruit kun je de gezondheidswinst afwegen tegen de risico's van residuen van bestrijdingsmiddelen. Hoe die risk-benefit analyse uitvalt, is momenteel onderwerp van onderzoek.' Toch is het ook met een risk-benefit benadering soms lastig om tot een goede afweging te komen, bijvoorbeeld als het gezondheidsvoordeel geldt voor een andere bevolkingsgroep dan de groep die het nadeel kan ondervinden. Foliumzuursupplementen bij zwangere vrouwen bijvoorbeeld zijn belangrijk om een open ruggetje bij het ongeboren kind te voorkomen. Tegelijkertijd is er zorg dat bij hoge doseringen voor sommige groepen het risico op darmkanker verhoogd zou kunnen zijn. 'Bij het vinden van een juiste risk-benefit afweging moeten in sommige gevallen daarom ook ethische afwegingen worden meegenomen', aldus de toxicologe.

## Interview



Ivonne Rietjens is hoogleraar Toxicologie aan Wageningen Universiteit en leidt met Ruud Woutersen het Kenniscentrum Innovatieve Toxicologie. Ook is zij lid van de Werkgroep van Deskundigen (WGD) Gezondheidsraad.

## 2. Gewasbeschermingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen worden ook wel gewasbeschermingsmiddelen genoemd, omdat ze gewassen beschermen tegen plagen tijdens de teelt, verwerking, opslag en transport. In totaal worden in de land- en tuinbouw in de EU meer dan 600 bestrijdingsmiddelen gebruikt. Afzonderlijk of in combinatie met elkaar voorkomen of bestrijden ze ziekten en insectenplagen. Bijvoorbeeld insecten die de plant aanvreten of schimmels en bacteriën die de planten ziek maken. In de land- en tuinbouw worden daarnaast middelen gebruikt die de groei of bloei van de planten reguleren. In plaats van bestrijdingsmiddelen worden soms natuurlijke vijanden gebruikt om plagen en ziektes te bestrijden, zoals de sluipwesp of roofwants.

### Resten bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen worden gespreid of verstoven op de plant of als korrels op de aarde gestrooid. Ze zijn meestal niet afspoelbaar waardoor de boer ze niet na elke regenbui opnieuw hoeft te gebruiken. Ze dringen vaak door in het product. Het wassen en schillen van fruit en groente heeft daarom weinig effect op mogelijke resten bestrijdingsmiddel in de vrucht of groente. Soms worden eventuele resten bestrijdingsmiddel afgebroken als de groente wordt gekookt.

### Toelating en controle

De Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden (tegenwoordig onderdeel van de Warenwet) heeft als doel nadelige gevolgen door het gebruik van bestrijdingsmiddelen te voorkomen. Bestrijdingsmiddelen worden alleen goedgekeurd als vaststaat dat ze werken en er een minimale kans is dat zij onbedoeld schade berokkenen aan mens, dier of milieu.

De controle op deze wet is in handen van de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA). Het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (CTGB) beoordeelt welke bestrijdingsmiddelen worden toegelaten. Deze Commissie, die is ingesteld door de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, mag daar zelfstandig over beslissen.

### Indeling

Ter bescherming van gewassen tegen verschillende plagen (= pestos in Latijn, vandaar de naam pesticiden), wordt een scala aan bestrijdingsmiddelen toegepast. Meer dan 600 verschillende verbindingen mogen specifiek, of in een mengsel, toegepast worden. Deze zijn te onderscheiden in de volgende functionele groepen:

BESTRIJDINGSMIDDEL	APPLICATIE
Pesticiden (= verzamelnaam)	Diverse plagen
Herbiciden	Onkruiden
Fungiciden	Schimmels
Insecticiden	Insecten
Rodenticiden	Knaagdieren
Nematiciden	Bodem-aaltjes

Deze pesticiden beschermen gewassen tijdens de teelt, de verwerking, de opslag en het transport. Ze worden daarom ook gewasbeschermingsmiddelen genoemd. Soms worden ze preventief toegepast ter voorkoming van een besmetting. Naast deze pesticiden worden in de land- en tuinbouw verbindingen gebruikt die de groei of bloei van de planten reguleren. Ook die verbindingen kunnen voor gezondheidsrisico's zorgen.

