

Toetsing van de huisvlieg, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) als productiedier in Nederland

Commissie Beoordeling Insecten

Inhoud

1	Achtergrond.....	2
2	Beschrijving van de huisvlieg.....	2
3	Werkwijze.....	3
4	Stammen van de huisvlieg.....	3
	Stammen van de huisvlieg resistent tegen insecticiden.....	3
	De krulvlieg.....	3
5	Ontwikkeling.....	4
6	Ziekten overgebracht door de huisvlieg.....	5
	Pathogenen.....	5
	Allergie.....	6
7	Bestrijding van de huisvlieg.....	6
8	Huisvlieg als productiedier.....	7
9	Kweken van de huisvlieg.....	7
10	Gezondheidseffecten van de huisvlieg.....	8
11	Huisvliegen en welzijn.....	8
12	Risicobeoordeling.....	9
13	Advies van de commissie.....	10
14	Referenties.....	10

1 Achtergrond

In Nederland mogen dieren alleen voor productie worden gehouden indien zij voorkomen op de wettelijke lijst van de voor productie te houden diersoorten (Wet dieren, art. 2.3, Besluit houders van dieren, art. 2.1 en Bijlage II bij het besluit). Op deze lijst komen ook insecten voor. Omwille van de bescherming van volks-, plant- en diergezondheid en milieu en omwille van het welzijn en de gezondheid van de betreffende insectensoort, zal zorgvuldig bekeken moeten worden welke risico's het kweken van het betreffende insect met zich meebrengt alvorens te besluiten of deze in Nederland gekweekt mag worden.

De beleidsdirectie DAD heeft de Commissie beoordeling Insecten gevraagd de risico's voor mens, dier, plant en milieu te beoordelen en te bezien of er geen onaanvaardbare problemen optreden uit oogpunt van welzijn en gezondheid bij het kweken onder gecontroleerde omstandigheden in Nederland van de huisvlieg (zie afbeelding 1). Op de wettelijke lijst van de voor productie te houden diersoorten staat wel een mutant van de huisvlieg, nl de krulvlieg (afbeelding 2).



Figuur 1. De huisvlieg (bron¹)



Figuur 2. De krulvlieg (bron²)

2 Beschrijving van de huisvlieg

De huisvlieg of kamervlieg (*Musca domestica* Linnaeus, 1758) behoort tot de familie echte vliegen (Muscidae). De huisvlieg is één van de bekendste soorten vliegen, met name door haar kosmopolitische voorkomen. De huisvlieg leeft in associatie met de mens (synantropie) en hun gedomesticeerde dieren. Je treft ze vaak aan in de buurt van

¹ <https://www.environmentalscience.bayer.nl/Pest-Management/Problemen/Houseflies>

² <http://paludariummadman.punt.nl/content/2007/06/voedsel>

organisch afval of vee. Daar vind je ook in groten getale hun larven, maden genaamd. Vliegsoorten, die op de huisvlieg lijken zijn de kleine kamervlieg of kleine huisvlieg, *Fannia canicularis* (Diptera: Fanniidae) en de stalvlieg *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae).

De hoeveelheid literatuur over de huisvlieg is enorm. Een zoekopdracht in “Web of Science” op 30 juni 2018 leverde 4.522 referenties op en ongeveer 1400 voor de laatste 10 jaar.

3 Werkwijze

Van de afdeling Ecologische Wetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam is een literatuurbestand over de huisvlieg ontvangen op 7 Augustus 2018. Deze database en de het persoonlijk literatuurbestand van A. van Huis over insecten als voer en voedsel zijn geraadpleegd. Ook is verder nog online gezocht naar literatuur. De voorzitter van de Commissie heeft een concept verslag gemaakt, hetgeen op 14 augustus is gemaaild naar de andere leden van de commissie. Zij hebben gereageerd per mail. Het conceptverslag is bijgewerkt en de gereviseerde versie is toen bediscussieerd tijdens een vergadering op 19 September 2018. Deze is op 25 september in een definitieve versie aangeboden.

4 Stammen van de huisvlieg

Stammen van de huisvlieg resistent tegen insecticiden

Er zijn talloze publicaties die gaan over resistentie ontwikkeling bij de huisvlieg door het gebruik van insecticiden. Insecticiden worden al 70 jaar gebruikt en de huisvlieg heeft resistentie ontwikkelt tegen zo goed als alle soorten insecticiden, waardoor deze bestrijdingsvorm een probleem vormt ([Meisel and Scott, 2018](#)). [Scott \(2016\)](#) bericht over de ontwikkeling van resistentie door mutaties tegen pyrethroïden, een groep stoffen die het meest gebruikt worden om dit insect te bestrijden.

Stammen van de huisvlieg insecten zijn ook onderzocht op bijvoorbeeld: 1) hun capaciteit afval te verwerken ([Pastor et al., 2014](#)); 2) verschillen in ontwikkeling zoals levensduur ([Sohal et al., 1987](#)); competitie tussen mutanten en wilde stammen ([Sokal and Sullivan, 1963](#)); en effecten van dichtheid ([Sullivan and Sokal, 1963](#)).

