



Inventarisatie drugsdumpingen en risico's voor voedselveiligheid

M. Groenen, G.W. Spaans, S.L. van der Vis, J.J.P. Lasaroms
(herziene versie)



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Inventarisatie drugsdumpingen en risico's voor voedselveiligheid

M. Groenen, G.W. Spaans, S.L. van der Vis, J.J.P. Lasaroms

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van de wettelijke onderzoekstaken voor voedselveiligheid, binnen het deelprogramma-overstijgend project 'Inventarisatie drugs' (projectnummer WOT-02-006-016-17).

Wageningen, augustus 2023 (herzien in maart 2024)

WFSR-rapport 2023.008
(herziene versie)

Groenen, M., G.W. Spaans, S.L. van der Vis, J.J.P. Lasaroms, 2023. *Inventarisatie drugsdumpingen en risico's voor voedselveiligheid*. Wageningen, Wageningen Food Safety Research, WFSR-rapport 2023.008. 24 blz.; 3 fig.; 0 tab.; 12 ref.

Aangepast rapport vanwege een onjuiste en onvolledige weergave van een uitgevoerde stabiliteitsstudie bij paragraaf 3.5.1 Stabiliteit van stoffen.

Als gevolg hiervan is de eerder vermelde tekst vervangen door de juiste conclusies van de stabiliteitsstudie.

Projectnummer: 122.74.187.01

BAS-code: WOT-02-006-016-17

Projecttitel: Inventarisatie drugs

Projectleider: J.J.P. Lasaroms

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/634295> of op <http://www.wur.nl/food-safety-research> (onder WFSR publicaties).

© 2023 Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research. Hierna te noemen WFSR.

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het WFSR is het niet toegestaan:

- a. *dit door WFSR uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;*
- b. *dit door WFSR uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of WFSR, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;*
- c. *de naam van WFSR te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.*

Postbus 230, 6700 AE Wageningen, T 0317 48 02 56, E info.wfsr@wur.nl, www.wur.nl/food-safety-research. WFSR is onderdeel van Wageningen University & Research.

WFSR aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

WFSR-rapport 2023.008 (herziene versie)

Verzendlijst:

- Dr. J.W.H. Steenbergen-Biesterbos – NVWA-BuRO
- Dr. S.M. Schrap – NVWA-BuRO

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Vraagstelling	9
2 Methoden	10
3 Resultaten	11
3.1 Synthetische drugsproductie in Nederland	11
3.2 Productieprocessen drugs in Nederland	12
3.2.1 Productieproces MDMA, amfetamine en methylamfetamine	12
3.2.2 Productieproces methcathinonen	13
3.3 Samenstelling van het drugsafval	13
3.4 Drugsdumpingen in Nederland	14
3.4.1 Manieren van dumpen	14
3.4.2 Registratie van dumpingen	14
3.4.3 Drugsdumping versus andere chemicaliën in het milieu	15
3.5 Chemische eigenschappen en analysemogelijkheden	15
3.5.1 Stabiliteit van de stoffen	15
3.5.2 Analysemethoden	15
3.5.3 Mobiele MS	16
3.5.4 Drone	16
3.6 Mogelijke risico's voor de voedselketen	16
4 Conclusies	17
5 Aanbevelingen	18
Literatuur	19
Bijlage 1 Lijst van relevante drugsgerelateerde stoffen die WFSR kan meten	20

Samenvatting

Synthetische drugs worden in Nederland op grote schaal illegaal geproduceerd en elk jaar worden tientallen drugslaboratoria ontdekt en ontmanteld. Bij de productie van synthetische drugs komt veel chemische afval vrij dat onder andere door dumping in het milieu in de voedselketen terecht kan komen. De hieruit volgende risico's zijn nog onvoldoende bekend. Om potentiële risico's in de voedselketen in kaart te brengen, is het nodig dat chemische analyses op de aanwezigheid van drugs of grondstoffen daarvan uitgevoerd kunnen worden. Dit kleine project is uitgevoerd met als doel om vast te stellen welke stoffen gemeten moeten kunnen worden.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is onderzocht welke stoffen aanwezig kunnen zijn in afval afkomstig van de productie van synthetische drugs. Hiervoor is in kaart gebracht welke productieprocessen er momenteel in Nederland toegepast worden voor het produceren van synthetische drugs en wat voor soort afval hierbij verwacht wordt. Daarbij is bekeken in hoeverre de relevante stoffen met de huidige chemische analysemethoden binnen WFSR aangetoond kunnen worden. Daarnaast is onderzocht in welke mate en waar drugsafval gedumpt wordt en is onderzocht wat er bekend is over de toxiciteit van deze stoffen en het risico op ophoping in de voedselketen, om zo te kunnen beoordelen of en welke voedingsgewassen nader onderzoek en analyse vereisen.

Dit onderzoek is uitgevoerd door interviews te houden met onderzoekers binnen WFSR die gespecialiseerd zijn in de analyse van drugsgerelateerde stoffen en met experts van Nederlands Forensisch Instituut en de politie, gespecialiseerd op het gebied van drugsdumping in Nederland.

In 2021 zijn, overeenkomend met voorgaande jaren, 69 locaties in Nederland gevonden waar synthetische drugs geproduceerd werden. In 86% van de gevallen ging het om MDMA, amfetamine of methylamfetamine. Gevonden drugsafval is dan ook vooral hiervan afkomstig. Naast de productie van synthetische drugs zijn er ook gegevens bekend over cocaïnewaterijen in Nederland; hierbij worden oplosmiddelen gebruikt om de cocaïne uit het dragermaterialen te extraheren. Vanaf 2018 zijn voor het eerst drugslabs ontdekt en ontmanteld waar methcathinonen geproduceerd werden. Er zijn nog geen gegevens bekend dat het afval hiervan is aangetroffen in het milieu.

