



Nederlandse Voedsel- en
Warenautoriteit
Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit

> Retouradres Postbus 43006 3540 AA Utrecht

Aan de minister van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit

Aan de inspecteur-generaal van de Nederlandse
Voedsel- en Warenautoriteit

Met afschrift aan de minister voor Medische Zorg en
Sport

Van de directeur bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Advies over de dier- en volksgezondheidsrisico's van op
voormalige voedingsmiddelen gekweekte insecten als
grondstof voor diervoeder

**Bureau Risicobeoordeling &
onderzoek**

Catharijnesingel 59
3511 GG Utrecht
Postbus 43006
3540 AA Utrecht
www.nvwa.nl

Contact

T 088 223 33 33
risicobeoordeling@nvwa.nl

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

Datum

16 oktober 2019

Aanleiding

De komende decennia zal de behoefte van mens en dier aan voedingseiwitten sterk groeien. Er is daarom toenemende aandacht voor gekweekte insecten als nieuwe eiwitbron. Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) ziet het gebruik van reststromen in de voedselketen, zoals voormalige voedingsmiddelen (VVM)^{1,2}, als voedingsbodemp (substraat) voor insecten, die vervolgens gebruikt worden als grondstof voor diervoeder bestemd voor voedselproducerende dieren, als een duurzame en innovatieve ontwikkeling die verder verkend moet worden^{3,4}. Deze ontwikkeling brengt mogelijk risico's voor de voor de dier- en volksgezondheid met zich mee.

De beleidsdirectie Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit van het ministerie van LNV heeft bureau Risicobeoordeling & onderzoek (BuRO) van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) het volgende gevraagd:

1. Wat zijn op hoofdlijnen de risico's voor de dier- en de volksgezondheid van insecten die gekweekt zijn op VVM, en die worden verwerkt tot diervoeder voor landbouwhuisdieren⁵?

¹ Voormalige voedingsmiddelen: 'levensmiddelen, met uitzondering van cateringresten, die met volledige inachtneming van de EU-levensmiddelenwetgeving voor menselijke consumptie zijn geproduceerd, maar niet langer voor menselijke consumptie zijn bestemd, om praktische of logistieke redenen of wegens productieproblemen, verpakkingsgebreken of andere problemen en die, indien gebruikt als diervoeder, geen risico's voor de gezondheid inhouden' (Verordening (EU) Nr. 68/2013 van de Commissie van 16 januari 2013 betreffende de catalogus van voedermiddelen). Deze definitie omvat VVM van dierlijke oorsprong, VVM die producten van dierlijke oorsprong bevatten, en VVM van volledig plantaardige oorsprong.

² Levensmiddel of voedingsmiddel: 'alle stoffen en producten, verwerkt, gedeeltelijk verwerkt of onverwerkt, die bestemd zijn om door de mens te worden geconsumeerd of waarvan redelijkerwijs kan worden verwacht dat zij door de mens worden geconsumeerd' (Verordening (EG) Nr. 178/2002 van het Europees Parlement en de Raad van 28 januari 2002 tot vaststelling van de algemene beginselen en voorschriften van de levensmiddelenwetgeving, tot oprichting van een Europese Autoriteit voor voedselveiligheid en tot vaststelling van procedures voor voedselveiligheidsaangelegenheden).

³ Kamerbrief 13058527. Stand van zaken betreffende insecten in diervoeder en aquacultuur. 19 april 2013.

⁴ Kamerbrief 15079841. Ruimte voor vernieuwing toekomstbestendige wet- en regelgeving. 20 juli 2015.

⁵ Daar waar in dit advies de term 'landbouwhuisdier' gebruikt wordt: landbouwhuisdieren anders dan pelsdieren. Het advies betreft voedselproducerende dieren ofwel dieren, die of waarvan producten in de (humane) voedselketen komen. Hieronder vallen ook aquacultuurdieren.

2. Hoe kunnen deze risico's adequaat beheerst worden?

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Aanpak

Om deze vragen te beantwoorden, heeft BuRO de door de European Food Safety Authority (EFSA) en de French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES) opgestelde reviews over de gezondheidsrisico's van het gebruik van insecten en insectenproducten als voedingsmiddelen en als diervoeder bestudeerd. De reikwijdten van de op grond hiervan opgestelde opinies (ANSES, 2015; EFSA SC, 2015) zijn erg breed: ze omvatten meer dan 2000 eetbare insectensoorten (Jongema, 2017), verschillende levensstadia, kweekmethoden (substraten en productieomgeving) en verwerkingsmethoden en laten zien dat er nog veel kennislacunes zijn. Hierdoor was het niet mogelijk om de specifieke gezondheidsrisico's voor elk van de mogelijke varianten te beoordelen of om tot een generieke beoordeling van de risico's te komen.

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

Om tot een specifieke beoordeling te komen over de risico's voor de dier- en volksgezondheid bij het gebruik van op VVM gekweekte insecten die worden verwerkt tot diervoeder voor landbouwhuisdieren, heeft BuRO aanvullend literatuuronderzoek uitgevoerd. De risicobeoordeling werd uitgevoerd volgens de vier stappen waaruit een risicobeoordeling bestaat zoals gedefinieerd door de Codex Alimentarius Commissie (FAO & WHO, 2015). Bij de beoordeling heeft BuRO zich beperkt tot insectensoorten die interessant zijn voor grootschalige productie en die gekweekt kunnen worden op VVM. Er is nagegaan welke gevaren voor de dier- en volksgezondheid het gebruik van VVM als substraat voor deze insecten met zich meebrengt wanneer deze insecten als (grondstof voor) diervoeder gebruikt worden, hoe die gevaren veranderen tijdens het productieproces en voor de risico's die optreden zijn beheersmaatregelen geformuleerd.

De onderzoeksvragen betreffen naast de risicobeoordeling en formulering van beheersmaatregelen ook juridische aspecten. Bureau Risicobeoordeling & onderzoek is nagegaan wat de vigerende wet- en regelgeving is op het gebied van (diervoeder voor) landbouwhuisdieren die ook van toepassing is op de kweek van insecten op VVM en het gebruik van insecten als diervoedergrondstof en wat daar de overwegingen achter zijn. Deze worden in het advies samengevat.

Reikwijdte en afbakening

In het advies worden alleen de chemische en microbiologische dier- en volksgezondheidsrisico's beoordeeld van het gebruik van diervoeder voor voedselproducerende landbouwhuisdieren dat samengesteld is uit insecten die gekweekt zijn op VVM. Het betreft daarbij de kweek van larven van de zwarte soldaatvlieg (*Hermetia illucens*), larven van de huisvlieg (*Musca domestica*), meelwormen (larven van *Tenebrio molitor*, meeltor) en kleine meelwormen (larven van *Alphitobius diaperinus*, piepschuimkever) die gekweekt zijn op VVM van zowel plantaardige als dierlijke oorsprong. De chemische dier- en volksgezondheidsrisico's van stoffen die aanwezig kunnen zijn in restanten van verpakkingsmateriaal van VVM in het substraat worden hierin niet meegenomen. Een risicobeoordeling hiervan is niet mogelijk door het ontbreken van goede blootstellingsgegevens en kennis van de toxiciteit en kinetiek van de ongewenste stoffen in de specifieke voedermatrices en het effect van deeltjesgrootte en -vorm (BuRO, 2006; EFSA SC, 2015; RIVM-RIKILT, 2006). Een in 2011 door RIKILT uitgevoerde risico-inventarisatie van resten van verpakkingsmaterialen in VVM

(van Raamsdonk et al., 2011) kan een eerste aanzet vormen voor een risicobeoordeling.

Een aantal andere dier- en volksgezondheidsrisico's zijn in dit advies buiten beschouwing gelaten. Zo worden de dier- en volksgezondheidsrisico's die kunnen ontstaan door antimicrobiële resistentie niet meegenomen. Ook de diergezondheidsrisico's van fysische gevaren zoals glas of metaal worden niet meegenomen. Allergie-gerelateerde diergezondheidsrisico's die mogelijk ontstaan door het voeren van dieren met diervoeder afkomstig van insecten maken geen onderdeel uit van de risicobeoordeling. Ook contact- en inhalatieallergie-gerelateerde gezondheidsrisico's voor werkers in insectenkwekerijen vallen buiten beschouwing van deze risicobeoordeling. Het risico van allergenen is immers niet specifiek voor het gebruik van VVM als groeisubstraat, maar voor het gebruik en de kweek van insecten in het algemeen. In 2014 heeft BuRO hier een advies over uitgebracht aan de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en de staatssecretaris van Economische Zaken (BuRO, 2014). Verder gaat het advies niet in op risico's die samenhangen met eisen of aspecten die betrekking hebben op diervoederhygiëne tijdens de productie van insecten als diervoedergrondstof, zoals de EU-wetgeving^{6,7} verplicht voor de productie van alle diervoeders. Deze zijn randvoorwaarde voor de kweek van insecten.

Bevindingen

De chemische en microbiologische samenstelling van insecten wordt voornamelijk bepaald door hun voeding. De mogelijke chemische en microbiologische risico's van het gebruik van op VVM gekweekte insecten als diervoeder voor landbouwhuisdieren voor de dier- en volksgezondheid worden daarom voornamelijk bepaald door de chemische en microbiologische agentia die aanwezig kunnen zijn in het uit VVM samengestelde substraat. Deze gevaren kunnen echter veranderen tijdens het productieproces.

De definitie van VVM impliceert dat VVM dezelfde mate van veiligheid hebben als voedingsmiddelen. Een voedingsmiddel dat veilig is voor mensen kan echter mogelijk niet veilig voor dieren zijn.

Chemische risico's

De concentraties van chemische contaminanten in voedingsmiddelen en dus ook in VVM zijn laag en overschrijden slechts incidenteel de normen voor voedingsmiddelen.

Larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen kunnen tijdens de kweek in meer of mindere mate gecontamineerd raken met chemische agentia die in het substraat waarop zij gekweekt worden voorkomen. Het gaat hierbij om mycotoxinen, gewasbeschermingsmiddelen, dierbehandelingsmiddelen en milieucontaminanten zoals zware metalen, dioxinen,

⁶ Verordening (EG) Nr. 178/2002 van het Europees Parlement en de Raad van 28 januari 2002 tot vaststelling van de algemene beginselen en voorschriften van de levensmiddelenwetgeving, tot oprichting van een Europese Autoriteit voor voedselveiligheid en tot vaststelling van procedures voor voedselveiligheidsaangelegenheden (algemene levensmiddelenverordening, ALV).

⁷ Verordening (EG) Nr. 183/2005 van het Europees Parlement en de Raad van 15 november 2005 tot vaststelling van voorschriften voor diervoederhygiëne.

polychloorbifenylen (PCB's), polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en vlamvertragers.

Ophoping⁸ van schadelijke chemische contaminanten in de larven vanuit besmette substraten kan, voor zover bekend, alleen plaatsvinden voor arseen, de zware metalen⁹ cadmium, kwik en lood, dioxinen en dioxine-achtige PCB's.

Ondanks dat de larven de potentie hebben om contaminanten uit het substraat op te hopen, is uit het literatuuronderzoek niet gebleken dat dit leidt tot concentraties van deze contaminanten in de insectenlarven die schadelijk zijn voor de gezondheid. De concentraties van contaminanten in de insectenlarven zijn vergelijkbaar of lager dan de concentraties van deze stoffen gemeten in (voormalige) voedingsmiddelen. Gezien de korte levensduur van de insectenlarven en de geringe mate waarin VVM de normen voor deze agentia overschrijden, zal het gebruik van op VVM gekweekte insecten als diervoeder(grondstof) alleen in zeer uitzonderlijke gevallen leiden tot ongewenste effecten, zijnde een mogelijk gezondheidsrisico. Pas bij langdurige blootstelling van landbouwhuisdieren aan juist die insectenproducten die de normen overschrijden is er een kans op ongewenste effecten. De ziektelast door chemische stoffen is echter zeer klein en epidemiologisch niet aantoonbaar. De chemische veiligheid van op VVM gekweekte insecten is vergelijkbaar met die van de VVM waarop ze gekweekt worden en ook vergelijkbaar met die van voedingsmiddelen

De aanwezigheid van chemische contaminanten in insecten wordt voldoende beheerst door de huidige beheersing van de aanwezigheid van contaminanten in (voormalige) voedingsmiddelen die gebruikt worden in het substraat. Wel is aandacht nodig voor de chemische agentia waarvan bekend is dat ze kunnen ophopen in de insectenlarven.

Microbiologische risico's

Voedingsmiddelen, en dus ook VVM, kunnen microbiologische agentia bevatten die schadelijk zijn voor mens en/of dier. Het gaat hierbij om micro-organismen¹⁰ en prionen¹¹. Levensmiddelen die veilig zijn voor mensen, kunnen microbiologische agentia bevatten die pathogeen zijn voor dieren. Dit geldt met name voor levensmiddelen die producten van dierlijke oorsprong bevatten.

Insecten worden gekweekt bij een verhoogde temperatuur (26-32 °C), waarbij uitgroei kan plaatsvinden van (pathogene) microbiologische agentia in het uit VVM samengestelde substraat tot concentraties die niet meer voldoen aan de voeder- en voedselveiligheidsnormen. Dit geldt alleen voor bacteriën, schimmels en gisten, en niet voor virussen, parasieten en prionen.

⁸ Er is sprake van ophoping of bioaccumulatie als de concentratie van een stof in insectenlarven hoger is dan de concentratie van deze stof in het substraat waarop de insecten gekweekt worden.

⁹ Onder zware metalen worden metalen met een soortelijke massa groter dan 5 g/cm³ verstaan.

¹⁰ Micro-organismen: 'bacteriën, virussen, gisten, schimmels, algen, parasitaire protozoa en microscopisch parasitaire helminthen, alsmede toxinen en metabolieten van deze organismen' (Verordening (EG) Nr. 2073/2005 van de Commissie van 15 november 2005 inzake microbiologische criteria voor levensmiddelen). Helminthen zijn wormen.

¹¹ Prionen zijn infectieuze eiwitten (Prusiner, 1998).

Onderzoek toont aan dat schadelijke micro-organismen die in het substraat aanwezig kunnen zijn, overgedragen kunnen worden naar larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen. Voor prionen is overdracht vanuit besmet substraat naar larven van een andere vliegensoort, *Sarcophaga carnaria*, aangetoond. Het is daarmee aannemelijk dat prionen via besmette substraten ook overgedragen kunnen worden naar de larven die onderwerp zijn van deze studie. Het is aangetoond dat micro-organismen en prionen in de larven hun biologische activiteit behouden en in staat zijn de met larven gevoerde dieren te koloniseren of te infecteren.

Deze risico's zijn voor micro-organismen te beheersen door een adequate kiemreducerende behandeling toe te passen tijdens de vervaardiging van het eindproduct (insectenlarven in hun geheel, insectenmeel of eiwit), waarbij het aantal kiemen gereduceerd wordt tot een aanvaardbaar niveau.

Er zijn echter geen geschikte methoden voor inactivatie van prionen in diervoeders of voedingsmiddelen. Het voorkomen van aanwezigheid van prionen in de VVM waarop de insectenlarven gekweekt worden is dan ook de enige manier om de kans op prionziekten voor de dier- en volksgezondheid te beheersen.

Prionziekten of TSE's¹² zijn onder natuurlijke omstandigheden tot nu toe alleen maar aangetroffen bij hogere vertebraten (zoogdieren). Wat voedselproducerende landbouwhuisdieren betreft gaat het met name om herkauwers: runderen (BSE¹³ of 'gekkekoeienziekte'), schapen en geiten (scrapie), hert-achtigen (CWD, *Chronic Wasting Disease*). Prionziekten zijn (nog) niet te genezen en hebben altijd een fatale afloop. Prionziekten zijn bijna nooit overdraagbaar tussen diersoorten, uitgezonderd BSE, wat bij de mens door consumptie van besmette rundvleesproducten tot variant Creutzfeld-Jakob (vCJD) kan leiden. Natuurlijk voorkomende prionziekten zijn tot op heden niet aangetroffen bij niet-herkauwende landbouwhuisdieren of bij vis, schaal- en schelpdieren. Prionen komen niet voor bij insecten.

Hersenen, ruggenmerg, ogen, tonsillen en delen van de ingewanden van herkauwers zijn het belangrijkste reservoir van prionen. Dit gespecificeerde risicomateriaal (SRM, *specified risk material*) wordt daarom buiten de voeder- en voedselketen gehouden. De reductie van TSE-infectiviteit door verwijdering van SRM wordt tot drie ordes van grootte geschat. Bij een lage incidentie van BSE in de runderpopulatie vormt deze resterende lage concentratie prionen in vlees van herkauwers, of producten daarvan gemaakt, een verwaarloosbaar gezondheidsrisico voor de mens door de soortbarrière¹⁴. Hierdoor treedt geen infectie bij de mens op. Wanneer deze soortbarrière ontbreekt, zoals bij vervoeding van materiaal afkomstig van dieren binnen de eigen diersoort, ofwel intra-species *recycling*, kan dit mogelijk wel tot accumulatie van prionen binnen de soort en tenslotte tot verhoogde kans op ziekte leiden. Anders gezegd, VVM van dierlijke oorsprong die veilig zijn voor de mens, zijn daarom met betrekking tot het gevaar van prionen niet altijd geschikt voor het voederen aan elke diersoort.

¹² TSE: *transmissible spongiform encephalopathy*.

¹³ BSE: *bovine spongiform encephalopathy*.

¹⁴ De soortbarrière is een transmissiebarrière die de verspreiding van prionen tussen verschillende diersoorten beperkt; de soortbarrière tussen rund en mens wordt 4000 geschat (EFSA BIOHAZ Panel, 2006).

De kans op het ontstaan van prionziekten door intra-species *recycling* is het grootst bij herkauwende landbouwhuisdieren, maar ook intra-species *recycling* bij niet-herkauwende diersoorten zou (in theorie) kunnen leiden tot accumulatie van tot nu toe nog onbekende prionen in een dierpopulatie. Er is wel onzekerheid over de kans dat dit kan optreden. Deze is afhankelijk van de levensduur van de bevattelijk diersoorten, infectiviteit van de prionen en de hoeveelheid infectieus materiaal dat teruggevoerd wordt in een dierpopulatie. De incubatietijd van prionziekten is lang, waardoor een besmetting in de populatie pas laat wordt opgemerkt. Voor BSE is berekend dat het met het huidige niveau van surveillance¹⁵ minstens 16 jaar duurt voordat herintroductie van BSE gedetecteerd kan worden. Hierdoor kan de ziekte zich gemakkelijk onopgemerkt verspreiden. Gezien de ernst van prionziekten en de mogelijk late ontdekking ervan, terwijl de prionen zich al verspreid hebben in een populatie van gevoelige diersoorten is het van belang om intra-species *recycling* niet alleen bij herkauwers te voorkómen, maar bij alle landbouwhuisdiersoorten.

Het is door de soortbarrière tussen herkauwers en niet-herkauwers zeer onwaarschijnlijk, maar niet uitgesloten, dat prionen via de consumptie van materiaal van herkauwers overgedragen kunnen worden aan niet-herkauwende landbouwhuisdieren. Vanwege deze niet uit te sluiten kans dient de huidige EU-wetgeving die betrekking heeft op het op vervoederen en voeren van herkauwers te blijven gehandhaafd.

Aangezien in het substraat aanwezige prionen terechtkomen in of op larven die er op gekweekt worden, zal diervoeder dat bestaat uit larven die gekweekt zijn op substraat dat prionen bevat, prionen bevatten. Er is dus een kans op aanwezigheid van prionen als materiaal van een diersoort via een passage in insecten teruggevoerd wordt binnen dezelfde diersoort. Of dit kan leiden tot accumulatie van prionen in een bevattelijke dierpopulatie is dan ook weer afhankelijk van de levensduur van de diersoorten, de infectiviteit van de prionen en de hoeveelheid infectieus materiaal dat terug gevoerd wordt in een dierpopulatie.

Het voeren van landbouwhuisdieren met diervoeder afkomstig van larven die gekweekt zijn op substraten met VVM afkomstig van vlees van herkauwende dieren vormt een risico van prionen voor de dier- en volksgezondheid. De grootte van dit risico is niet bekend. Het voeren van herkauwers met diervoeder afkomstig van larven die gekweekt zijn op substraten met VVM afkomstig van vlees van herkauwende dieren zorgt voor de grootste kans op besmetting. De kans op overdracht van prionen door het voeren van niet-herkauwers met insectenlarven die gekweekt zijn op VVM dat vlees van herkauwers bevat is vanwege de soortbarrière tussen herkauwer en niet-herkauwer zeer klein, maar niet uitgesloten.

Het gebruik van substraten met VVM afkomstig van vlees van niet-herkauwende diersoorten en van vis, schaal- en schelpdieren) vormt echter een verwaarloosbaar risico van prionen voor de dier- en volksgezondheid, mits de

¹⁵ In landen of gebieden met een verwaarloosbaar BSE-risico is bewaking zo opgezet dat bij een aangenomen prevalentie van minimaal 1 geval per 50.000 de populatie volwassen runderen in het betrokken land of gebied met een betrouwbaarheid van 95% opgespoord wordt (Verordening (EG) Nr. 999/2001 van het Europees Parlement en de Raad van 22 mei 2001 houdende vaststelling van voorschriften inzake preventie, bestrijding en uitroeiing van bepaalde overdraagbare spongiforme encefalopathieën ('*extended feed ban*' of TSE-verordening); OIE, 2018).

diersoort die gevoerd wordt met het uit insecten geproduceerde diervoeder geen herkauwer is en niet overeenkomt met de diersoort in de VVM. De controle hiervan is op dit moment niet mogelijk doordat er nog geen gevalideerde methoden beschikbaar zijn voor detectie en identificatie van DNA van niet-herkauwende landbouwhuisdieren in diervoeders. Verder vereist het de scheiding van VVM-stromen naar diersoort.

Het voeren van landbouwhuisdieren met diervoeder afkomstig van larven die gekweekt zijn op substraten met VVM van volledig plantaardige oorsprong, VVM afkomstig van zuivel, eieren, honing en gesmolten vet of VVM met gelatine/collageen van niet-herkauwers vormt geen risico voor de dier- en volksgezondheid, want deze substraten zullen geen prionen bevatten.

Bovenstaande beoordeling van de risico's staat los van hetgeen is vastgelegd in wetgeving. Echter, de EU-wetgeving is op de volgende manier van toepassing op het kweken van insecten op VVM met componenten van dierlijke oorsprong en op het gebruik van insecten als diervoedergrondstof voor landbouwhuisdieren (ongeacht het substraat waarop de insecten gekweekt worden):

- De Verordening dierlijke bijproducten¹⁶ (DBP) staat alleen de rechtstreekse¹⁷ (zonder voorafgaande bewerking) vervoeding van VVM met dierlijke componenten aan landbouwhuisdieren toe als deze dierlijke componenten afkomstig uit zijn zuivel, eieren, honing, gesmolten vet, gelatine en collageen (Verordening (EU) Nr. 142/2011¹⁸). Hierbij staat de TSE-verordening¹⁹ alleen het gebruik van collageen en gelatine toe dat afkomstig is van niet-herkauwende landbouwhuisdieren.
- Insecten zijn landbouwhuisdieren volgens de DBP-verordening en mogen ook alleen met bovengenoemde VVM gevoerd worden.
- De DBP-verordening stelt voorwaarden aan de wijze van behandeling van bepaalde dierlijke bijproducten, waaronder ook insecten, alvorens deze te kunnen benutten in/als diervoeders, bijvoorbeeld verwerking door sterilisatie onder druk (zie Verordening (EU) Nr. 142/2011).
- De TSE-verordening staat op dit moment alleen toe dat een beperkt aantal insectensoorten²⁰ als verwerkte dierlijke eiwitten worden vervoerd aan aquacultuurdieren.

¹⁶ Verordening (EG) Nr. 1069/2009 van het Europees Parlement en de Raad van 21 oktober 2009 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten en tot intrekking van Verordening (EG) Nr. 1774/2002 (Verordening dierlijke bijproducten of DBP-verordening).

¹⁷ Onder rechtstreekse vervoeding van VVM wordt verstaan dat VVM voorafgaand aan vervoeding niet verwerkt worden op de wijze die Verordening (EU) 142/2011 voorschrijft voor alle als voermiddel voor landbouwhuisdieren bestemde categorie 3 dierlijke bijproducten.

¹⁸ Verordening (EU) Nr. 142/2011 van de Commissie van 25 februari 2011 tot uitvoering van Verordening (EG) Nr. 1069/2009 van het Europees Parlement en de Raad tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten en tot uitvoering van Richtlijn 97/78/EG van de Raad wat betreft bepaalde monsters en producten die vrijgesteld zijn van veterinaire controles aan de grens krachtens die richtlijn.

¹⁹ Verordening (EG) Nr. 999/2001 van het Europees Parlement en de Raad van 22 mei 2001 houdende vaststelling van voorschriften inzake preventie, bestrijding en uitroeiing van bepaalde overdraagbare spongiforme encefalopathieën ('extended feed ban' of TSE-verordening).

²⁰ Dit beperkt zich tot de volgende insectensoorten: zwarte soldaatvlieg (*Hermetia illucens*), huisvlieg (*Musca domestica*), meeltor (*Tenebrio molitor*), piepschuimkever (*Alphitobius diaperinus*), huiskrekel (*Acheta domestica*), dierentuinkrekel (*Gryllobates sigillatus*) en steppenkrekel (*Glyllus assimilis*).

Insecten mogen, net als alle andere landbouwhuisdieren, gevoerd worden met VVM van volledig plantaardige oorsprong.

Antwoorden op de onderzoeksvragen

1. *Wat zijn op hoofdlijnen de risico's voor de dier- en de volksgezondheid van insecten die gekweekt zijn op VVM, en die worden verwerkt tot diervoeder voor landbouwhuisdieren?*

De chemische risico's voor de dier- en volksgezondheid van het voeren van landbouwhuisdieren met diervoeder afkomstig van larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen die gekweekt zijn op een substraat samengesteld uit VVM van plantaardige en/of dierlijke oorsprong zijn vergelijkbaar met die van (voormalige) voedingsmiddelen en daarmee verwaarloosbaar.