De krulvlieg (uit Wikipedia)^{3,4}

³ <https://nl.wikipedia.org/wiki/Huisvlieg> (geraadpleegd 31-07-2018)

⁴ <http://www.jangala.co.uk/Curly%20winged%20fly%20culture%20webpage.htm>

Een gemuteerde variant van de huisvlieg wordt wel gebruikt als voedseldier voor in gevangenschap gehouden huisdieren die insecten eten (bijv. kikkers en kleine hagedissen). Deze mutatie wordt wel krulvlieg genoemd, omdat de vleugels misvormd zijn zodat de vlieg niet meer kan vliegen. De vleugels zijn duidelijk gekromd en ook is de krulvlieg blind zodat vijanden niet meer kunnen worden waargenomen. Krulvliegen zijn hierdoor erg actief en proberen wel te vliegen maar maken slechts kleine sprongetjes. Krulvliegen verstoppen zich niet en botsen overal tegenaan zodat ze een gemakkelijke prooi zijn.

5 Ontwikkeling

Na een korte paring, ontwikkelen zich ongeveer 120 eieren, die van dag 4 tot 8 worden gelegd in één keer of gedurende verschillende keren. Het vrouwtje heeft suiker en eiwit nodig voor de ontwikkeling van de eieren. Het vrouwtje kan een aantal keren zo'n hoeveelheid eieren produceren. Mest is het meest geliefde substraat om eieren in te leggen, maar het kan ook op rottend organisch afval zijn ([Dahlem, 2003](#)).

De ontwikkeling is afhankelijk van de temperatuur. Het uitkomen van de eieren is gewoonlijk slechts één dag na eileg. De ontwikkeling van de made (drie larvale stadia) duurt over het algemeen slechts 5-9 dagen. Het derde larvale stadium verandert in een donkere, cilindrische pop, waarvan het exoskelet bestaat uit de huid van de laatste larve stadium. De pop ontwikkelt zich in ongeveer 5 dagen tot volwassen vlieg. Volwassen vliegen leven in de gematigde zones gedurende 2 tot 3 weken. De gehele levensduur van (van ei tot ei leggend adult) is van 10 dagen tot en met 2 weken. De ontwikkeling is uiteraard afhankelijk van een aantal parameters zoals temperatuur en substraat ([Barnard and Geden, 1993](#); [Barnard and Harms, 1992](#)).

De huisvlieg vliegt ongeveer 2 m/s. Ze hebben de neiging zich te verspreiden van de plaats waar ze zijn opgegroeid, zelfs wanneer de omstandigheden op de plaats van uitkomst gunstig zijn. Studies hebben aangetoond dat na vier dagen 85 tot 95% van de vliegen zich binnen een 3 km radius bevinden. Echter ze kunnen ook waargenomen worden op 20 km afstand. De huisvlieg heeft de neiging om gebouwen van mensen binnen te gaan. Dat houdt ook in dat ze zich makkelijk verspreiden via vrachtwagens, treinen, schepen en vliegtuigen. Dat houdt dus in dat de genetische uitwisseling tussen populaties in de wereld groot is.

De structuren op de tarsi (voeten) van de vlieg maakt dat deze zich makkelijk op gladde oppervlakken kan bewegen en dus ook verticale vlakken en plafonds.

De huisvlieg zuigt vloeistoffen op met de proboscis. Wanneer het om vast voedsel gaat, scheiden huisvliegen speeksel (spuug) af om het vaste voedsel vloeibaar te maken dat



Figuur 1. De proboscis bij de huisvlieg

daarna wordt opgenomen.

6 Ziekten overgebracht door de huisvlieg

Pathogenen

Huisvliegen worden geassocieerd met wel 100 pathogenen van infectieziekten (bacteriën, protozoa, helminthen en virussen) van mens en dier ([Dahlem, 2003](#); [Greenberg, 1965](#); [Keiding, 1986](#)). Ze vormen een essentiële rol bij het afbreken van dierlijke afvalstoffen en leven dus in nauwe samenhang met veel dierlijke ziekteverwekkers ([Scott et al., 2014](#)). Huisvliegen kunnen ook een dodelijke stam van *Escherichia coli* en levensbedreigende antibiotische resistente bacteriën overbrengen ([Graczyk et al., 2001](#); [Macovei and Zurek, 2006](#); [Rahuma et al., 2005](#)). Vliegen kunnen ook pathogenen overbrengen verantwoordelijk voor oogziekten zoals trachoom and epidemische conjunctivitis, en wonden infecteren of huidziekten zoals cutane difterie, framboesia en melaatsheid ([Graczyk et al., 2001](#); [Keiding, 1986](#); [Rozendaal, 2011](#)). Met name in ziekenhuizen kunnen huisvliegen een gevaar zijn bij de verspreiding van ziekten ([Fotedar et al., 1992](#)).

Voor wat betreft vee is ook aangetoond dat grote hoeveelheden huisvliegen op een boerderij *E. coli* O157:H7 onder het vee kunnen verspreiden ([Alam and Zurek, 2004](#)).

Het betreft hier de fysische transmissie van pathogenen, die ze oppikken bij een mesthoop of een afvalbak en die overbrengen op mens en dier wanneer ze met hen in aanraking komen. Het zijn dus mechanische vectoren waarbij de pathogenen dikwijls via de poten of de vleugels wordt overgedragen ([Junqueira et al., 2017](#)). De meeste pathogenen aanwezig op het lichaam van de vlieg overleven slechts een paar uur. Sommige worden echter in de maag opgenomen en kunnen enkele dagen overleven

([Rozendaal, 2011](#)). Ook een ander onderzoek toonde aan dat *Escherichia coli* O157: H7 (EHEC) voedsel kan besmetten via de maag van de huisvlieg zeker de eerste 24 uur van de opname van de bacterie ([Sasaki et al., 2000](#)). Het betreft niet de vermeerdering van het pathogeen in de vlieg, of dat het pathogeen de vlieg nodig heeft voor hun levenscyclus, zoals het geval bij vele door vectoren overgedragen ziekten (“insect-borne”), zoals bijvoorbeeld malaria.