Pesticiden kunnen in verschillende fasen gebruikt worden, bijvoorbeeld door sproeien, verstuiwen (spuitbus) of het verspreiden van korrels. Over het algemeen infiltreren pesticiden producten en ze zijn daarom niet afspoelbaar. Het wassen van fruit is daarom vaak ineffectief. Dit impliceert namelijk na iedere regenbui een hernieuwde applicatie. Het toxische werkingsmechanisme van pesticiden verschilt zeer, hetgeen de variatie aan humane toxiciteit verklaart. Ook de bestendigheid tegen thermische degradatie varieert.

### Soorten

Een belangrijke groep insecticiden zijn de **organische fosforverbindingen** zoals parathion, diazinon, en azinfos-methyl. Deze verbindingen inactiveren het enzym dat essentieel is voor de werking van de zenuwen bij insecten. Deze verbindingen kunnen worden opgenomen via inhalatie en huidcontact, ze zijn echter weinig persistent.

---

#### Persistentie

De mate van persistentie van een bestrijdingsmiddel is de snelheid waarmee en de mate waarin een middel weer afbreekt. Een bestrijdingsmiddel dat weinig persistent is, breekt relatief snel af. Tegen de tijd dat een product in de winkel ligt, kan het zo goed als verdwenen zijn.

---

Een andere groep van insecticiden bestond uit **chloorkoolwaterstoffen** zoals DDT (1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethane), dieldrin, aldrin, en lindaan. Deze verbindingen zijn vaak neurotoxisch, soms carcinogeen (kankerverwekkend) en kunnen worden opgenomen middels ingestie, inhalatie en dermaal contact. De meeste van deze verbindingen zijn persistent en kunnen zich ophopen in vetweefsel. Om deze redenen zijn ze nu verboden.

**Herbiciden** vormen een zeer heterogene groep met verbindingen zoals paraquat, glyfosaat en bifenox. Deze stoffen verstoren algemene (plant)fysiologische processen zoals de energiewinning. Door de heterogeniteit is geen algemene uitspraak te doen over de opnameroute en persistentie van herbiciden.

Ook de **fungiciden** zijn een heterogene groep met verbindingen zoals dithiocarbamaten (maneb, thiram), captan, en organische kwikverbindingen. Over het algemeen werken deze verbindingen door de remming van één of meerdere enzymen (bijvoorbeeld de remming van de ergosterol biosynthese door maneb). De humane opname-eigenschappen verschillen erg, evenals de persistentie.

De **rodenticiden** dienen ter protectie tegen knaagdieren. Enkele verbindingen verdienen hier vermelding. Anti-coagulanten zoals warfarine (nu verboden), bromadiolon en chloorfacinon remmen de vitamine K werking (nodig voor bloedstolling). Ook aluminiumfosfide, wat het zuurstoftransport blokkeert, wordt als rodenticide gebruikt.

---

#### Het ideale bestrijdingsmiddel...

1. is selectief - andere organismen hebben er geen last van;
2. is effectief - werkt goed voor de doelorganismen en de schadelijkheid aan andere organismen blijft beperkt;
3. wordt in de natuur gemetaboliseerd (afgebroken) - bij de oogst zijn er weinig of geen residuen (resten);
4. blijft effectief - er treedt geen resistentie op tegen het middel.

In de praktijk bestaat het ideale bestrijdingsmiddel niet of nauwelijks. Vaak is bijvoorbeeld een insecticide niet alleen effectief tegen het bewuste insect, maar dood het ook andere insecten en kan het in hoge doseringen schadelijk zijn voor de mens. Daarnaast bestaat er een grote variatie in de persistentie van een bestrijdingsmiddel.

---

#### Alternatieven

Er zijn alternatieven voor de applicatie van synthetische gewasbeschermingsmiddelen. Voorbeelden hiervan zijn **natuurlijke gewasbeschermingsmiddelen** en insecten zoals de sluipwesp of roofwants. De applicatie van natuurlijke gewasbeschermingsmiddelen is een belangrijke pijler van de biologische landbouw. Hier worden dus ook pesticiden gebruikt, alleen deze zijn van natuurlijke oorsprong. Dit impliceert echter niets over de toxiciteit of persistentie van het middel. Ook hier is de zoektocht naar het ideale middel nog niet ten einde. Producten die volgens de Europese norm voor biologische landbouw geproduceerd worden kunnen het EKO keurmerk verkrijgen. Deze productiemethode wordt in Nederland gecontroleerd door Skal. Naast biologische landbouw, kan ook geproduceerd worden volgens de regels van het Milieukeur. Hierbij ligt meer nadruk op de bescherming van het ecosysteem, hetgeen tot uiting komt in de applicatie van minder (schadelijke) gewasbeschermingsmiddelen, zoals bijvoorbeeld bovengenoemde insecten.