Drugsafval is meestal een waterige oplossing bestaande uit vier componenten: (1) grondstoffen waarvan de drugs worden gemaakt, (2) oplosmiddelen, zoals aceton, (3) sterke zuren en basen om de grondstoffen om te zetten in drugs en (4) resten van de geproduceerde drug. Vooral afval gedumpt in het milieu of in mestputten kan een risico voor de voedselveiligheid vormen, omdat het vanuit de bodem, het grondwater, of de over het land uitgereden mest door gewassen opgenomen kan worden. Het is niet bekend welke stoffen kunnen worden opgenomen door planten of dieren en in welke mate. Tot nu toe is alleen MDMA aangetoond in mais. De voedselveiligheidsrisico's van restanten of precursoren van drugs in voedselproducten zijn (nog) niet onderzocht.

WFSR heeft analysemethoden beschikbaar om MDMA, amfetamine, methylamfetamine en hun precursoren te meten, inclusief de bij het productieproces gebruikte hulpstoffen, zoals oplosmiddelen. Hiermee kan het overgrote deel van het drugsafval dat in Nederland aangetroffen wordt, geïdentificeerd worden.

Als eerste vervolgstap voortkomend uit deze inventarisatie wordt aanbevolen dat WFSR een methode ontwikkelt om chloor- en broomhoudende propiofenonen, precursoren van de vanaf 2018 nieuw aangetroffen methcathinonen, te kunnen meten, inclusief andere afvalproducten zoals bij de productie gebruikte hulpstoffen.

Er is veel onbekend omtrent het risico van drugsafval op de voedselveiligheid. Het is niet bekend of, en in welke concentraties afvalproducten in de voedselketen terecht kunnen komen en of deze schadelijk zijn. Aanbevolen wordt om allereerst het gedrag van relevante stoffen in mest, bodem en water te bepalen

(persistentie en mobiliteit) om risico's op de aanwezigheid in grond, grond- en oppervlaktewater en gewassen te modelleren. Onderdeel hiervan moeten ook opnamestudies zijn met gewassen die in de volle grond groeien (t.b.v. humane voeding en diervoeder) en relatief veel water en/of meststoffen nodig hebben. Om dit mogelijk te maken moeten de huidige methodes uitgebreid worden, zodat ze geschikt zijn voor de analyse van relevante drugs en hulpstoffen in vollegrondsgroenten en fruit.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Synthetische drugs zoals 3,4-methyleen-dioxymethamfetamine (MDMA) en (methyl)amfetamine worden in Nederland op grote schaal illegaal geproduceerd. Elk jaar worden tientallen drugslaboratoria ontdekt en ontmanteld waarbij een toename wordt gezien in de omvang en professionaliteit van deze laboratoria (Nationale Drugs Monitor, 2022). Het chemische afval dat bij de productie van deze drugs overblijft wordt onder andere gedumpt in het milieu of in mestkelders, waarna dit via de bodem, het grondwater, of de over het land uitgereden mest door gewassen opgenomen kan worden. Eerder onderzoek door WFSR in 2018 heeft uitgewezen dat MDMA uit mest opgenomen wordt in voedermais¹, waarmee de kans bestaat dat dieren via het veevoeder drugs(afval) binnen krijgen. Via het dier of rechtstreeks via de consumptie van gewassen kan drugsafval dus in de voedselketen terechtkomen en een mogelijk risico vormen voor de consument. De omvang van de drugsdumpingen en de hieruit volgende risico's zijn nog onvoldoende bekend. Om potentiële risico's in de voedselketen in kaart te brengen, is het nodig dat chemische analyses op de aanwezigheid van drugs of grondstoffen daarvan uitgevoerd kunnen worden.

Er is veel informatie bekend over drugsproductie en -afval in Nederland. Deze informatie ligt echter versnipperd over verschillende instanties zoals de Milieu Ongevallen Dienst van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM-MOD), het Nederlands Forensisch Instituut (NFI), de brandweer en de politie. Vanuit het oogpunt van voedselveiligheid is het essentieel dat Wageningen Food Safety Research (WFSR) de chemische stoffen die aanwezig zijn in drugsafval kan detecteren in voedselproducten, mest en overige milieu-matrices. Een aantal stoffen is bekend en opgenomen in bestaande analysemethoden. Momenteel heeft WFSR geen compleet beeld van de verschillende syntheseroutes die gebruikt worden voor de productie van drugs in Nederland en de daaraan gerelateerde problematiek omtrent drugsafval in Nederland. Het is dus onbekend of WFSR alle van belang zijnde stoffen kan meten.

1.2 Vraagstelling

Doel van dit rapport is het geven van een overzicht van de actuele kennis omtrent drugsafval in Nederland, specifiek gerelateerd aan relevante stoffen die een potentieel risico kunnen vormen voor de voedselketen. De volgende vragen worden beantwoord:

- Wat is de omvang van drugsproductie in Nederland?
- Welke productieprocessen worden toegepast?
- Wat is de samenstelling van drugsafval?
- Wat is de omvang van drugsdumpingen in Nederland?
- Welke stof-matrixcombinaties zijn relevant om te analyseren? En kan WFSR alle (relevante) stoffen die in drugsafval kunnen voorkomen detecteren?
- Welke potentiële risico's voor de voedselketen bestaan er?

¹ Uitgevoerd binnen project WOT-02-004-014.

2 Methoden

Om de hierboven gestelde vragen te kunnen beantwoorden is gebruik gemaakt van literatuuronderzoek en interviews. De scope van dit onderzoek is afgebakend: enkel de drugsproductie in Nederland met de hieraan gerelateerde drugsdumpingen is onderzocht. De import van drugs valt buiten dit project. Door middel van literatuuronderzoek en interviews is bepaald welke stoffen relevant zijn en in welke hoeveelheden deze geproduceerd en gedumpt worden in Nederland. Er is onderzocht welke syntheseroutes er momenteel in Nederland gebruikt worden voor het produceren van synthetische drugs, wat voor soort afval hierbij verwacht wordt en in welke mate, waar en op welke wijze dit afval gedumpt wordt. Vervolgens is onderzocht wat er bekend is over de toxiciteit en de ophoping in de voedselketen van de verschillende stoffen die kunnen voorkomen in het afval. Als laatste zijn de huidige chemische analysemethodes van WFSR in kaart gebracht om te bepalen of alle relevante stoffen in de relevante matrices gedetecteerd kunnen worden.