Bijvoorbeeld, het werd aangetoond dat huisvliegen besmet vanuit een stal met enterococcus, die resistent waren tegen antibiotica, snel voedsel konden besmetten ([Macovei et al., 2008](#)). Tussen huisvliegen blijkt er een behoorlijk verscheidenheid aan pathogenen te zijn die ze bij zich hebben ([Bahrndorff et al., 2017](#)).

Allergie

Beroepsallergie van kwekers van huisvliegen kan voorkomen ([Tas et al., 2007](#); [Tee et al., 1985](#)), maar ook van boeren die veelvuldig worden blootgesteld aan huisvliegen in stallen ([Focke et al., 2003](#)).

7 Bestrijding van de huisvlieg

Er zijn een groot aantal strategieën die kunnen worden gebruikt om de huisvlieg te bestrijden, zoals binnenshuis met licht- en geurvallen en buitenshuis door biologische of chemische bestrijdingsmethoden ([Iqbal et al., 2014](#); [Malik et al., 2007](#)). Ook planten kunnen worden gebruikt als afstootwerkend tegen de huisvlieg ([Baana et al., 2018](#)). De zwarte soldatenvlieg (*Hermetia illucens*) is in staat om het probleem met de huisvlieg in mest te verminderen ([Furman et al., 1959](#)).

[Rozendaal \(2011\)](#) noemt vier maatregelen ter verbetering van de gezondheid van de omgeving en van de hygiëne, nl.:

1. Vermindering of eliminatie van de broedplaatsen.
2. Vermindering van bronnen die vliegen aantrekken.
3. Voorkomen van contact van vliegen met besmettingsbronnen.
4. Bescherming van voedsel, eetgerei en mensen om in contact met vliegen te komen.

Al deze punten worden uitgebreid in dit rapport besproken. Daarnaast worden een aantal fysische en chemische bestrijdingsmethoden vermeld.

Bij het kweken van de insecten gelden nog andere criteria zoals schoon uitgangsmateriaal, geen uitwisseling met populaties van buiten en schoon substraat.

8 Huisvlieg als productiedier

In 2017 was er een overzichtsartikel om de huisvlieg te produceren als voer voor vee ([Tomberlin et al., 2017](#)). De maden van de huisvlieg worden over het algemeen gezien als een goede eiwitbron ([Ulanova and Kravchenko, 2016](#)).

De vlieg kan gebruikt worden als voer voor kippen ([Adeniji, 2007](#); [Allegretti et al., 2018](#); [Calvert et al., 1969](#); [Dankwa et al., 2002](#); [Hall et al., 2018](#); [Hwangbo et al., 2009](#); [Pieterse et al., 2013](#)) en een aantal vissoorten: *Clarias gariepinus* ([Aniebo et al., 2009](#); [Arong and Eyo, 2017](#); [Fasakin et al., 2003](#); [Idowu et al., 2003](#); [Kareem and Ogunremi, 2012](#)); *Achatina* spp. ([Mbunwen et al., 2011](#)); *Oncorhynchus mykiss* ([St-Hilaire et al., 2007](#)); *Heteroclarias* ([Ekelemu, 2015](#)); *Oreochromis niloticus* ([Wang et al., 2013b](#)).

Het insect kan een rol spelen in circulaire economie ([Roffeis et al., 2015](#); [Zanten et al., 2015](#)). De vlieg kan gekweekt worden op allerlei soorten organische reststromen: algemeen ([Abu Hasan and Leong, 2018](#); [Čičková et al., 2015](#); [Pastor et al., 2015](#); [Ramos-Elorduy and Morales, 1989](#)); mest in het algemeen ([Shah et al., 2016](#)), varkensmest ([Čičková et al., 2012a](#); [Čičková et al., 2012b](#); [Roffeis et al., 2015](#); [Wang et al., 2013a](#); [Zhang et al., 2012](#)); kippenmest ([Barnard et al., 1998](#); [Calvert et al., 1970](#); [El Boushy, 1991](#); [Teotia and Miller, 1974](#)); koeienmest ([Amano, 1985](#); [Hussein et al., 2017](#)) en gemeentefval ([Ocio et al., 1979](#)).

9 Kweken van de huisvlieg

In het begin van de tweede helft van de vorige eeuw waren er protocollen om de huisvlieg te kweken ([Spiller, 1963](#); [Wilkes et al., 1948](#)), met name opgesteld door de Wereldgezondheidsorganisatie ([Keiding and Arevad, 1964](#); [Sawicki, 1964](#); [Spiller, 1964](#)). Naderhand zijn er nog meer publicaties verschenen om stammen van huisvliegen te kweken, die geschikt zijn om afval te verwerken ([Pastor et al., 2014](#)). Ook onderzoek is uitgevoerd naar het optimaliseren van de kweek ([Pieterse and Gloy, 2013](#); [Weigert et al., 2002](#)), het verhogen van de overlevingskansen van de huisvlieg in een massakweek ([Čičková et al., 2013](#); [Richardson, 1932](#)), en naar middelen gebruikt ter stimulering van de groei ([Robbins et al., 1965](#)). Ook heeft men gevonden dat bacteriën of hun metabolische producten essentieel zijn voor de optimale groei van de maden ([Schmidtman and Martin, 1992](#); [Zhao et al., 2017](#); [Zurek and Nayduch, 2016](#); [Zurek et al., 2000](#)), hetgeen vrij logisch is gezien het type substraat waar de maden natuurlijk in groeien.