Het voeren van landbouwhuisdieren met dergelijk diervoeder levert wel microbiologische risico's op voor de dier- en volksgezondheid. Deze risico's worden gevormd door pathogene micro-organismen en prionen die via de VVM in de insecten geïntroduceerd kunnen worden.

Pathogene micro-organismen die in VVM kunnen voorkomen, vormen een mogelijk risico bij gebruik van VVM van zowel plantaardige als dierlijke oorsprong.

Er is geen risico van prionen in insecten die gevoerd worden met VVM van volledig plantaardige oorsprong, VVM met dierlijke componenten afkomstig van zuivel, eieren, honing, gesmolten vet of VVM met collageen/gelatine van niet-herkauwende diersoorten. Deze producten zijn vrij van prionen. Bij gebruik van VVM dat andere dan hierboven genoemde producten van dierlijke oorsprong bevat (dus vlees van niet-herkauwers en vis, schaal en schelpdieren), wordt het risico van prionen bepaald door de diersoort die verwerkt is in de VVM waarop de insecten gekweekt worden in combinatie met de diersoort waaraan deze insecten gevoederd worden. Het risico van prionen is het grootst als via de passage in de larven intra-species *recycling* plaatsvindt.

2. *Hoe kunnen deze risico's adequaat beheerst worden?*

De risico's van chemische agentia voor de dier- en volksgezondheid worden voldoende beheerst door de huidige beheersing van contaminanten in (voormalige) voedingsmiddelen die gebruikt worden in het substraat. Wel is aandacht nodig voor schadelijke chemische agentia waarvan bekend is dat zij kunnen ophopen in de insectenlarven zoals arseen, cadmium, kwik, lood, dioxines en (dioxine-achtige) PCB's.

De risico's van pathogene micro-organismen in insecten gekweekt op een substraat samengesteld uit VVM van plantaardige en/of dierlijke oorsprong kunnen adequaat worden beheerst door een effectieve kiemreducerende behandeling van het eindproduct. Onder adequate beheersing wordt verstaan dat de eindproducten voldoen aan de microbiële veiligheidsnormen die gelden voor (op dit moment toegestane) verwerkte dierlijke eiwitten en andere uit dierlijke bijproducten verkregen voedermiddelen.

Bij gebruik van substraten met andere dierlijke componenten dan die afkomstig van VVM die zuivel, eieren, honing, gesmolten vet bevatten of VVM die collageen/gelatine van niet-herkauwende diersoorten bevatten (dus vlees van

niet-herkauwers en vis, schaal en schelpdieren) kan het risico afkomstig van prionen worden beheerst door te voorkomen dat de VVM waarmee de insectenlarven gevoerd worden producten van herkauwers bevatten, dat de diersoort die gevoerd wordt met het uit insecten geproduceerde diervoeder geen herkauwer is en dat de gevoederde niet-herkauwende diersoort niet overeenkomt met de niet-herkauwende diersoort in de VVM waarop de insecten worden gekweekt.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

Advies van BuRO

Aan de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

- Stel op basis van deze risicobeoordeling in de Europese Commissie (EC) een verdere aanpassing voor van de toepassende wet- en regelgeving die het volgende toestaat:
 - Naast het toegestane gebruik van insecten als verwerkte dierlijke eiwitten (in de zin van de DBP-verordening) als diervoedergrondstof voor aquacultuurdieren, mogen larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen vervoederd worden aan alle niet-herkauwende landbouwhuisdieren, en daarbij mogen ook andere adequate kiemreducerende behandelingen gebruikt worden dan de DBP-verordening nu voorschrijft.
 - Deze insectenlarven mogen gekweekt worden op substraten die VVM bevatten met vlees van niet-herkauwende dieren, vis en schaal- en schelpdieren, onder de voorwaarde dat de eiwitten in de VVM niet afkomstig zijn van dezelfde diersoort die gevoerd wordt met het uit insecten samengesteld diervoeder.

Aan de inspecteur-generaal van de NVWA

- Zie er specifiek op toe dat insecten(producten) als (grondstof voor) diervoeder voldoen aan de microbiële veiligheidsnormen die gelden voor verwerkte dierlijke eiwitten en andere uit dierlijke bijproducten verkregen voedermiddelen onder de vigerende wet- en regelgeving die van toepassing is op het kweken van insecten op VVM en het gebruik van insecten als diervoedergrondstof voor landbouwhuisdieren.
- Zie toe op de borging van de traceerbaarheid van de diersoort in VVM afkomstig van vlees van niet-herkauwende dieren, vis en schaal- en schelpdieren voor de kweek van insectenlarven als diervoeder, zodra wet- en regelgeving dit toestaat.
- Monitor ontwikkelingen in de insectensector om goed zicht te houden op mogelijke nieuwe risico's door introductie van meerdere soorten insecten en productiemethoden, zoals substraten, hulpmiddelen en diergeneesmiddelen.

Hoogachtend,

*Prof. dr. Antoon Opperhuizen
Directeur bureau Risicobeoordeling & onderzoek*

ONDERBOUWING

Insecten in de diervoederketen

Er zijn wereldwijd meer dan 2000 eetbare insectensoorten (Jongema, 2017). Hiervan hebben krekels (huiskrekkel, bandkrekkel, Afrikaanse treksprinkhaan, Amerikaanse woestijnsprinkhaan), meelwormen (meelworm, kleine meelworm en morioworm), vliegenlarven (larven van zwarte soldaatvlieg en huisvlieg) en rupsen (zijderups, rupsen van de wasmot en kleine wasmot) de grootste potentie om als voedings- of voedermiddel gebruikt te worden (ANSES, 2015; BuRO, 2014; EFSA SC, 2015; FAVV, 2014).

Insecten zijn een bron van hoogwaardige eiwitten, vetten, vitamines, mineralen en sporenelementen (Rumpold & Schlüter, 2013a; Rumpold & Schlüter 2013b). Insecten die gekweekt worden op organische rest- en afvalstromen hebben een lagere ecologische voetafdruk wat betreft broeikasgassen, water- en landgebruik dan traditionele eiwitbronnen (Gaffigan, 2017; Oonincx & de Boer, 2012). Landbouwers, betrokkenen in de landbouwsector en consumenten staan positief tegenover het gebruik van insecten in diervoeder (Verbeke et al., 2015).

De zwarte soldaatvlieg (*Hermetia illucens*), huisvlieg (*Musca domestica*), meeltor (*Tenebrio molitor*) en piepschuimkever (*Alphitobius diaperinus*) hebben een korte voortplantingscyclus en hun larven kunnen goed gekweekt worden op laagwaardige organische rest- en afvalstromen (Čičková et al., 2015; Diener et al., 2009; Diener et al., 2011; Nguyen et al., 2015; Oonincx et al., 2015; van Broekhoven et al., 2015; van Huis, 2016; Wynants et al., 2018b) tot hoogwaardige bronnen van eiwitten en vetten (tabel 1). Ook blijkt dat de larven van deze insecten geschikt zijn voor grootschalige industriële productie (Ferri et al., 2019; van Huis, 2013; van Huis et al., 2013; Veldkamp et al., 2012). Hiermee zijn met name deze insectensoorten geschikt om gevoerd op voormalige voedingsmiddelen (VVM) als grondstof voor de diervoederindustrie te dienen. De risicobeoordeling zal zich daarom beperken tot larven van deze insecten.

Tabel 1.

Eiwit- en vetgehalte (gebaseerd op droge stof) van larven van vier insectensoorten die zeer geschikt zijn voor grootschalige industriële productie.

Insectensoort	% Eiwit	% Vet	Referentie
<i>Alphitobius diaperinus</i>	45	42	Siemianowska et al., 2013
<i>Hermetia illucens</i>	42	35	Müller et al., 2017
<i>Musca domestica</i>	60-64	20-24	Hussein et al., 2017; Rumpold & Schlüter, 2013a
<i>Tenebrio molitor</i>	47-49	36-43	Rumpold & Schlüter, 2013a

Voormalige voedingsmiddelen

De EU-catalogus van voedermiddelen²¹ definieert VVM als: 'levensmiddelen, met uitzondering van cateringresten²², die met volledige inachtneming van de EU-levensmiddelenwetgeving voor menselijke consumptie zijn geproduceerd, maar niet langer voor menselijke consumptie zijn bestemd, om praktische of logistieke

²¹ Verordening (EU) Nr. 68/2013 van de Commissie van 16 januari 2013 betreffende de catalogus van voedermiddelen.

²² Keukenafval en etensresten.

redenen of wegens productieproblemen, verpakkingsgebreken of andere problemen en die, indien gebruikt als diervoeder, geen risico's voor de gezondheid inhouden.' Deze definitie omvat VVM van dierlijke oorsprong, VVM die producten van dierlijk oorsprong bevatten en VVM van volledig plantaardige oorsprong.

Voorbeelden van VVM zijn verkeerd ingepakte, geëtiketteerde, gevormde of gearomatiseerde voedingsmiddelen, overschotten van (seizoensgebonden) voedingsmiddelen, overschotten door beëindiging van een voedselproductielijn of breuken in voedingsmiddelen (BuRO, 2011; EFFPA, 2014; RIVM-RIKILT, 2010; Pinotti et al., 2019).

De definitie van VVM impliceert dat het gezondheidsrisico van tot VVM afgewaardeerde voedingsmiddelen gelijk is aan dat van voedingsmiddelen, omdat ze net als voedingsmiddelen moeten voldoen aan de eisen van de EU-levensmiddelenwetgeving. VVM hebben daarmee dezelfde mate van veiligheid als voedingsmiddelen. Een aantal producten van dierlijke oorsprong kan veilig zijn voor menselijke consumptie, maar niet veilig zijn voor de diergezondheid, bijvoorbeeld omdat zij ziekteverwekkers kunnen bevatten die pathogeen zijn voor dieren en niet voor mensen. Dit geldt met name voor levensmiddelen die (gedeeltelijke) bestaan uit producten van dierlijke oorsprong.

Het gebruik van VVM van dierlijke oorsprong of die producten van dierlijke oorsprong bevatten als (grondstof voor) diervoeder is in de EU sterk gereguleerd (zie: Vigerende wet- en regelgeving voor het gebruik van VVM als diervoeder(grondstof)). Hierdoor worden momenteel vooral VVM van energierijke voedingsmiddelen zoals cake, brood, koekjes, chocoladerepen, ontbijtgranen, pasta, hartige snacks en snoep (Bouxin, 2012; EFFPA, 2014; Pinotti et al., 2019; Schripsema et al., 2015; Tretola et al., 2017a; Tretola et al., 2017b) als diervoeder(grondstof) gebruikt. De VVM worden verwerkt door afvalverwerkingsbedrijven en diervoederproducenten. De opwaardering van VVM tot diervoedergrondstof is een combinatie van verschillende processen zoals verzamelen, uitpakken, mengen, malen, (vries)drogen en is afhankelijk van het type VVM: verpakt *versus* bulk of droog *versus* vochtig *versus* vloeibaar (Bouxin, 2012; Tretola et al., 2017a; van Raamsdonk et al., 2011). Deze processtappen hebben ook een effect op de veiligheid van VVM (Tretola et al., 2017a). Het verwerkte product wordt als zodanig, of gemengd met andere producten, direct geleverd aan veehouders.

Op dit moment hebben VVM geen duidelijke status als 'niet-afval'. Als onderdeel van de EU-strategie om voedselverspilling terug te dringen (het EU-actieplan voor een circulaire economie) zal de Europese Commissie (EC) samen met de lidstaten maatregelen nemen om de EU-wetgeving op het gebied van afval, levensmiddelen en diervoeders te verduidelijken en het gebruik van VVM in de productie van diervoeders te vergemakkelijken zonder de veiligheid van diervoeders in gevaar te brengen (EC, 2015). Recent heeft de EC een document²³ gepubliceerd met richtsnoeren voor gebruik als diervoeder van niet langer voor menselijke consumptie bestemde levensmiddelen, waaronder niet alleen VVM maar ook rest- en bijproducten uit de levensmiddelenindustrie vallen.

²³ 2018/c 133/02. Mededeling van de Commissie. Richtsnoeren voor het gebruik als diervoeder van niet langer voor menselijke consumptie bestemde levensmiddelen.

Vigerende wet- en regelgeving voor het gebruik van VVM als diervoeder(grondstof)

Het gebruik van VVM van dierlijke oorsprong of die producten van dierlijke oorsprong bevatten als diervoeder is wettelijk gereguleerd in de Verordening dierlijke bijproducten (DBP) (Verordening (EG) Nr. 1069/2009)²⁴ en de Verordening tot uitvoering van de DBP-verordening (Verordening (EU) Nr. 142/2011)²⁵.

Voormalige voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong of die producten van dierlijke oorsprong bevatten, vallen volgens de DBP-verordening onder categorie 3-materiaal dierlijke bijproducten. Dit houdt in dat VVM dat componenten van dierlijke oorsprong bevat alleen rechtstreeks²⁶ aan dieren vervoerd mogen worden die geen deel uitmaken van een voedselketen, behalve als het gaat om dierlijke componenten afkomstig uit zuivel, eieren, honing, gesmolten vet, collageen en gelatine die verwerkt moeten zijn als gedefinieerd in de levensmiddelenhygiëneverordening (Verordening (EG) Nr. 852/2004, artikel 2, lid 1, onder m)²⁷ (Verordening (EU) Nr. 142/2011, Bijlage X, Hoofdstuk II, Afdeling 10). Hierbij staat de TSE²⁸-verordening (Verordening (EG) 999/2001²⁹) alleen het gebruik van collageen en gelatine afkomstig van niet-herkauwende landbouwhuisdieren toe (Bijlage IV, Hoofdstuk I en II).

Vigerende wet- en regelgeving voor het gebruik van insecten als diervoeder(grondstof)

De EU-wetgeving is van toepassing op het kweken van insecten op VVM van dierlijke oorsprong en op het gebruik van insecten als diervoedergrondstof voor landbouwhuisdieren³⁰ (ongeacht het substraat waarop de insecten gekweekt worden) op de volgende manier:

- Insecten zijn landbouwhuisdieren volgens de DBP-verordening en mogen alleen rechtstreeks gevoerd worden met VVM met dierlijke componenten als deze afkomstig zijn uit zuivel, eieren, honing, gesmolten vet en collageen en gelatine bevatten (Verordening (EU) Nr. 142/2011, Bijlage X, Hoofdstuk II, Afdeling 10). Hierbij staat de TSE-verordening alleen het

²⁴ Verordening (EG) Nr. 1069/2009 van het Europees Parlement en de Raad van 21 oktober 2009 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten en tot intrekking van Verordening (EG) Nr. 1774/2002 (Verordening dierlijke bijproducten).

²⁵ Verordening (EU) Nr. 142/2011 van de Commissie van 25 februari 2011 tot uitvoering van Verordening (EG) Nr. 1069/2009 van het Europees Parlement en de Raad tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke bijproducten en afgeleide producten en tot uitvoering van Richtlijn 97/78/EG van de Raad wat betreft bepaalde monsters en producten die vrijgesteld zijn van veterinaire controles aan de grens krachtens die richtlijn.

²⁶ Onder rechtstreekse vervoeding van VVM wordt verstaan dat VVM voorafgaand aan vervoeding niet verwerkt worden op de wijze die Verordening (EU) 142/2011 voorschrijft voor alle als voedermiddel voor landbouwhuisdieren bestemde categorie 3 dierlijke bijproducten.

²⁷ Verwerking: 'handeling die het oorspronkelijke product ingrijpend wijzigt, onder meer door middel van verhitten, roken, zouten, rijpen, drogen, marinieren, extraheren of extruderen, of een combinatie van dergelijke behandelingen' (Verordening (EG) Nr. 852/2004 van het Europees Parlement en de Raad van 29 april 2004 inzake levensmiddelenhygiëne).

²⁸ TSE: *transmissible spongiform encephalopathy*.

²⁹ Verordening (EG) Nr. 999/2001 van het Europees Parlement en de Raad van 22 mei 2001 houdende vaststelling van voorschriften inzake preventie, bestrijding en uitroeiing van bepaalde overdraagbare spongiforme encefalopathieën ('*extended feed ban*' of TSE-verordening).

³⁰ Daar waar in dit advies de term 'landbouwhuisdier' gebruikt wordt: landbouwhuisdieren anders dan pelsdieren. Het advies betreft voedselproducerende dieren ofwel dieren, die of waarvan producten in de (humane) voedselketen komen. Hieronder vallen ook aquacultuurdieren.

gebruik van collageen en gelatine toe die afkomstig zijn van niet-herkauwende landbouwhuisdieren.

- De DBP-verordening stelt voorwaarden aan de wijze van behandeling van bepaalde dierlijke bijproducten, waaronder ook insecten, alvorens deze te kunnen benutten in/als diervoeders, bijvoorbeeld sterilisatie onder druk (Verordening (EU) Nr. 142/2011, Bijlage IV, Hoofdstuk III en Bijlage X, Hoofdstuk II).
- De TSE-verordening staat op dit moment alleen toe dat een beperkt aantal insectensoorten³¹ als verwerkte dierlijke eiwitten worden vervoerd aan aquacultuurdieren.

Op de website van de NVWA is een overzicht te vinden dat samenvat welke landbouwhuisdiersoorten wel of niet gevoerd mogen worden met verwerkte insecteneiwitten en welke dierlijke producten wel of niet gevoerd mogen worden aan insecten en de voorwaarden waaronder dit is toegestaan (NVWA, 2019).

De hierboven beschreven wet- en regelgeving (DBP-verordening en de TSE-verordening) heeft tot doel de potentiële risico's voor de gezondheid van dier en mens te voorkomen dan wel tot een minimum te beperken.

De DBP verordening is ontstaan na uitbraken van mond-en-klauwzeer, de BSE (boviene spongiforme encefalopathie) crisis en de dioxinecrisis, welke konden ontstaan door gebruik van dierlijke bijproducten (al dan niet VVM van dierlijke oorsprong) als diervoeder.

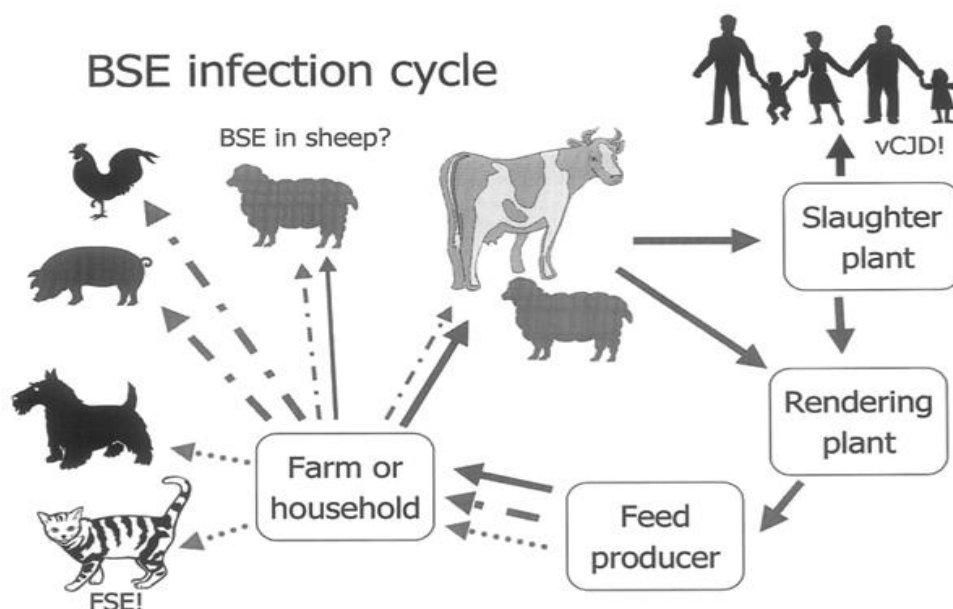
De wetgeving rondom TSE's vindt zijn oorsprong na de uitbraken van boviene spongiforme encefalopathie (BSE of 'gekkekoeienziekte') in de 90-er jaren van de vorige eeuw. BSE is een fatale prionziekte³² bij runderen die veroorzaakt werd door het voeren van runderen met diermeel afkomstig van runderen die met BSE geïnfecteerd waren. Het vervoederen van materiaal afkomstig van dieren binnen de eigen diersoort, ofwel intra-species *recycling*, in dit geval van rundereiwitten, creëerde een *feedback loop* (figuur 1). Hierdoor werden runderen constant blootgesteld aan BSE-prionen, waardoor accumulatie in runderpopulaties plaatsvond wat de overdracht van BSE versterkte en een epidemie veroorzaakte.

BSE bleek ook een fatale zoönose³³ die bij de mens variant Creutzfeldt-Jakob (vCJD) veroorzaakt (Bruce et al., 1997; Prusiner, 1998; Scott et al., 1999).

³¹ Dit beperkt zich tot de volgende insectensoorten: zwarte soldaatvlieg (*Hermetia illucens*), huisvlieg (*Musca domestica*), meeltor (*Tenebrio molitor*), piepschuimkever (*Alphitobius diaperinus*), huiskrekel (*Acheta domesticus*), dierentuinkrekel (*Grylodes sigillatus*) en steppenkrekel (*Glyllus assimilis*).

³² Een prion is een infectieus eiwit dat wordt gecodeerd door het Protease resistent Prion (PrP)-gen. PrP^c is het cellulaire prion, PrP^{Sc} is de pathologische isoform (Prusiner, 1998). De benaming prion komt van *proteinaceous infectious particle*, eigenlijk proin, maar door ontdekker Stanley B. Prusiner veranderd in prion omdat dat melodieuzer klinkt.

³³ Een zoönose is elke ziekte of infectie die op natuurlijke wijze overdraagbaar is tussen gewervelde dieren en mensen (WHO, 2019).



Figuur 1.

BSE-infectiecyclus en blootstelling van andere soorten aan producten van runderoorsprong. Ononderbroken pijlen (-) duiden op direct blootstelling aan van runderen afkomstige producten (voedingsmiddelen, diervoeder), onderbroken pijlen (-.-.) duiden op blootstelling aan diervoeder voor varkens of pluimvee, en gestippelde pijlen (.....) duiden op een blootstelling aan diervoeder geproduceerd voor gezelschapsdieren (honden en katten). Figuur afkomstig uit Doherr, 2003.

Om BSE en andere TSE's te beheersen bestaat er in de EU sinds 1994 een verbod op het gebruik van dierlijke eiwitten afkomstig van weefsels van zoogdieren voor de voeding van herkauwers, zoals runderen, schapen en geiten (*feed ban*, Beschikking 94/381/EG³⁴). In 2001 werd het verbod uitgebreid met een totaalverbod op het voeren van verwerkte dierlijke eiwitten aan alle landbouwhuisdieren (*extended feed ban* of TSE-verordening, Verordening (EG) Nr. 999/2001) met inachtneming van een aantal uitzonderingen. Dit was omdat het toegestane gebruik van dierlijke eiwitten in het voer van andere diersoorten (bijvoorbeeld varkens en pluimvee) kon leiden tot kruisbesmetting van voer dat bedoeld was voor herkauwers (Simmons et al., 2018). Deze kruisbesmetting vormde een hardnekkig probleem in diervoederfabrieken.

Ook is vastgelegd dat gespecificeerd risicomateriaal, dit zijn weefsels van runderen, schapen en geiten met de hoogste TSE-infectiviteit, na de slacht moeten worden verwijderd opdat zij niet in de voeder- en voedselketen terecht komen. Het gaat hierbij om ruggenmerg, hersenen ogen, tonsillen en delen van de ingewanden. Door de TSE-verordening wordt voorkomen dat prionen zich in de dierpopulaties kunnen ophopen en daar tot ziektelast leiden, maar ook de verspreiding naar de mens wordt hierdoor sterk gereduceerd.

Toen deze wetgeving vastgesteld werd waren insecten nog niet in beeld als eiwitbron en ook niet als landbouwhuisdier. Hierdoor is de situatie ontstaan dat

³⁴ Beschikking 94/381/EG. Beschikking van de Commissie van 27 juni 1994 betreffende bepaalde beschermende maatregelen ten aanzien van bovine spongiforme encefalopathie en het vervoederen van zoogdieren afkomstig eiwit (*'feed ban'*).

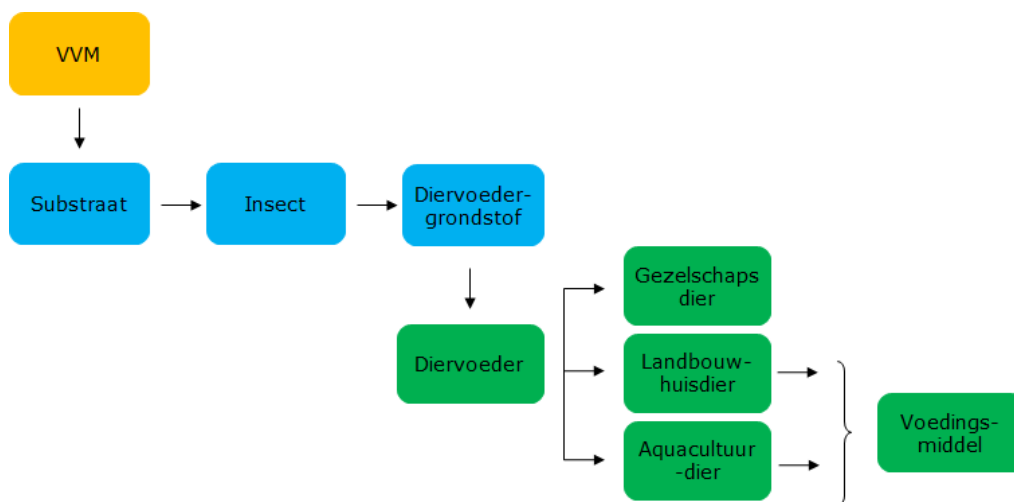
vervoeding van insecten als verwerkt eiwit is beperkt door wetgeving, terwijl er geen wetgeving is over de vervoeding van levende insecten aan landbouwhuisdieren.