Interviews zijn gehouden met:

- Robin Wegh: projectleider binnen WFSR van een methodeontwikkelingsproject voornamelijk gericht op gevaren in veevoer. Daarnaast is hij betrokken bij het project waarin opsporing naar synthetische drugs en afval hiervan plaatsvindt.
- Sandra Munniks: onderzoeker binnen WFSR die o.a. drones gebruikt om boven stallen/mestkelders geurpatronen te detecteren om te achterhalen of er afval van synthetische drugs aanwezig is.
- Paul Zoontjes: onderzoeker en GC-MS-expert binnen WFSR, ook voor de Milieu Ongevallen Dienst (MOD). De MOD wordt weleens ingezet bij de ontmanteling van drugslabs.
- Joost van den Besselaar: materiedeskundige en drugsexpert bij de landelijke recherche.
- Jorrit van den Berg: werkzaam bij de afdeling verdovende middelen van het NFI.

De laatste cijfers van drugsdumpingen zijn bij het Coördinatiepunt Assessment en Monitoring nieuwe drugs (CAM)² verkregen.

² Ondergebracht bij het RIVM. Heeft als doel om indien nodig zo snel mogelijk een risicobeoordeling uit te voeren op nieuw verschenen drugs.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven. Allereerst wordt besproken wat bekend is over drugproductie in Nederland (paragraaf 3.1) en daaruit volgen de toegepaste productieprocessen (3.2) en de (verwachte) samenstelling van het drugsafval (3.3). Vervolgens wordt gerapporteerd wat bekend is over de dumping van drugsafval in Nederland. In paragraaf 3.5 staat beschreven welke analysemethoden vereist zijn (relevante stoffen en producten) én welke mogelijkheden WFSR op dit moment heeft. Afsluitend worden enkele potentiële risico's voor de voedselketen beschreven.

3.1 Synthetische drugsproductie in Nederland

In 2021 zijn 69 locaties in Nederland ontdekt waar synthetische drugs geproduceerd werden. In 86% van deze locaties ging het om amfetamine, methylamfetamine of 3,4-methyleen-dioxy-meth-amfetamine (MDMA) (Nationale Drugs Monitor, 2022). De meeste synthetische drugslabs die ontdekt worden zijn amfetaminelabs, dan methylamfetaminelabs en daarna MDMA-labs. Gemiddeld genomen zijn er in de periode 2018-2022 jaarlijks 84 locaties gevonden. In vergelijking met amfetamine en MDMA is er van methylamfetamine een minder goed beeld hoeveel hiervan in Nederland geproduceerd wordt. Er zijn indicaties dat de afgelopen jaren de productie van methylamfetamine in Nederland toegenomen is doordat tijdens de coronapandemie de productie van Zuid-Amerika naar Nederland is verplaatst, maar het is niet zeker of dit nu nog steeds zo is. Het is niet duidelijk of de gevonden drugslabs representatief zijn voor de hoeveelheid en het type drugsafval.

Naast MDMA-, amfetamine- en methylamfetaminelabs zijn in 2021 ook zeven locaties gevonden waar extractie (uitwassen), kristallisatie of verpakken van cocaïne plaatsvond (Nationale Drugs Monitor, 2022). Bij het wassen van cocaïne wordt deze uit verschillende dragermaterialen zoals kleding of shampoo gehaald, die gebruikt worden voor het verbergen van de cocaïne.

Ook heroïne wordt in Nederland geproduceerd, maar dit is in vergelijking met andere soorten drugs heel weinig. In 2021 werden drie productielocaties voor heroïne gevonden. Productielocaties zijn hierbij door de politie gedefinieerd als locaties waar synthese, kristallisatie, versnijding of verpakking van heroïne plaatsvond. Ook werden er in 2021 door de politie drie opslaglocaties voor heroïne, en twee dumpplekken voor afval van heroïneproductie ontdekt (Nationale Drugs Monitor, 2022).

Een relatief nieuwe groep drugs die in Nederland worden geproduceerd zijn de methcathinonen. In het European Drug Report 2020 van het European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA) wordt voor het eerst melding gemaakt van een ontdekt productielab voor het methcathinon mefedron in Nederland, in 2018. Daarna zijn nog verschillende methcathinonenproductielabs in Nederland aangetroffen, waaronder vier in 2021. Methcathinonen behoren tot de synthetische cathinonen en zijn chemisch verwant aan amfetamine en aan cathinone, een natuurlijk stimulerend middel dat voorkomt in de plant khat (*Catha edulis*) (EMCDDA, 2018). Methcathinonen bestaan al sinds de jaren 1930, hoewel ze pas relatief recent recreatief gebruikt worden. De eenvoudige productie heeft hieraan bijgedragen (Angoa-Pérez and Kuhn, 2016). Het EMCDDA volgde eind 2021 162 cathinonen (EMCDDA, 2022). Het NFI is bekend met vier hiervan, allen methcathinonen: 4-chloormethcathinon (4-CMC), 3-chloormethcathinon (3-CMC), 4-methylmethcathinon (4-MMC) ofwel mefedron, en 3-methylmethcathinon (3-MMC). 4-MMC en 4-CMC staan op de lijst van harddrugs en 3-MMC op de lijst van softdrugs van de Opiumwet. De productie hiervan is dus strafbaar. 3-CMC staat niet in de Opiumwet, maar voor het gebruik hiervan, evenals voor 3-MMC, heeft het EMCDDA in 2021 een risicobeoordeling uitgevoerd en heeft de Europese Commissie wetgeving voorgesteld om productie, handel en gebruik van deze stoffen in de EU te reguleren (EMCDDA, 2022).