10 Gezondheidseffecten van de huisvlieg

Behalve in de verspreiding van ziekten zijn er ook positieve effecten gevonden: zo heeft de huisvlieg als voer een gunstig gezondheidseffect op bijvoorbeeld vis ([Ido et al., 2015](#)). Er is zelfs een publicatie bekend dat er antimicrobiële peptiden uit de huisvlieg worden gebruikt als conserveermiddel in voedingsmiddelen ([Houa et al., 2007](#)). Omdat de huisvlieg leeft in een sterk vervuilde omgeving heeft de vlieg een robuust immuunsysteem aangepast tegen verschillende pathogenen en dus hebben antimicrobiële peptiden van de vlieg een groot potentieel om te worden ontwikkeld tot antimicrobiële geneesmiddelen pathogenen ([Guo et al., 2017](#)).

Ook is gebleken dat het kweken van de huisvlieg op kippenmest het voorkomen van pathogenen zoals *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* and *Campylobacter jejuni* kan verminderen ([Nordentoft et al., 2017](#)).

11 Huisvliegen en welzijn

De Wet Dieren erkent de intrinsieke waarde van dieren en erkent daarbij de eigen waarde van dieren, zijnde wezens met gevoel. Volgens het rapport van [RDA \(2018\)](#) is “*morele beschermwaardigheid volledig afhankelijk van het wetenschappelijke antwoord op de vraag of, en zo ja welke ongewervelden dieren ‘voelende wezens’ (sentient beings) zijn*”. Echter in dit kader onderschrijft de RDA het toepassen van het voorzorgsbeginsel: “*in het geval van wetenschappelijke onzekerheid of onbekendheid met het voelend vermogen we op basis van voorzorg we (bepaalde) ongewervelde dieren behandelen als ware zij voelende wezens en daarmee dieren van wie we de intrinsieke waarde erkennen*”. De RDA geeft daarmee de dieren het voordeel van de twijfel.

Een ander standpunt is dat het voorzorgsprincipe alleen wordt toegepast wanneer voortschrijdend onderzoek aantoonbaar dat een bepaalde soort voelend is, i.e. een “sentient being”.

Kwekerijen zullen over het algemeen investeren in het welzijn van ongewervelden en de omstandigheden van de kweek optimaliseren aanpassen aan de behoeften van de soort om een hoge productie te krijgen. Tevens zijn kwekers zich van de intrinsieke waarde bewust en houden er rekening mee bij hun dodingsmethoden (Hakman et al., 2013).

Er zijn geen wetenschappelijke gegevens gevonden die onderbouwen dat de huisvlieg voelende wezens (‘sentient beings’) zijn, die welzijn en pijn kunnen ervaren. Veel onderzoek is gedaan naar een andere vliegsoort, nl. de bananenvlieg, oftewel *Drosophila melanogaster*. Bananenvliegjes worden veel gebruikt bij genetische experimenten, omdat ze zich erg snel voortplanten en gemakkelijk van elkaar te onderscheiden zijn. Tevens is het een modelorganisme om de genetica van menselijke

ontwikkeling, gedrag en ziekte te begrijpen. Wat onderzoekers onder andere konden bewijzen is dat de vliegen reageerden op dreigende situaties op een andere manier dan kan worden uitgelegd als een reflex ([Gibson et al., 2015](#)). De vliegen aten namelijk geen voedsel totdat de bedreiging was beëindigd. De fruitvlieg heeft ongeveer 250.000 neuronen in de hersenen ([Lagercrantz et al., 2010](#)). Net als van de bananenvlieg zijn van de huisvlieg een aantal mutanten bekend, zoals de krulvlieg ([Hoyer, 1966](#); [McDonald, 1970](#)). Wat onderzoekers onder andere konden bewijzen is dat bananenvliegen reageerden op dreigende situaties op een andere manier dan kan worden uitgelegd als een reflex ([Gibson et al., 2015](#)). De vliegen aten namelijk geen voedsel totdat de bedreiging was beëindigd. Of bananenvliegen op basis van deze informatie als “sentient being” kan worden beschouwd blijft onduidelijk.

We weten niet hoe vaak in de natuur de mutatie ‘krulvlieg’ in huisvlieg populaties voorkomt. De natuurlijke selectie tegen de krulvlieg zal groot zijn omdat de mutant blind is en niet kan vliegen, en daarom onder natuurlijke omstandigheden een makkelijke prooi is voor predatoren. Daarom zal de natuurlijke selectie tegen deze mutant groot zijn. De vraag blijft, uit oogpunt van welzijn, of je de krulvlieg zou moeten vermeerderen door ze te gaan kweken.

12 Risicobeoordeling

Plantgezondheid. De vlieg is geen herbivoor en leeft alleen op rottend afval. Het vormt dus geen gevaar voor de plantaardige voedselproductie of voor planten in het algemeen.

Volksgezondheid. De vlieg kan pathogenen op de mens overbrengen. Niet zozeer vanuit de productiefaciliteit, waarbij we ervan uitgaan dat de dieren op schoon substraat worden gekweekt. Echter bij ontsnapping zullen de dieren door afval worden aangetrokken, waar ze pathogenen kunnen oppikken en die vervolgens kunnen overbrengen op de mens.

Diergezondheid. De vlieg kan pathogenen op dieren overbrengen. Niet zozeer vanuit de productiefaciliteit, waarbij we ervan uitgaan dat de dieren op schoon substraat worden gekweekt. Echter bij ontsnapping zullen de dieren door afval worden aangetrokken, waar ze pathogenen kunnen oppikken en die vervolgens kunnen overbrengen op dieren.