Insecten mogen, net als alle andere landbouwhuisdieren, gevoerd worden met VVM van volledig plantaardige oorsprong.

Productieproces insectenlarven

Insecten geproduceerd in insectenkwekerijen worden in een gesloten en gestandaardiseerde leefomgeving opgekweekt. Hierin kan de blootstelling aan schadelijke chemische en biologische agentia beter beheerst worden dan in hun natuurlijke leefomgeving (Belluco et al., 2013).

In hoofdlijnen bestaat het productieproces van op VVM gekweekte insectenlarven tot diervoedergrondstof uit de verwerking van VVM tot substraat voor de insectenkweek, de kweek van de larven op het substraat en de verwerking van de larven tot het eindproduct. Dit eindproduct kan bestaan uit larven in hun geheel, een preparaat van de larven (insectenmeel) of een fractie van de larven (eiwit of vet). Het eindproduct wordt vervolgens verder verwerkt in diervoeders en staat daarmee aan het begin van de voeder- en voedselketens (figuur 2).



Figuur 2.

Schematische weergave van het productieproces van op VVM gekweekte insecten tot diervoedergrondstof en de verdere route in de diervoeder- en voedselketens. Pelsdieren en gezelschapsdieren vallen buiten de reikwijdte van deze risicobeoordeling.

De verschillende stappen of technieken in het productieproces die hieronder worden beschreven geven geen uitputtende opsomming van alle methoden die kunnen worden gebruikt.

Verwerking van VVM tot substraat

De verwerking van VVM tot substraat voor de kweek van insecten gebeurt op dezelfde manier als bij VVM die gebruikt worden als voedermiddel voor andere landbouwhuisdieren. Dit is een combinatie van verschillende processen zoals

verzamenen, uitpakken, mengen, malen, (vries)drogen en is afhankelijk van het type VVM: verpakt *versus* bulk of droog *versus* vochtig *versus* vloeibaar (Bouxin, 2012; Tretola et al., 2017a; van Raamsdonk et al., 2011).

Kweek insectenlarven op substraat

Kweekomstandigheden

Larven van de zwarte soldaatvlieg worden gekweekt bij een temperatuur van 26-32 °C, bij een relatieve luchtvochtigheid (RV) van 65-70% gedurende twee tot zes weken (Diener et al., 2009; Hilkens & de Klerk, 2016; Oonincx et al., 2015; Sheppard et al., 2002; Tomberlin et al., 2002). De larven van de huisvlieg worden in een tot twee weken opgekweekt bij een temperatuur van 26-30 °C en een RV van 60-70% (Hogsette, 1992a; Hogsette, 1992b; Hussein et al., 2017; Keiding & Arevad, 1964). Meelwormen en kleine meelwormen worden gekweekt bij een temperatuur van 28-30 °C en 50-70% RV. De kweek van meelwormen duurt vijf tot tien weken en kleine meelwormen kunnen in drie weken gekweekt worden (BuRO, 2014; Hilkens & de Klerk, 2016; Oonincx et al., 2015; Osimani et al., 2018; van Broekhoven et al., 2015; Wynants et al., 2018a).

Vliegenlarven worden meestal gekweekt op vochtige substraten, terwijl meelwormen meestal gekweekt worden op droge substraten (Ferri et al., 2019; IPIFF, 2019).

De meeste insectenproducenten kweken insecten in batchteelt. Hierbij worden de insectentijdens de hele kweek gevolgd op batchniveau. Ze komen als één batch uit in een bak, worden in diezelfde bak gekweekt en worden uiteindelijk ook als één batch verwerkt tot het eindproduct. Voor de continuïteit worden meerdere batches van insecten naast elkaar gekweekt, maar de batches blijven gedurende de hele kweekperiode van elkaar gescheiden. Het voordeel van batchteelt (ten opzichte van continueelt) is dat ziektekiemen lokaal blijven en slechte batches uit het productieproces gehaald kunnen worden, waardoor niet de hele kweek besmet raakt.

Verwerking insectenlarven tot diervoedergrondstof

Oogst

De verwerking van insectenlarven tot diervoedergrondstof begint met het oogsten van het laatste larvestadium, waarbij deze gescheiden worden van de kweekresten (substraat, dode larven, vervellingshuiden, poppen, feces). Bij de zwarte soldaatvlieg en de huisvlieg kan daarbij gebruik gemaakt worden van het migratiegedrag van het laatste larvestadium, waarbij de larven vanuit het natte substraat naar een droge omgeving in een opvangbak kruipen (Diener et al., 2011; Hogsette, 1992a; IPIFF, 2019). Larven van de huisvlieg worden ook van het substraat gescheiden door het verlagen van de zuurstofconcentratie in een gesloten container (Hogsette, 1992a; IPIFF, 2019). Na scheiding van het substraat kunnen de larven dan gemakkelijk geoogst worden door handmatig of mechanisch te zeven. Larven kunnen ook door zeven direct uit het substraat geoogst worden, zoals in een aantal kwekerijen van meelwormen en kleine meelwormen gebeurt (BuRO, 2014; Wynants et al., 2018a). Ook kan mechanisch geoogst worden op trilplaten waarbij de larven van de kweekresten gescheiden worden, waarna er gezeefd wordt door middel van een luchtstroom.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

Voorbehandeling

Insectenlarven worden in hun geheel verwerkt, zonder verwijderen van de ingewanden. Larven kunnen na het oogsten met water gespoeld worden, eventueel na ontnuchtering. Zo worden meelwormen en kleine meelwormen enkele uren tot enkele dagen na het oogsten zonder voeding bewaard zodat ze hun darm legen (ANSES, 2015; BuRO, 2014; Wynants et al., 2017; Wynants et al., 2018a).

Doding

De meest gebruikte dodingsmethode bij insectenkwekers is invriezen of vriesdrogen (Erens et al., 2012; Ferri et al., 2019). Andere geschikte methoden zijn koken, stomen, blancheren en vermalen (ANSES, 2015; Erens et al., 2012; Hakman et al., 2013). Alvorens larven vermalen worden kunnen zij geïnactiveerd worden door koeling of incubatie in stikstof, zoals bijvoorbeeld bij meelwormen gebeurt (Stoops et al., 2016; Wynants et al., 2017).

Verwerking

Vriesdrogen wordt gebruikt om water aan insecten te onttrekken voordat ze vermalen worden. Afhankelijk van de dodingsmethode kan tijdens de verdere verwerking van de larven een drogingstap nodig zijn om water te verwijderen en microbiële groei te voorkomen, bijvoorbeeld door verhitting in een oven (ANSES, 2015; Charlton et al., 2015; IPIFF, 2019; Rumpold & Schlüter 2013b). Meestal worden de insecten vermalen tot insectenmeel (IPIFF, 2019). Eiwit- en vet/olie- en chitinefracties kunnen verkregen worden door het toepassen van fysische (bijvoorbeeld centrifugeren), chemische en biochemische extractiemethoden. Voor het verkrijgen van vet/oliefracties kunnen mechanische scheiding (persen), hittebehandeling of organische oplosmiddelen worden gebruikt. Het droge residu dat overblijft is volledig ontvet insectenmeel. Chitine-extractie vereist chemische en/of enzymatische verwerking (IPIFF, 2019).

Risicobeoordeling

In deze risicobeoordeling worden de chemische en microbiologische risico's voor zowel de dier- als volksgezondheid beoordeeld die afkomstig zijn van chemische en microbiologische agentia afkomstig van het gebruik van diervoeder dat is samengesteld uit insecten die gekweekt zijn op substraten die zijn samengesteld uit VVM. Voor de risico's die optreden zijn beheersmaatregelen geformuleerd.

In de productieketen van insectenlarven tot diervoedergrondstof (figuur 2) kunnen insecten als potentiële bron van schadelijke chemische en microbiologische agentia uit het substraat dienen, zodat deze gevaren mogelijk verder in de diervoeder- en voedselketen doorgegeven worden (ANSES, 2015; Schlüter et al., 2017). Deze agentia kunnen in de insecten terecht komen via het substraat van VVM.

De risicobeoordeling volgt de route van mogelijk in VVM aanwezige schadelijke agentia tijdens de verschillende stappen van de productieketen.

Eisen/aspecten met betrekking tot diervoederhygiëne tijdens de productie van insecten(producten) als diervoedergrondstof, zoals de wetgeving^{35,36} verplicht voor de productie van alle voedermiddelen, zijn randvoorwaarde voor de kweek van insecten als diervoeder(grondstof). De risico's die daarmee samenhangen vormen daarom geen onderdeel van deze risicobeoordeling.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

Methodiek

De beoordeling van de chemische en microbiologische risico's is uitgevoerd aan de hand van een gevareninventarisatie, gevarenkarakterisatie, blootstellingsschatting en risicokarakterisatie zoals gedefinieerd door de Codex Alimentarius Commissie (FAO & WHO, 2015).

Om te kunnen beoordelen of het gebruik van insecten die gekweekt zijn op VVM chemische of microbiologische risico's vormen voor de gezondheid van dier en mens als deze insecten als grondstof worden gebruikt in diervoeder worden voor de eerste drie stappen van de risicobeoordeling de volgende gegevens verzameld:

- Gevareninventarisatie: welke voor dier en/of mens schadelijke chemische en microbiologische agentia voor kunnen komen in VVM.
- Gevarenkarakterisatie: gegevens over hoe deze gevaren veranderen tijdens de kweek van insecten op substraten die samengesteld uit VVM: is er toename of afname van de agentia in het substraat, kunnen de agentia via het substraat doorgegeven worden aan insecten en in welke mate, is er toe of afname van de gevaren in de insecten, blijven de microbiologische gevaren infectieus, kunnen de insecten vector van microbiologische agentia zijn.
- Blootstellingsschatting: gegevens over hoe vaak en in welke mate de gevaren in de gekweekte insecten voorkomen.

Deze gegevens vormen de basis voor de

- Risicokarakterisatie: de schatting van chemische en microbiologische risico's voor de dier- en volksgezondheid, inclusief onzekerheden, op basis van de waarschijnlijkheid (kans) van voorkomen van de gevaren en de aard en ernst van bekende of potentiële nadelige gevolgen voor de gezondheid.

Chemische risico's

Chemische agentia in (voormalige) voedingsmiddelen (gevareninventarisatie)

Voedingsmiddelen die als VVM afgewaardeerd worden, vormen (volgens de definitie) ten opzichte van andere voedingsmiddelen geen verhoogd chemisch risico voor de volksgezondheid omdat ze moeten voldoen aan de normen uit de EU-levensmiddelenwetgeving. Dit zijn onder andere normen voor mycotoxinen³⁷, overige chemische contaminanten, en residuen van dierbehandelingsmiddelen en

³⁵ Verordening (EG) Nr. 178/2002 van het Europees Parlement en de Raad van 28 januari 2002 tot vaststelling van de algemene beginselen en voorschriften van de levensmiddelenwetgeving, tot oprichting van een Europese Autoriteit voor voedselveiligheid en tot vaststelling van procedures voor voedselveiligheidsaangelegenheden (algemene levensmiddelenverordening).

³⁶ Verordening (EG) Nr. 183/2005 van het Europees Parlement en de Raad van 15 november 2005 tot vaststelling van voorschriften voor diervoederhygiëne.

³⁷ Mycotoxinen zijn toxinen die gevormd worden door schimmels. Het meest schadelijke mycotoxine is het carcinogene aflatoxine dat wordt gevormd door *Aspergillus flavus* en *Aspergillus parasiticus*.

gewasbeschermingsmiddelen^{38,39,40,41}. De mate waarin schadelijke chemische agentia in VVM voor komen is dan ook dezelfde als die in voedingsmiddelen.

De belangrijkste categorieën potentieel schadelijke chemische stoffen en de (voormalige) voedingsmiddelen van dierlijke of plantaardige oorsprong waarin deze aangetroffen kunnen worden, zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2.

Categorieën potentieel voor dier en/of mens schadelijke chemische agentia in (voormalige) voedingsmiddelen en hun bron.

Categorie	Type stof	Bron ^a
Natuurlijke toxinen	Mycotoxinen (o.a. aflatoxinen, deoxynivalenol (DON), fumonisines, ochratoxine A (OTA), zearalenon (ZEA))	Plant, voornamelijk granen (tarwe, mais, rijst), noten, vijgen
Gewasbeschermingsmiddelen	Fungiciden, insecticiden, herbiciden	Residuen op gewassen
Dierbehandelingsmiddelen	Geneesmiddelen (o.a. antibiotica), groeibevorderaars	Residuen in vlees
Milieucontaminanten	Zware metalen ^b (o.a. cadmium, kwik, lood) en arseen ^c	Vis, schaal- en schelpdieren, orgaanvlees, vollegrondse plantaardige producten (groenten, peulvruchten, granen)
	Dioxinen en polychloorbifenylen (PCB's)	Dierlijke oliën en vetten
	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	Plantaardige oliën
	Broomhoudende vlamvertragers	Dierlijke producten

^a van Kreijl & Knaap (2004) en Voedingcentrum (2019).

^b Onder zware metalen worden metalen verstaan met een soortelijke massa groter dan 5 g/cm³.

^c Zware metalen: metalen met een soortelijke massa van > 5 g/dm³.

^c Arseen is een metalloïde dat vaak onder de zware metalen geschaard wordt.

Mycotoxinen

In het mycotoxinenmonitoringsprogramma van de NVWA waarin diverse plantaardige producten of plantaardig materiaal bevattend levensmiddelen bemonsterd en onderzocht worden op de aanwezigheid van diverse mycotoxinen, werden in de periode 2013-2017 afwijkingpercentages van de EU-normen van rond de 3% gevonden (NVWA, 2014; NVWA, 2015a; NVWA, 2015b; NVWA, 2016a; NVWA, 2017a, NVWA, 2018c). Deze afwijkingen werden gevonden in noten en zaden, gedroogde zuidvruchten en kruiden en specerijen. In de overige

³⁸ Verordening (EG) Nr. 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen.

³⁹ Verordening (EU) Nr. 37/2010 van de Commissie van 22 december 2009 betreffende farmacologisch werkzame stoffen en de indeling daarvan op basis van maximumwaarden voor residuen in levensmiddelen van dierlijke oorsprong.

⁴⁰ Verordening (EG) Nr. 396/2005 van het Europees Parlement en de Raad van 23 februari 2005 tot vaststelling van maximumgehalten aan bestrijdingsmiddelenresiduen in of op levensmiddelen en diervoeders van plantaardige en dierlijke oorsprong en houdende wijziging van Richtlijn 91/414/EG van de Raad.

⁴¹ EU Pesticide database (EC, 2019).

onderzochte productgroepen, waaronder graan en graanproducten (inclusief koekresten), werden geen of hele lage percentages afwijkingen gevonden.

Gewasbeschermingsmiddelen

Het aantal overschrijdingen van de in de EU maximaal toegestane gehalten van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in voedselproducten afkomstig uit Nederland en de rest van EU is zeer gering, en ligt tussen de 2 en 3%. Overschrijdingen worden vooral gevonden in producten uit derde landen, met afwijkingpercentages tussen de 5 en 8% (EFSA, 2017a; NVWA, 2015c; NVWA 2015f).

Dierbehandelingsmiddelen en milieucontaminanten

In Nederland worden slechts incidenteel dierbehandelingsmiddelen en milieucontaminanten aangetroffen in voedingsmiddelen van dierlijke oorsprong, en daarbij gaat het dan om lage concentraties. In de periode 2014-2017 waren de resultaten van 0,2% van de analyses niet-conform de gestelde EU-normen (NVWA, 2015d; NVWA, 2016b; NVWA, 2017a, NVWA 2018c). Het ging hier vooral om illegale groeibevorderende hormonen en antibiotica en soms om milieucontaminanten (onder andere lood en cadmium). Het totaal aantal niet-conforme resultaten blijft de laatste jaren stabiel. Deze tendens is gelijk aan de bevindingen op Europees niveau. In de EU was in 2014 het percentage monsters met niet-conforme resultaten 0,4% (EFSA, 2016a). In 2015 en 2016 was dat 0,3% (EFSA, 2017c; EFSA, 2018a).

Milieucontaminanten (dioxinen en PCB's)

In de periode 2001-2011 lag de fractie van monsters in Nederland die niet aan de Europese maximumgehalten voor dioxinen en dioxine-achtige polychloorbifenylen (PCB's) voldeed, voor de meeste voedingsproducten van dierlijke oorsprong, met uitzondering van lamsvlees, onder de 1% (Adamse et al., 2017b). In de EU waren in de periode 1995-2010 de gehalten van dioxine en dioxine-achtige PCB's en die van niet-dioxine-achtige PCB's in levensmiddelen van zowel dierlijke als plantaardige oorsprong respectievelijk 10 en 3% boven de toegestane maximumgehalten. In de loop der jaren werd echter wel een daling van de verontreinigingsniveaus van dioxines en PCB's waargenomen (EFSA, 2012). Er zijn geen recentere data gevonden.

De resultaten van bovenstaande onderzoeken laten zien dat de concentraties van mycotoxinen, gewasbeschermingsmiddelen, dierbehandelingsmiddelen en milieucontaminanten in voedingsmiddelen en daarmee ook in VVM laag zijn. Overschrijdingen van de normen komen slechts incidenteel voor.

Chemische agentia in substraat en in insecten tijdens de kweek (gevarenkarakterisatie)

De concentraties van chemische agentia in het substraat nemen niet toe tijdens de kweek van insecten. Chemische agentia kunnen wel via het substraat overgedragen worden naar insecten en in concentratie toenemen in insecten (ANSES, 2015). Dit wordt bioaccumulatie⁴² of ophoping genoemd.

⁴² Er is sprake van ophoping of bioaccumulatie als de concentratie van een stof in insectenlarven hoger is dan de concentratie van deze stof in het substraat waarop de insecten gekweekt worden.

Dat de chemische samenstelling van de voeding van insecten bepalend is voor de chemische samenstelling van insecten zelf is ook aangetoond voor larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen (Barlow, 1966; Latney et al., 2017; Oonincx et al., 2015; Tschirner & Simon, 2015; van Broekhoven et al., 2015). Het is mogelijk dat, vergelijkbaar met andere dierlijke producten, chemische agentia uit de voeding, ophopen in insectenlarven (BuRO, 2014; Poma et al., 2017).

De zwarte soldaatvlieg, huisvlieg, piepschuimkever en meeltor hebben een korte levenscyclus vergeleken met andere landbouwhuisdieren. Hun larven kunnen in enkele weken tot maanden opgekweekt worden. Voor insecten met een dergelijke korte levenscyclus en, daardoor beperkte herhaalde voeding, is het minder waarschijnlijk dat ophoping van stoffen vanuit de voeding in het insect (bioaccumulatiefactor⁴³, BAF > 1) optreedt dan in insecten die gedurende langere tijd gekweekt worden (EFSA SC, 2015; Ferri et al., 2019) of in andere landbouwhuisdieren.

Hieronder worden verschillende studies beschreven met larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen waarbij gekeken is naar eventuele ophoping in de insecten wanneer ze gekweekt werden op substraten die (bijna allemaal experimenteel) gecontamineerd waren met chemische agentia, waaronder mycotoxinen, gewasbeschermingsmiddelen, dierbehandelingsmiddelen en milieucontaminanten (o.a. zware metalen). In de meeste studies werden experimenteel gecontamineerde substraten gebruikt of substraten waarvan bekend was dat ze gecontamineerd waren, zoals bijvoorbeeld mest of zeewier.

Mycotoxinen

In larven van de zwarte soldaatvlieg die gekweekt werden op een substraat waaraan de mycotoxinen, aflatoxine B1/B2/G2 (Afb1/B2/G2), deoxynivalenol (DON), ochratoxine A (OTA) of zearalenon (ZEA) waren toegevoegd, werd geen van de onderzochte mycotoxinen teruggevonden in de insectenlarven (Purschke et al., 2017).

Ook Camenzuli et al. (2018) lieten zien dat er geen bioaccumulatie van Afb1, DON, OTA of ZEA optrad in larven van de zwarte soldaatvlieg, noch in kleine meelwormen gekweekt op hiermee experimenteel gecontamineerd substraat. DON, OTA en ZEA konden wel gedetecteerd worden in de larven.

In een studie waarbij larven van de zwarte soldaatvlieg en meelwormen werden gekweekt op een substraat van kippenvoer waaraan Afb1 toegevoegd was, hoopte het mycotoxine niet op in de larven (Bosch et al., 2017). Afb1 kon in meelwormen gedetecteerd worden, maar niet in de larven van de zwarte soldaatvlieg.

In meelwormen die gekweekt werden op een substraat van tarwemeel dat experimenteel of natuurlijk gecontamineerd was met een hoge concentratie DON, kon dit mycotoxine alleen gedetecteerd worden in de feces van de meelwormen en niet in de larven (van Broekhoven, 2015; van Broekhoven et al., 2017). In een andere studie waar meelwormen gekweekt werden op met DON besmet graan (2

⁴³ De bioaccumulatiefactor (BAF) of bioconcentratiefactor (BCF) is de verhouding tussen de concentratie van een stof in een organisme en de concentratie van deze stof in het voedsel/ingenomen water (Diener et al., 2015).

tot 12 mg/kg) werden in de meelwormen na 24 uur vasten lagere concentraties DON gevonden in een range van 0,1 tot 0,2 mg/kg (Ochoa Sanabria et al., 2017).

In de studie van Guo et al. (2014) waarin meelwormen gevoerd werden met granen die hoge concentraties beauvericine, DON, enniatine A/A1/B/B1 (ENNA, ENNA1, ENNB, ENNB1), fumonisine B1 (FB1) of ZEA bevatten, waren de concentraties van deze mycotoxinen in de larven laag, vergeleken met de concentraties in de granen, met uitzondering van ENNA (30 µg/kg) in het substraat *versus* 10 µg/kg in de larven (BAF 0,33). DON werd niet aangetoond in de larven.

Abado-Becognee et al. (1998) toonden FB1 aan in meelwormen, die gekweekt werden op experimenteel met FB1 besmette maismeel waarbij ca. 40% van de ingenomen FB1 via de feces werd uitgescheiden.

In meelwormen die werden gekweekt op met ZEN gecontamineerd tarwemeel konden geen ZEN of ZEN-metabolieten aangetoond worden. ZEN-metabolieten werden wel aangetroffen in het substraatresidu, hetgeen een aanwijzing is voor een intensief metabolisme van ZEN in de larven (Niermans et al., 2019).

Gewasbeschermingsmiddelen

In een studie met larven van de zwarte soldaatvlieg waarbij aan het substraat de insecticiden chloorpyrifos, chloorpyrifos-methyl en pirimifos-methyl waren toegevoegd, bleek dat de concentraties van deze insecticiden in de larven minstens 50 maal lager waren dan de initiële concentraties van deze middelen in het substraat (BAF < 0,02) (Purschke et al., 2017). In larven van de zwarte soldaatvlieg gekweekt op een substraat dat experimenteel was besmet met de fungiciden azoxystrobin en propiconazool werd geen bioaccumulatie van deze fungiciden aangetoond. Beide fungiciden werden niet aangetoond in de larven. (Lalander et al., 2016).

Chloorpyrifos werd ook aangetroffen in meelwormen, die uitgezet waren in een met chloorpyrifos behandelde citrusboomgaard en waarbij de concentratie in de meelwormen ruim onder de initiële concentratie bleef (BAF < 1) (Brewer et al., 2003).

Er vindt in meelwormen geen bioaccumulatie plaats van de chirale⁴⁴ fungiciden benalaxyl (BAF 0,01-0,05), diniconazool (BAF 0,015-0,1), epoxiconazool (BAF 0,01-0,09), furalaxyl (BAF 0,02-0,06), metalaxyl (BAF 0,015-0,02) en myclobutanil (BAF 0,08-0,09) (Gao et al., 2013; Gao et al., 2014; Liu et al., 2013, Lv et al., 2013; Lv et al., 2014; Yin et al., 2017).

In meelwormen die gekweekt werden op wortels die experimenteel gecontamineerd waren met een mengsel van twaalf gewasbeschermingsmiddelen, werden vier van deze middelen (2,4-D, bentazon, bifenthrin en clopyralid) niet teruggevonden in detecteerbare concentraties en de overige acht (diflufenican, fenpropimorf, isoproturon, linuron, mefenoxam (R-enantiomeer van metalaxyl), pendimethalin, pyrimethanil en tebuconazool) ruim onder de initiële concentratie van het substraat (Houbraken et al., 2016).

⁴⁴ Chiraliteit is een eigenschap van moleculen die stereo-isometrie vertonen. Deze moleculen hebben dezelfde structuurformule maar een andere ruimtelijke structuur.

Deze studie liet ook zien dat door larven uit te hongeren (24 uur) de hoeveelheid gewasbeschermingsmiddelen in de larven afneemt, hetgeen wijst op de aanwezigheid van die middelen in de darminhoud van de larven.

Dierbehandelingsmiddelen

Overdracht van de antibiotica doxycycline, lincomycine en sulfadiazine vanuit het substraat (mest) naar larven van de zwarte soldaatvlieg, maar geen ophoping van deze antibiotica werd waargenomen in larven van de zwarte soldaatvlieg (Van Linden et al., 2017). Lalander et al. (2016) namen bij deze larven geen overdracht waar van het antibioticum roxythromycine uit het substraat, maar wel van trimethoprim, waarbij geen bioaccumulatie optrad. Ook werd het geneesmiddel carbamazepine niet gedetecteerd in de larven (Lalander et al., 2016).

Milieucontaminanten

Zware metalen en andere chemische elementen

In larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg en meelwormen die gekweekt werden op substraten die experimenteel of natuurlijk gecontamineerd waren met de zware metalen cadmium, chroom, kobalt, koper, kwik, lood, nikkel, ijzer en zink, of met arseen en seleen konden al deze chemische elementen aangetoond worden (Bulak et al., 2018; Bednarska & Świątek, 2016; Biancarosa et al., 2018; Diener et al., 2015; Gao et al., 2017; Inouye et al., 2007; Lindqvist & Block, 1995; Purschke et al., 2017; Tschirner & Simon, 2015; van der Fels-Klerx et al., 2016; Vijver et al., 2003; Wang et al., 2017). Van de genoemde chemische elementen zijn arseen, cadmium, kwik en lood het meest toxisch. De overige elementen zijn sporenelementen die slechts in zeer hoge concentratie toxisch zijn.