3.2 Productieprocessen drugs in Nederland

3.2.1 Productieproces MDMA, amfetamine en methylamfetamine

In Nederland worden van de verschillende synthetische drugs MDMA, amfetamine en methylamfetamine het meest geproduceerd. De syntheroutes voor de productie hiervan komen deels met elkaar overeen. Precursoren die nodig zijn voor de productie van synthetische drugs worden besteld in het buitenland en vervolgens met behulp van verschillende chemicaliën in Nederland omgezet tot het gewenste eindproduct. Sinds 2010 worden ook de precursoren voor MDMA en (methyl)amfetamine chemisch vervaardigd omdat ook deze precursoren aan de verboden stoffenlijst van de Opiumwet zijn toegevoegd. Hierdoor bestellen drugsproducenten tegenwoordig geen precursoren meer, maar de precursor daarvan, oftewel de 'pre-precursoren'. Deze worden vaak besteld in Azië, waarna ze in Nederland in conversielabs worden omgezet in de precursoren. Vaak is dit hetzelfde lab als waar ook het eindproduct wordt gemaakt.

MDMA is beter bekend onder de gebruikersnaam ecstasy/XTC. De precursor van MDMA is piperonylmethylketon (PMK). De precursoren van PMK zijn safrol en isosafrol en de geur/smaakstof piperonal, ook wel heliotropine genoemd (EMCDDA, 2017). Hieronder is in Figuur 1 de omzetting van pre-precursor naar einddrug schematisch weergegeven.

Pre-precursoren		Precursor		Eindproduct
piperonal safrol isosafrol	->	piperonylmethylketon (PMK)	->	3,4-methyleen-dioxy-methamfetamine (MDMA)

Figuur 1 Omzetting pre-precursoren naar MDMA.

Voor zowel amfetamine, in de volksmond speed genoemd, en methylamfetamine ofwel crystalmeth, is de precursor benzylmethylketon (BMK). Voor de productie van BMK kunnen verschillende pre-precursoren gebruikt worden zoals alfa-fenylacetonitril (APAAN). Ook de stoffen alfa-fenylacetoacetamide (APAA) en methyl-alfa-fenylacetoacetaat (MAPA) zijn pre-precursoren, vaak in Azië gemaakt, die door conversielabs in Nederland omgezet worden in BMK en uiteindelijk in de beoogde drug. In Tsjechië wordt methylamfetamine voornamelijk geproduceerd uit de precursoren efedrine en pseudo-efedrine (EMCDDA, 2017). In Figuur 2 is dit schematisch weergegeven.

Pre-precursoren		Precursor		Eindproduct
alfa-fenylacetonitril (APAAN) alfa-fenylacetoacetamide (APAA) -> methyl α-fenylacetoacetaat (MAPA) fenylazijnzuur (PAA)		benzylmethylketon (BMK)	->	methylamfetamine en amfetamine
		(pseudo-)efedrine	->	

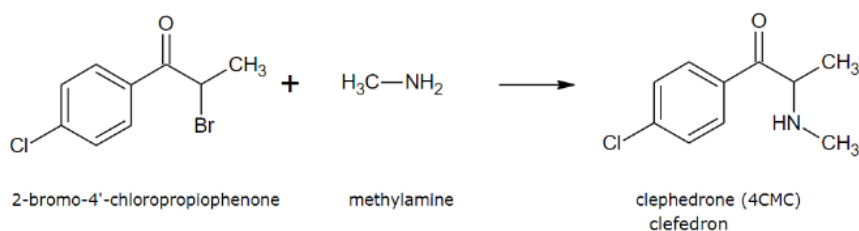
Figuur 2 Omzetting pre-precursoren naar amfetamine/methylamfetamine.

Voor zowel MDMA, amfetamine als methylamfetamine geldt dat voor de omzetting van een pre-precursor naar een precursor 1 kg pre-precursor, 3 liter water en 1 liter zuur of natronloog nodig is. Ongezuiverd BMK/PMK wordt vervolgens afgeschept waarbij onderliggend residu overblijft als afval. BMK/PMK wordt gereinigd door stoom- of vacuümdestillatie. Hierbij komt ook afval vrij. Met de verkregen BMK/PMK kan vervolgens (methyl)amfetamine en MDMA gemaakt worden. Oplosmiddelen zoals aceton, tolueen en methanol worden gebruikt voor het uitwassen van de chemicaliën. Het bij de productie ontstane afval bestaat uit residuen van de precursoren die niet volledig zijn gereageerd of overblijven na het reactieproces, de gebruikte oplosmiddelen en andere hulpstoffen die gebruikt zijn bij de reactie, isolatie en/of opschoning van de producten, zoals mierenzuur, zoutzuur, zwavelzuur, natriumhydroxide en schoonmaakmiddelen voor het (her)gebruiken van materialen (BTO, 2018).

3.2.2 Productieproces methcathinonen

Vanaf 2018 zijn in Nederland jaarlijks diverse labs aangetroffen waar methcathinonen geproduceerd werden (EMCDDA, 2020-2022). De grondstoffen voor deze stoffen zijn 2-broom-4'-chloropropiofenon (BCIPP) voor 4-chloormethcathinon (4-CMC), 2-broom-4'-methylpropiofenon voor 4-methylmethcathinon (4-MMC), 2-broom-3'-chloropropiofenon voor 3-chloormethcathinon (3-CMC) en 2-broom-3'-methylpropiofenon voor 3-methylmethcathinon (3-MMC).

Behalve de grondstoffen, is de productiemethode voor alle vier deze methcathinonen nagenoeg hetzelfde (NFI, persoonlijke communicatie, 2021). 4-MMC, ook wel mefedron genoemd, wordt bijvoorbeeld gevormd door eerst 4-chloor-propiofenon (CIPP) met behulp van broom of waterstofbromaat naar 2-broom-4'-chloropropiofenon (BCIPP) om te zetten. Het broommolecuul wordt vervolgens met methylamine vervangen door triethylamine in verhouding 1 op 2 in dichloormethaan (DCM) toe te voegen. Deze omzetting kan overnacht op kamertemperatuur plaatsvinden. Daarna wordt de mefedron eruit gehaald met behulp van een zuur/base extractie. Vervolgens kan de mefedron omgezet worden naar een hydrochloride zout en gekristalliseerd worden met behulp van aceton of isopropyl alcohol, met een opbrengst van 30 tot 50%. Tijdens de tweede stap kan BCIPP ook met methylamine reageren met behulp van natriumhydroxide in verhouding 1 op 1 in toluen. Dit zou een opbrengst geven van ongeveer 45%. In Figuur 3 is ter illustratie een vereenvoudigde weergave van dit proces afgebeeld, voor het zusterscathinon 4-CMC, ook wel clefedron genoemd.