## Risico's voor de mens

Het gebruik van elke stof, dus ook van pesticiden, impliceert een gezondheidsrisico. Voor de toelating van een bestrijdingsmiddel is vastgesteld op welke manier het gebruikt moet worden voor een minimale residuvorming en daarmee een minimaal risico voor de consument. Per bestrijdingsmiddel is een te accepteren dagelijkse inname (ADI / acceptabel daily intake) bepaald. Dit is een hoeveelheid van het middel die iemand gedurende zijn hele leven dagelijks kan binnenkrijgen zonder nadelige gezondheidseffecten te ondervinden. De ADI wordt vastgesteld door middel van dierproeven. Bij de vertaling van de veilige hoeveelheid voor dieren naar de mens is een veiligheidsfactor opgenomen zodat de bevolking (inclusief zwakkere groepen zoals kinderen) geen nadelige gevolgen ondervinden bij een consumptie beneden het gestelde niveau. Verder is er per middel een residuniveau bepaald dat maximaal nog in een product aantoonbaar mag zijn (MRL / maximum residu level). Deze waarde komt tot stand na overweging van zowel de (milieu-)toxiciteitsgegevens, de gemiddelde dagelijkse consumptie van een dergelijk product door een individu en de politieke en economische gevolgen. Dit betekent dat bij gebruik volgens de voorschriften de voedingsmiddelen veilig kunnen worden geconsumeerd.

---

**ADI** (Acceptable Daily Intake): de hoeveelheid van een stof per kilogram lichaamsgewicht per dag die je gemiddeld gedurende je hele leven binnen mag krijgen zonder dat er negatieve gezondheidseffecten zijn te verwachten. Omdat het hier om gemiddelden en voortdurende blootstelling gaat, betekent dat een eenmalige overschrijding van de ADI niet direct problemen geeft.

**ARfD** (Acute Referentie Dosis): dosis van een stof waarboven je acute vergiftigingsverschijnselen kan krijgen. De ARfD is per definitie hoger dan de ADI. Als iemand in één keer meer binnenkrijgt dan de ARfD is er een kans dat er direct gezondheidsproblemen ontstaan. Bij hoeveelheden tot de ARfD zijn acute gezondheidsproblemen onwaarschijnlijk. De ARfD gaat dus over directe effecten en de ADI over effecten op lange termijn bij langdurige inname van een stof.

**MRL** (Maximum Residu Level) is een wettelijke norm. De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) controleert met steekproeven of groente, fruit en vlees voldoen aan de MRL. In het geval van een overschrijding van de MRL kijkt de NVWA of het gebruik van het product schadelijk kan zijn voor de gezondheid. Dit doen ze door te kijken of de aanvaarbare dagelijkse inname (ADI) of de Acute Referentie Dosis (ARfD) overschreden wordt.

Meestal is het nog niet schadelijk voor de gezondheid wanneer er meer van een bestrijdingsmiddel of diergeneesmiddel in een product zit dan is toegestaan. Als de overschrijding van de MRL te groot is, laat de NVWA producten uit de winkels terughalen.

In de MRL zit een grote veiligheidsmarge. De MRL wordt zo vastgesteld dat zelfs 'liefhebbers', de mensen die heel veel van bepaalde producten eten, de aanvaarbare dagelijkse inname (ADI) niet halen. Dit betekent dat als de MRL in één product een keer overschreden wordt, de meeste mensen bij het eten van het product de ADI niet overschrijden.

---

## Milieuaspecten

Naast humane risico's zijn er bij de toepassing van pesticiden ook ecologische risico's. Denk aan onbedoelde verspreiding en de eventuele non-selectiviteit van het middel. Vooral als pesticiden in de open ruimte gebruikt worden, kan het middel ergens terecht komen waar het onbedoeld schade aanricht aan flora of fauna. Bij de bepaling van de milieubelasting van een middel wordt dit risico mede geïnventariseerd. Dit geldt ook voor de mate waarin een middel uitspoelt naar open water of naar het grondwater. Indien een middel niet selectief is, kan het ook toxisch zijn voor andere planten of dieren dan de bedoelde plaag. Dit kan een averechts effect hebben op de productie, bijvoorbeeld als een natuurlijke vijand van een plaaginsect door het middel sterft.