In larven van de zwarte soldaatvlieg werd ophoping waargenomen van cadmium (BAF 2,3-9,5) en lood (BAF 1,1-2,6) (Bulak et al., 2018; Biancarosa et al., 2018; Diener et al., 2015; Gao et al., 2017; Purschke et al., 2017; Tschirner & Simon, 2015; van der Fels-Klerx et al., 2016). Voor kwik lag de bioaccumulatiefactor tussen 0,5 en 1,1 (Biancarosa et al., 2018; Purschke et al., 2017). De bioaccumulatiefactor voor koper varieerde tussen 0,7 en 1,8 en die van zink tussen 0,4 en 3,2 (Bulak et al., 2018; Diener et al., 2016; Tschirner & Simon, 2015).

In larven van de huisvlieg werd bioaccumulatie alleen aangetoond voor cadmium in larven van 3 en 4 dagen oud (BAF 1,1 en 1,2), maar niet voor larven van 5 dagen oud (BAF < 1) en seleen (BAF 1,2-1,3) (Wang et al., 2017).

In meelwormen werd alleen ophoping waargenomen van arseen (BAF 1,4-2,6) (van der Fels-Klerx et al., 2016).

Dioxinen en Polychloorbifenylen

Polychloorbifenylen (PCB's) (Aroclor 1254) werden opgenomen door larven van huisvliegen gekweekt op een experimenteel gecontamineerd substraat (CSMA, *Chemical Specialities Manufacturer's Association fly larval medium*), maar er kon geen ophoping aangetoond worden (BAF 0,98) (Bryant & Cowles, 2000). Uit een studie van Nordentoft et al. (2014) bleek dat larven van de huisvlieg een vier maal hogere concentratie dioxinen en dioxine-achtige PCB's hadden dan de

kippenmest waarop ze gekweekt werden (0,37 versus 0,09 pg WHO-TEQ/g drooggewicht).

Tot nu toe zijn studies met gecontamineerde meelwormen de enige studies die aantonen dat schadelijke chemische stoffen via insectenlarven overgedragen kunnen worden naar zoogdieren. Het voeren van vleermuizen met meelwormen die gecontamineerd waren met de PCB's Aroclor 1254 en 1260 en het organochloorpesticide (OCP) dichloordifenyldichlooroethyleen (p,p'-DDE), een derivaat van dichloordifenyldichloorethaan (DDT), kan tot hun dood leiden (Clark 1978; Clark & Stafford, 1981; Clark & Prouty 1977; Reinhold et al., 1999). Het is echter zeer aannemelijk dat de effecten van chemische contaminanten in diervoeders waarin insecten verwerkt zijn dezelfde zijn als de effecten van chemische contaminanten in van reguliere diervoeders.

Uit bovenstaande studies blijkt dat larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen tijdens de kweek in meer of mindere mate gecontamineerd kunnen raken met chemische agentia die in het substraat waarop zij gekweekt worden voorkomen. Het gaat hierbij om mycotoxinen, gewasbeschermingsmiddelen, dierbehandelingsmiddelen en milieucontaminanten zoals zware metalen, dioxinen, PCB's, PAK's en vlamvertragers. Ophoping of bioaccumulatie van via het substraat naar larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen overgebrachte schadelijke chemische stoffen, vindt, voor zover bekend, alleen plaats voor arseen, cadmium, kwik en lood, dioxinen en dioxineachtige PCB's. Voor gewasbeschermingsmiddelen, dierbehandelingsmiddelen, PAK's en niet-dioxineachtige PCB's zijn te weinig studies beschikbaar om hierover een oordeel te vormen. De mate van contaminatie van de larven wordt bepaald door de mate van contaminatie van het substraat en de mate van bioaccumulatie (BAF).

Chemische veiligheid van larven voor voeder- en voedselindustrie (blootstellingsschatting)

Mycotoxinen

In een studie naar de chemische veiligheid van gekweekte insecten voor de diervoederindustrie werd de aanwezigheid van 69 mycotoxinen onderzocht in larven van de zwarte soldaatvlieg gekweekt op een mengsel van bierbostel⁴⁵, visvoer en gist en in larven van de huisvlieg gekweekt op pluimvee of varkensmest. Alleen in twee van de vijf monsters van larven van de huisvlieg, beide gekweekt op pluimveemest, werden mycotoxinen aangetroffen. In het ene monster werd beauvericine (6,9 µg/kg gevonden en in het andere werd ENNA (12,5 µg/kg) en ENNA1 (7,3 µg/kg) gevonden (0,7% van de analyses). Deze mycotoxinen waren echter niet aanwezig in concentraties waarvan wordt aangenomen dat ze een veiligheidsrisico vormen en zij behoren niet tot de mycotoxinen, zoals (het carcinogene) aflatoxine, waarvoor de EC een maximum concentratie⁴⁶ bepaald heeft voor diervoeding (Charlton et al., 2015). Ook

⁴⁵ Bierbostel is een restproduct van bierbrouwerijen. Het bestaat hoofdzakelijk uit de kaf- en eiwitdelen van de brouwergerst, waar de brouwer de koolhydraten heeft uitgehaald.

⁴⁶ Richtlijn (EG) Nr. 2002/32 van het Europees Parlement en de Raad inzake ongewenste stoffen in diervoeding.

behoren ze niet tot de mycotoxinen waarvoor alleen richtwaarden in diervoeder en voedermiddelen bestaan (DON, ZEA, OTA, FB1, FB2, T-2 en HT-2) ^{47,48}.

In een studie waarin larven van de zwarte soldaatvlieg die gekweekt werden op een substraat van griesmeel onderzocht werden op de aanwezigheid van DON, AfB1/B2/G2, OTA en ZEA konden deze mycotoxinen niet aangetoond worden (Purschke et al., 2017).

De mycotoxinen AfB1, DON, OTA en ZEA konden niet aangetoond worden in larven van de zwarte soldaatvlieg en kleine meelwormen die gekweekt werden op een substraat van tarwe (Camenzuli et al., 2018).

Gewasbeschermingsmiddelen

De concentraties van 393 gewasbeschermingsmiddelen werden gemeten in larven van de zwarte soldaatvlieg die gekweekt waren op een mengsel van bierbostel, visvoer en gist en larven van de huisvlieg gekweekt op pluimvee- of varkensmest (Charlton et al., 2015). Het enige residu dat gedetecteerd werd was chloorpyrifos (800 µg/kg) in een van de vijfmonsters huisvlieg-larven die op pluimveemest gekweekt waren (0,04% van de analyses). De concentratie van dit gewasbeschermingsmiddel in diervoeding is niet gereguleerd in de EU-wetgeving. De Codex Alimentarius heeft als aanbeveling dat de concentratie van chloorpyrifos lager dan 5000 µg/kg moet zijn in luzerne dat als diervoeder gebruikt wordt (FAO & WHO, 2019).

In een studie van Purschke et al. (2017) werden larven van de zwarte soldaatvlieg die gekweekt werden op maïs-griesmeel onderzocht op de aanwezigheid van chloorpyrifos, chloorpyrifos-methyl en pirimifos-methyl. Deze gewasbeschermingsmiddelen werden niet gedetecteerd in de larven.

Lalander et al. (2016) kweekten larven van de zwarte soldaatvlieg op een substraat van hondenvoer en konden geen azoxystrobin en propiconazool aantonen in de larven.

Poma et al. (2017) onderzochten commercieel verkrijgbare meelwormen en kleine meelwormen (substraat van beide onbekend) op de aanwezigheid van negen OCP's. De enige twee meetbare OCP's waren hexachloorbenzeen (HCB) in meelwormen en kleine meelwormen en p,p'-DDE in meelwormen, ruim onder de laagste norm voor diervoeding. Een kwalitatieve *pesticide suspect screening* leverde voor meelwormen negen en voor kleine meelwormen zeven mogelijke identificaties op. De structuur van de gewasbeschermingsmiddelen kon echter niet bevestigd worden.

In larven van meelwormen die gekweekt werden op een substraat met wortels, werden van geen van de twaalf gewasbeschermingsmiddelen waarop getest werd, residuen aangetroffen in meetbare concentraties (Houbraken et al., 2016). Het betrof 2,4-D, bentazon, bifenthrin, clopyralid, diflufenican, fenpropimorf, isoproturon, linuron, mefenoxam, pendimethalin, pyrimethanil en tebuconazool.

⁴⁷ Aanbeveling van de Commissie van 27 maart 2013 betreffende de aanwezigheid van T-2- en HT-2-toxine in granen en graanproducten.

⁴⁸ Aanbeveling (EG) Nr. 2006/576 van de Commissie van 17 augustus 2006 betreffende de aanwezigheid van deoxynivalenol, zearalenon, ochratoxine A, T-2- en HT-2-toxine en fumonisinen in producten die bedoeld zijn voor het voederen van dieren.

In commercieel verkrijgbare meelwormen (substraat onbekend) werden, met uitzondering van clopyralid, geen kwantificeerbare hoeveelheden van deze gewasbeschermingsmiddelresiduen gevonden (Houbraken et al., 2016).

De NVWA heeft in 2017 commercieel verkrijgbare meelwormen laten analyseren op aanwezigheid van 206 gewasbeschermingsmiddelen, waarbij in een van de acht monsters een lage concentratie van het (in de EU niet toegelaten) insecticide tetramethrin (0,015 mg/kg) werd aangetoond (NVWA, 2018a).

Dierbehandelingsmiddelen

In larven van de zwarte soldaatvlieg en larven van de huisvlieg (vijf monsters) die gekweekt werden op een substraat van bierbostel, visvoer en gist werden uit een 'veterinary medicine screen' kwantitatieve data verkregen voor 68 middelen en kwalitatieve data voor 492 middelen. De larven werden ook geanalyseerd op het voor de veehouderij verboden middel chlooramfenicol. In een monster van huisvlieglarven gekweekt op pluimveemest (0,04% van de analyses) werd nicarbazine gevonden, een diergeneeskundig middel dat toegevoegd wordt aan het voeder van mestkippen ter preventie van coccidiose. Alle andere geteste middelen waren niet aanwezig of aanwezig in concentraties onder de detectielimiet van de betreffende middelen (Charlton et al., 2015).

Het is niet waarschijnlijk dat substraten van plantaardige oorsprong, zoals tarwemeel of bierbostel, residuen van dierbehandelingsmiddelen zullen bevatten, dit in tegenstelling tot een substraat zoals mest, zoals het onderzoek van Charlton et al. (2015) laat zien met larven van de huisvlieg die worden gekweekt op pluimveemest.

Milieucontaminanten

Zware metalen en arseen

De concentraties van 48 zware metalen en sporenelementen werden onderzocht in larven van de zwarte soldaatvlieg die gekweekt werden op een substraat samengesteld uit bierbostel, visvoer en gist (Charlton et al., 2015). De concentraties van arseen (0,142 mg/kg), cadmium (0,12 mg/kg) en kwik (0,007 mg/kg) lagen onder de laagste EU-norm voor deze elementen in diervoeding (arseen 2 mg/kg; cadmium 0,5 mg/kg; kwik 0,1 mg/kg). De concentratie van lood lag onder de detectielimiet.

Aanwezigheid van cadmium is ook aangetoond in andere studies met larven van de zwarte soldaatvlieg gekweekt op kippenvoer (Diener et al., 2015; van der Fels-Klerx et al., 2016) en maisgriesmeel (Purschke et al., 2017). De concentraties van cadmium lagen tussen de 0,05 en 0,40 mg/kg. Purschke et al. (2017) en van der Fels-Klerx et al. (2016) hebben ook de aanwezigheid van arseen en lood onderzocht. In beide studies was arseen niet detecteerbaar. Lood (0,03 mg/kg) werd alleen aangetoond in larven die gekweekt werden op maisgriesmeelsubstraat (Purschke et al., 2017), waarbij de concentratie ruim onder de norm bleef die geldt voor diervoeding (5 mg/kg). In de op maisgriesmeel gekweekte larven werd kwik niet gedetecteerd; chroom en nikkel, die veel minder toxisch zijn dan cadmium, kwik en lood, waren in lage concentraties aanwezig (0,06 en 0,05 mg/kg). Moniello et al. (2019) konden wel arseen en kwik detecteren in larven van de zwarte soldaatvlieg. De concentraties van arseen (0,23 mg/kg) en kwik (0,01 mg/kg) bleven echter onder de laagste EU-norm voor diervoeders. Daarnaast

konden in deze studie ook cadmium (0,06 mg/kg) en lood (0,03 mg/kg) aangetoond worden, concentraties lager dan de EU-normen voor diervoeders.

Cadmium werd ook aangetoond in alle vijf geanalyseerde monsters van larven van de huisvlieg die gekweekt waren op pluimvee- of varkensmest en waarvan drie van de vijf monsters de laagste norm voor cadmium diervoeding (volledige diervoeders) overschreden, (Charlton et al., 2015), echter de concentraties lagen wel nog onder de laagste norm voor voedermiddelen (1 mg/kg). Ook arseen (0,1-0,4 mg/kg), cadmium (0,3-0,7 mg/kg), kwik (0,002-0,04 mg/kg) en lood (0,06-1,2 mg/kg) werden gedetecteerd in alle monsters, maar de concentraties lagen onder de EU-normen voor deze elementen.

In meelwormen gekweekt op tarwezemelen (Adámková et al., 2017), een graanmengsel (van der Fels-Klerx et al., 2016) of ongespecificeerd substraat (commercieel verkrijgbaar) (NVWA, 2017b; NVWA, 2018a; Poma et al., 2017) werden arseen, cadmium en lood niet in relevante concentraties (onder de detectielimiet en/of onder de laagste wettelijke norm voor diervoeding) aangetoond.

In kleine meelwormen gekweekt op ongespecificeerd substraat werden arseen cadmium en lood niet aangetoond (Poma et al., 2017).

Dioxinen en PCB's

De aanwezigheid van dioxinen en PCB's werd geanalyseerd in larven van de zwarte soldaatvlieg die gekweekt werden op een substraat van bierbostel, visvoer en gist en in larven van de huisvlieg (vijf monsters) die gekweekt werden op een substraat van pluimvee- of varkensmest (Charlton et al., 2015) en in commercieel verkregen meelwormen (negen monsters) (NVWA, 2018a; Poma et al., 2017) en kleine meelwormen (Poma et al., 2017). In alle monsters was er geen overschrijding van de laagste wettelijke somnormen voor dioxinen en dioxineachtige PCB's en indicator-PCB's in diervoeding. Ook in larven van de huisvlieg gekweekt op kippenmest was er, ondanks viervoudige ophoping van dioxinen en dioxineachtige PCB's, geen overschrijding van deze norm.

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)

De EU heeft maximumconcentraties vastgesteld voor PAK's in voedingsmiddelen die de som van vier PAK's (PAK4) (benzo(a)pyreen, benzo(a)anthraceen, benzo(b)fluorantheen en chryseen) omvat en een aparte maximum norm voor benzo(a)pyreen (BaP). De maximumnormen voor PAK4 variëren van 1 µg/kg in babyvoeding tot 35 µg/kg in mosselen en voor BaP tussen 1 en 6 µg/kg. Er zijn geen maximumnormen vastgesteld voor diervoeders. Charlton et al. (2015) rapporteerden dat in larven van de zwarte soldaatvlieg die gekweekt werden op een substraat van bierbostel, visvoer en gisten larven van de huisvlieg die gekweekt werden op pluimvee- of varkensmest, de concentratie van PAK4 varieerde tussen 0,3 en 10 µg/kg en de concentratie van BaP tussen <0,05-2,2 µg/kg.

Vlamvertragers

Commercieel verkrijgbare larven van meelwormen en kleine meelwormen werden door Poma et al. (2017) onderzocht op de aanwezigheid van achttien verschillende gehalogeneerde en gefosforiseerde vlamvertragers. In de meelwormen werden vier gefosforiseerde vlamvertragers (PFR's) aangetoond, waarvan er drie ook in de

kleine meelwormen werd aangetoond. De concentraties varieerden tussen 8 tot 24 µg/kg. De aanwezigheid van PFR's kan verklaard worden door het gebruik tijdens verwerking en verpakken van de insecten, maar wellicht ook van het substraat.

Bovenstaande studies laten zien dat insectenlarven, gekweekt op substraten met rest- en bijproducten uit de levensmiddelenindustrie en/of reguliere diervoeders voor zover er wettelijke normen zijn voor diervoeders, voldoen aan de laagste normen voor mycotoxinen, dierbehandelingsmiddelen en milieucontaminanten. Het enige kwantificeerbare gewasbeschermingsmiddel was (het in de EU verboden) tetrametrin, dat in lage concentratie werd aangetroffen in een monster van meelwormen. Bijproducten of reststromen uit de levensmiddelenindustrie, zijn net als VVM niet langer voor menselijke consumptie bestemde levensmiddelen zijn. Ze zijn qua herkomst vergelijkbaar met VVM.

De concentraties van contaminanten in de onderzochte insectenlarven bleken vergelijkbaar met of lager dan concentraties van deze stoffen die gewoonlijk gemeten worden in traditionele voedermiddelen (Adamse et al., 2015; Adamse et al., 2017a; NVWA, 2015e; NVWA, 2016c; NVWA, 2017b) of in producten van dierlijke oorsprong zoals vlees, vis en eieren (NVWA, 2015d; NVWA, 2016b; Poma et al., 2017).

Wat zijn de risico's? (risicokarakterisatie)

De chemische risico's op de dier- en volksgezondheid die het gebruik van op VVM gekweekte de larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen als diervoeder(grondstof) voor landbouwhuisdieren met zich meebrengen, worden voornamelijk bepaald door de chemische samenstelling van het substraat en de mate waarin deze agentia via het substraat doorgegeven worden aan de insectenlarven. Dit risico kan versterkt worden als de chemische contaminanten die er in aanwezig zijn op kunnen hopen in de larven.

Bovengenoemde larven kunnen diverse schadelijke chemische agentia opnemen en van een aantal van deze agentia is aangetoond dat ze kunnen ophopen in de larven. Van de overige chemische agentia zijn geen of te weinig data beschikbaar om te kunnen concluderen dat er geen ophoping plaatsvindt. Het blijkt echter dat de concentraties van deze agentia in volgroeide larven vergelijkbaar zijn met die van (voormalige) voedingsmiddelen, ook die van chemische agentia waarvan aangetoond is dat ze kunnen ophopen in de larven.

Gezien de korte levensduur van de larven en de incidentele geringe mate van overschrijding van (voormalige) voedingsmiddelen van de normen voor deze chemische agentia, zal het gebruik van op VVM gekweekte insecten als diervoeder alleen in uitzonderlijke gevallen tot een mogelijk risico voor de dier- en volksgezondheid kunnen leiden. Pas bij langdurige blootstelling van landbouwhuisdieren aan diervoeders op basis van insecten die de normen overschrijden is er een kans op ongewenste effecten. De ziektelast door chemische stoffen is echter zeer klein en epidemiologisch niet aantoonbaar.

Conclusie

De chemische risico's voor de dier- en volksgezondheid van het voeren van landbouwhuisdieren met diervoeder afkomstig van larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen die

gekweekt zijn op VVM van plantaardige en/of dierlijke oorsprong worden daarom niet groter geschat dan die van (voormalige) voedingsmiddelen. Daarmee vormen de op VVM gekweekte larven een verwaarloosbaar risico voor de dier- en volksgezondheid.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

Hoe kunnen de risico's beheerst worden?

Het ontnuchteren (laten legen van de darmen) van larven kan de concentraties aan chemische stoffen in de larven drastisch verlagen zoals is aangetoond is voor een aantal gewasbeschermingsmiddelen in meelwormen, en zou ook voor de andere larvensoorten en andere chemische stoffen een effectieve risicoreducerende beheersmaatregel kunnen zijn.

De aanwezigheid van chemische contaminanten in insecten wordt voornamelijk beheerst door de beheersing van de chemische risico's in het substraat (BuRO, 2014; EFSA SC, 2015). Bij gebruik van VVM als substraat worden deze voldoende beheerst door de huidige beheersing van chemische contaminanten in levensmiddelen die als VVM afgewaardeerd worden. In de loop der jaren is in de EU een stelsel van regelgeving ontwikkeld waardoor deze stoffen niet meer in de voeding voorkomen, of in zodanig lage gehalten aanwezig zijn dat gezondheidsrisico's afwezig zijn of als verwaarloosbaar beschouwd kunnen worden (van Kreijl & Knaap, 2004). Wanneer (lage) concentraties contaminanten de EU-normen voor levensmiddelen overschrijden, moeten echter langdurig grote hoeveelheden van juist die producten met verhoogde concentraties chemische stoffen geconsumeerd worden voordat er een kans is op ongewenste effecten (NVWA, 2015c). Bij overschrijdingen van de EU-normen of constatering van nieuwe potentiële risico's werden feitelijke gezondheidsgevolgen niet geconstateerd (van Kreijl & Knaap, 2004). Een zelfde redenering is van toepassing als dit insecten betreft die gevoerd worden aan landbouwhuisdieren. Beheersing ligt in het monitoren van met name de stoffen waarvan bekend is dat ze kunnen ophopen.

Microbiologische risico's

Microbiologische agentia in (voormalige) voedingsmiddelen (gevaareninventarisatie)

Als VVM afgewaardeerde voedingsmiddelen moeten, net als voedingsmiddelen, veilig zijn en mogen dus geen microbiologische agentia bevatten in hoeveelheden die schadelijk zijn voor de gezondheid. Zij moeten voldoen aan de microbiologische criteria in de EU (Verordening (EG) Nr. 2073/2005⁴⁹). Dit houdt echter niet in dat, met name in bederfelijke waar, pathogenen altijd afwezig zijn. Dit blijkt al uit het feit dat, ondanks borging van de voedselveiligheid door talrijke maatregelen, door toezicht en door adequaat gedrag van bedrijven en consumenten, wordt geschat dat in 2018 in Nederland 650 duizend mensen ziek werden door het eten van voedsel dat was besmet met humaan pathogene micro-organismen (Pijnacker et al., 2019). Zoals al eerder aangegeven kunnen levensmiddelen niet alleen humaan pathogenen maar ook dierpathogenen bevatten. Daarom zijn (voormalige) voedingsmiddelen die veilig zijn voor de mens niet altijd veilig voor dieren.

⁴⁹ Verordening (EG) nr. 2073/2005 van de Commissie van 15 november 2005 inzake microbiologische criteria voor levensmiddelen.

Dierpathogenen

Uitgangspunt voor de inventarisatie van de meest relevante dierpathogenen die in (voormalige) voedingsmiddelen kunnen voorkomen is de lijst van besmettelijke dierziekten waarvan uitbraken door de EU-lidstaten gemeld moeten worden aan de EC in het Animal Disease Notification System (ADNS)⁵⁰ (EC ADNS, 2019) (aangifteplichtige ziekten). Hieruit zijn de dierziekten geselecteerd waarvan de verwekkers mogelijk in (voormalige) voedingsmiddelen aanwezig kunnen zijn en door vervoeding aan landbouwhuisdieren overgedragen kunnen worden (tabel 3).

Tabel 3.

Relevante door vervoederen van landbouwhuisdieren met (voormalige) voedingsmiddelen overdraagbare dierpathogenen in Europa en hun besmettingsbron.

Organisme	Besmettingsbron ^a
Bacteriën	
<i>Brucella abortus</i>	Zuivel (rund)
<i>Brucella melitensis</i>	Zuivel (schaap en geit)
<i>Mycobacterium bovis</i>	Zuivel (rund)
Virussen	
Afrikaans varkenspest (AVP) virus	Varken
Klassiek varkenspest (KVP) virus	Varken
Mond- en klauwzeer (MKZ) virus	Rund, varken, schaap, geit, zuivel
Prionen	
BSE ('gekke-koeienziekte')	Rund
Chronic wasting disease (CWD) ^b	Hert, ree
Scrapie (schuur-ziekte) ^b	Schaap, geit

^a Gezondheidsdienst voor Dieren (2019).

^b Niet aangifteplichtig in ADNS (EC ADNS, 2019).

Deze microbiologische agentia zijn de veroorzakers van de zeer besmettelijke en ernstige bacteriële ziekten runderbrucellose, schapen- en geitenbrucellose en rundertuberculose; de virusziekten Afrikaanse varkenspest (AVP), klassieke varkenspest (KVP) en mond- en klauwzeer (MKZ) en prionziekten/TSE's (BSE, scrapie en *chronic wasting disease* (CWD) (tabel 3).

Humaan pathogenen

De inventarisatie van de meest relevante humane pathogenen die voor kunnen komen in (voormalige) voedingsmiddelen in Europa is gebaseerd op de inventarisaties van door voedsel overdraagbare micro-organismen door de Enteric Disease Task Force en de Parasitic Disease Task Force van de Foodborne Disease Burden Reference Group (FERG) van de World Health Organization (WHO) (Havelaar et al., 2015; Kirk et al., 2015; Torgerson et al., 2015; WHO, 2015). Van de micro-organismen uit deze studies zijn de voor deze risicobeoordeling relevante micro-organismen geselecteerd: de in Europa voorkomende en ziektelast veroorzakende zoönotische micro-organismen die mogelijk in (voormalige) voedingsmiddelen aanwezig kunnen zijn en die door vervoeding aan landbouwhuisdieren en door consumptie van producten van deze dieren op de mens overgedragen kunnen worden.

⁵⁰ De wettelijke basis voor ADNS is Richtlijn 82/894/EEG inzake de melding van dierziekten in de Gemeenschap. Bijlage I en II zijn gewijzigd door uitvoeringsbesluit 2012/737/EU.