Biodiversiteit/ Milieu. Het insect komt kosmopolitisch voor en dus ook in Nederland. Als zodanig vormt het geen bedreiging. Echter, het zou een milieu risico kunnen opleveren in de vorm van overlast als de beesten zouden ontsnappen. Voor wat betreft de productiefaciliteit zijn er dus de volgende risico's:

- Ontsnapping. Dit zou tot een absoluut minimum moeten worden gereduceerd.

- De plaats van vestiging. Dat zou niet in een urbane omgeving moeten plaatsvinden. Dit heeft te maken met landschapsinrichting en waarschijnlijk zijn hier lokale verordeningen van kracht.

Dierenwelzijn. Bij het kweken van *Musca domestica* (huisvlieg) is de commissie van mening dat het welzijn niet in het geding is. Binnen de Commissie is geen unanimititeit over het feit of bij de kweek van krulvliegen (een specifieke mutant van de huisvlieg) de intrinsieke waarde wordt aangetast, omdat deze vliegen beperkt zijn in het vluchtgedrag en daardoor een makkelijke prooi zijn..

13 Advies van de commissie

De Commissie Beoordeling Insecten ziet geen risico's voor het in productie nemen van *Musca domestica* (huisvlieg): er is geen gevaar voor de plantgezondheid, de biodiversiteit is niet in het geding, en er is, mits geproduceerde vliegen niet kunnen ontsnappen, geen gevaar voor de volks- en diergezondheid. De vraag blijft, uit oogpunt van welzijn, of je de krulvlieg zou moeten vermeerderen door ze te gaan kweken.

14 Referenties

- Abu Hasan, H. and Leong, K.P., 2018. Growth of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and *Sarcophaga dux* (Diptera: Sarcophagidae) larvae in poultry and livestock manures: Implication for animal waste management. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 21: 880-884.
- Adeniji, A.A., 2007. Effect of replacing groundnut cake with maggot meal in the diet of broilers. *International Journal of Poultry Science* 6: 822-825.
- Alam, M.J. and Zurek, L., 2004. Association of *Escherichia coli* O157:H7 with houseflies on a cattle farm. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 7578-7580.
- Allegretti, G., Talamini, E., Schmidt, V., Bogorni, P.C. and Ortega, E., 2018. Insect as feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. *Journal of Cleaner Production* 171: 403-412.
- Amano, K., 1985. Breeding of the house Fly, *Musca domestica* (Diptera : Muscidae), in fresh dung of cattle fed on pasture grass. *Applied Entomology and Zoology* 20: 143-150.
- Aniebo, A.O., Erundu, E.S. and Owen, O.J., 2009. Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets [Sustitución de harina de pescado con harina de larvas en dietas para el bagre Africano (*Clarias gariepinus*)]. *Revista Científica UDO Agrícola* 9: 653-656.
- Arong, G.A. and Eyo, V.O., 2017. Evaluation of house fly (*Musca domestica*) maggot meal and termite (*Macrotermes subhyalinus*) meal as supplementary feed for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *International Journal of Entomology and Nematology* 3: 42-50.

- Baana, K., Angwech, H. and Malinga, G.M., 2018. Ethnobotanical survey of plants used as repellents against housefly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) in Budondo Subcounty, Jinja District, Uganda. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 14: 35.
- Bahrndorff, S., de Jonge, N., Skovgård, H. and Nielsen, J.L., 2017. Bacterial Communities associated with houseflies (*Musca domestica* L.) sampled within and between farms. *Plos One* 12: e0169753.
- Barnard, D.R. and Geden, C.J., 1993. Influence of larval density and temperature in poultry manure on development of the house fly (Diptera: Muscidae). *Environmental Entomology* 22: 971-977.
- Barnard, D.R. and Harms, R.H., 1992. Growth and survival of house flies (Diptera: Muscidae) Response to selected physical and chemical properties of poultry manure. *Journal of Economic Entomology* 85: 1213-1217.
- Barnard, D.R., Harms, R.H. and Sloan, D.R., 1998. Biodegradation of poultry manure by house fly (Diptera: Muscidae). *Environmental Entomology* 27: 600-605.
- Brambell, F.W.R., 1965. Report of the Technical Committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. Cmnd. 2836, December 3 1965. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Calvert, C.C., Martin, R.D. and Morgan, N.O., 1969. House fly pupae as food for poultry. *Journal of Economic Entomology* 1969 Vol.62 No.4 pp. pp. ref.2 62: 938-939.
- Calvert, C.C., Morgan, N.O. and Martin, R.D., 1970. House fly larvae: biodegradation of hen excreta to useful products. *Poultry Science* 49: 588-589.
- Čičková, H., B, P., M, K., A, M.-S. and S, R., 2012a. Biodegradation of pig manure by the housefly, *Musca domestica*: a viable ecological strategy for pig manure management. *Plos One* 7: e32798.
- Čičková, H., Kozánek, M., Morávek, I. and Takáč, P., 2012b. A behavioral method for separation of house fly (Diptera: Muscidae) larvae from processed pig manure, 105, 62-66 pp.
- Čičková, H., Kozánek, M. and Takáč, P., 2013. Improvement of survival of the house fly (*Musca domestica* L.) larvae under mass-rearing conditions. *Bulletin of Entomological Research* 103: 119-125.
- Čičková, H., Newton, G.L., Lacy, R.C. and Kozánek, M., 2015. The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management* 35: 68-80.
- Dahlem, G.A., 2003. House fly. In: *Encyclopedia of insects* (Editors: Vincent H. Resh and Ring T. Cardé), pp. 532-534. Academic Press, Amsterdam: 532-534.
- Dankwa, D., F.S. Nelson, Oddoye, E.O.K. and Duncan, J.L., 2002. Housefly larvae as a feed supplement for rural poultry Ghana *Jnl agric. Sci.* 35.
- Ekelemu, J.K., 2015. Cost-benefit analysis and growth response of *Heteroclarias* fingerlings fed diets containing graded levels of maggot meal as replacement for fish meal. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences* 2: 144-148.
- El Boushy, A.R., 1991. House-fly pupae as poultry manure converters for animal feed: A review. *Bioresource Technology* 38: 45-49.
- Fasakin, E.A., Balogun, A.M. and Ajayi, O.O., 2003. Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research* 34: 733-738.