Figuur 3 Omzettingsreactie precursor naar einddrug voor clefedron ofwel 4-chloormethcathinon (4-CMC).

3.3 Samenstelling van het drugsafval

Drugsafval is meestal een waterige oplossing bestaande uit vier componenten: (1) grondstoffen waarvan de drugs worden gemaakt, (2) oplosmiddelen, zoals aceton, (3) sterke zuren en basen om de grondstoffen om te zetten in drugs en (4) resten van het eindproduct (omdat de opbrengst van de synthese nooit 100% is). Oplosmiddelen als aceton en toluen worden vooral gebruikt voor het uitwassen van de chemicaliën. Voor al het geproduceerde drugsafval geldt dat het over het algemeen bij elkaar in een grote container wordt gestopt. Het te analyseren afval is dus een mix van verschillende stoffen. De exacte concentraties in het afval verschillen per eindproduct en hangen af van de efficiëntie van het productieproces en de verdamping van de vluchtige oplosmiddelen. Aan de hand van de gevonden combinatie van chemicaliën in het drugsafval, is vaak te achterhalen welk eindproduct hiervan gemaakt is.

Het afval van de productie van MDMA bestaat vooral uit organische oplosmiddelen zoals aceton. Afval van de productie van amfetamine is vooral sterk alkalisch door de aanwezigheid van natriumhydroxide. Verder bevat het veelal lage concentraties van amfetamine en andere oplosmiddelen zoals methanol. De productie van methylamfetamine geeft afval van dezelfde aard als dat van MDMA en betreft met name toluen en wijnsteenzuur. Bij productielabs van methylamfetamine wordt minder afval gevonden dan bij MDMA- of amfetaminelabs. Het is niet geheel bekend wat de oorzaak hiervan is; een mogelijke reden is dat het productieproces van methylamfetamine efficiënter is. Het is ook een mogelijkheid dat bij de synthese van methylamfetamine oplosmiddelen vaker hergebruikt kunnen worden dan bij andere syntheseprocessen. Alle chemische stoffen waarvan bekend is dat ze gebruikt worden bij de productie van MDMA, amfetamine en methylamfetamine in Nederland zijn te vinden in Bijlage 1.

Naast afval van de productie van MDMA en (methyl)amfetamine, wordt in mindere mate ook afval van cocaïnewaterijen gevonden. Dit betreft een toenemend fenomeen. Het gaat dan om ethylacetaat, tolueen, benzine en ammoniakachtige producten.

Voor de methcathinonen is nog niet goed in beeld wat voor afval er bij het productieproces ontstaat. Hier is tot nu toe één dumping van geregistreerd waarbij het afval in brand was gestoken. Verwacht wordt dat het afval voornamelijk bestaat uit oplosmiddelen, sterk alkalische waterige vloeistoffen en een kleine hoeveelheid eindproduct. Ook worden de stoffen 1-(4-chloorfenyl)-N-methylmethanimine, 1-(4-chloorfenyl)-N-methylmethanamine, 4-chloor-N-methylbenzamide, 1-(4-chloorfenyl)-1-(methylamino)propaan-2-one, 4-chloorbenzaldehyde en 1-(4-chloorfenyl)propaan-1-one in het afval verwacht. Dit omdat is gebleken dat bij de productie van 4-CMC, 3-CMC en 4-MMC lage concentraties van deze verontreinigingen in het afval voorkwamen.

3.4 Drugsdumpingen in Nederland

3.4.1 Manieren van dumpen

Drugsproducenten gebruiken verschillende manieren om van het drugsafval af te komen. Bij een 'klassieke dumping' wordt afval achtergelaten in vaten en jerrycans langs de weg. Daarnaast kan het afval ook in het milieu gedumpt worden, bijvoorbeeld in de berm of door middel van lozing rechtstreeks in de bodem of op het oppervlaktewater. Drugsafval wordt ook wel gedumpt in mestputten, in het riool of achtergelaten op de plek van het lab in IBC's (Intermediate Bulk Containers). In het laatste geval bellen eigenaren van de plek vaak niet naar de politie vanwege de eigen betrokkenheid (zoals betaling voor gebruik van een stal of schuur). De eigenaar van de locatie kan het afval eenvoudig kwijtraken door dit op te laten halen door een afvalverwerker. Deze hoeft enkel de pH van het afval te meten en heeft geen verdere onderzoeks- of meldingsplicht.

Dumpingen in het milieu zijn te herkennen aan een verkleuring van het oppervlaktewater, grond en/of planten waaraan te zien is dat er chemicaliën gedumpt zijn. Drugsafval wordt ook wel rechtstreeks in de bodem geloosd, al dan niet in de omgeving van een lab. Hierbij wordt een gat geboord waarin men afval weg laat lopen. Dumpingen in het milieu kunnen potentieel erg schadelijk zijn aangezien de chemicaliën via het grondwater tot op kilometers van de originele dumpplek kunnen komen.

Drugsafval wordt ook wel gevonden in woonwijken of in riolen. Lozen in het riool duurt echter vaak te lang, aangezien de concentratie in het riool erg laag moet blijven om te kunnen dumpen zonder dat dit gedetecteerd wordt. Zelfs wegen en snelwegen worden gebruikt om drugs te lozen, door middel van een vrachtwagen op de weg waarvan de kraan van de opslagtank opengedraaid wordt. Drugsafval wordt ook wel vermengd met stookolie voor binnenvaartschepen. Ook zijn gevallen bekend van dumping van afval van MDMA-productie, dat met name licht ontvlambare oplosmiddelen zoals aceton bevat, waarbij trailers van vrachtwagen de grens worden over gereden of op parkeerplaatsen worden achtergelaten (en in sommige gevallen worden deze in brand gestoken).