De selectie bestaat uit de infectieuze bacteriën uit de genera (geslachten) *Brucella*, *Campylobacter* en *Salmonella*, pathogene *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium bovis*; de protozoën (eencellige parasieten) *Cryptosporidium parvum* en *Toxoplasma gondii* en de helminth (parasitaire worm) *Trichinella spiralis* (tabel 4). De belangrijkste *Cryptosporidium* spp. die bij de mens ziekte veroorzaken (90% van de gevallen van cryptosporidiose) zijn *C. hominis* en *C. parvum* (RIVM-LCI, 2012)). *Cryptosporidium hominis* wordt voornamelijk overgedragen van mens tot mens, *C. parvum* kan zoönotisch overgedragen worden, echter niet alle *C. parvum* stammen zijn zoönotisch (Dawson, 2005; Smith et al., 2007).

Overige relevante micro-organismen zijn Hepatitis E virus (HEV) en *Yersinia* spp. In de WHO-overzichten van ziekteverwekkers ontbreken deze vanwege gebrek aan data van wereldwijde ziekteelastschattingen. HEV geeft echter een relevante ziekteelast in Europa, met een hoge, sinds 2005 vertienvoudigde, incidentie (Aspinall et al., 2017; ECDC, 2017). Yersiniose wordt in de EU, na campylobacteriose en salmonellose, het vaakst gerapporteerd (EFSA & ECDC, 2018). Ondanks de huidige lage humane ziekteelast van vCJD, een TSE veroorzaakt door de consumptie van vlees van runderen besmet met het BSE-prion (Bruce et al., 1997; Scott et al., 1999), is het BSE-prion een relevante humane ziekteverwekker voor dit advies.

Tabel 4.

Relevante door (voormalige) voedingsmiddelen overdraagbare zoönotische micro-organismen en prionen in Europa en hun besmettingsbron.

Organisme	Besmettingsbron ^a	
	Dierlijk	Plantaardig
Bacteriën		
<i>Brucella abortus/melitensis</i>	Rund, schaap, geit, varken, zuivel	
<i>Campylobacter</i> spp.	Rund, schaap, geit varken, kip, zuivel	Groenten, fruit
Pathogene <i>Escherichia coli</i>	Rund, schaap, geit, varken, zuivel	Groenten, fruit
<i>Listeria monocytogenes</i>	Vleesproducten, gerookte vis, zuivel	Kant-en-klare rauwkost (salades)
<i>Mycobacterium bovis</i>	Zuivel	
<i>Salmonella</i> spp. (non-typhoid)	Rund, schaap, geit, varken, kip, vis, schaal- en schelpdieren, zuivel, ei	Groenten, fruit, noten, granen
<i>Yersinia</i> spp.	Varken	
Virussen		
Hepatitis E virus (HEV)	Varken	
Protozoën		
<i>Cryptosporidium</i> spp. ^b	Zuivel	Groenten, fruit
<i>Toxoplasma gondii</i>	Rund, schaap, geit, varken, kip, zuivel, ei	Groenten, fruit
Helminthen		
<i>Trichinella</i> spp.	Varken	
Prionen		
BSE (vCJD)	Rund	

^a Hoffmann et al., (2017), van Kreijl & Knaap (2004) en Voedingscentrum (2019).

^b Voor de risicobeoordeling is alleen zoönotische *Cryptosporidium parvum* relevant.

Prevalentie in levensmiddelen

In 2014/2015-2016 bleek bij de microbiologische monsternames dat ongeveer 0,6%-0,7% van alle onderzochte partijen levensmiddelen (dierlijke en plantaardige producten) niet voldeed aan een voedselveiligheids criterium. In 3,4%-9,2% van de partijanalyses bleek de partij niet te voldoen aan een proceshygiëncriterium. Een resterende groep analyses was gericht op niet-wettelijke criteria. Daarbij gaat het om ziekteverwekkers die aanwezig zijn in lagere hoeveelheden dan waarvan bekend is dat zij ziekte veroorzaken. In 6,5-17,2% van deze partijanalyses was de analyse positief. De organismen die aangetroffen werden zijn o.a. *Campylobacter* spp., Shigatoxine-vormende *E. coli* (STEC), *Salmonella* spp. en *Listeria monocytogenes* (NVWA, 2018b). In de EU zijn de prevalenties van deze micro-organismen in levensmiddelen vergelijkbaar (EFSA & ECDC, 2018).

Prevalentie in VVM

Uit de beperkte studies naar de microbiologische veiligheid van VVM blijkt dat bakkerijproducten en gekookte materialen in zijn algemeenheid als microbiologisch stabiel beschouwd kunnen worden. Uit een microbiologische analyse van VVM samengesteld uit bakkerijproducten (gebroken koekjes en chocolaatjes, zoetwaren zoals croissants en chocola, overschotten brood, rijsttaart en ontbijtgranen) (n = 6) bleek dat deze een hoge microbiologische kwaliteit hadden (minder dan 6 log kve⁵¹/g aerobe bacteriën). Dit is ook te verwachten bij dit type VVM dat een laag vochtgehalte heeft en hoge temperaturen bereikt tijdens het productieproces. De VVM bevatten geen *Salmonella* en de concentraties van *E. coli* waren beneden de detectielimiet van 2 log kve/g (Tretola et al., 2017b).

Uit een onderzoek naar VVM van dierlijke oorsprong bleek daarentegen dat *Salmonella* aanwezig was in tot diervoeder voor gezelschapsdieren afgewaardeerd pluimvee-, rund- en varkensvlees uit de koude opslagmagazijnen van een groothandelaar. Van de pluimveevleesmonsters was 11,5 % positief voor *S. Derby* en *S. Typhimurium* (n = 52) en van de varkensvleesmonsters was 13,3% positief voor *S. Typhimurium* (n = 30). Geen van de onderzochte monsters rundvlees (n = 30) bevatte *Salmonella*. Er werd een hoge prevalentie van *E. coli* gevonden in de VVM van pluimveevlees (100%), varkensvlees (100%) en rundvlees (93,3%) (Bacci et al., 2019).

Microbiologische agentia in substraat en insecten tijdens de kweek (gevarenkarakterisatie)

Biologische activiteit van microbiologische agentia in substraat

Op het moment dat VVM als substraat voor insectenkweek gebruikt worden, bestaat het gevaar dat mogelijk aanwezige relevante (pathogene) microbiologische agentia in het uit VVM samengestelde substraat niet meer gereduceerd blijven tot een aanvaardbaar niveau en verder uitgroeien in concentraties die infectieus zijn voor dier en/of mens. Dit geldt alleen voor bacteriën, en niet voor virussen, parasieten (protozoën, helminthen) en prionen, die zich niet kunnen vermenigvuldigen buiten hun natuurlijke gastheren (Dijk, 2014). In het substraat zal daarom geen toename van deze agentia plaatsvinden.

⁵¹ Kve = kolonievormende eenheid.

Genoemde biologische agentia kunnen echter wel 'overleven' (in het milieu en) op voedingsmiddelen en infectieus blijven (Dawson, 2005; Pirtle & Beran, 1991; Rzeżutka & Cook, 2004; Worley et al., 1985), wat ook indirect blijkt uit het feit dat consumenten ziek kunnen worden van voedsel dat deze pathogenen bevat (van Kreijl & Knaap, 2004).

Bacteriën

De belangrijkste factoren voor groei van bacteriën in voedsel zijn de beschikbaarheid van vrij water (wateractiviteit; Aw), zuurgraad (pH), temperatuur en zuurstofbehoefte van deze organismen (Dijk, 2014; US FDA, 2012; US FDA, 2019). Hoewel elk van deze factoren een belangrijke rol speelt, bepaalt de interactie tussen deze factoren of een bacterie wel of niet zal groeien in een bepaald voedingsmiddel. De vorm (bijvoorbeeld gedroogd, aangezuurd, onveranderd) waarin het VVM als substraat wordt aangeboden aan de insecten, heeft dus invloed op de geschiktheid om als voedingsbodem voor bacteriën te dienen.

De temperatuurrange waarbij insectenlarven worden gekweekt, is gunstig voor de groei van de meeste bacteriën (Dijk, 2014; US FDA, 2012). Dit wordt bevestigd door studies naar de dynamiek van aerobe bacteriën in substraten, substraatresiduen en larven van de zwarte soldaatvlieg, meelwormen en kleine meelwormen tijdens de kweek van deze larven (zie: Bacteriële dynamiek tijdens kweek).

Virussen

De dierpathogene MKZ-, AVP- en KVP-virussen zijn erg stabiel in eiwitrijke omgevingen zoals vlees en kunnen enkele maanden overleven in rauw vlees en vleesproducten (Brown & Bevins, 2018; McKercher et al., 1978; Mebus et al., 1993; Mebus et al., 1997). AVP- en KVP-virussen kunnen aantal maanden tot jaren overleven in diepgevroren vlees (Blome et al., 2017; Mebus et al., 1993; Mebus et al., 1997; Ribbens et al., 2004). Het AVP-virus kan ook gedurende 30 dagen overleven in sojameel (Dee et al., 2018). In het milieu wordt het KVP-virus geïnactiveerd bij hoge temperaturen. Desondanks kan het virus 3 dagen actief blijven bij 50 °C en 7 tot 15 dagen bij 37 °C (Ribbens et al., 2004). Het MKZ-virus overleeft ook in melk, zelfs na HTST (hoge temperatuur/korte tijd) pasteurisatie (minimaal 15 seconden bij 71,7 °C) en in kaas (Blackwell, 1976; Tomasula & Konstance, 2004). Hepatitis E virus is na 43 dagen bij 37 °C nog aan te tonen in leversuspensies van varken en blijft infectieus in fecale suspensies van HEV-patiënten en in varkenslever na een uur verhitten bij 56 °C (Emerson et al., 2005; Feagins et al., 2008).

Parasieten

De protozoën *C. parvum* en *T. gondii* kunnen enkele maanden overleven in en op vochtrijke voedingsmiddelen (Dawson et al., 2005). De oöcysten van *T. gondii* overleven langer dan 1 jaar in het milieu, en het beste in vochtige omstandigheden bij gematigde temperaturen (RIVM-LCI, 2009). Oöcysten blijven lang infectieus: 200 dagen bij 10 °C, 15 °C, 20 °C en 25 °C, 107 dagen bij 30 °C en 32 dagen bij 37 °C. Ook na opslag bij -10 °C blijven de oöcysten enkele maanden infectieus (Dubey, 1998).

Vijftig tot 60% van larven van de helminth *T. spiralis* in grizzlybeervlees blijft leven na opslag van 27 maanden bij -6,5 tot -20 °C, en na 34 maanden was dat

nog 30% tot 50%. Levensvatbare larven werden echter niet gevonden in vleesproducten zoals peperoni, salami en worst (Worley et al., 1986).

Prionen

Prionen zijn zeer stabiel in de omgeving (Wiggins, 2009), waardoor een kweektemperatuur van 26-32 °C geen invloed heeft op de infectiviteit. Uit bovenstaande blijkt dat de voor dit advies relevante virussen, parasieten en prionen hun biologische activiteit kunnen behouden in levensmiddelen en dus ook in een substraat dat samengesteld is uit VVM. Dit geldt ook voor bacteriën, die zich ook kunnen vermenigvuldigen in levensmiddelen en waarbij de relatief hoge temperatuur tijdens de kweek gunstig is.

Bacteriële dynamiek in substraat en larven tijdens kweek

In een studie van Wynants et al. (2018a) was de concentratie van aerobe bacteriën in het substraat tijdens de kweekperiode van 5 weken (1 week bij kamertemperatuur en 4 weken bij 30 °C) van kleine meelwormen op een mengsel van droog- en natvoer ongeveer 4 log hoger dan de initiële concentratie in het droogvoer en 2 log hoger dan de initiële concentratie in het natvoer. Opvallend was dat het substraatresidu, bestaande uit de restanten droog- en natvoer inclusief de feces en vervellingshuiden van de larven, een lage wateractiviteit had (A_w 0,5-0,6) en een lage zuurgraad (pH 5,5-6) had, die de groei van bacteriën niet goed ondersteunt. De concentratie aerobe bacteriën in het substraat, gemeten na 2, 3, 4 en 5 weken, bleef (min of meer) gelijk tijdens de kweekperiode. De concentratie aerobe bacteriën van de meelwormen was (vergelijkbaar tot) 1 log lager dan in substraatresidu tijdens kweek, waarmee de concentratie 3 log hoger was dan de initiële concentratie in droog substraat en 1 log hoger dan de initiële concentratie in nat substraat.

Ook in een andere studie van Wynants et al. (2018b) waarbij larven van de zwarte soldaatvlieg gedurende 3 weken gekweekt werden op verschillende substraten met een hoge wateractiviteit ($A_w > 0,95$) bij temperaturen tussen 25 en 29 °C was de concentratie aerobe bacteriën in het residu bij de oogst (substraatresten, huid en feces) voor alle substraten hoger (gemiddeld 2,5 log) dan de initiële concentratie in het substraat. Er werd echter geen correlatie gevonden tussen de aerobe kiemgetallen van de substraten en de residuen ervan. De concentratie aerobe bacteriën in de larven was gelijk of lager (gemiddeld 0,6 log lager) dan in het substraatresidu bij de oogst van de larven. Hiermee was de concentratie aerobe bacteriën in de larven gemiddeld 2 log hoger dan de initiële concentratie in substraat

In weer een andere studie van Wynants et al. (2019) waarbij meelwormen gedurende een periode van 7 dagen gekweekt werden bij 28°C, bleef de concentratie aerobe bacteriën in het substraat (tarwezemelen aangevuld met wortel of chicorei) (gemeten op dag 1, 3 en 7) gedurende de kweekperiode constant. De initiële concentratie van aerobe bacteriën in het substraat in deze studie was niet bekend. De concentratie aerobe bacteriën in extern gedesinfecteerde larven was (1 tot 3 log) hoger dan in substraatresidu tijdens de kweek. Dit is in tegenstelling tot de vorige twee studies, waar de concentratie aerobe bacteriën in de larven gelijk of lager was dan in het substraatresidu. In deze studie werd tot 7 dagen gemeten, dus mogelijk dat er in de eerste week een toename plaatsvindt, en waarna de concentratie van de larven ongeveer gelijk is aan die van het substraatresidu.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

Wanneer aan het substraat een mengsel van *Salmonella* spp. (*S. Enteritidis*, *S. Infantis* en *S. Typhimurium*) werd toegevoegd bleef ook de concentratie *Salmonella* in het substraatresidu constant, maar deze was wel ca 1 log lager dan de initiële concentratie *Salmonella* in het substraat. De concentratie *Salmonella* in extern gedesinfecteerde larven was nog weer lager dan die in het residu.

In bovenstaande studie was de concentratie aerobe bacteriën in de insecten zelf hoger dan de initiële concentratie in het substraat, maar de concentratie van *Salmonella* juist weer lager. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn dat de dynamiek van pathogenen anders is dan die van het totaal aan aerobe bacteriën.

Uit bovenstaande studies komt geen duidelijk beeld naar voren over de dynamiek van bacteriepopulaties in het substraat, substraatresidu en larven. Er kan geen conclusie getrokken worden over de mate van overdracht van (pathogene) bacteriën vanuit het substraat naar de larven.

Microbiota en vectorpotentieel larven

De darm-microbiota⁵² van volwassen insecten bestaat voornamelijk uit bacteriën (Cazemier et al., 1997; Steinhaus, 1941). Micro-organismen die aanwezig zijn op de cuticula (exoskelet) van de insecten (van Huis et al., 2013) kunnen bijdragen aan de microbiota van insecten. Gekweekte insecten zijn voor de opbouw van de microbiota afhankelijk van de microbiologische samenstelling van het voedingsmedium (Bruno et al., 2019; De Smet et al., 2018; Dillon & Charnley, 2002; Engel & Moran, 2013; Jeon et al., 2011; Rinke et al., 2011; Wynants et al., 2018b; Yun et al., 2014). Bij insectenlarven die gekweekt zijn op een substraat dat samengesteld is uit VVM, zal de microbiota daarom een afspiegeling zijn van de in de VVM aanwezige micro-organismen.

Veel insectensoorten kunnen vector zijn van een heel palet van pathogene micro-organismen⁵³ (Belluco et al., 2013; Schlüter et al., 2017), waaronder ook plantpathogenen (Harris & Maramorosch, 1980). Ook de larvestadia van deze insecten (de zwarte soldaatvlieg, huisvlieg, meeltor en piepschuimkever) kunnen (tijdelijk) gekoloniseerd worden met pathogene micro-organismen.

Hieronder is een overzicht gegeven van de beschikbare informatie over de voor dit advies relevante combinaties van microbiologische agentia en insectenlarven en het vectorpotentieel van deze larven naar landbouwhuisdieren. Er is gezocht naar studies over overdracht van de relevante microbiologisch agentia naar de larven aangetoond is vanuit experimenteel of natuurlijk besmette substraten. Indien deze specifieke informatie niet beschikbaar was, is gezocht naar informatie over andere microbiologische agentia, andere insectenlarven en/of over adulten.

⁵² De microbiota is de ecologische gemeenschap van commensale, symbiotische en pathogene micro-organismen in een bepaalde omgeving.

⁵³ Micro-organismen: 'bacteriën, virussen, gisten, schimmels, algen, parasitaire protozoa en microscopisch parasitaire helminthen, alsmede toxinen en metabolieten van deze organismen' (Verordening (EG) Nr. 2073/2005 van de Commissie van 15 november 2005 inzake microbiologische criteria voor levensmiddelen). Helminthen zijn wormen.

Bacteriën

Brucella spp.

Er zijn geen studies gepubliceerd over de aanwezigheid van *Brucella spp.* in de voor dit advies relevante insectenlarven of in hun adulten. Wel is bekend dat *B. melitensis* en *B. suis* kunnen overleven in larven van de wasmot *Galleria mellonella*, die gebruikt wordt als diermodel om virulentiefactoren van pathogenen te bestuderen, (Sprynski et al., 2014).

Ook zijn adulten van aan de huisvlieg verwante herfstvlieg (*Musca autumnalis*) in staat om *B. abortus* op te nemen (Cheville et al., 1989). Vliegen die gevoed waren op met *B. abortus*, *B. melitensis* of *B. suis* besmette substraten en die zich voedden op cavia's, konden deze bacteriën overdragen naar de cavia's, hetgeen aantoont dat de bacteriën infectieus blijven in de vliegen (Krinsky, 1976).

Campylobacter jejuni

In larven van de huisvlieg die gekweekt werden op mest waaraan *C. jejuni* was toegevoegd kon tot 7 dagen na blootstelling *C. jejuni* aangetoond worden (Nordentoft et al., 2017). Ook kon *C. jejuni* aangetoond worden in larven van de huisvlieg die gedurende 4 uur gehouden werden op met *C. jejuni* geïnoculeerde agarplaten (9 log kve/ml). De concentratie bacteriën daalde in 8 uur na blootstelling van 6,5 log kve/ml naar 3,6 log kve/ml (Bahrndorf et al., 2104).

Campylobacter jejuni kan via experimenteel of natuurlijk besmet substraat overgedragen worden naar kleine meelwormen (Hazeleger et al., 2008; Strother et al., 2005; Templeton et al., 2006) en door vervoeding kan deze pathogeen op kippen worden overdragen (Hazeleger et al., 2008; Strother et al., 2005).

In de experimenten van Strother et al. (2005) en Templeton et al. (2006) bleek dat *C. jejuni* tot 3 dagen na inname/blootstelling nog te isoleren was uit de larven, echter (meestal) na 4 dagen niet meer. Templeton et al. (2006) konden 5 dagen na blootstelling uur nog *C. jejuni* isoleren uit de larven, echter alleen na verrijking. Hazeleger et al. (2008) toonden aan dat 1 week na inname/blootstelling, geen *C. jejuni* meer was aan te tonen in larven die met een suspensie van 8 log kve/ml geïnoculeerd waren, resulterend in initiële infectie-niveaus van 5 log kve/larve.

Escherichia coli

Escherichia coli (waaronder ook STEC O157:H7) kan via het substraat overgedragen worden naar larven van de zwarte soldaatvlieg (Erickson et al., 2004; Kashiri et al., 2018), larven van de huisvlieg (Nordentoft et al., 2017; Rochon, 2003; Rochon et al., 2004) en in kleine meelwormen (McAllister et al., 1996). In de studie beschreven in Rochon (2003) en Rochon et al. (2004) waarin larven van de huisvlieg gedurende 20 minuten een eenmalige dosis van 8,8 log kve/ml *E. coli* kregen toegediend daalde de concentratie *E. coli* 48 uur na inname van 5,2 log kve/larve naar 3,8 log kve/larve. Aangetoond is dat kippen die werden gevoerd met *E. coli*-positieve kleine meelwormen besmet raakten met deze pathogeen (McAllister et al., 1996).

Listeria spp.

In een studie waarin meelwormen gedurende 1 week gekweekt werden op een substraat waaraan *L. monocytogenes* was toegevoegd kon de bacterie gedurende de gehele kweekperiode in de larven aangetoond worden (Mancini et al., 2019). Verschillende onderzoeken hebben aangetoond dat kleine meelwormen besmet kunnen zijn met *Listeria spp.* (Garofalo et al., 2017; Grabowski & Klein, 2017;

Wynants et al., 2017). Dit zelfde geldt voor adulten van de zwarte soldaatvlieg (Pava-Ripoll et al., 2015a; Pava-Ripoll et al., 2015b).

Listeria monocytogenes kan larven van de wasmot infecteren (Fedhila et al., 2010; Sprynski et al., 2014).

In dazen (adulten) die gevoed werden met substraat (zoutoplossing of bloed) dat was gecontamineerd met *L. monocytogenes*, kon tot 24 uur na inname groei van de bacterie aangetoond worden (Krinsky, 1976).

Mycobacterium spp.

Mycobacterium spp. kunnen vanuit experimenteel besmet substraat overgedragen worden aan meelwormen (Fischer et al., 2004). Bij een bronopsporingsonderzoek van mycobacteriële infecties in varkens zijn *Mycobacterium spp.* aangetoond in larven van *Musca spp.* die aanwezig waren in de varkensstallen (Matlova et al., 2003).

Salmonella spp.

Larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen zijn in staat om *Salmonella* (waaronder *S. Enteritidis* en *S. Typhimurium*) in te nemen (Crippen et al., 2012; Erickson et al., 2004; Gabler, 2014; Hazeleger et al., 2008; McAllister et al., 1994; Leffer et al., 2010; Nordentoft et al., 2017; Roche et al., 2009; Wynants et al., 2019; Zheng et al., 2012). Uit de studie van Hazeleger et al. (2008) bleek dat 1 week na inname, *S. Java* nog steeds aan te tonen was in larven die met een suspensie van 7 log kve/ml geïnoculeerd waren, resulterend in 4 log kve/larve.

Aangetoond is dat kleine meelwormen deze bacterie door kunnen geven aan kippen die met de besmette larven gevoed werden (Hazeleger et al., 2008; Leffer et al., 2010; McAllister et al., 1994; Roche et al., 2009).

Yersinia spp.

Yersinia pseudotuberculosis is aangetoond in larven van de huisvlieg die deze besmetting hadden opgelopen vanuit bodemmateriaal in een kalkoenstal (Zurek et al., 2000). *Y. pseudotuberculosis* kan overleven in larven van de wasmot (Sprynski et al., 2014).

Virussen

Er zijn geen studies gepubliceerd over de aanwezigheid of over het vectorpotentieel van de voor dit advies relevante virussen in de relevante insectenlarven of hun adulten. Wel is bekend dat kleine meelwormen in staat zijn om virussen van vertebraten op te nemen. Het infectious laryngotracheitis virus kan 'overleven' in en op kleine meelwormen en het virus kan geherisoleerd worden uit gehomogeniseerde meelwormen die geïnoculeerd werden op kippenembryo's (Ou et al., 2012). Het voeren van kleine meelwormen die kalkoen enterovirus en rotavirus opgenomen hebben uit mest van kalkoenen met enteritis, aan gezonde kalkoenkuikens veroorzaakte enteritis bij deze dieren (Despins et al., 1994).

Daarnaast is aangetoond dat larven van andere insecten, namelijk de vleesvliegen *Lucilia sericata* (groene vleesvlieg) en *Calliphora vicina* (roodwangbromvlieg), die gekweekt werden op met AVP-virus-besmette lever, besmet raakten met dit virus

(met PCR⁵⁴, infectieus virus kon niet aangetoond worden) (Forth et al., 2018). MKZ-virus kon gedetecteerd worden in larven van de schroefwormvlieg (*Cochliomyia hominivorax*) gekweekt op medium waaraan dit virus toegevoegd was (Chaudhury et al., 2008).

De, net als de huisvlieg, tot de familie van Muscidae (echte vliegen) behorende *Stomoxys calcitrans* (stalvlieg) is in staat om AVP-virus op te nemen (Guinat et al., 2016; Mellor et al., 1987). Het is aangetoond dat varkens die gevoerd worden met *Stomoxys*-vliegen die zich gevoed hebben met AVP-virus besmette bloed geïnfecteerd kunnen worden met AVP (Olesen et al., 2018).

Parasieten

Cryptosporidium spp.

Oöcysten van de protozo *C. parvum* kunnen aangetoond worden in larven van de huisvlieg die gekweekt werden op een gecontamineerd substraat (Graczyk et al., 1999).

Toxoplasma gondii

Uit larven van de huisvlieg die gekweekt werden op met *T. gondii* oöcysten besmet substraat konden *T. gondii* oöcysten geïsoleerd worden. Muizen die met deze larven werden gevoerd, bleken een *Toxoplasma* infectie op te lopen (Wallace, 1971).

In kleine meelwormen kunnen de aan *Toxoplasma* en *Cryptosporidium* verwante protozoen van het genus *Gregarina* (eugregarine) en *Farinocystis tribolii* (neogregarine) voorkomen (Apuya et al., 1994). Dit zijn veel voorkomende parasieten van deze insectensoort. De vogelparasiet *Histomonas meleagridis* kan aangetroffen worden in meelwormen afkomstig van boerderijen waar een histomonas-uitbraak gaande was en in experimenteel geïnfecteerde meelwormen (Huber et al., 2007).

Trichinella spp.

Er zijn geen studies gepubliceerd over de aanwezigheid van *Trichinella* in de voor dit advies relevante insectenlarven of hun adulten. Larven van *Sarcophaga argyrostoma* (vliegensoort) die gekweekt werden op met *T. spiralis* geïnfecteerd vlees bleken echter in staat om muizen te infecteren (Maroli & Pozio, 2000).