- Focke, M., Hemmer, W., Wohrl, S., Gotz, M., Jarisch, R. and Kofler, H., 2003. Specific sensitization to the common housefly (*Musca domestica*) not related to insect panallergy. *Allergy* 58: 448-451.
- Fotedar, R., Banerjee, U., Singh, S., Shriniwas and Verma, A.K., 1992. The housefly (*Musca domestica*) as a carrier of pathogenic microorganisms in a hospital environment. *Journal of Hospital Infection* 20: 209-215.
- Furman, D.P., Young, R.D. and Catts, P.E., 1959. *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. *Journal of Economic Entomology* 52: 917-921.
- Gibson, William T., Gonzalez, Carlos R., Fernandez, C., Ramasamy, L., Tabachnik, T., Du, Rebecca R., Felsen, Panna D., Maire, Michael R., Perona, P. and Anderson, David J., 2015. Behavioral responses to a repetitive visual threat stimulus express a persistent state of defensive arousal in *Drosophila*. *Current Biology* 25: 1401-1415.
- Graczyk, T.K., Knight, R., Gilman, R.H. and Cranfield, M.R., 2001. The role of non-biting flies in the epidemiology of human infectious diseases. *Microbes and Infection* 3: 231-235.
- Greenberg, B., 1965. Flies and disease. *Scientific American* 213: 92-99.
- Guo, G., Tao, R., Li, Y., Ma, H., Xiu, J., Fu, P. and Wu, J., 2017. Identification and characterization of a novel antimicrobial protein from the housefly *Musca domestica*. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 490: 746-752.
- Hakman, A., Peters, M. and van Huis, A., 2013. Toelatingsprocedure voor insecten als mini-vee voor het plaatsen van nieuwe insectensoorten op de lijst voor productie te houden dieren. Wageningen University.
- Hall, H.N., Masey O'Neill, H.V., Scholey, D., Burton, E., Dickinson, M. and Fitches, E.C., 2018. Amino acid digestibility of larval meal (*Musca domestica*) for broiler chickens. *Poultry Science* 97: 1290-1297.
- Houa, L., Shia, L.Y., Zhaia, P. and Le, G., 2007. Inhibition of foodborne pathogens by Hf-1, a novel antibacterial peptide from the larvae of the housefly (*Musca domestica*) in medium and orange juice. *Food Control* 18: 1350-1357.
- Hoyer, R.F., 1966. Some new mutants of the house fly, *Musca domestica*, with notations of related phenomena. *Journal of Economic Entomology* 59: 133-137.
- Hussein, M., Pillai, V.V., Goddard, J.M., Park, H.G., Kothapalli, K.S., Ross, D.A., Ketterings, Q.M., Brenna, J.T., Milstein, M.B., Marquis, H., Johnson, P.A., Nyrop, J.P. and Selvaraj, V., 2017. Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. *Plos One* 12: e0171708.
- Hwangbo, J., Hong, E.C., Jang, A., Kang, H.K., Oh, J.S., Kim, B.W. and Park, B.S., 2009. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J Environ Biol.* 30: 609-614.
- Ido, A., Iwai, T., Ito, K., Ohta, T., Mizushige, T., Kishida, T., Miura, C. and Miura, T., 2015. Dietary effects of housefly (*Musca domestica*) (Diptera: Muscidae) pupae on the growth performance and the resistance against bacterial pathogen in red sea bream (*Pagrus major*) (Perciformes: Sparidae). *Applied Entomology and Zoology*: 1-9.