## Strengere controle

De Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden (voorheen Bestrijdingsmiddelenwet) regelt hoe er moet worden omgesprongen met bestrijdingsmiddelen bij het verbouwen van landbouwproducten, dat wil zeggen: aardappelen, granen, groente en fruit. Voordat er een bestrijdingsmiddel wordt toegelaten moet het aan een aantal regels voldoen. Deze regels hebben onder meer betrekking op de toxiciteit, de selectiviteit, het doelgewas voor de toepassing en de persistentie van de verbinding. Pas als de producent alle informatie heeft laten toetsen bij een keuringsinstantie (in Nederland het CTGB) kan het door deze instantie worden toegelaten tot de praktijk. De toegelaten bestrijdingsmiddelen zijn dus uitgebreid getest op mogelijke humane en ecologische risico's. Ook stelt de wet eisen aan de verpakking en etikettering van bestrijdingsmiddelen.

Van elk toegelaten bestrijdingsmiddel staat bovendien in de wet vast hoeveel daarvan op de geogste producten terug te vinden mag zijn. In Nederland controleert de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA) steekproefsgewijs op residuen.

---

### Advies aan consumenten

Het risico van de consumptie van een te hoog gehalte van een pesticide is eigenlijk nihil, maar kan extra beperkt worden door gevarieerd te eten. Variatie in het dieet betekent een consumptie van verschillende soorten groente, fruit en graan, met elk eigen mogelijke contaminaties. Op deze wijze is de kans om een overdosis van één enkel pesticide te consumeren gering.

---



### 3. Procescontaminanten: acrylamide en PAK's

Naast bestrijdingsmiddelen en milieuverontreinigingen kunnen er andere contaminanten in ons voedsel voorkomen. Een voorbeeld hiervan zijn de procescontaminanten. Dit zijn schadelijke stoffen die worden gevormd tijdens de bereiding van voedsel. Een voorbeeld hiervan zijn polyaromatische koolwaterstofverbindingen (PAK's) die in de zwarte randjes van verbrand voedsel voorkomen. Een ander voorbeeld is acrylamide.

In 2002 werden voedselveiligheidsexperts verrast door nieuws uit Zweden. Toen publiceerde het Zweedse Voedselagentschap (Swedish National Food Agency) resultaten van analyses naar acrylamide in alledaagse voedingsmiddelen. Hieruit bleek dat er meetbare acrylamidegehalten aanwezig waren in voornamelijk zetmeelrijke voedingsmiddelen als patat, chips, ontbijtgranen, enzovoort. De ontdekking in Zweden schokte de voedingswereld. Een schadelijke component, die gewoon tijdens het koken ontstaat, bleek ineens in hele alledaagse producten te zitten. Acrylamide staat bekend als neurotoxisch voor de mens en als waarschijnlijk kankerverwekkend (IARC 2A-classificatie). Tot 2002 dachten wetenschappers dat mensen voornamelijk via roken en eventueel via hun werk aan significante hoeveelheden acrylamide werden blootgesteld. Acrylamide wordt op grote schaal (ongeveer 100.000.000 kilo per jaar) geproduceerd en voornamelijk gebruikt in de gepolymeriseerde vorm polyacrylamide voor het zuiveren van water en het dichten van scheuren bij de constructie van tunnels.

#### Acrylamidevorming

Acrylamide wordt gevormd uit aminozuren (voornamelijk asparagine) en reducerende suikers (vooral glucose en fructose) in de zogenaamde reactie van Maillard. Dat is de reactie die bij het bakken en braden zorgt voor de bruinkleuring van het voedsel, maar ook voor een deel van de geur en smaak. De reactie wordt ook wel niet-enzymatische bruinkleuring genoemd. Acrylamide is één van de vele stoffen die tijdens de reactie van Maillard worden gevormd. De vorming begint bij een temperatuur van ongeveer 120°C en bereikt (afhankelijk van het voedingsmiddel) een maximum tussen de 160°C en 180°C. Dit verklaart waarom acrylamide wél wordt gevormd bij het bakken, braden en roosteren van voedingsmiddelen en niet bij het koken ervan.