Prionen

Er zijn geen studies gepubliceerd over de aanwezigheid van de voor dit advies relevante TSE's in de relevante insectenlarven of hun adulten. In larven van een parasitaire vliegensoort (*Oestrus ovis*) die geïsoleerd werden uit de neusholte van schapen met scrapie kon echter het scrapie-prion aangetoond worden (Corona et al., 2006).

In larven van een andere parasitaire vliegensoort (*S. carnaria*) die gekweekt werden op hersenweefsel van met scrapie geïnfecteerde hamsters, konden deze prionen niet alleen worden aangetoond in de larven, maar ook het eten van de inwendige organen van deze larven veroorzaakte klinische symptomen van scrapie in hamsters (Post et al., 1999).

⁵⁴ PCR: polymerase chain reaction. een manier om uit zeer kleine hoeveelheden genetisch materiaal specifiek een of meer gedeeltes te multipliceren (amplificeren).

Ook mijten, die net als insecten tot de geleedpotigen behoren, afkomstig van boerderijen met en geschiedenis van scrapie kunnen scrapie naar muizen overdragen (Rubenstein et al., 1998; Wisniewski et al., 1996) en scrapie in muizen veroorzaken (Carp et al., 2000).

Deze resultaten suggereren dat larven van insecten en mijten een rol kunnen spelen in de verspreiding van TSE's (Corona et al., 2006; Lupi, 2003; Lupi, 2005; Lupi, 2006). Het is daarom niet uitgesloten dat ook larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen vectoren kunnen zijn van TSE's.

Replicatie van prionen in een insect wordt als onmogelijk beschouwd omdat PrP-moleculen, de bouwstenen voor prionen, niet aanwezig zijn in insecten (Forrest, 2003) en omdat voor PrP-coderende genen (PRNP) in geen enkel insect of ander ongewerveld dier zijn beschreven (Málaga-Trillo et al., 2011; Post et al., 1999).

Uit bovenstaande blijkt dat (een aantal van) voor dit advies relevante micro-organismen via het substraat overgedragen kunnen worden naar larven van de soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen en ook biologisch actief blijven. Voor prionen is deze overdracht alleen aangetoond voor larven van een andere vliegsoort.

Hoewel de wetenschappelijke literatuur alleen bewijs levert voor de overleving van *Campylobacter spp.*, *E. coli*, *Salmonella spp.*, en *T. gondii* en het behoud van hun infectievermogen in larven van de soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen en geen uitsluitel geeft over de potentiële overleving van de overige voor dit advies relevante microbiologische agentia, blijft het mogelijk dat ook deze passief kunnen worden overgedragen naar dieren die met deze insectenlarven gevoerd worden en een risico voor de dier- en volksgezondheid kunnen vormen.

Van *C. jejuni*, *S. Java* en *E. coli* is aangetoond dat zij niet alleen overleven in larven tijdens de blootstelling aan met deze bacteriën gecontamineerde substraten, maar ook ná blootstelling, enkele dagen kunnen overleven in de larven, na blootstelling van larven aan met deze bacteriën gecontamineerd substraten. Het lijkt er niet op dat zij niet actief in de larven repliceren en de larven slechts tijdelijk koloniseren. Dit zou de door Wynants et al. (2019) waargenomen afname van *Salmonella* in larven ten opzichte van het substraat en substraatresidu kunnen verklaren.

Ook prionen kunnen niet repliceren in insectenlarven. Zij kunnen echter wel als vector optreden van prionen. Het is daarom niet uitgesloten dat ook larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen vectoren kunnen zijn van TSE's.

Er is onzekerheid over in welke mate de microbiologische agentia overgedragen worden naar de insectenlarven (en dus ook uiteindelijk in welke mate de microbiologische agentia overgedragen worden naar landbouwhuisdieren waaraan deze insecten gevoerd worden). Tijdens de verwerking van de insectenlarven tot diervoedergrondstof worden de larven in hun geheel gebruikt, waardoor alle micro-organismen en prionen die in het spijsverteringskanaal en op de cuticula van de larven aanwezig zijn terecht kunnen komen in het diervoeder. Zoals eerder aangegeven is niet duidelijk of de concentratie bacteriën in de insectenlarven hoger, lager of gelijk zal zijn dan in het substraat. Over de dynamiek van de relevante virussen en parasieten in de insectenlarven is niets bekend. Prionen kunnen zich niet vermenigvuldigen in insectenlarven.

Aangenomen wordt dat de mate van overdracht van virussen, parasieten en prionen maximaal gelijk is via een passage in insecten, als de mate van directe overdracht van deze pathogenen door het rechtstreeks vervoederen van VVM aan dieren.

Het relatieve aandeel van de pathogenen in het diervoeder is afhankelijk van het relatieve aandeel van de larven in het diervoeder na de verdere verwerking van de larven tot diervoeder (van insecten in hun geheel tot verwerking van gemalen insecten of insecteneiwit in diervoeders).

Microbiologische veiligheid van larven voor voeder- of voedselindustrie (blootstellingsschatting)

Verse en gevriesdroogde larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen afkomstig van insectenkwekerijen bevatten grote aantallen bacteriën. Waarden voor het aeroob kiemgetal liggen tussen 7 en 9 log kve/g, voor *Enterobacteriaceae* is dat 7 tot 8 log kve/g. De larven bevatten 2 tot 6 log kve/g endosporen en tot 3 tot 7 log kve/g schimmels en gisten (Agabou & Alloui, 2010; BuRO, 2014; Caparros Megido et al., 2017; Caparros Megido et al., 2018; Greenberg, 1959; Kashiri et al., 2018; Klunder et al., 2012; Osimani et al., 2018; Stoops et al., 2016; Stoops et al., 2017; Vandeweyer et al., 2017a; Vandeweyer et al., 2017b; Wynants et al., 2017; Wynants et al., 2018a; Wynants et al., 2018b). Deze analyses betroffen larven die gekweekt waren op plantaardige substraten bestaande uit rest- en bijproducten uit de levensmiddelenindustrie, die qua herkomst vergelijkbaar zijn met VVM. Het zijn net als VVM, niet meer voor humane consumptie bestemde levensmiddelen.

Larven van de zwarte soldaatvlieg die in een laboratoriumexperiment werden gekweekt op groenten- en fruit afval, supermarktafval en restaurant afval van zowel plantaardige en dierlijke herkomst, kippenbloed en kippenmest bevatten per gram 9 tot 10 log kve aerobe bacteriën, 8 tot 10 log kve *Enterobacteriaceae*, 6 tot 8 log kve endosporen en 4 tot 7 log kve schimmels (Wynants et al., 2018b). Drie batches van commercieel verkregen larven van de zwarte soldaatvlieg uit deze studie hadden 1 tot 2 log lagere bacterieconcentraties dan de op afvalsubstraten gekweekte larven: ca 8 log log kve/g aerobe bacteriën, ca 7,5 log kve/gram *Enterobacteriaceae*, 4 tot 6 log kve/gram endosporen en minder dan 3 tot 5 log kve/g schimmels.

De concentratie *Enterobacteriaceae* in de geanalyseerde insectenlarven lag in alle studies ruim boven wettelijke microbiële normen voor *Enterobacteriaceae* in voedermiddelen afgeleid van dierlijke bijproducten (300 kve/g) (tabel 5).

Tot nu toe zijn in verse of ge(vries)droogde larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen, gekweekt voor voeder- of levensmiddelenindustrie geen *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* (BuRO, 2014; Garofalo et al., 2017; Grabowski & Klein, 2017; Klunder et al., 2012; Osimani et al., 2018; Vandeweyer et al., 2015; Vandeweyer et al., 2017b), *E. coli* (Grabowski & Klein, 2017), STEC (Osimani et al., 2018) aangetroffen. Een aantal studies baseerden zich op DNA-analyses.

In gedroogde larven van de zwarte soldatenvlieg die gekweekt werden op gerstkaf werden per gram gemiddeld 5,9 log kve *E. coli* en gemiddeld 6,1 log kve *Salmonella* spp. gedetecteerd. Hiermee voldeden deze larven niet aan wettelijke

microbiële normen voor zowel *Enterobacteriaceae* als *Salmonella* (tabel 5). *Listeria* spp. werden niet gedetecteerd (Kashiri et al., 2018). In de studie van Grabowski en Klein (2017) werden in commercieel verkrijgbare larven van de zwarte soldaatvlieg geen *E. coli*, *Listeria monocytogenes* en *Salmonella* spp. aangetroffen. Ook Wynants et al. (2018b) detecteerden geen *L. monocytogenes* en *Salmonella* in zeven batches van larven van de zwarte soldaatvlieg. Het kweekresidu van een van de drie batches commercieel verkrijgbare bevatte echter wel *S. Agona* (Wynants et al., 2108b). Dit suggereert dat het in het initiële substraat aanwezig was, of dat het door de larven uitgescheiden is. In larven van de zwarte soldaatvlieg die gekweekt werden op groenteafval, ruwvoer voor kalveren of gekookte rijst kon DNA van *E. coli* aangetoond worden (Jeon et al., 2011).

Tabel 5.

Microbiële normen voor voedermiddelen van afgeleide producten (Bron: Verordening (EG) Nr. 142/2001, Bijlage X, Hoofdstuk 1).

Micro-organisme	Norm	Aanvullende eisen ^a
<i>Enterobacteriaceae</i>	300 kve/g	n = 5, c = 2, m = 10, M = 300
<i>Salmonella</i> spp.	Afwezig in 25 g	n = 5, c = 0, m = 0, M = 0

^a n = aantal te testen monsters; m = drempelwaarde voor het aantal bacteriën; het resultaat wordt als bevredigend beschouwd als het aantal bacteriën in geen enkel monster groter dan m is; M = maximumwaarde voor het aantal bacteriën; het resultaat wordt als onbevredigend beschouwd als het aantal bacteriën in een of meer monsters gelijk aan of groter dan M is, en c = aantal monsters waarvoor de bacterietelling een resultaat tussen m en M te zien mag geven en waarbij het monster nog als aanvaardbaar wordt beschouwd als het resultaat van de bacterietelling voor de overige monsters niet groter dan m is.

Uit de hierboven beschreven studies blijkt dat verse of gevriesdroogde larven niet voldoen aan de microbiële normen die gelden voor *Enterobacteriaceae* in voedermiddelen afgeleid van dierlijke bijproducten.

Met uitzondering van *Salmonella* zijn tot nu toe geen pathogenen aangetroffen. Het aantal studies is echter te weinig om te kunnen concluderen dat de overige pathogenen niet voor kunnen komen in diervoeders die uit deze insecten gemaakt zijn.

Larven gekweekt op afvalsubstraten van zowel dierlijke en/of plantaardige oorsprong hadden 1 a 2 log hogere bacterieaantallen dan de larven gekweekt op rest- en bijproducten uit de levensmiddelenindustrie. De laatsten zijn qua herkomst vergelijkbaar zijn met VVM. Het zijn net als VVM, niet meer voor humane consumptie bestemde levensmiddelen.

Wat zijn de risico's? (risicokarakterisatie)

De microbiologische risico's voor de dier- en volksgezondheid die het gebruik van de larven als diervoeder(grondstof) voor landbouwhuisdieren met zich meebrengen, worden voornamelijk bepaald door de microbiologische samenstelling van het substraat (VVM) en de vectorcompetentie van de larven: de mate waarin microbiologische contaminanten die er in aanwezig zijn door vervoeding van de larven doorgegeven kunnen worden aan landbouwhuisdieren. Dit risico kan versterkt worden als de diersoort die met de insectenlarven (inclusief ingewanden) gevoerd worden dezelfde diersoort is als die in de VVM

verwerkt is. Er is dan sprake van intra-species *recycling* via een passage in insecten (zie Box 1: Insecten als diervoeder en intra-species *recycling*). Bij terug vervoederen (*feedback loop*) van geïnfecteerde dieren als VVM naar insecten die vervolgens weer als diervoeder(grondstof) gebruikt worden kunnen dierpathogenen zich gemakkelijk verspreiden in dierpopulaties. Er is wel grote onzekerheid over de kans dat dit optreedt. Deze is afhankelijk van de levensduur van de bevattelijk diersoorten, infectiviteit van het agens en de hoeveelheid infectieus materiaal dat teruggevoerd wordt in een dierpopulatie. Daarmee is ook de kans op overdracht en verspreiding van infectieziekten onzeker.

Box 1: Insecten als diervoeder en intra-species recycling

Onder intra-species *recycling* of kannibalisme wordt het voederen van materiaal van een diersoort binnen de eigen diersoort verstaan. Hierdoor kunnen (nog on)bekende soorteigen infectieuze agentia accumuleren en/of geamplificeerd worden door de constante *recycling* in een voor het betreffende agens gevoelige soort (EC SSC, 1999a).

Een treffend voorbeeld van hoe intra-species *recycling* kan leiden tot zichzelf in stand houdende epidemieën is de al eerder genoemde prionziekte BSE bij runderen. Ook uitbraken van andere dierziekten zoals bijvoorbeeld varkenspest, werden veroorzaakt door intra-species *recycling* via diervoeder van besmet slacht- en voedselafval (*swill*, bv. resten van vleeswaren). Het is theoretisch mogelijk dat nog onbekende infectieuze agentia door intra-species *recycling* tot epidemieën kunnen leiden.

Bij het voeren van dieren met diervoeder afkomstig van insectenlarven (inclusief ingewanden) die op een substraat gekweekt zijn waarin materiaal afkomstig van de eigen diersoort aanwezig is, is er strikt beschouwd geen sprake van intra-species *recycling* of 'kannibalisme'. Er kan echter wel op een indirecte manier *recycling* van mogelijke aanwezige soortspecifieke infectieuze agentia optreden binnen een diersoort, in een zogenaamde *two-species feedback loop*. Dit is een *feedback loop* waarbij infectieus materiaal van een diersoort wordt geconsumeerd door een tweede diersoort, waarvan het weefsel weer wordt geconsumeerd door de eerste diersoort. Insecten worden in hun geheel geconsumeerd, dus alle microbiologische agentia die in het spijsverteringskanaal aanwezig is worden overgedragen naar dieren die insectenproducten als voer krijgen. Infectie van de tweede diersoort is hierbij niet noodzakelijk. Uit een modelleringsstudie van BSE blijkt dat er voor een *feedback loop* (voor zowel *one-species* als *two-species*) er kritische combinaties zijn van levensduur van de bevattelijk diersoorten, infectiviteit en de hoeveelheid infectieus materiaal dat terug gevoerd wordt in een *loop*, waaronder het aantal infecties in een populatie kan afnemen in de tijd en uiteindelijk verdwijnen, en waarboven de infectie zich epidemisch kan uitbreiden (zoals bij BSE is gebeurd) (Barnes & Lehman, 2013). Het model toont aan dat het wiskundig mogelijk is om BSE in een populatie te verspreiden via een *two-species feedback loop*.

Aangezien insecten(larven) vector kunnen zijn van micro-organismen en prionen, kan het voeren van dieren met insecten die gekweekt zijn op een substraat dat VVM bevat dat afkomstig is van dieren van dezelfde diersoort, dus via een *two-species feedback loop* een epidemie veroorzaken van een op dit moment nog onbekend pathogeen, maar ook weer van BSE. Zodra de incidentie onder runderen een bepaalde drempel bereikt vormt de consumptie van rundvlees ook een gezondheidsrisico voor de mens.

Met betrekking tot de inventarisatie van beschikbare informatie over het voorkomen van microbiologische agentia in en op larven van de zwarte

soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen en het vectorpotentieel van deze insectenlarven blijkt dat van veel voor dit advies relevante combinaties van pathogeen agens/insectenlarf te weinig informatie beschikbaar is om een goede inschatting van het risico te kunnen maken wat betreft het vectorpotentieel van deze insectenlarven voor de betreffende typen microbiologische agentia (bacteriën, virussen, parasieten en prionen). Wel volgt uit de inventarisatie dat verschillende soorten pathogene micro-organismen en prionen vanuit hun groeisubstraat overgedragen kunnen worden naar de insectenlarven die er op gekweekt worden en biologisch actief blijven. Ook is het vectorpotentieel van insectenlarven naar landbouwhuisdieren aangetoond voor al deze typen agentia.

Conclusie

Het voeren van landbouwhuisdieren met diervoeder afkomstig van larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen die gekweekt zijn op VVM van plantaardige en/of dierlijke oorsprong levert mogelijk microbiologische risico's op voor de dier- en volksgezondheid. Deze risico's kunnen worden gevormd door pathogene micro-organismen en prionen die via de VVM in de insecten geïntroduceerd kunnen worden.

Micro-organismen

Pathogene micro-organismen kunnen een risico vormen bij gebruik van VVM van zowel plantaardige als dierlijke oorsprong.

Prionen

Er is geen risico van prionen in insecten die gevoerd worden met VVM van plantaardige oorsprong, of VVM afkomstig van zuivel, eieren, honing, gesmolten vet, collageen of gelatine van niet-herkauwende dieren. Deze producten zijn vrij van prionen. Bij gebruik van VVM dat andere dan hierboven genoemde producten van dierlijke oorsprong bevat (dus vlees van niet-herkauwers en vis, schaal en schelpdieren), wordt het risico van prionen bepaald door de diersoort die verwerkt is in de VVM waarop de insecten gekweekt, in combinatie met de diersoort die gevoerd wordt met deze insecten.

Hoe kunnen de risico's beheerst worden?

Micro-organismen

Zoals al eerder aangegeven, worden insecten in hun geheel gebruikt als diervoeder(grondstof), inclusief de ingewanden. Een optie om tot verlagen van de microbiële besmetting van de larven te komen, zou ontnuchtering voor het oogsten kunnen zijn. Dit is een gangbare stap in het productieproces tot diervoeder(grondstof). Het ontnuchteren van meelwormen heeft geen effect (Wynants et al., 2017; Wynants et al., 2018a).

Ook het eventueel wassen van deze insectenlarven is niet effectief in het verminderen van de hoeveelheid microbiologische besmetting (Van Linden et al., 2017; Wynants et al., 2017).

De microbiologische risico's van micro-organismen kunnen beperkt worden door het eindproduct een kiemreducerende behandeling te laten ondergaan.

Vriezen en vriesdrogen, heeft nauwelijks effect op de microbiële kwaliteit van insectenlarven (meelwormen) (FAVV, 2014).

Er zijn een aantal studies in de literatuur beschreven naar het effect van verschillende manieren van verhitten van hele meelwormen en kleine meelwormen. De beginbesmetting van deze larven bedroeg rond de 7-8 log kve/gram voor het aerobe kiemgetal en 6-7 log kve/g voor *Enterobacteriaceae*.

Ovendrogen (110 minuten bij 90 °C) van meelwormen reduceerde het aerobe kiemgetal met 2 log en het aantal *Enterobacteriaceae* met 3 log (FAVV, 2014) en roosteren (10 minuten, temperatuur onbekend) van meelwormen met respectievelijk 3 log en 4 log (Klunder et al., 2012). Een natte hittebehandeling (10 minuten koken) van larven was effectiever en resulteerde in respectievelijk een 5 log en meer dan 7 log reductie (Klunder et al., 2012). Blancheren (40 seconden in kokend water) van meelwormen levert een reductie op van meer dan 5 respectievelijk meer dan 6 log (Vandeweyer et al., 2017a). Blancheren van kleine meelwormen in water van 90 °C (ongeveer 5 minuten) levert een reductie van 4 respectievelijk 6 log op (Wynants et al., 2018a). Om aan de microbiologische norm voor *Enterobacteriaceae* in voedermiddelen afgeleid van dierlijke bijproducten te voldoen (tabel 5) is gezien de beginbesmetting een reductie van > 5 log nodig.

De voor dit advies relevante bacteriële pathogenen (tabel 3 en 4) zijn geen sporevormers zodat een pasteurisatie (zijnde een 5-6 log reductie van het meest hitte-resistente organisme) voldoende zou moeten zijn om deze bacteriën tot een aanvaardbaar niveau te reduceren (Dijk, 2014).

Het AVP-, KVP- en MKZ-virus, HEV, *C. parvum* en *T. gondii* en *T. spiralis* worden geïnactiveerd bij temperaturen tussen 60 en 70 °C gedurende 1 tot 5 minuten (hoe hoger de temperatuur, hoe korter de benodigde tijd voor activatie) (Anderson, 1985; Dubey, 1998; Dubey et al., 1990; Feagins et al., 2008; Gubbins et al., 2016; Kotula et al., 1983; Turner & Williams, 1999; Turner et al., 2000). Door een adequate kiemreducerende behandeling van de larven wordt eventuele indirecte *recycling* van micro-organismen uit (voormalige) voedingsmiddelen via insectenlarven naar diervoeder en daarmee gevoerde dieren doorbroken.

Conclusie

De microbiologische risico's afkomstig van (pathogene) micro-organismen in insecten gekweekt op een substraat samengesteld uit VVM van plantaardige en/of dierlijke oorsprong kunnen adequaat worden beheerst door een effectieve kiemreducerende behandeling toe te passen in de vervaardiging van het eindproduct. Onder adequate beheersing wordt verstaan dat de eindproducten voldoen aan de microbiële veiligheidsnormen die gelden voor verwerkte dierlijke eiwitten en andere uit dierlijke bijproducten verkregen voedermiddelen.

Prionen

Prionen zijn extreem resistent voor standaard inactivatiemethoden zoals hitte, straling en chemicaliën (Sakudo et al., 2011). Zelfs verhitting tot 133 °C gedurende 20 minuten bij een druk van 3 bar, de meest stringente verwerkingsmethode die de EU-wetgeving verplicht voor verwerkte dierlijke eiwitten (Verordening (EG) Nr. 142/2011, bijlage IV, Hoofdstuk III), inactieveert slechts 2 log (RIVM-LCI, 2007). Er zijn op dit moment geen geschikte sterilisatietechnieken beschikbaar voor inactivatie van prionen in voeder- en voedingsmiddelen.

Prionen in insecten kunnen alleen beheerst worden door het voorkomen van introductie ervan in de insecten via het substraat.

Onder landbouwhuisdieren komen onder natuurlijke omstandigheden TSE's alleen voor bij herkauwende landbouwhuisdieren, en veroorzaken zowel bij deze herkauwers als de mens ziekte met fatale afloop. Bij runderen vormen op dit moment de atypische gevallen van BSE de meerderheid van de BSE-gevallen (EFSA, 2016b; EFSA, 2017b; EFSA, 2018b). De epidemiologie van atypische BSE is nog onduidelijk (Requena et al., 2016; Tranulis et al., 2011) en de verwachting van experts op het gebied van TSE's is dat deze in de runderpopulatie aanwezig zullen blijven (Requena et al., 2016).

Natuurlijk voorkomende prionziekten zijn tot op heden niet aangetroffen bij niet-herkauwende landbouwhuisdieren of bij vis, schaal- en schelpdieren.

Beheersing van TSE's ligt in de uitvoering van de geldende wet- en regelgeving ter bestrijding van TSE's. Hierdoor is niet alleen de incidentie van BSE in de runderpopulatie (van meer dan 2000 in 2001 naar 1 in 2018) gedaald (EC ADNS, 2019), maar is ook de humane ziektelast van vCJD sterk afgenomen. Dit is onder meer bereikt door de *feed ban* die (met een aantal uitzonderingen) verbiedt dat landbouwhuisdieren met landbouwhuisdieren worden gevoerd en er dus geen prionen kunnen accumuleren in populaties van landbouwhuisdiersoorten die daar (eventueel) gevoelig voor zijn. Daarnaast is dit het gevolg van de verplichting om gespecificeerd risicomateriaal (SRM, *specified risk material*) uit de voeder- en voedselketen te verwijderen. Het gaat hierbij om ruggenmerg, hersenen ogen, tonsillen en delen van de ingewanden. Samen bepalen deze weefsels 99,7 % van de infectiviteit in een geval van BSE (EC SSC, 1999b). Lucker et al. (2011) schatten de reductie van TSE-infectiviteit door de verwijdering van SRM tot 3 ordes van grootte. Hierdoor is er nog maar een heel kleine kans dat er BSE in de voeder- en voedselketen aanwezig is. Prionen kunnen namelijk ook aanwezig zijn in de spierspoeltjes van spiervezels (Okada et al., 2014). Deze zijn niet homogeen verdeeld in de spier, maar zijn geconcentreerd rond de peesovergangen, die het minst eetbare deel van een spier vormen.

Het risico voor de mens wordt verder ingeperkt door de soortbarrière. Deze soortbarrière is een transmissiebarrière die verspreiding van prionen tussen verschillende diersoorten beperkt. De soortbarrière tussen rund en mens wordt geschat op 4000 (1 = geen soortbarrière) (EFSA BIOHAZ Panel, 2006). Interspecies transmissies van prionen verlopen zeer inefficiënt en hebben langere incubatietijden (Béringue et al., 2008; Requena et al., 2016). Beheersing van blootstelling van de mens aan BSE wordt bereikt door de lage incidentie van BSE in runderen, de verwijdering van gespecificeerd risicomateriaal uit de voeder- en voedselketen en de soortbarrière. Hierdoor is het risico voor de mens op vCJD verwaarloosbaar na consumptie van rundvlees en ander vlees van herkauwers. Het EFSA BIOHAZ Panel beschouwt het verwijderen van SRM als belangrijkste volksgezondheidsmaatregel tegen TSE's (EFSA BIOHAZ Panel, 2014).

Tussen herkauwers bestaat er echter geen soortbarrière, waardoor intra-species *recycling*, ook via een passage in insecten kan leiden tot TSE's in de runderpopulatie.

Het is door de soortbarrière tussen herkauwers en niet-herkauwers zeer onwaarschijnlijk, maar niet uitgesloten, dat TSE's via de consumptie van vlees van herkauwers overgedragen kunnen worden aan niet-herkauwende

landbouwhuisdieren en andersom, en dus ook zeer onwaarschijnlijk, maar niet uitgesloten via een passage in insecten. Vanwege dit niet uit te sluiten risico dient de huidige EU-wetgeving die betrekking heeft op het op vervoederen en voeren van herkauwers te blijven gehandhaafd. De kans op overdracht van TSE's van niet-herkauwers op niet-herkauwers is verwaarloosbaar zolang er geen intraspecies *recycling* plaatsvindt (EFSA BIOHAZ Panel 2007a; EFSA BIOHAZ Panel, 2007b); ook niet in een *two-species feedback loop* met een insect ertussen.