- Idowu, A.B., Amusan, A.A.S. and Oyediran, A.G., 2003. The response of *Clarias gariepinus* fingerlings (Burchell 1822) to the diet containing housefly maggot (*Musca domestica*) (L). Nigerian Journal of Animal Production 30: 139-144.
- Iqbal, W., Malik, M.F., Sarwar, M.K., Azam, I., Iram, N. and Rashda, A., 2014. Role of housefly (*Musca domestica*, Diptera; Muscidae) as a disease vector; a review. Journal of Entomology and Zoology Studies 2: 159-163.
- Junqueira, A.C.M., Ratan, A., Acerbi, E., Drautz-Moses, D.I., Premkrishnan, B.N.V., Costea, P.I., Linz, B., Purbojati, R.W., Paulo, D.F., Gaultier, N.E., Subramanian, P., Hasan, N.A., Colwell, R.R., Bork, P., Azeredo-Espin, A.M.L., Bryant, D.A. and Schuster, S.C., 2017. The microbiomes of blowflies and houseflies as bacterial transmission reservoirs. Scientific Reports 7: 16324.
- Kareem, A.O. and Ogunremi, J.B., 2012. Growth performance of *Clarias gariepinus* fed compounded rations and maggots. Journal of Environmental Issues and Agriculture 4: 1-5.
- Keiding, J., 1986. The house fly - biology and control. World Health Organization (WHO), Vector Biology and Control Division WHO/VBC/86.937(1986).
- KEIDING, J. and AREVAD, K., 1964. Procedure and equipment for rearing a large number of housefly strains. Bull. Wid Hith Org. 31: 527-528.
- Lagercrantz, H., Hanson, M.A., Ment, L.R., Peebles, D.M. and (Eds.), 2010. The newborn brain: neuroscience and clinical applications. Cambridge University Press. p. 3. (Geraadpleegd 31 juli 2018).
https://books.google.nl/books?id=lqggAwAAQBAJ&pg=PA3&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Ly, S., Pack, A.I. and Naidoo, N., 2018. The neurobiological basis of sleep: Insights from *Drosophila*. Neuroscience & Biobehavioral Reviews 87: 67-86.
- Macovei, L., Miles, B. and Zurek, L., 2008. Potential of houseflies to contaminate ready-to-eat food with antibiotic-resistant enterococci. Journal of Food Protection 71: 435-439.
- Macovei, L. and Zurek, L., 2006. Ecology of Antibiotic resistance genes: characterization of enterococci from houseflies collected in food settings. Applied and Environmental Microbiology 72: 4028-4035.
- Malik, A., Singh, N. and Satya, S., 2007. House fly (*Musca domestica*): A review of control strategies for a challenging pest. Journal of Environmental Science and Health, Part B 42: 453-469.
- Mbunwen, F.N.H., Onyimonyi, A.E., Nwoga, C.C. and Musongong, G.A., 2011. Biological value of maggot meal as a replacement for fishmeal in the diets of african giant snail (*Achatina* spp.) hatchings Journal of Life Sciences 5: 821-825.
- McDonald, I.C., 1970. Population cage studies with wild-type and mutant strains of the house fly. Annals of the Entomological Society of America 63: 187-191.
- Meisel, R.P. and Scott, J.G., 2018. Using genomic data to study insecticide resistance in the house fly, *Musca domestica*. Pesticide Biochemistry and Physiology.
- Nordentoft, S., Fischer, C., Bjerrum, L., Heckmann, L.H. and Hald, B., 2017. Reduction of *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* and *Campylobacter jejuni* in poultry manure by rearing of *Musca domestica* fly larvae. Journal of Insects as Food and Feed 0: 1-10.

- Ocio, E., Viñaras, R. and Rey, J.M., 1979. Housefly larvae meal grown on municipal organic waste as a source of protein in poultry diets. *Animal Feed Science and Technology* 4: 227-231.
- Pastor, B., Martínez-Sánchez, A.S., Ståhls, G.A. and Rojo, S., 2014. Introducing improvements in the mass rearing of the housefly: biological, morphometric and genetic characterization of laboratory strains. *Bulletin of Entomological Research* 104: 486-493.
- Pastor, B., Velasquez, Y., Gobbi, P. and Rojo, S., 2015. Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed* 1: 179-193.
- Pieterse, E. and Gloy, E.L., 2013. Determination of the influence of a constant nutrient supply on wet yield, dry yield and average weight of *Musca domestica* larvae maintained at different densities. *African Entomology* 21: 239-242.
- Pieterse, E., Pretorius, Q., Hoffman, L.C. and Drew, D.W., 2013. The carcass quality, meat quality and sensory characteristics of broilers raised on diets containing either *Musca domestica* larvae meal, fish meal or soya bean meal as the main protein source. *Animal Production Science* 54: 622-628.
- Rahuma, N., Ghenghesh, K.S., Ben Aissa, R. and Elamaari, A., 2005. Carriage by the housefly (*Musca domestica*) of multiple-antibiotic-resistant bacteria that are potentially pathogenic to humans, in hospital and other urban environments in Misurata, Libya. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 99: 795-802.
- Ramos-Elorduy, J. and Morales, J.M.P., 1989. The efficiency of the insect (*Musca domestica* L.) in recycling organic wastes as a source of protein. In: (Eds: Houghton, D.R. and R.N. Smith) *Biodeterioration* 7: 805-810.
- RDA, 2018. De onttopping van de Insectensector: ongewervelden als productiedier. Raad voor Dierenaangelegenheden, Den Haag.
- Richardson, H.H., 1932. An efficient medium for rearing houseflies throughout the year. *Science (Washington)*: 350-351 pp.
- Robbins, W.E., Thompson, M.J., Yamamoto, R.T. and Shortino, T.J., 1965. Feeding stimulants for the female house fly, *Musca domestica* Linnaeus. *SCIENCE* 147: 628.
- Roffeis, M., Muys, B., Almeida, J., Mathijs, E., Achten, W.M.J., Pastor, B., Velásquez, Y., Martínez-Sánchez, A.I. and Rojo, S., 2015. Pig manure treatment with housefly (*Musca domestica*) rearing – an environmental life cycle assessment. *Journal of Insects as Food and Feed* 1: 195-214.
- Rozendaal, J.A., 2011. Houseflies. In *Vector control: Methods for use by individuals and communities* (pp. 302-323).
- Sasaki, T., Kobayashi, M. and Agui, N., 2000. Epidemiological potential of excretion and regurgitation by *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) in the dissemination of *Escherichia coli* O157: H7 to Food. *Journal of Medical Entomology* 37: 945-949.
- Sawicki, R.M., 1964. Some general considerations on housefly rearing techniques. *Bull World Health Organ.* 31: 535-537.
- Schmidtman, E.T. and Martin, P.A.W., 1992. Relationship between selected bacteria and the growth of immature house flies, *Musca domestica*, in an axenic test system. *Journal of Medical Entomology* 29: 232-235.