Onderzoek van de NVWA bevestigt de aanwezigheid van acrylamide in diverse Nederlandse voedingsmiddelen. Uit voedselconsumptiecijfers blijkt dat verhitte aardappelproducten, zoals chips en frites (uit de snackbar), de belangrijkste bronnen van acrylamide zijn voor de consument. Koffie, brood, ontbijtkoek, ontbijtgranen, crackers en biscuit leveren er ook aan bij.

## Blootstelling aan acrylamide

Op basis van acrylamidegehalten in producten en Voedselconsumptiepeilingen is onderzocht welke producten een belangrijke bijdrage leveren aan de inname van acrylamide van de Nederlandse bevolking. Deze zijn:

- gefrituurde/gebakken aardappelproducten
- chips
- koffie
- koekjes
- brood
- peperkoek en ontbijtkoek
- overige

Dit kan verschillen per subpopulatie. Zo leveren bij vrouwen ouder dan 50 jaar koffie en ontbijtkoek de belangrijkste bijdrage.

## Toxicologie van acrylamide

Acrylamide wordt snel opgenomen in het maagdarmkanaal en het wordt vervolgens over bijna alle organen verdeeld. Een deel conjugeert in de lever met glutathion en wordt vervolgens uitgescheiden in de urine en een deel wordt in de lever omgezet in het nog actievere glycidamide. Zowel acrylamide als glycidamide zijn stoffen die kunnen reageren met DNA en eiwitten, waaronder hemoglobine, waarmee ze een schadelijke verbinding (adducten) kunnen vormen. Glycidamide is de meest agressieve van de twee en wordt daarom ook beschouwd als de genotoxische metabooliet van acrylamide. Deze omzetting van acrylamide in glycidamide is bij dieren veel hoger dan bij de mens. Dat kan betekenen dat in de vertaling van dierproeven naar de mens het risico voor de mens wordt overschat.

## EFSA

De Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) heeft in 2015 uitvoerig gekeken naar de risico's van acrylamide. Dierproeven laten zien dat dat acrylamide kankerverwekkend kan zijn voor muizen en ratten. Onderzoek bij mensen zijn beperkt en niet helemaal sluitend. Toch concludeert de EFSA op basis van dierstudies dat de inname van acrylamide via voeding het risico op het ontwikkelen van kanker bij mensen mogelijk kan verhogen.

## Terugbrengen gehalten van acrylamide

De vele aanwijzingen dat acrylamide in voeding schadelijk is, hebben geleid tot een Europa-breed gedragen beleid om acrylamidegehalten in voedingsmiddelen terug te dringen. Er is nog geen wettelijk limiet vastgesteld voor de inname van acrylamide, maar mogelijk volgt dit.

Voeding die thuis of in restaurants is bereid, is verantwoordelijk voor een deel van de acrylamideinname via voeding. De consument kan dus zelf ook iets doen aan het terugdringen van inname. In de eerste plaats natuurlijk door de producten met acrylamide met mate te nemen, maar ook door bij de bereiding de vorming

van de stof te vermijden. Thuis gefrituurde patat is een van de belangrijkste leveranciers van acrylamide. Door goede voorlichting over de juiste bereidingswijze, kunnen consumenten zelf iets doen aan de inname van acrylamide.

---

### **Adviezen aan consumenten**

Voeding die thuis en in restaurants wordt bereid is verantwoordelijk voor ongeveer een deel van de acrylamide opname is gebleken uit voornamelijk Zwitserse studies. Dat betekent dat de consument zelf een deel van de acrylamide inname kan terugbrengen.

Minder eten van de in tabel 1 genoemde producten zal vanzelfsprekend de inname van acrylamide en het risico op kanker als gevolg van acrylamide inname doen afnemen. Producten die in deze context noemenswaardig zijn: patat, de consumptie van koffievervangers en ontbijtkoek.