Bij beide vormen van intra-species *recycling* is er onzekerheid over het effect: de toename of afname van prionen in een dierpopulatie is afhankelijk van de hoeveelheid infectieus materiaal die terug gevoerd wordt, de infectiviteit van het agens en de levensduur van de bevattelijke diersoort.

De incubatietijd van prionziekten is echter lang, waardoor een besmetting in de populatie pas laat wordt opgemerkt. Voor BSE is berekend dat het met het huidige niveau van surveillance⁵⁵ minstens 16 jaar duurt voordat herintroductie van BSE gedetecteerd kan worden. Hierdoor kan de ziekte zich gemakkelijk onopgemerkt verspreiden (EFSA BIOHAZ Panel, 2014). Gezien de ernst van prionziekten en de mogelijk late ontdekking ervan, terwijl de prionen zich al verspreid hebben in een populatie van gevoelige diersoorten is het van belang om intra-species *recycling* niet alleen bij herkauwers te voorkomen, maar bij alle landbouwhuisdiersoorten.

Gegeven de genoemde voorwaarden voor veilig gebruik van VVM als diervoeder voor landbouwhuisdieren, is het noodzakelijk VVM te scheiden op basis van het type dierlijk eiwit dat er in is verwerkt. Deze vereiste van traceerbaarheid van de afkomst van de voedselreststromen is moeilijk te waarborgen, doordat er weinig inzicht is in de voorgaande schakels van de keten (Schripsema et al., 2015).

Borging van het gevaar ligt ook in het monitoren van het voorkomen er van. De EC stelt daarom dat opheffing van het verbod op gebruik van verwerkte dierlijke eiwitten van niet-herkauwers in diervoeders voor niet-herkauwers, met instandhouding van het bestaande verbod op hergebruik binnen dezelfde soort, alleen aanvaardbaar zou zijn wanneer er gevalideerde analysemethoden beschikbaar zijn om vast te stellen van welke diersoort de verwerkte dierlijke eiwitten in het diervoeder afkomstig zijn (EC, 2010). Op dit moment zijn alleen gevalideerde methoden beschikbaar voor de detectie en identificatie van DNA van herkauwers in diervoeder (Fumière et al., 2016).

Conclusie

Bij gebruik van substraten met andere dierlijke componenten dan die afkomstig van VVM die zuivel, eieren, honing, gesmolten vet bevatten of VVM die collageen/gelatine van niet-herkauwende diersoorten bevatten (dus vlees van niet-herkauwers en vis, schaal en schelpdieren) kan het risico afkomstig van prionen worden beheerst door te voorkomen dat de VVM waarmee de insectenlarven gevoerd worden producten van herkauwers bevatten, dat de diersoort die gevoerd wordt met het uit insecten geproduceerde diervoeder geen herkauwer is en dat de gevoederde niet-herkauwende diersoort niet overeenkomt

⁵⁵ In landen of gebieden met een verwaarloosbaar BSE-risico is bewaking zo opgezet dat bij een aangenomen prevalentie van minimaal 1 geval per 50.000 de populatie volwassen runderen in het betrokken land of gebied met een betrouwbaarheid van 95% opgespoord wordt (Verordening (EG) Nr. 999/2001 van het Europees Parlement en de Raad van 22 mei 2001 houdende vaststelling van voorschriften inzake preventie, bestrijding en uitroeiing van bepaalde overdraagbare spongiforme encefalopathieën ('*extended feed ban*' of TSE-verordening); OIE, 2019).

met de niet-herkauwende diersoort in de VVM waarop de insecten worden gekweekt.

Onzekerheden

De onzekerheden in de risicobeoordeling van de chemische en microbiologische risico's van het gebruik van op VVM gekweekte larven van de zwarte soldaatvlieg, larven van de huisvlieg, meelwormen en kleine meelwormen als diervoeder(grondstof) zijn de volgende:

- Van niet alle relevante combinaties van insectenlarf/chemische agens zijn studies over ophopingspotentieel beschikbaar
- Van niet alle relevante combinaties van insectenlarf/microbieel agens zijn studies beschikbaar over het vectorpotentieel.
- De mate van overdracht van microbiologische agentia uit het substraat naar de insectenlarven is niet bekend.
- Data over het voorkomen van chemische en microbiologische agentia in de insectenlarven zijn zeer beperkt: niet voor alle agens/pathogeen combinaties zijn data beschikbaar.
- Er is geen informatie over de mogelijke vorming van procescontaminanten tijdens de verwerking tot diervoeder(grondstof).
- Er is onzekerheid over het effect (toename of afname van microbiologische agentia in de populatie) van het terug vervoederen van landbouwhuisdieren met insectenlarven die gekweekt zijn op VVM met vlees vis en schaal-en schelpdieren van de eigen diersoort). Dit is afhankelijk van de hoeveelheid infectieus materiaal die terug gevoerd wordt, de infectiviteit van het agens en de levensduur van de bevattelijke diersoort.
- Er is geen informatie over de omvang en frequentie van het gebruik van de insectenlarven als diervoeder(grondstof). Op dit moment is alleen het gebruik de larven toegestaan als diervoeder voor aquacultuur (en waarbij de VVM waarmee larven rechtstreeks vervoederd mogen worden van volledig niet-dierlijke oorsprong moet zijn, met uitzondering van VVM afkomstig van zuivel, eieren, honing, gesmolten of VVM afkomstig van gelatine/collageen van niet-herkauwers).
- Er zijn geen epidemiologische gegevens over incidenten en ziekte-uitbraken veroorzaakt door het gebruik van de insectenlarven als diervoeder(grondstof).

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

Literatuur⁵⁶

- Abado-Becognee K, et al. (1998) Effects of fumonisin B1 on growth and metabolism of larvae of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. Entomol Exp Appl 86, 135-143.
- Adámková A, et al. (2017) Welfare of the mealworm (*Tenebrio molitor*) breeding with regard to nutrition value and food safety. Potravinarstvo Slovak J Food Sci 11, 460-465.
- Adamse P, et al. (2015) Concentrations of dioxins and dioxin-like PCBs in feed materials in the Netherlands, 2001–11. Food Add Contam Part A 32, 1301-1311.
- Adamse P, et al. (2017a) Cadmium, lead, mercury and arsenic in animal feed and feed materials–trend analysis of monitoring results. Food Add Contam Part A 34, 1298-1311.
- Adamse P, et al. (2017b) Levels of dioxins and dioxin-like PCBs in food of animal origin in the Netherlands during the period 2001-2011. Food Add Cont Part A 34, 78-92.
- Agabou A & Alloui N (2010) Importance of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) as a reservoir for pathogenic bacteria in Algerian broiler houses. Vet World 3, 71-73.
- Anderson BC (1985) Moist heat inactivation of *Cryptosporidium* spp. Am J Public Health 75, 1433-1434.
- ANSES (French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety) (2015) Opinion on the use of insects as food and feed and the review of scientific knowledge on the health risk related to the consumption of insects. Request No. 2014-SA-0153. Geraadpleegd via <https://www.anses.fr/en/system/files/BIORISK2014sa0153EN.pdf>.
- Apuya LC, et al. (1994) Prevalence of protozoan infections in darkling beetles from poultry houses in North Carolina. J Invertebr Pathol 63, 255-259.
- Aspinall EJ, et al. (2017) Hepatitis E virus infection in Europe: Surveillance and descriptive epidemiology of confirmed cases, 2005 to 2015. Euro Surveill 22, pii=30561. Geraadpleegd via <https://www.eurosurveillance.org/docserver/fulltext/eurosurveillance/22/26/eurosurv-22-26-3.pdf?expires=1549635848&id=id&accname=guest&checksum=614828A6607D5AF32D403D8FA14DBEF>.
- Bacci C, et al. (2019) Occurrence and antimicrobial profile of bacterial pathogens in former foodstuff meat products used for pet diets. J Food Protect 82, 316–324.
- Barlow JS (1966) Effects of diet on the composition of body fat in *Musca domestica* L. Can J Zool 44, 775-779.
- Bahrndorff S, et al. (2014) The effects of temperature and innate immunity on transmission of *Campylobacter jejuni* (Campylobacteriales: Campylobacteraceae) between life stages of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). J Med Entomol 51, 670-677.
- Barnes R & Lehman C (2013) Modeling of bovine spongiform encephalopathy in a two-species feedback loop. Epidemics 5, 85-91.
- Bednarska AJ & Świątek Z (2016) Subcellular partitioning of cadmium and zinc in mealworm beetle (*Tenebrio molitor*) larvae exposed to metal-contaminated flour. Ecotoxicol Environ Safety 133, 82-89.
- Belluco S, et al. (2013) Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. Comp Rev Food Sci Food Safety 12, 296-313.

⁵⁶ De werking van de links naar webpagina's is op 27-08-2019 gecontroleerd.

- Béringue V, et al. (2008) Prion diversity and species barrier. *Vet Res* 39, 47.
- Biancarosa I, et al. (2018) Uptake of heavy metals and arsenic in black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae grown on seaweed-enriched media. *J Sci Food Agric* 98, 2176-2183.
- Blackwell JH (1976) Survival of foot-and-mouth disease virus in cheese. *J Dairy Sci* 59, 1574-1579.
- Blome S, et al. (2017) Classical swine fever—an updated review. *Viruses* 9, 1-24.
- Bosch G, et al. (2017) Aflatoxin B1 tolerance and accumulation in black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and yellow mealworms (*Tenebrio molitor*). *Toxins* 9, 185.
- Bouxin A (2102) Feed use of former foodstuffs. Converting food into food. Geraadpleegd via https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/adv-grp_wg_20121005_pres_2_fefac.pdf.
- Brewer LW, et al. (2003) Chlorpyrifos residue levels in avian food items following applications of a commercial EC formulation to alfalfa and citrus. *Pest Manag Sci* 59, 1179-1190.
- Brown VR & Bevins SN (2018) A review of African swine fever and the potential for introduction into the United States and the possibility of subsequent establishment in feral swine and native ticks. *Front Vet Sci* 5, 11.
- Bruce ME, et al. (1997) Transmissions to mice indicate that 'new variant' CJD is caused by the BSE agent. *Nature* 389, 498-501.
- Bruno D, et al. (2019) The Intestinal microbiota of *Hermetia illucens* larvae is affected by diet and shows a diverse composition in the different midgut regions. *Appl Environ Microbiol* 85, e01864-18.
- Bryant EH & Cowles JR (2000) Differential responses of wild and laboratory strains of the housefly to PCBs. *J Chem Ecol* 26, 1001-1011.
- Bulak P (2018) *Hermetia illucens* as a new and promising species for use in entomoremediation. *Sci Total Environ* 633, 912-919.
- BuRO (2006) Advies over tolerantiegrenzen van verpakkingsmaterialen in diervoedergrondstof. Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, Bureau Risicobeoordeling, 18 dec 2006.
- BuRO (2011) Advies over alternatief gebruik van voormalige voedingsmiddelen. Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, Bureau Risicobeoordeling & onderzoeksprogrammering, 22 maart 2011.
- BuRO (2014) Advies over de risico's van consumptie van gekweekte insecten. Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, Bureau Risicobeoordeling & onderzoeksprogrammering, 15 oktober 2014. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/documenten/consument/eten-drinken-roken/overige-voedselveiligheid/risicobeoordelingen/advies-consumptie-gekweekte-insecten>.
- Camenzuli L, et al. (2018) Tolerance and excretion of the mycotoxins aflatoxin B₁, zearalenone, deoxynivalenol, and ochratoxin A by *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens* from contaminated substrates. *Toxins* 10, 91.
- Caparros Megido R, et al. (2017) Microbiological load of edible insects found in Belgium. *Insects* 8, 12.
- Caparros Megido R, et al. (2018) Effect of household cooking techniques on the microbiological load and the nutritional quality of mealworms (*Tenebrio molitor* L. 1758). *Food Res Int* 106, 503-508.
- Carp RI, et al. (2000) Characteristics of scrapie isolates derived from hay mites. *J Neurovirol* 6, 137-144.
- Cazemier AE, et al. (1997) Bacteria in the intestinal tract of different species of arthropods. *Microb Ecol* 33, 189-197.

- Charlton AJ, et al. (2015) Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *J Insect Food Feed* 1, 7-16.
- Čičková H, et al. (2015) The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Manag* 35, 68-80.
- Chaudhury MF, et al. (2008) Screwworms, *Cochliomyia hominivorax*, reared for mass release do not carry and spread foot-and-mouth disease virus and classical swine fever virus. *J Insect Sci* 8, 62.
- Cheville NF, et al. (1989) Uptake and excretion of *Brucella abortus* in tissues of the face fly (*Musca autumnalis*). *Am J Vet Res* 50, 1302-1306.
- Clark DR (1978) Uptake of dietary PCB by pregnant big brown bats (*Eptesicus fuscus*) and their fetuses. *Bull Environ Contam Toxicol* 19, 707-714.
- Clark DR & Prouty RM (1977) Experimental feeding of DDE and PCB to female big brown bats (*Eptesicus fuscus*). *J Toxicol Environ Health* 2, 917-928.
- Clark DR & Stafford CJ (1981) Effects of DDE and PCB (Aroclor 1260) on experimentally poisoned female little brown bats (*Myotis lucifugus*): lethal brain concentrations. *J Toxicol Environ Health* 7, 925-934.
- Corona C, et al. (2006) Could *Oestrus ovis* act as a vector for scrapie? Abstracts Prion 2006, Torino 4-6 October 2006, p 133.
- Crippen TL, et al. (2012) Transient gut retention and persistence of *Salmonella* through metamorphosis in the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J Appl Microbiol* 112, 920-926.
- Dawson D (2005) Foodborne protozoan parasites. *Int J of Food Microbiol* 103, 207-227.
- Dee SA, et al. (2018) Survival of viral pathogens in animal feed ingredients under transboundary shipping models. *PLoS ONE* 13, e0194509.
- De Smet J, et al. (2018) Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and its impact on exploitation potential *Appl Environ Microbiol* 84, 202722-17.
- Despins JL, et al. (1994) Transmission of enteric pathogens of turkeys by darkling beetle larva (*Alphitobius diaperinus*). *J Appl Poultry Res* 3, 61-65.
- Diener S, et al. (2009) Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Manag Res* 27, 603-610.
- Diener S, et al. (2011) Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste Biomass Valor* 2, 357-363.
- Diener S, et al. (2015) Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens*, and effects on its life cycle. *J Insect Food Feed* 1, 261-270.
- Dijk R (2014) Veilig voedsel. Microbiologische principes, chemische en fysische factoren, tweede druk. Boom Lemma uitgevers Den Haag.
- Dillon RJ & Charnley K (2002) Mutualism between the desert locust *Schistocerca gregaria* and its gut microbiota. *Res Microbiol* 153, 503-509.
- Doherr MG (2003) Bovine spongiform encephalopathy (BSE) Infectious, contagious or production disease? *Acta Vet Scand Suppl* 98, 33-42.
- Dubey JP (1998) *Toxoplasma gondii* oocyst survival under defined temperatures. *J Parasitol* 84, 862-865.
- Dubey JP, et al. (1990) Effect of high temperature on infectivity of *Toxoplasma gondii* tissue cysts in pork. *J Parasitol* 76, 201-204.
- EC (European Commission) (2010) Mededeling van de Commissie aan het Europees Parlement en de Raad. Het TSE-stappenplan 2 – Een beleidsnota betreffende overdraagbare spongiforme encephalopathieën voor de periode 2010-2015. Brussel 16 dec 2010. COM(2010)384. Geraadpleegd via <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0384&rid=1>.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 oktober 2019

Onze referentie
trcnvwa/2019/6200

- EC (2015) Mededeling van de Commissie aan het Europees Parlement, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's. Maak de cirkel rond - Een EU-actieplan voor de circulaire economie. Brussel 2 dec 2015. COM(2015)614. Geraadpleegd via https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0010.02/DOC_1&format=PDF.
- EC ADNS (Animal Disease Notification System) (2019) Geraadpleegd via https://ec.europa.eu/food/animals/animal-diseases/not-system_en.
- EC (2019) EU Pesticide database. Geraadpleegd via <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>.
- ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) (2017) Hepatitis E in the EU/EEA, 2005–2015. Baseline assessment of testing, diagnosis, surveillance and epidemiology. ECDC Surveillance Report. Stockholm. Geraadpleegd via https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/documents/HEV_Surveillance-report-2005-2015.pdf.
- EC SSC (Scientific Steering Committee) (1999a) Intra-species recycling – Opinion on: the risk born by recycling animal by-products as feed with regard to propagating TSE in non-ruminant farmed animals. Geraadpleegd via https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_ssc_out60_en.pdf.
- EC SCC (1999b) Opinion on the Human Exposure Risk (HER) via food with respect to BSE. Geraadpleegd via https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_ssc_out67_en.pdf.
- EFFPA (European Former Foodstuff Processors Association) (2014) What are former foodstuffs? Geraadpleegd via <https://www.effpa.eu/what-are-former-foodstuffs/>.
- EFSA (European Food Safety Authority) (2012) Update of the monitoring of levels of dioxins and PCBs in food and feed. EFSA J 10, 2832. doi:10.2903/j.efsa.2012.2832.
- EFSA (2016a) Report for 2014 on the results from monitoring of veterinary medicinal product residues and other substances in live animals and animal products. EFSA Supporting publication 2016: EN-923. Geraadpleegd via <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/sp.efsa.2016.EN-923>.
- EFSA (2016b) The European Union summary report on data of the surveillance of ruminants for the presence of transmissible spongiform encephalopathies (TSEs) in 2015. Boelaart F, et al. EFSA J 14, 4643.
- EFSA (2017a) The 2015 European Union report on pesticide residues in food. EFSA J 15, 4791.
- EFSA (2017b) Scientific report on the European Union summary report on surveillance for the presence of transmissible spongiform encephalopathies (TSE) in 2016. EFSA J 15, 5069.
- EFSA (2017c) Report for 2015 on the results from the monitoring of veterinary medicinal product residues and other substances in live animals and animal products. EFSA Supporting publication 2017;14(11):EN-1150. 69 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2017.EN-1150.
- EFSA (2018a) Report for 2016 on the results from the monitoring of veterinary medicinal product residues and other substances in live animals and animal products. EFSA supporting publication 2018:EN-1358. 75 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2018.EN-1358.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum
16 oktober 2019

Onze referentie
trcnvwa/2019/6200

- EFSA (2018b) Scientific report on the European Union summary report on surveillance for the presence of transmissible spongiform encephalopathies (TSE) in 2017. EFSA J 16, 5492.
- EFSA BIOHAZ Panel (2006) Opinion on the quantitative assessment of the human BSE risk posed by gelatin with respect to residual BSE risk. EFSA J 312, 1-29.
- EFSA BIOHAZ Panel (2007a) Opinion on a request from the European Parliament on the assessment of the health risks of feeding of ruminants with fishmeal in relation to the risk of TSE. EFSA J 443, 1-26.
- EFSA BIOHAZ Panel (2007b) Opinion on a request from the European Parliament on certain aspects related to the feeding of animal proteins to farm animals. EFSA J 576, 1-41.
- EFSA BIOHAZ Panel (2014) Scientific Opinion on BSE risk in bovine intestines and mesentery. EFSA J 12, 3554.
- EFSA SC (Scientific Committee) (2015) Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA J 13, 4257.
- EFSA & ECDC (2018) The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. EFSA J 16, 5500.
- Eilenberg J, et al. (2015) Diseases in insects produced for food and feed. J Insects Food Feed 1, 87-102.
- Emerson SU, et al. (2005) Thermal stability of hepatitis E virus. J Infect Dis 192, 930-933.
- Engel P & Moran NA (2013) The gut microbiota of insects – diversity in structure and function. FEMS Ann Rev 37, 699-735.
- Erens J, et al. (2012) A bug's life: Large-scale insect rearing in relation to animal welfare. Wageningen UR Project 1052. Geraadpleegd via <http://venik.nl/site/wp-content/uploads/2013/06/Rapport-Large-scale-insect-rearing-in-relation-to-animal-welfare.pdf>.
- Erickson MC, et al. (2004) Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. J Food Prot 67, 685-690.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the world) & WHO (World Health Organization) (2015) Codex Alimentarius Commission. Procedural manual. 24th edition. Geraadpleegd via <http://www.fao.org/3/a-i5079e.pdf>.
- FAO & WHO (2019) Codex Alimentarius Pesticide Index. Geraadpleegd via <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticides/en/>.
- FAVV (Belgisch Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen) (2014) Voedselveiligheid van insecten bestemd voor humane consumptie. Advies van het Wetenschappelijk Comité van het FAVV en het College van de Hoge Gezondheidsraad (HGR). Geraadpleegd via http://www.afsca.be/wetenschappelijkcomite/adviezen/2014/ documents/ADVIES14-2014_NL_DOSSIER2014-04_002.pdf.
- Fedhila S, et al. (2010) Comparative analysis of the virulence of invertebrate and mammalian pathogenic bacteria in the oral insect infection model *Galleria mellonella*. J Invertebr Pathol 103, 24-29.
- Feagins AR, et al. (2008) Inactivation of infectious hepatitis E virus present in commercial pig livers sold in local grocery stores in the United States. Int J Food Microbiol 123, 32-37.
- Ferri M, et al. (2019) Insects as feed and human food and the public health risk – a review. Berl Münch Tierärztl Wochenschr 2019, advance online publication.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

- Geraadpleegd via https://www.fve.org/cms/wp-content/uploads/BMTW_AOP_18064_Ferri_Gabrowski_Proscia.pdf.
- Fischer OA, et al. (2004) Beetles as possible vectors of infections caused by *Mycobacterium avium* species. *Vet Microbiol* 102, 247-255.
- Forrest RA (2003) Chronic Wasting Disease: a working hypothesis: the agent and its transmission. *Novel Vectors*. Geraadpleegd via http://www.stopcwg.org/library/cwg_paper2.pdf.
- Forth JH, et al. (2018) Evaluation of blowfly larvae (Diptera: Calliphoridae) as possible reservoirs and mechanical vectors of African swine fever virus. *Transbound Emerg Dis* 65, e210-e213.
- Fumière O, et al. (2016) Validation study of a real-time PCR method developed by TNO Triskelion bv for the detection of ruminant DNA in feedingstuffs. European Union Reference Laboratory for Animal Proteins in feedingstuffs. Walloon Agricultural Research Centre. Geraadpleegd via <http://eurl.craw.eu/img/page/interlaboratory/Ruminant%20Validation%20Study%20-%20final%20version%201.0.pdf>.
- Gabler F (2014) Using black soldier fly for waste recycling and effective *Salmonella* spp. reduction. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Geraadpleegd via <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/energy-technology/research/environmental-engineering/kretsloppsteknik/cecilia-/gabler-2014-using-black-soldier-fly-for-waste-recycling-and-effective-salmonella-spp.-reduction.pdf>
- Gaffigan M (2017) Is insect protein a sustainable alternative to soy and fishmeal in poultry feed? Thesis. University of Colorado. Geraadpleegd via http://scholar.colorado.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2622&context=honr_theses.
- GD (Gezondheidsdienst voor dieren) (2019) Informatie over dierziekten. Geraadpleegd via <https://www.gddiergezondheid.nl/dierziekten>.
- Gao Y, et al. (2013) Enantiomerization and enantioselective bioaccumulation of benalaxyl in *Tenebrio molitor* larvae from wheat bran. *J Agric Food Chem* 61, 9045-9051.
- Gao Y, et al. (2014) Enantiomerization and enantioselective bioaccumulation of metalaxyl in *Tenebrio molitor* larvae. *Chirality* 26, 88-94.
- Gao Q, et al. (2017) Influences of chromium and cadmium on the development of black soldier fly larvae. *Environ Sci Pollut Res* 24, 8637-8644.
- Garofalo C, et al. (2017) The microbiota of marketed processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing. *Food Microbiol* 62, 15-22.
- Grabowski NT & Klein G (2017) Microbiology of processed edible insect products – Results of a preliminary survey. *Int J Food Microbiol* 243, 103-107.
- Graczyk TK, et al. (1999) House flies (*Musca domestica*) as transport hosts of *Cryptosporidium parvum*. *Am J Trop Med Hyg* 61, 500-504.
- Greenberg, B (1959) Persistence of bacteria in the developmental stages of the housefly. II. Quantitative study of the host-contaminant relationship in flies breeding under natural conditions. *Am J Trop Med Hyg* 8, 412-416.
- Gubbins S, et al. (2016) Thermal inactivation of foot and mouth disease virus in extruded pet food. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 35, 965-972.
- Guinat C, et al. (2016) Transmission routes of African swine fever virus to domestic pigs: Current knowledge and future research directions. *Vet Rec* 178, 262-267.
- Guo Z, et al. (2014) Effect of fungal colonization of wheat grains with *Fusarium* spp. on food choice, weight gain and mortality of meal beetle larvae (*Tenebrio molitor*). *PLoS ONE* 9, e100112.