In geval van drugsdumpingen op de locatie van het drugslabs zelf, treft de politie af en toe slangetjes aan die gebruikt worden om een restroom via het toilet het riool in te voeren. Het is niet bekend of het hierbij gaat om koelwater of drugsafval. Drugslabs in stallen staan vaak op de roosters van de mestputten. Door knoeien of bewust lozen komt afval van het syntheseproces in de mestputten terecht. Het is van de meeste geloosde chemicaliën niet bekend in hoeverre deze stoffen in mest afbreken en hoe snel dit gebeurt. Ook wordt drugsafval geloosd in mestputten die nog in gebruik zijn en waarvan de mest dus nog over het land uitgereden kan worden.

3.4.2 Registratie van dumpingen

Ondanks dat de verschillende afvaldumpingen in Nederland wel worden geregistreerd is toch geen goed beeld van de omvang van het dumpen van drugsafval. Dit komt omdat een deel van de drugsdumpingen nooit vastgesteld worden wat leidt tot een onderschatting. Daarnaast wordt niet van elke geregistreerde

dumping nagegaan of het daadwerkelijk een drugsdumping betrof. Omdat er vaak geen verdachte bij een vondst betrokken is, is het strafrechtelijk niet interessant om de afvaldumping te onderzoeken. Een lege jerrycan in het bos kan daardoor in de statistieken komen te staan. Dat leidt tot een overschatting. In het algemeen is de omvang van de geregistreerde drugsdumpingen kleiner dan dat verwacht wordt op basis van bekende cijfers van drugsproductie in Nederland.

De frequentie van geregistreerde drugsdumpingen was in 2021 gestegen in vergelijking met het jaar daarvoor, met de meeste dumpingen in de provincies Limburg (61) en Noord-Brabant (47) ([politie.nl](https://www.politie.nl)). Deze stijging kan echter een vertekend beeld geven over de omvang aangezien het vaker dan in de jaren ervoor slechts ging om lege jerrycans / vaten of kleine hoeveelheden afval, waardoor het totale volume aan gedumpt drugsafval zelfs naar beneden zou zijn gegaan.

3.4.3 Drugsdumping versus andere chemicaliën in het milieu

Niet alle chemicaliën die in het milieu worden aangetroffen zijn afkomstig van dumpingen van afval van drugsproductie. Ook chemische luchtwasinstallaties die gebruikt worden bij varkens- en kippenstallen kunnen hier de oorzaak van zijn. Nitrieten en fosfaten die in de lucht van de stallen zitten komen in de luchtwassers terecht en deze worden vervolgens vaak uitgewassen met gebruik van zwavelzuur, dat ook gebruikt wordt bij drugssynthese. Het vuile 'waswater' met residuen van deze stoffen kunnen vervolgens over het land uitgereden worden. Als bij een beoogde dumping chemicaliën worden aangetroffen hoeft dit dus niet altijd van een drugsdumping afkomstig te zijn.

Rioolwateronderzoeken van kennisinstituut KWR tonen vaak residuen van drugs, of metabolieten hiervan, aan. Door het aantreffen van metabolieten is de conclusie logischerwijs dat deze residuen afkomstig zijn uit menselijke ontlasting. Het aantonen van drugs in rioolwater is goed uitvoerbaar. Afvalproducten van drugssyntheseprocessen worden echter niet als zodanig herkend in de mix van (huishoud)chemicaliën aanwezig in rioolwater.

3.5 Chemische eigenschappen en analysemogelijkheden

3.5.1 Stabiliteit van de stoffen (tekst herzien)

In 2017/2018 is een stabiliteitsstudie uitgevoerd van MDMA en amfetamine in water, grond en mest. De stabiliteitsproef had een duur van 6 maanden. De belangrijkste bevindingen hieruit zijn dat na 6 maanden MDMA en amfetamine voor ongeveer 40% respectievelijk 20% afbreken in grondwater. In oppervlaktewater zijn beide stoffen na ongeveer dertig dagen volledig afgebroken.

Na 6 maanden is in bodem MDMA voor ongeveer 60% afgebroken en amfetamine is na 2 maanden voor ongeveer 60% afgebroken in bodem (en na 6 maanden voor ongeveer 90%).

In varkensmest breekt MDMA in 4 maanden voor ongeveer 40% af en in rundermest breekt MDMA in 2 maanden voor ongeveer 80% af. Voor amfetamine geldt dat in zowel varkensmest als in rundermest amfetamine in 2 maanden voor ongeveer 80% afgebroken is.

3.5.2 Analysemethoden

WFSR heeft verschillende methodes om druggerelateerde stoffen te meten, gebruikmakend van vloeistofchromatografie-tandem-massaspectometrie (LC-MS/MS) en gaschromatografie-tandem-massaspectometrie (GC-MS/MS). Alle relevante stoffen die aangetroffen worden bij de productie van MDMA, amfetamine en methylamfetamine in Nederland kunnen worden gemeten, evenals de drugs cocaïne, heroïne en GHB (Bijlage 1).

Zowel de eindproducten MDMA, amfetamine en methylamfetamine als de precursoren MAPA, APAAN, APAA, BMK en PMK kunnen gemeten worden met behulp van LC-MS/MS in water en mest, grond, mais, kuilmais, gras en grasbrok. De detectielimiet is hierbij 0,5 ug/kg voor MDMA en 10 ug/kg voor (methyl)amfetamine. Ook kan een indicatie gegeven worden van de gehaltes van de pre-precursoren safrol, dihydrosafrol en isosafrol. Voor deze drie safrolen is ook een GC-MS/MS-methode beschikbaar waarmee een nauwkeuriger

gehalte bepaald kan worden. Sinds 2021 vindt routinematige analyse van MDMA in mais plaats binnen het Nationaal Plan Diervoeders.

Voor een aantal stoffen die worden aangetroffen bij drugsdumpingen is nog geen analysemethode beschikbaar bij WFSR. Het gaat met name om methcathinonen met hun precursoren en afvalproducten horend bij de productie hiervan.