Goede aanbevelingen voor het bereiden van patat zijn :

1. Gebruik aardappelen met een lage hoeveelheid aan reducerende suikers, zoals Agria, Bintje, Charlotte en Urgenta. Deze aardappelen bevatten minder dan 1 gram reducerende suikers per kg aardappel;
2. Bak of braad niet langer dan nodig is;
3. Bak in kleine porties (maximaal 100 gram patat per liter olie) en probeer frietjes zo klein mogelijk te snijden (max. 7 mm doorsnede);
4. Een baktemperatuur van maximaal 175 °C. Er worden minder plaatsen met extreem hoge acrylamideconcentratie gevormd en de snelheid waarmee acrylamide wordt gevormd is langzamer dan bij hogere temperaturen.

---

### **PAK's**

Een ander voorbeeld van procescontaminanten, zijn PAK's (Polycyclische aromatische koolwaterstoffen). Dit is een verzameling van verbindingen die meerdere ringen hebben en ontstaan bij volledige verbranding van organisch materiaal. Benzo(a)pyreen (BaP) is de meest onderzochte en bekendste verbinding van de PAK's. PAK's komen wijdverbreid voor en blootstelling er aan is dan ook onvermijdbaar. De belangrijkste blootstellingbronnen zijn professioneel (schoorsteenvegers, werknemers blootgesteld aan teer en werknemers in metaalfabrieken), sigarettenrook en via voeding. Ook bij bosbranden en vulkanische uitbarstingen komen PAK's vrij. Voeding kan gecontamineerd worden door het milieu door middel van depositie (neerslaan) van (stofdeeltjes met) PAK's uit de lucht, via het water of tijdens bereiding (verbrandingsprocessen) van voeding. PAK's kunnen ook voorkomen in moedermelk. Het is aan te raden om de inname van PAK's zo laag mogelijk te houden omdat ze in potentie carcinogeen zijn.

### PAK-vorming tijdens voedselproductie en bereiding

Processfactoren, zoals drogen, roken en bereiden van voeding veroorzaken de belangrijkste bronnen van contaminatie van voedsel met PAK's. Voorbeelden van mechanismen van PAK-contaminatie zijn pyrolyse van gesmolten vet wanneer het druipt op een hittebron (en dat met de rook contamineert zoals bij barbecueën) en pyrolyse van voedsel bij hoge temperaturen (boven 200°C).

Voedsel waar significante hoeveelheden PAK's in voor kunnen komen:

1. gegrild eten (barbecue);
2. gerookt eten;
3. plantaardige olie (PAK's komen in de olie door het drogen van zaden, waarbij verbrandingsgassen terecht komen in de zaden);
4. koffie en thee.

Tips om contaminatie met PAK's te verminderen voor bedrijven:

- Direct contact tussen verbrandingsgassen en oliezaden, kruiden of granen moet worden voorkomen.
- Gebruik bij roken, rook van een indirecte generator gebruiken of rookmaakstoffen.

## 4. Milieuverontreiniging

Naast stoffen als bestrijdingsmiddelen en toxines die tijdens het proces ontstaan, kan voeding ook gecontamineerd worden door milieuverontreiniging. Voorbeelden hiervan zijn PCB's in de moedermelk en dioxines in de vis. Zonder uitzondering leidt de vondst van dit soort stoffen in voeding tot onrust. In Nederland controleert de NVWA steekproefsgewijs eten en drinken om te zorgen dat voedsel met te hoge toxinegehalten niet bij consumenten terecht komt.

### Wat zijn milieutoxines?

Het is onmogelijk om toxinevrij te eten. Ze zitten in vrijwel alle voedingsmiddelen. Maar een algemene vuistregel is: hoe meer vet in het product, hoe meer dioxines en PCB's. De gezamenlijke benaming die vanaf hier voor deze stoffen gebruikt wordt is 'dioxineachtige verbindingen'. De aandelen van voedingscomponenten wat betreft de blootstelling van de Nederlandse bevolking is ongeveer als volgt verdeeld:

Melkproducten	38%
Plantaardige oliën	17%
Vlees	17%
Vis	12%
Fruit en groenten	8%
Eieren	5%
Noten en zaden	2%
Granen	1%