- Hakman A, et al. (2013) Toelatingsprocedure voor insecten als mini-vee. Het plaatsen van nieuwe insectensoorten op de lijst voor productie te houden dieren. WUR in opdracht van Ministerie van Economische Zaken. Geraadpleegd via <http://edepot.wur.nl/353333>.
- Harris KF & Maramorosch K (1980) Vectors of plant pathogens. Academic Press, New York.
- Havelaar AH, et al. (2015) World Health Organization global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. PLoS Med 12, e1001923.
- Hazeleger WC, et al. (2008) Darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) and their larvae as potential vectors for the transfer of *Campylobacter jejuni* and *Salmonella enterica* serovar Paratyphi B variant Java between successive broiler flocks. Appl Environ Microbiol 74, 6887-6891.
- Hilkens W & de Klerk B (2016) Insectenkweek: kleine sector, grote kansen. Rapport ABN AMRO en Brabantse Ontwikkelingsmaatschappij. Geraadpleegd via <https://insights.abnamro.nl/2016/12/insectenkweek/>.
- Hoffmann S, et al. (2017) Attribution of global foodborne disease to specific foods: Findings from a World Health Organization structured expert elicitation. PLoS ONE 12, e0183641.
- Hogsette JA (1992a) Autoseparation method for harvesting house fly (Diptera: Muscidae) pupae of known age. J Econ Entomol 85, 2295-2297.
- Hogsette JA (1992b) New diets for production of house flies and stable flies (Diptera: Muscidae) in the laboratory. J Econ Entomol 85, 2291-2294.
- Houbraken M, et al. (2016) Pesticide contamination of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) for human consumption. Food Chem 201, 264-269.
- Huber, K et al. (2007) A preliminary study of natural and experimental infection of the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) with *Histomonas meleagridis* (Protozoa: *Sarcocystis*). Avian Path 36, 279-282.
- Hussein M, et al. (2017) Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. PLoS ONE 12, e0171708.
- Inouye LS, et al. (2007) Assessment of lead uptake in reptilian prey species. Chemosphere 68, 1591-1596.
- IPIFF (International Platform of insects as food and feed) (2019) Draft EU guide on good hygiene practices for producers of insects as food and feed. Geraadpleegd 03032019 via http://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/02/IPIFF_Guide_A4_2019-v4-separate-2.pdf.
- Jeon H, et al. (2011) The intestinal bacterial community in the food waste-reducing larvae of *Hermetia illucens*. Curr Microbiol 62, 1390-1399.
- Jongema Y (2017) List of edible insects of the world (April 1, 2017). Geraadpleegd via <https://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>.
- Jung J, et al. (2014) Gut microbiota of *Tenebrio molitor* and their response to environmental change. J Microbiol Biotechnol 24, 888-897.
- Kashiri M, et al. (2018) Use of high hydrostatic pressure to inactivate natural contaminating microorganisms and inoculated *E. coli* O157:H7 on *Hermetia illucens* larvae PLoS ONE 13, e0194477.
- Keiding J & Arevad K (1964) Procedure and equipment for rearing large number of house fly strains. Bull World Health Organ 31, 527-528.

- Kirk MD, et al. (2015) World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of 22 foodborne bacterial, protozoal, and viral diseases, 2010: A Data Synthesis. *PLoS Med* 12, e1001921.
- Klunder HC, et al. (2012) Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control* 26, 628-631.
- Kobayashi M, et al. (1999) Houseflies: Not simple mechanical vectors of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7. *Am J Trop Med Hyg* 61, 625-629.
- Kotula AW, et al. (1983) *Trichinella spiralis*: Effect of high temperature on infectivity in pork. *Exp Parasitol* 56, 15-19.
- Krinsky WL (1976) Animal disease agents transmitted by horse flies and deer flies (diptera: tabanidae). *J Med Entomol* 13, 225-275.
- Lalander C, et al. (2016) Fate of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting. *Sci Total Environ* 565, 279-286.
- Latney LV, et al. (2017) Effects of various diets on the calcium and phosphorus composition of mealworms (*Tenebrio molitor* larvae) and superworms (*Zophobas morio* larvae). *Am J Vet Res* 78, 178-185.
- Leffer AM, et al. (2010) Vectorial competence of larvae and adults of *Alphitobius diaperinus* in the transmission of *Salmonella* Enteritidis in poultry. *Vector Borne Zoonotic Dis* 5, 481-487.
- Lindqvist L & Block M (1995) Excretion of cadmium during moulting and metamorphosis in *Tenebrio molitor* (Coleoptera; Tenebrionidae). *Comp Biochem Physiol* 111C, 325-328.
- Liu C, et al. (2013) Enantioselective bioaccumulation of diniconazole in *Tenebrio molitor* larvae. *Chirality* 25, 917-922.
- Lücker E, et al. (2011) Detection of neuronal tissues and other non-muscle tissue with respect to TSE. In LM Nollet & F. Toldrá (eds.) *Handbook of analysis of edible animal by-products* (p 301-314). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Lupi O (2003) Could ectoparasites act as vectors for prion diseases? *Int J Dermatol* 42, 425-429.
- Lupi O (2005) Risk analysis of ectoparasites acting as vectors for chronic wasting disease. *Med Hypotheses* 65, 47-54.
- Lupi O (2006) Myiasis as a risk factor for prion diseases in humans. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 20, 1037-1045.
- Lv X, et al. (2013) Bioaccumulation and excretion of enantiomers of myclobutanil in *Tenebrio molitor* larvae through dietary exposure. *Chirality* 25, 890-896.
- Lv X, et al. (2014) Stereoselectivity in bioaccumulation and excretion of epoxiconazole by mealworm beetle (*Tenebrio molitor*) larvae. *Ecotoxicol Environ Safety* 107, 71-76.
- Málaga-Trillo E, et al. (2011) Fish models in prion biology: Underwater issues. *Biochim Biophys Acta* 1812, 402-414.
- Manicini S, et al. (2019) *Listeria monocytogenes* contamination of *Tenebrio molitor* larvae rearing substrate: Preliminary evaluations. *Food Microbiol* 83, 104-108.
- Maroli M & Pozio E (2000) Influence of temperature on the survival and infectivity of *Trichinella spiralis* larvae in *Sarcophaga argyrostoma* (Diptera, Sarcophagidae) maggots. *J Parasitol* 86, 633-634.
- Matlova L, et al. (2003) Mycobacteria isolated from the environment of pig farms in the Czech Republic during the years 1996 to 2002. *Vet Med (Praha)* 48, 343-357.
- McAllister JC, et al. (1994) Reservoir competence of the lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) for *Salmonella typhimurium* (Eubacteriales: Enterobacteriaceae). *J Med Entomol* 31, 369-372.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

- McAllister JC, et al. (1996) Reservoir competence of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) for *Escherichia coli* (Eubacteriales: Enterobacteriaceae). J Med Entomol 33, 983-987.
- McKercher PD, et al. (1978) Residual viruses in pork products. Appl Environ Microbiol 35, 142-145.
- Mebus CA, et al. (1993) Survival of foot-and-mouth disease, African swine fever, and hog cholera viruses in Spanish serrano cured hams and Iberian cured hams, shoulders and loins. Food Microbiol 10, 133-143.
- Mebus CA, et al. (1997) Survival of several porcine viruses in different Spanish dry cured meat products. Food Chem 59, 555-559.
- Mellor PS, et al. (1987) Mechanical transmission of capripox virus and African swine fever virus by *Stomoxys calcitrans*. Res Vet Sci 43, 109-112.
- Moniello G, et al. (2019) Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens fed different levels of a *Hermetia illucens* larvae meal and toxic elements content of the insect meal and diets. Animals 9, 86.
- Müller A, et al. (2017) The black soldier fly, *Hermetia illucens* –a promising source for sustainable production of proteins, lipids and bioactive substances. Z Naturforsch 72, 351-363.
- Nguyen TTX, et al. (2015) Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. Environ Entomol 44, 406-410.
- Nielsen AA, et al. (2011) Persistence of low-pathogenic avian influenza H5N7 and H7N1 subtypes in house flies (Diptera: Muscidae). J Med Entomol 48, 608-614.
- Niermans K, et al. (2019) Feeding study for the mycotoxin zearalenone in yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae—investigation of biological impact and metabolic conversion. Mycotoxin Res 35, 231-242.
- Nordentoft S, et al. (2014) Accumulation of dioxins and PCB in house fly larvae (*Musca domestica*) reared in poultry manure and used in feed for organic laying hens. Proceedings of the 34th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants, Madrid, Spain. Geraadpleegd via http://orbit.dtu.dk/files/103601076/Dioxin2014_Dioxins_in_fly_larvae.pdf
- Nordentoft S, et al. (2017) Reduction of *Escherichia coli*, *Salmonella* Enteritidis and *Campylobacter jejuni* in poultry manure by rearing of *Musca domestica* fly larvae. J Insects Food Feed 3, 145-153.
- NVWA (2014a) Meerjarig nationaal Controleplan Nederland. Jaarverslag 2013. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/documenten/nvwa/organisatie/mancp-jaarverslagen/2013/mancp-meerjarig-nationaal-controleplan-nederland-jaarverslag-2013>.
- NVWA (2015a) Meerjarig nationaal Controleplan Nederland. Jaarverslag 2014. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/over-de-nvwa/documenten/nvwa/organisatie/mancp-jaarverslagen/2014/mancp-meerjarig-nationaal-controleplan-nederland-jaarverslag-2014>.
- NVWA (2015b) Mycotoxinen in levensmiddelen in 2014.
- NVWA (2015c) Residuen van gewasbeschermingsmiddelen op groenten en fruit. Overzicht van uitkomsten NVWA-inspecties juli 2013- juni 2015. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/inspectieresultaten-bestrijdingsmiddelen-in-voedingsmiddelen/documenten/consument/eten-drinken-roken/bestrijdingsmiddelen/publicaties/residuen-van-gewasbeschermingsmiddelen-op-groente-en-fruit-juli-2013-juni-2015>.
- NVWA (2015d) Nationaal Plan residuen 2014.
- NVWA (2015e) Resultaten Nationaal Plan Diervoeders 2014.
- NVWA (2015f) Report of pesticide residue monitoring results of the Netherlands for 2014. Geraadpleegd via

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

<https://www.nvwa.nl/onderwerpen/inspectieresultaten-bestrijdingsmiddelen-in-voedingsmiddelen/documenten/consument/eten-drinken-roken/bestrijdingsmiddelen/publicaties/national-control-program-of-pesticide-residues-results-2014>.

- NVWA (2016a) Meerjarig nationaal Controleplan Nederland. Jaarverslag 2015. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/over-de-nvwa/documenten/nvwa/organisatie/mancp-jaarverslagen/2015/mancp-meerjarig-nationaal-controleplan-nederland-jaarverslag-2015>.
- NVWA (2016b) Nationaal Plan residuen 2015.
- NVWA (2016c) Resultaten Nationaal Plan Diervoeders 2015.
- NVWA (2017a) Meerjarig nationaal Controleplan Nederland. Jaarverslag 2016. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/over-de-nvwa/documenten/nvwa/organisatie/mancp-jaarverslagen/2016/mancp-meerjarig-nationaal-controleplan-nederland-jaarverslag-2016>.
- NVWA (2017b) Resultaten Nationaal Plan Diervoeders 2016.
- NVWA (2018a) Resultaten Nationaal Plan Diervoeders 2017.
- NVWA (2018b) De eerste Staat van voedselveiligheid. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/over-de-nvwa/documenten/nvwa/organisatie/hoe-de-nvwa-werkt/publicaties/staat-van-voedselveiligheid-documenten>.
- NVWA (2018c) Meerjarig nationaal Controleplan Nederland. Jaarverslag 2016. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/over-de-nvwa/documenten/nvwa/organisatie/mancp-jaarverslagen/2016/mancp-meerjarig-nationaal-controleplan-nederland-jaarverslag-2017>.
- NVWA (2019) Regels gebruik dierlijk eiwit in voeding landbouwhuisdieren. Geraadpleegd via <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/diervoeder/regels-voor-diervoederbedrijven/regels-gebruik-dierlijk-eiwit>.
- Ochoa Sanabria C, et al. (2017) Insect larvae fed mycotoxin-contaminated wheat – a possible safe, sustainable protein source for animal feed? J of Animal Sci 95, Issue suppl_4, 36.
- Okada H, et al. (2014) The presence of disease-associated prion protein in skeletal muscle of cattle infected with classical bovine spongiform encephalopathy. J Vet Med Sci 76, 103-107.
- Oonincx DGAB & de Boer IJM (2012) Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – A life cycle assessment. PLoS ONE 7, e51145.
- Oonincx DGAB, et al. (2015) Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food byproducts. PLoS ONE 10, e0144601.
- OIE (Office International des Epizooties)(World Organization for Animal Health) (2019) Terrestrial animal health code. Chapter 11.4. Bovine Spongiform Encephalopathies. Geraadpleegd via http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_bse.htm.
- Olesen AS, et al. (2018) Infection of pigs with African swine fever virus via ingestion of stable flies (*Stomoxys calcitrans*). Transbound Emerg Dis 65, 1152-1157.
- Osimani A, et al. (2018) The bacterial biota of laboratory-reared edible mealworms (*Tenebrio molitor* L.): From feed to frass. Int J Food Microbiol 272, 49-60.
- Ou SC, et al. (2012) Detection of infectious laryngotracheitis virus from darkling beetles and their immature stage (lesser mealworms) by quantitative polymerase chain reaction and virus isolation. J Appl Poultry Res 21, 33-38.

- Pava-Ripoll M, et al. (2015a) Detection of foodborne bacterial pathogens from individual filth flies. *J Vis Exp* 96, e52372.
- Pava-Ripoll M, et al. (2015b) Ingested *Salmonella enterica*, *Cronobacter sakazakii*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria monocytogenes*: Transmission dynamics from adult house flies to their eggs and first filial (F1) generation adults. *BMC Microbiol* 15, 150.
- Pijnacker R, et al. (2019) Disease burden of food-related pathogens in the Netherlands, 2018. RIVM Letter report 2019-0086.
- Pinotti L, et al. (2019) Review: Insects and former foodstuffs for upgrading food waste biomasses/streams to feed ingredients for farm animals. *Animal* 2019, 1-11
- Pirtle EC & Beran GW (1991) Virus survival in the environment. *Rev Sci Tech Off Int Epiz* 10, 733-748.
- Poma J, et al. (2017) Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and inset-based food intended for human consumption. *Food Chem Toxicol* 100, 70-79.
- Post K, et al. (1999) Fly larvae and pupae as vectors for scrapie. *Lancet* 354, 9194.
- Prusiner SB (1998) Prions. *Proc Natl Acad Sci USA* 95, 13363-13383.
- Purschke B, et al. (2017) Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on growth performance of black soldier fly (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. *Food Add Contam Part A* 34, 1410-1420.
- Reinhold JO, et al. (1999) Transfer of microcontaminants from sediment to chironomids, and the risk for the Pond bat *Myotis dasycneme* (Chiroptera) preying on them. *Aquat Ecol* 33, 363-376, 1999.
- Requena JR, et al. (2016) The priority position paper: Protecting Europe's food chain from prions. *Prion* 10, 165-181.
- Ribbens S, et al. (2004) Transmission of classical swine fever. A review. *Vet Quart* 26, 146-155.
- Rinke R, et al. (2011) Microbial diversity in the larval gut of field and laboratory populations of the sugarcane weevil *Sphenophorus levi* (Coleoptera, Curculionidae). *Genet Mol Res* 10, 2679-2691.
- RIVM-LCI (2012) (versie april 2018) LCI-richtlijn Cryosporidiose. Geraadpleegd via <https://lci.rivm.nl/richtlijnen>.
- RIVM-LCI (2007) (versie maart 2018) LCI-richtlijn ziekte van Creutzfeldt-Jakob. Geraadpleegd via <https://lci.rivm.nl/richtlijnen>.
- RIVM-LCI (2009) (versie maart 2018) LCI-richtlijn Toxoplasmose. Geraadpleegd via <https://lci.rivm.nl/richtlijnen>.
- RIVM-RIKILT Frontoffice Voedselveiligheid (2006) Risicobeoordeling inzake aanwezigheid van verpakkingsmaterialen in reststoffen voor diervoeding, 9 februari 2006.
- RIVM-RIKILT Frontoffice Voedselveiligheid (2010) Risicobeoordeling inzake alternatief gebruik van voormalige voedingsmiddelen inclusief groenten en fruit, 22 juli 2010.
- Roche RJ, et al. (2009) Transmission of *Salmonella* to broilers by contaminated larval and adult lesser mealworms, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Poultry Sci* 88, 44-48.
- Rochon K (2003) Persistence and significance of *E. coli* in house flies (*Musca domestica*) and stable flies (*Stomoxys calcitrans*). Thesis. Université de Sherbrooke, Quebec, Canada. Geraadpleegd via

<https://opus.uleth.ca/bitstream/handle/10133/233/MR03045.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

- Rochon K, et al. (2004). Persistence of *Escherichia coli* in immature house F fly and stable fly (Diptera: Muscidae) in relation to larval growth and survival. *J Med Entomol* 41, 1082-1089.
- Rubenstein R, et al. (1998) Potential role of mites as vector for scrapie transmission. *Alzheimer Dis Rev* 3, 52-56.
- Rumpold BA & Schlüter OK (2013a) Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innov Food Sci Emerg Techn* 17, 1-11.
- Rumpold BA & Schlüter OK (2013b) Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res* 57, 802-823.
- Rzeżutka A & Cook N (2004) Survival of human enteric viruses in the environment and food. *FEMS Microbiol Rev* 28, 441-453.
- Sakudo A, et al. (2011) Fundamentals of prions and their inactivation (review). *Int J Mol Med* 27, 483-489.
- Schlüter O, et al. (2017) Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Mol Nutr Food Res* 61, 1600520.
- Schripsema AS, et al. (2015) Verwaarding van voedselreststromen uit supermarkten. Behersing van voedselverspilling: belemmeringen en oplossingen. Wageningen UR Food & Biobased Research, rapport 1549. Geraadpleegd via <http://edepot.wur.nl/340319>.
- Scott MR, et al. (1999) Compelling transgenetic evidence for transmission of bovine prions to humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 21, 15137-15142.
- Sheppard DG, et al. (2002) Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *J Med Entomol* 39, 695-698.
- Siemianowska E, et al. (2013) Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. *Agric Sci* 4, 287-291.
- Simmons M, et al. (2018) DISCONTTOOLS: Identifying gaps in bovine spongiform encephalopathies. *Transbound Emerg Dis* 65(Suppl. 1), 9-21.
- Smith HV, et al. (2007) *Cryptosporidium* and *Giardia* as foodborne zoonoses. *Vet Parasitol* 149, 29-40.
- Sprynski N, et al. (2014) *Galleria mellonella* as an infection model for select agents. *Meth Mol Biol* 1197, 3-9.
- Steinhaus EA (1941) A study of the bacteria associated with thirty species of insects. *J Bacteriol* 42, 757-790.
- Stoops J, et al. (2016) Microbial community assessment of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and grasshoppers (*Locusta migratoria migratorioides*) sold for human consumption. *Food Microbiol* 53, 122-127.
- Stoops J, et al. (2017) Minced meat-like products from mealworm larvae (*Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus*): microbial dynamics during production and storage. *Innov Food Sci and Emerg Tech* 41, 1-9.
- Strother KO, et al. (2005) Reservoir competence of lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) for *Campylobacter jejuni* (Campylobacterales: Campylobacteraceae). *J Med Entomol* 42, 42-47.
- Templeton JM, et al. (2006) Survival of *Campylobacter* spp. in darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) and their larvae in Australia. *Appl Environ Microbiol* 72, 7909-7911.
- Tomasula PM & Konstance RP (2004) The survival of Foot-and-Mouth Disease Virus in raw and pasteurized milk and milk products. *J Dairy Sci* 87, 1115-1121.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

- Tomberlin JK, et al. (2002) Selected life-history trait of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Ann Entomol Soc Am* 95, 379-386.
- Torgerson PR, et al. (2015) World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of 11 foodborne parasitic diseases, 2010: A data synthesis. *PLoS Med* 12, e1001920.
- Tranulis MA, et al. (2011) Atypical prion diseases in humans and animals. *Top Curr Chem* 305, 23-50.
- Tretola M, et al. (2017a) Former food products safety evaluation: computer vision as an innovative approach for the packaging remnants detection. *J Food Quality* 2017.
- Tretola M, et al. (2017b) Former food products safety: microbiological quality and computer vision evaluation of packaging remnants contamination. *Food Add Cont Part A* 34, 1427-1435.
- Tschirner M & Simon A (2015) Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *J Insects Food Feed* 1, 249-259.
- Turner C & Williams SM (1999) Laboratory-scale inactivation of African swine fever virus and swine vesicular disease virus in pig slurry. *J Appl Microbiol* 87, 148-157.
- Turner C, et al. (2000) The inactivation of foot and mouth disease, Aujeszky's disease and classical swine fever viruses in pig slurry. *J Appl Microbiol* 89, 760-767.
- US FDA (Food and Drug Administration) (2019) Fish and fish products hazards and controls guidance. Fourth edition. [Appendix 4, Bacterial pathogens growth and inactivation]. Geraadpleegd via <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/UCM251970.pdf>.
- US FDA (2012) Bad bug book, foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins. Second edition. [Appendix 3, Factors that affect microbial growth in food]. Geraadpleegd via <https://www.fda.gov/downloads/Food/FoodborneIllnessContaminants/UCM297627.pdf>.
- Van Broekhoven S (2015) Quality and safety aspects of mealworms as human food. Thesis. Wageningen University. Geraadpleegd via <https://edepot.wur.nl/363193>.
- Van Broekhoven S, et al. (2015) Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) of diets composed of organic-by-products. *J Insect Physiol* 73, 1-10.
- Van Broekhoven S, et al. (2017) Degradation and excretion of the *Fusarium* toxin deoxynivalenol by an edible insect, the Yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *World Mycotoxin J* 10, 163-169.
- Van der Fels-Klerx HJ, et al. (2016) Uptake of cadmium, lead and arsenic by *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* from contaminated substrates. *PLoS ONE* 11, e166186.
- Vandeweyer D, et al. (2015) Microbial quality of insects for human consumption reared on industrial scale in Belgium and the Netherlands. Proceedings of the twentieth Conference on Food Microbiology, Brussel, 8-9 October 2015.
- Vandeweyer D, et al. (2017a) Effect of blanching followed by refrigerated storage or industrial microwave drying on the microbial load of yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Food Control* 71, 311-314.
- Vandeweyer D, et al. (2017b) Microbial counts of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domesticus* and *Grylloides sigillatus*) from different

- rearing companies and different production batches. *Int J Food Microbiol* 242, 13–18.
- Van Huis A (2013) Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Ann Rev Entomol* 58, 563-583.
- Van Huis A, et al. (2013) Edible insects. Future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171. Geraadpleegd via <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>.
- Van Huis A (2016) Edible insects are the future? *Proc Nutr Soc* 75, 294-305.
- Van Kreijl CF & Knaap AGAC (2004) Ons eten gemeten. Gezonde voeding en veilig voedsel in Nederland. RIVM Rapport 270555007. Geraadpleegd via <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/270555007.pdf>.
- Van Linden V, et al. (2017) Insect rearing on manure – Are micro-organisms and antibiotics transferred from the substrate to the larvae? International Association of Food Protection, 13th European Symposium on Food Protection, Brussels, 29-31 March 2017 (poster). Geraadpleegd via https://pure.ilvo.be/portal/files/5517666/2017_IAPF_Poster_Van_linden_et_al_v05.pdf.
- Van Raamsdonk LWD, et al. (2011) A risk evaluation of traces of packaging materials in former food products intended as feed materials. RIKILT report 2011.002. Geraadpleegd via <http://edepot.wur.nl/171617>.
- Veldkamp T, et al. (2012) Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research, Dienst Landbouwkundig Onderzoek; rapport 638. Geraadpleegd via <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/234247>.
- Verbeke W, et al. (2015) Insects in animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens. *Anim Feed Sci Techn* 204, 72-87.
- Vijver M, et al. (2003) Metal uptake from soils and soil-sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicol Environ Safety* 54, 277-289.
- Voedingscentrum (2019) Voedingscentrum Encyclopedie. Geraadpleegd via <http://www.voedingscentrum.nl/encyclopedie.aspx>.
- Wales AD, et al. (2010) Review of the carriage of zoonotic bacteria by arthropods, with special reference to *Salmonella* in mites, flies and litter beetles. *Zoonoses Public Health* 57, 299-314.
- Wallace GD (1971) Experimental transmission of *Toxoplasma gondii* by filth-flies. *Am J Trop Med Hyg* 20, 411-413.
- Wang W, et al. (2017) Tracing heavy metals in 'swine manure - maggot - chicken' production chain. *Sci Reports* 7, 8417.
- Wiggins RC (2009) Prion stability and infectivity in the environment. *Neurochem Res* 34, 158-168.
- Wisniewski HM, et al. (1996) Mites as vectors for scrapie. *Lancet* 347, 1114.
- WHO (2015) WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015. Geraadpleegd via http://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergreport/en/.
- WHO (2019) Zoonoses. Geraadpleegd via <http://www.who.int/topics/zoonoses/en/>.
- Worley DE, et al. (1986) Survival of sylvatic *Trichinella spiralis* isolates in frozen tissue and processed meat products. *J Am Vet Med Assoc* 189, 1047-1049.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200

- Wynants E, et al. (2017) Effect of post-harvest starvation and rinsing on the microbial numbers and the bacterial community composition of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*). *Innov Food Sci Emerg Technol* 42, 8–15.
- Wynants E, et al. (2018a) Microbial dynamics during production of lesser mealworms (*Alphitobius diaperinus*) for human consumption at industrial scale. *Food Microbiol* 70, 181-191.
- Wynants E, et al. (2018b) Assessing the microbiota of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) reared on organic waste streams on four different locations at laboratory and large scale. *Environ Microbiol* 2018.
- Wynants E, et al. (2019) Risks related to the presence of *Salmonella* sp. during rearing of mealworms (*Tenebrio molitor*) for food or feed: Survival in the substrate and transmission to the larvae. *Food Control* 100, 227-234.
- Yin J, et al. (2017) Enantiomerization and stereoselectivity in bioaccumulation of furalaxyl in *Tenebrio molitor* larvae. *Ecotoxicol Env Safety* 145, 244-249.
- Yun JH, et al. (2014) Insect gut bacterial diversity determined by environmental habitat, diet, developmental stage, and phylogeny of host. *Appl Environ Microbiol* 80, 5254–5264.
- Zheng L, et al. (2012) Evaluation of *Salmonella* movement through the gut of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Vector Borne Zoonotic Dis* 12, 287-292.
- Zurek L, et al. (2000) Diversity and contribution of the intestinal bacterial community to the development of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) larvae. *J Med Entomol* 37, 924-928.

Bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Datum

16 oktober 2019

Onze referentie

trcnvwa/2019/6200