3.5.3 Mobiele MS

De mobiele massaspectrometer (MS) wordt gebruikt voor allerlei analyses aangaande voedselveiligheid en ook voor de analyse van drugs. De mobiele MS is klein, weegt 18 kg en is op microschaal gebouwd. Dit betekent dat de mobiele MS een factor 5 á 10 minder gevoelig is dan een reguliere MS. Omdat het bij locaties waar drugs geproduceerd worden doorgaans gaat om hoge concentraties, is dit verschil in gevoeligheid geen probleem. Daarnaast is het doel van het gebruik van mobiele MS-detectie op deze locaties het vaststellen of er producten van drugssynthese aanwezig zijn en niet het bepalen van de exacte concentratie.

3.5.4 Drone

Afgezien van gerichte meetmethoden om drugs aan te tonen, is het ook mogelijk om dit op een ongerichte manier uit te voeren. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van een drone die boven gebieden surveilleert. Deze drone heeft 14 verschillende elektrochemische sensoren die allemaal andere stoffen kunnen detecteren en zo een uniek geurprofiel afgeven. De drone kan een eventuele afwijking in de samenstelling van de lucht waarnemen en kan daarnaast tegelijkertijd een luchtmonster nemen om met bijvoorbeeld een GC-MS/MS een exactere samenstelling van het luchtmonster vast te stellen.

3.6 Mogelijke risico's voor de voedselketen

Stoffen in drugsafval kunnen mogelijk worden opgenomen door planten. In 2017 zijn van een perceel waarop mais is geteeld, snijmais en maiskolven bemonsterd door de NVWA en bij destijds het RIKILT (nu WFSR) onderzocht op de aanwezigheid van MDMA, waarbij MDMA in zowel de stengel als in de maiskolf van enkele planten is vastgesteld. Hoe de MDMA in de mais is terechtgekomen is niet vastgesteld. Een oorzaak kan zijn dat de MDMA via de grond na het uitrijden van vervuilde mest, of door beregening met vervuild water, in de mais terecht is gekomen.

Het NFI kijkt niet naar toxiciteit, maar enkel naar de samenstelling van gedumpt materiaal en maakt voor de rechtbank inzichtelijk waar de verdachte mee bezig was. Hierdoor is er nog weinig bekend over de toxiciteit van de afzonderlijke stoffen of mengsels daarvan en ook over welke stoffen een gevaar opleveren voor de voedselketen. Het effect van deze stoffen op dier of mens bij inname via gecontamineerde voeding is evenmin bekend.

Om de risico's van drugsafval op het voedselsysteem in te schatten is het belangrijk het gedrag van de relevante stoffen in mest, bodem en water te kennen. Daarbij is de persistentie (hoe lang blijft een stof intact en effectief) en de mobiliteit (beweegt een stof vanuit de grond naar grond- of oppervlaktewater en kan deze opgenomen worden door gewassen) relevant. Hiervoor kunnen gedragsstudies uitgevoerd worden in bodem en mest en opnamestudies door planten. Het meest relevant is om de opname in vollegroondsgewassen (groente en granen, inclusief voedergewassen) te bestuderen, omdat voor deze gewassen de kans op besmetting met drugsafval het grootste is.

Omdat de productie van synthetische drugs illegaal is in Nederland, zijn er geen maximum residulimieten vastgesteld voor drugs en hun precursoren in voeding en diervoeder.

4 Conclusies

In 2021 zijn in Nederland 69 locaties ontdekt waar synthetische drugs geproduceerd werden, wat overeenkomt met de voorliggende jaren. In 86% van deze locaties ging het om amfetamine, methylamfetamine of MDMA. Van deze drie drugs zijn de synthetische productieprocessen goed in beeld. Naast de productie van deze drugs wordt in mindere mate ook cocaïne gewassen in Nederland, waarbij oplosmiddelen worden gebruikt om het product uit dragermaterialen te extraheren. Productie van andere drugs lijkt minder voor te komen in Nederland, alhoewel nieuwe drugs zoals (meth)cathinonen op lijken te komen. Het afval wat bij de productie van synthetische drugs vrijkomt wordt vooral gedumpt in het milieu, zowel door dumping van vaten of lozing rechtstreeks in de bodem of op het oppervlaktewater. Ook wordt drugsafval in mestputten gedumpt. Het is niet bekend hoeveel drugsafval jaarlijks gedumpt wordt en om welke stoffen in welke hoeveelheden dit exact gaat.

Drugsafval is meestal een waterige oplossing bestaande uit vier componenten: (1) grondstoffen waarvan de drugs worden gemaakt, (2) oplosmiddelen, zoals aceton, (3) sterke zuren en basen om de grondstoffen om te zetten in drugs en (4) resten van de geproduceerde drug. Alle relevante stoffen gerelateerd aan de productie van amfetamine, methylamfetamine en MDMA kunnen met behulp van de bij WFSR aanwezige analysemethodes goed aangetoond worden.

Vanaf 2018 zijn drugslabs ontmanteld waar methcathinonen geproduceerd werden. Het kan van belang zijn om de precursoren hiervan, chloor- (en broom)houdende propiofenonen, te kunnen meten. Hetzelfde geldt voor de afvalproducten die ontstaan bij de synthese van methcathinonen.

Wanneer er een dumping van mogelijk drugsafval wordt ontdekt, wordt dit meestal niet geanalyseerd op exacte inhoudsstoffen. Er is tot op heden nog weinig onderzoek uitgevoerd naar de toxiciteit van deze stoffen en de impact of schade die deze dumpingen veroorzaken in het milieu. Dit geldt ook voor de mate waarin deze stoffen door planten en dieren worden opgenomen en de risico's van (ophoping van) deze stoffen in de voedselketen.