Recentelijk wordt ook veel aandacht besteed aan BFR's (broombevattende vlamvertagers) die in het milieu verschijnen. Al deze stoffen hebben gemeen dat, als we ze in te grote hoeveelheden binnen krijgen, ze schadelijk kunnen zijn voor de mens. Dioxines en dioxineachtige verbindingen zoals PCB's (polychloorbifenylen) zijn beide groepen van chemische stoffen. Dioxines zijn eigenlijk afvalstoffen en komen vrij bij verbrandingsprocessen zoals vuilverbranding, maar ook bij vulkaanuitbarstingen. PCB's zijn bewust door de mens gemaakt en bijvoorbeeld toegepast in producten als lijm, koelvloeistoffen, verf en dergelijke. Tegenwoordig mogen PCB's niet meer worden gebruikt, omdat de milieubelasting van PCB's (en dioxines) te hoog is. Sinds de jaren tachtig is er een actief beleid om de belasting voor het milieu terug te dringen. Sinds die tijd zijn de dioxine- en PCB-gehalten in voeding ook enorm gedaald.

---

### **De visparadox**

Een aloude leus van de visdetaillist is: 'hoe vetter de vis, hoe gezonder die is'. Die leus raakt de kern van 'de visparadox'. In vettere vis zitten namelijk hogere hoeveelheden aan verontreinigingen dan in minder vette vis. Aan de andere kant is dat vet ook verantwoordelijk voor de gezonde omega-3-vetzuren. Kan de detaillist zijn slogan nog wel voeren? Volgens de Gezondheidsraad en het Voedingscentrum wel. Want de voordelen wegen ruimschoots op tegen de nadelen. De ziektelast van het niet eten van vis komt overeen met die van verkeersongevallen of borstkanker.

Vis krijgt terecht veel aandacht in de discussie over verontreinigde voeding. Bij vis gaat het om kwik, dioxines en PCB's. Deze stoffen zijn milieuverontreinigingen, die zich kunnen stapelen in voornamelijk vette vis. De consumptie van normale hoeveelheden vis kunnen er overschrijdingen plaats vinden van de gezondheidsnorm. Maar juist het eten van twee porties vis, waarvan één portie vette vis per week, is netto juist er goed voor je. Dit is terug te vinden in het achtergronddocument van de Richtlijnen Goede Voeding van de Gezondheidsraad waarin staat dat, bij het eten van de normale hoeveelheden vis (1 tot 4 porties per week) 'de kans bestaat dat de door de World Health Organisation (WHO) gestelde veiligheidsnormen kunnen worden overschreden'. Gelukkig neemt de blootstelling van de Nederlandse bevolking nog steeds af. De afgelopen vijf jaar (na het uitkomen van het RIVM rapport) is de blootstelling met nog eens 35% afgenomen.

---

### **Hoe komen schadelijke stoffen in voeding terecht?**

Het milieu wordt vervuild door dioxineachtige verbindingen door transport via de lucht uit diverse bronnen, zoals vuilverbranding, de industrie, het lozen van afval enzovoort. Deeltjes uit de lucht kunnen vervolgens, door regen, de bodem vervuilen. Vervolgens komt de schadelijke stof via de bodem of planten in de voedselketen terecht. Dieren die buiten lopen en bijvoorbeeld gras eten, krijgen op die manier weer dioxines binnen. De dioxines worden in het lichaam opgeslagen, zoals in de spier en de melk. Dioxineachtige stoffen komen ook via organische stoffen in het water terecht. Op die manier komen ze ook in algen terecht en in vissen die algen eten. In vissen die vervolgens weer andere vissen eten stapelen de dioxines zich op. Dioxines stapelen in vet en zodoende bevatten vette vissen meer dioxines. De dioxinebelasting is over de gehele breedte de afgelopen tien á twintig jaar enorm afgenomen, dankzij het milieubewuste beleid van de afgelopen jaren. Dit zie je terug in de gehalten in onze voeding. De verwachting is dat deze trend de komende jaren gewoon door zal gaan.

### Het effect van dioxines en PCB's

PCB's worden al sinds de twintiger jaren geproduceerd. In de periode 1950 tot 1960 is men zich gaan realiseren dat dioxines en PCB's slecht zijn voor de gezondheid. Uit diverse incidenten is gebleken dat mensen die aan grote hoeveelheden zijn blootgesteld geweest ziekteverschijnselen als chlooracne ontwikkelden. Dit is een acne-achtige huidaandoening. De meest bekende ramp die op dit gebied plaats vond, is die bij het Italiaanse plaatsje Seveso in 1976. Er werd daar door een ongeluk een grote hoeveelheid dioxine uitgestoten. Er vielen geen doden, maar er waren wel veel verminkingen van de omwonenden door chlooracné. Sindsdien zijn er veel strengere regels voor de industrie met betrekking tot dioxines en PCB's.