- Scott, J.G., 2016. Evolution of resistance to pyrethroid insecticides in *Musca domestica*. *Pest Management Science* 73: 716-722.
- Scott, J.G., Warren, W.C., Beukeboom, L.W., Bopp, D., Clark, A.G., Giers, S.D., Hediger, M., Jones, A.K., Kasai, S., Leichter, C.A., Li, M., Meisel, R.P., Minx, P., Murphy, T.D., Nelson, D.R., Reid, W.R., Rinkevich, F.D., Robertson, H.M., Sackton, T.B., Sattelle, D.B., Thibaud-Nissen, F., Tomlinson, C., van de Zande, L., Walden, K.K.O., Wilson, R.K. and Liu, N., 2014. Genome of the house fly, *Musca domestica* L., a global vector of diseases with adaptations to a septic environment. *Genome Biology* 15: 466.
- Shah, R.M., Azhar, F., Shad, S.A., Walker, W.B., Azeem, M. and Binyameen, M., 2016. Effects of different animal manures on attraction and reproductive behaviors of common house fly, *Musca domestica* L. *Parasitology Research* 115: 3585-3598.
- Sohal, R.S., Farmer, K.J. and Allen, R.G., 1987. Correlates of longevity in two strains of the housefly, *Musca domestica*. *Mechanisms of Ageing and Development* 40: 171-179.
- Sohal, R.S. and Sharma, S.P., 1972. Age-related changes in the fine structure and number of neurons in the brain of the housefly, *Musca domestica*. *Experimental Gerontology* 7: 243-246.
- Sokal, R.R. and Sullivan, R.L., 1963. Competition between mutant and wild-type housefly strains at varying densities. *Ecology* 44: 314-322.
- Spiller, D., 1963. Procedure for rearing houseflies. *Nature* 199: 405.
- Spiller, D., 1964. Nutrition and diet of muscoid flies. *Bull World Health Organ.* 31: 551-554.
- St-Hilaire, S., Sheppard, C., Tomberlin, J.K., Irving, S., Newton, L., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Hardy, R.W. and Sealey, W., 2007. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society* 38: 59-67.
- Sullivan, R.L. and Sokal, R.R., 1963. The effects of larval density on several strains of the house fly. *Ecology* 44: 120-130.
- Tas, E., Jappe, U., Beltraminelli, H. and Bircher, A., 2007. Occupational inhalant allergy to the common housefly (*Musca domestica*). *Hautarzt* 58: 156-160.
- Tee, R.D., Gordon, D.J., Lacey, J., Nunn, A.J., Brown, M. and Taylor, A.J., 1985. Occupational allergy to the common house fly (*Musca domestica*): use of immunologic response to identify atmospheric allergen. *J Allergy Clin Immunol* 76: 826-831.
- Teotia, J.S. and Miller, B.F., 1974. Nutritive content of house fly pupae and manure residue 1. *British Poultry Science* 15: 177-182.
- Tomberlin, J.K., Holcomb, C. and Van Leeuwen, S.K., 2017. Chapter 13. Industrialization of housefly production for livestock feed. In : Van Huis, A. and Tomberlin, J.K. (eds.), pp. 249-257. *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen.
- Ulanova, R. and Kravchenko, I., 2016. Housefly larvae as a source of good quality renewable protein product. *Entomology and Applied Science Letters* 3: 182-188.
- Wang, H., Zhang, Z., Czapar, G., Winkler, M.K. and Zheng, J., 2013a. A full-scale house fly (Diptera: Muscidae) larvae bioconversion system for value-added swine manure reduction. *Waste Management & Research*.

- Wang, L., Li, J., Jin, J.N., Zhu, F., Roffeis, M. and Zhang, X.Z., 2013b. A comprehensive evaluation of replacing fishmeal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): growth performance, flesh quality, innate immunity and water environment. *Aquaculture Nutrition* 31: 223-231.
- Weigert, S.C., Figueiredo, M.R.C., Loebmann, D., Nunes, J.A.R. and dos Santos, A.L.G., 2002. Effect of temperature and kind of substratum on the production of *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera, Muscidae) larvae. *R. Bras. Zootec.* 31: 1886-1889.
- Wilkes, A., Bucher, G.E., Cameron, J.W.M.B. and West, A.S.S., 1948. Studies on the housefly (*Musca domestica* L.): I. The biology and large scale production of laboratory populations. *Canadian Journal of Research* 26: 8-25.
- Zanten, H.H.E., Mollenhorst, H., Oonincx, D.G.A.B., Bikker, P., Meerburg, B.G. and Boer, I.J.M., 2015. From environmental nuisance to environmental opportunity: housefly larvae convert waste to livestock feed. *J Clean Prod.* 102.
- Zhang, Z., Wang, H., Zhu, J., Suneethi, S. and Zheng, J., 2012. Swine manure vermicomposting via housefly larvae (*Musca domestica*): The dynamics of biochemical and microbial features. *Bioresource Technology* 118: 563-571.
- Zhao, Y., Wang, W., Zhu, F., Wang, X., Wang, X. and Lei, C., 2017. The gut microbiota in larvae of the housefly *Musca domestica* and their horizontal transfer through feeding. *AMB Express* 7: 147.
- Zurek, K. and Nayduch, D., 2016. Bacterial associations across house fly life history: evidence for transstadial carriage from managed manure. *Journal of Insect Science* 16: 1-4.
- Zurek, L., Schal, C. and Watson, D.W., 2000. Diversity and contribution of the intestinal bacterial community to the development of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) larvae. *J. Med. Entomol.* 37: 924-928.