5 Aanbevelingen

Hoewel niet bekend is wat de exacte omvang van methcathinonenproductie in Nederland is en of productie hiervan blijvend is, wordt aanbevolen om hieraan gerelateerde stoffen in de analysemethodes van WFSR op te nemen. Het betreft hier de precursoren van methcathinonen: chloor- (en broom)houdende propiofenonen, evenals een aantal afvalproducten die ontstaan bij de synthese van methcathinonen. Hoewel er pas in 2018 voor het eerst drugslabs zijn ontmanteld waar methcathinonen werden geproduceerd en het niet bekend is of afval hiervan wordt gedumpt, is het wel aan te bevelen om deze stoffen te kunnen analyseren. Anders is ook niet te bepalen of afval van dit soort labs afkomstig kan zijn.

De politie of andere opsporingsinstanties zouden in de toekomst de inzet van drones kunnen uitbreiden met bijvoorbeeld een drone die is voorzien van sensoren, om zo chemische stoffen te detecteren. WFSR zou hier een belangrijke rol in kunnen hebben. Hiermee zou bijvoorbeeld monitoring van mestputten in al dan niet lege stallen kunnen plaatsvinden, omdat deze een gewilde locatie zijn onder producenten van illegale drugs. Een gedegen risicoanalyse om hiervoor de juiste locaties te selecteren is een vereiste.

Omdat het niet bekend is of en in welke concentraties de gedumpte stoffen in voedsel terecht kunnen komen en een risico vormen voor de voedselveiligheid, wordt aanbevolen te starten met stofgedragsstudies. Hoe persistent zijn de stoffen in mest, diverse soorten gronden en water? En welke stoffen kunnen potentieel accumuleren in het ecosysteem? De stofgedragsstudie omvat ook opnamestudies in gewassen die in de volle grond groeien en relatief veel water en/of meststoffen nodig hebben, omdat verwacht wordt dat dit soort gewassen de meeste stoffen zullen bevatten. Deze studie zou zich moeten richten op gewassen voor humane voeding én voor diervoeder.

Literatuur

- Angoa-Pérez, M., Kuhn, D.M., 2016. Neuropathology of Drug Addictions and Substance Misuse Volume 2: Stimulants, Club and Dissociative Drugs, Hallucinogens, Steroids, Inhalants and International Aspects. Academic Press
- Bedrijfstakonderzoek voor waterbedrijven (BTO), 2018. BTO Verkennend Onderzoek: Inventarisatie emissie routes van drugsafval en de relevantie voor de drinkwatersector. <https://edepot.wur.nl/518314>
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, 2017. European Drug Report 2017: Drug supply and the market: Precursor chemicals: new alternatives for amphetamines available. Publications Office of the European Union, Luxembourg. www.emcdda.europa.eu
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, 2018. European Drug Report 2018: Drug supply and the market: Synthetic cathinones. Publications Office of the European Union, Luxembourg. www.emcdda.europa.eu
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, 2020. European Drug Report 2020: New psychoactive substances. Publications Office of the European Union, Luxembourg. www.emcdda.europa.eu
- European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction, 2022. European Drug Report 2022: The drug situation in Europe up to 2022: Record synthetic cathinones trafficking to Europe and harms prompt new controls. Publications Office of the European Union, Luxembourg. www.emcdda.europa.eu
- Keizers, P., Ohana, D., van Aerts, L., Venhuis, B., Janssen, R., 2018. Basisnotitie Coördinatiepunt Assessment en Monitoring nieuwe drugs. <https://www.rivm.nl/publicaties/basisnotitie-coordinatiepunt-assessment-en-monitoring-nieuwe-drugs>
- Nationale Drug Monitor, 2022. Illegale handel, bezit en productie: 16.3.2 Ontmantelde productielocaties van drugs en drugsdumpingen. Geraadpleegd in december 2022, van <https://www.nationaledrugmonitor.nl/illegale-handel-bezit-en-productie-ontmantelde-productielocaties-van-synthetische-drugs-en-drugsdumpingen/>
- Opiumwet, 1925. Geraadpleegd in april 2023 van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0001941/2023-01-01>
- Politie, 2022. Minder hennepkwekerijen en drugslabs ontmanteld. Geraadpleegd in december 2022, van <https://www.politie.nl/nieuws/2022/april/4/minder-hennepkwekerijen-en-drugslabs-ontmanteld.html>
- Politie, 2023. Nationaal Overzicht Drugslocaties 2022: 4.1 Productielocaties synthetische drugs. <https://www.politie.nl/binaries/content/assets/politie/nieuws/2023/april/nationaal-overzicht-drugscijfers-2022.pdf>
- Wagner, B., Gerletti, P., Fürst, P., Keuth, O., Bernsmann, T., Martin, A., Schäfer, B., Numata, J., Lorenzen, M.C. & Pieper, R., 2022. Transfer of cannabinoids into the milk of dairy cows fed with industrial hemp could lead to Δ9-THC exposure that exceeds acute reference dose. Nature Food, 3(11), 921-932.

Bijlage 1 Lijst van relevante drugsgerelateerde stoffen die WFSR kan meten

WFSR heeft momenteel analysemethodes beschikbaar voor de volgende stoffen:

Eindproduct	Precursoren	Pre-precursoren
methyldamfetamine en amfetamine	benzylmethylketon (BMK) efedrine	alfa-fenylacetoacetamide (APAA) alfa-fenylacetonitril (APAAN) methyl α-fenylacetoacetaat (MAPA) fenylazijnzuur (PAA) fenylnitropropeen
3,4-methyleen-dioxy-methamfetamine (MDMA)	piperonylmethylketon (PMK)	piperal safrol isosafrol

Overige eindproduct

- GHB (gamma-hydroxyboterzuur)
- GBL (Gamma-butyrolacton)
- Heroïne
- Cocaïne

Chemicaliën/zuren

- Ammoniumformiaat
- Benzaldehyde
- Ethylacetaat
- Natrium hydroxide
- Formamide
- Fosforzuur
- Kaliumhydroxide
- Methylamine
- Mierenzuur
- Waterstofbromide
- Zoutzuur
- Zwavelzuur

Oplosmiddelen

- Aceton
- Methanol
- Toluene
- Ethanol
- Isopropanol

Wageningen Food Safety Research
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
wur.nl/food-safety-research

WFSR-rapport 2023.008



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food Safety Research
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
wur.nl/food-safety-research

WFSR-rapport 2023.008

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