Bij 'gewone' inname van voeding met dioxineachtige verbindingen zijn de effecten moeilijk te voorspellen. De normale blootstellingen zijn heel laag. Zeker als je die vergelijkt met de slachtoffers van de Seveso-ramp. We weten uit dierproeven dat blootstelling gevolgen kan hebben voor bijvoorbeeld de weerstand of de vruchtbaarheid. In nog hogere concentraties zijn er aanwijzingen vanuit dierproeven dat dioxineachtige verbindingen de ontwikkeling van het zenuwstelsel kunnen remmen en dat ze kankerverwekkend kunnen zijn. Op basis van de resultaten uit dierproeven en blootstellinggegevens bij de mens, heeft het RIVM in 2004 in het rapport 'Ons eten gemeten' een inschatting gemaakt van de effecten van dioxineachtige verbindingen voor de mens. Tot een kwantitatieve inschatting kon men niet komen, omdat de risico's van de blootstelling daar te laag voor waren. Dit ondanks het gegeven dat er overschrijdingen voor kunnen komen van de gezondheidsnorm van 14 picogram TEQ/kg week. Kortom, in de hoeveelheden waarin dioxine in voeding voorkomt, zal het weinig negatieve effecten hebben voor de mens.

---

#### **Toxicologische norm**

De WHO raadt aan om niet meer dan 14 picogram dioxines per kilogram lichaamsgewicht per week binnen te krijgen. Een picogram is een miljoenste van een miljoenste gram. Deze normen worden vastgesteld op basis van de eerder genoemde dierproeven. Daarin kijkt men bij welke hoeveelheden er negatieve effecten zijn waar te nemen (zoals in dit geval effecten op het immuunsysteem of het voortplantingsorgaan). Bij het vaststellen van de toxicologische norm, wordt een erg grote veiligheidsmarge toegekend. Dit betekent eigenlijk dat je pas echt gezondheidsproblemen kan verwachten als je 100 keer meer dan de norm binnen krijgt.

---

### **De huidige inname van dioxines**

De inname van dioxinen via de voeding geeft op dit moment in Nederland geen aanleiding meer tot zorg voor de volksgezondheid. In 2014 ligt de berekende inname bij de Nederlandse bevolking als geheel namelijk voor het eerst niet boven de gezondheidsgrenzen. De belangrijkste dioxinebronnen blijven melk, rundvlees en plantaardige oliën en vetten. Dit blijkt uit nieuwe berekeningen van het RIVM (Boon et al, RIVM Brief Rapport 2014-0001).

De daling komt doordat er de afgelopen decennia steeds minder dioxinen in onze voeding zit. De verwachting is dat de concentraties in voedsel inmiddels hun laagste niveau hebben bereikt en niet verder zullen dalen. Mogelijk heeft ook een ander consumptiepatroon aan de daling bijgedragen.

---

### **Het belang van gevarieerd eten**

Een gevarieerde voeding is dé manier om zo veel mogelijk verschillende voedingsstoffen binnen te krijgen. Een mooi voordeel is dat je met gevarieerd eten ook nog eens eventuele (onbekende) risico's spreidt. Dit advies helpt consumenten om de gezonde keuze te maken zonder met tabellen op zak hun dioxineinname in de gaten te houden.

---

### **Conclusie: vlees noch vis?**

Zoals je aan het begin van deze paragraaf hebt kunnen lezen, zijn er verschillende productgroepen die bijdragen aan de inname van dioxines. Eén boosdoener is er dus niet. Echte vette vis als haring bevat ongeveer 10 keer zo veel dioxineachtige verbindingen als bief of varkensvlees. Paling zit hier zelfs nog boven. Toch is vis voor ongeveer 12% van de inname van dioxineachtige verbindingen verantwoordelijk, terwijl vlees voor ongeveer 17% bijdraagt. Melkproducten en kaas zelfs voor meer dan het dubbele daarvan. Maar: het is wel zo dat de relatieve afname van dioxinegehalten in melk- en vleesproducten harder gaan dan in vis. Bovendien zal vis een belangrijkere bijdrage leveren als meer mensen het advies opvolgen om twee keer per week vis te eten.