THOMAS MORE

VLAANDEREN CIRCULAIR SUPERINSECT

# Pilootkweek van meelwormen en zwarte soldatenvlieg larven op voedselrestromen uit supermarkten

2023 - 2024

Deze publicatie is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaardt Thomas More geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in deze publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van de publicatie.

Deze studie maakt deel uit van het project SuperInsect (2022-GCCV-35 ), gefinancierd door Vlaanderen Circulair.



# 1 Inleiding

In Vlaanderen produceren supermarkten jaarlijks naar schatting zo'n 48.000 ton eetbare voedselreststromen. 95% hiervan wordt als afval afgevoerd. Toch zijn ze geschikt als voeder voor insecten. Die kunnen immers gekweekt worden op een bredere waaier van voedselreststromen. Zo zetten ze laagwaardige voedselreststromen om in hoogwaardige biomassa die gebruikt kan worden voor de productie van voedsel of voeders.

In het project 'SuperInsect' bundelden Buurtsuper.be, Renewi en Thomas More hogeschool de krachten om samen een nieuwe ketensamenwerking op te zetten en zo aan te tonen dat voedselrestromen van supermarkten als voeder voor insecten gebruikt kunnen worden.

Tijdens het 2-jarig project verzamelden 3 supermarkten 4 keer hun voedselrestromen in 2 bioboxen (droge en natte stromen) van RENEWI. De eerste twee inzamelingen werden geanalyseerd door Thomas More hogeschool en gebruikt in piloot voederproeven bij meelwormen en zwarte soldatenvlieg larven. De resultaten van deze analyses en voederproeven worden in dit verslag gepresenteerd.

Het verslag is opgedeeld in 3 delen:

- Analyse voedselrestromen
- Pilootkweek meelwormen
- Pilootkweek zwarte soldatenvlieg






# 2 Analyse voedselrestromen

Niet alle voedselreststromen zijn even geschikt als voeder voor insecten. Analyse van de voedselrestromen helpt te bepalen welke voedselstromen de juiste voedingsstoffen en consistentie hebben, of hoe deze aangepast moeten worden alvorens ze gebruikt kunnen worden als voeder voor insecten.

## 2.1 Materiaal en methoden

### 2.1.1 Inzameling

Voor de pilootproeven werden 2 inzamelrondes uitgevoerd bij 3 supermarkten (zie Tabel 1). Deze inzamelrondes vonden plaats in juli en oktober 2023. Bij de eerste inzamelronde werden enkel de bioboxen die geplaatst werden bij SPAR Denderwindeke teruggevonden na transport, waardoor enkel deze gebruikt kon worden voor de analyse en pilootkweek.

*Tabel 1 Overzicht supermarkten waar inzameling en ophaling gebeurde bij ronde 1 & 2*

| **Winkel** | **Ronde 1** | | **Ronde 2** | |
|---|---|---|---|---|
| | **Inzameling** | **Ophaling** | **Inzameling** | **ophaling** |
| **SPAR Denderwindeke** | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| **SPAR Lichtaart** | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ |
| **SPAR Mechelen** | ✓ | ✗ | ✓ | ✓ |

De supermarkten ontvingen telkens 2 bioboxen voor het apart verzamelen van natte en droge stromen. Voor de 2$^{de}$ staalnameronde werd bepaald hoeveel elke winkel apart inzamelde

*Tabel 2 Hoeveelheden ingezamelde fracties bij 2de inzamelronde*

| **winkel** | **datum plaatsing** | **datum ophaling** | **datum inventaris** | **droog/nat** | **gewicht ingezameld (kg)** |
|---|---|---|---|---|---|
| **SPAR Denderwindeke** | 16/10/2023 | 23/10/2023 | 24/10/2023 | droog | 104 |
| **SPAR Denderwindeke** | 16/10/2023 | 23/10/2023 | 24/10/2023 | nat | 139 |
| **SPAR Lichtaart** | 16/10/2023 | 23/10/2023 | 24/10/2023 | droog | 50 |
| **SPAR Lichtaart** | 16/10/2023 | 23/10/2023 | 24/10/2023 | nat | 141 |
| **SPAR Mechelen** | 16/10/2023 | 23/10/2023 | 24/10/2023 | droog | 65 |
| **SPAR Mechelen** | 16/10/2023 | 23/10/2023 | 24/10/2023 | nat | 106 |

### 2.1.2 Ontvangst en opslag

Bij ontvangst van de voedselrestromen werden deze in eerste instantie visueel geïnspecteerd.

Bij de eerste staalname werden enkel de ingezamelde voedselrestromen van SPAR Denderwindeke teruggevonden. Er werden geen voedselrestromen die niet in de bioboxen mochten verzameld worden (zoals vleesproducten) teruggevonden in de bioboxen. Wel waren er stickers van groenten en fruit aanwezig in de natte fractie. De stalen zijn ook langer dan de geplande 7 dagen bij de supermarkt blijven staan. Het rottingsproces was daardoor al vergevorderd bij de natte stroom (zie Figuur 1).




*Figuur 1 Foto's bioboxen ingezameld bij SPAR Denderwindeke. De foto werd genomen bij de staalname op de site van Renewi Kampenhout.*

Bij aankomst in de Insect Pilot Plant bij Thomas More werden de voedselreststromen gemalen (Robot Coupe blixer 23, robot-coupe, Nederland) en ingevroren bij -20 °C.

### 2.1.3 Physico-chemische analyses

Voor de analyses kregen de stalen een naamgeving, volgens Tabel 3.

*Tabel 3 Naamgeving stalen*

| naam | ronde | winkel | droog/nat |
|---|---|---|---|
| **ST1DD** | 1 | SPAR Denderwindeke | droog |
| **ST1DN** | 1 | SPAR Denderwindeke | nat |
| **ST2DD** | 2 | SPAR Denderwindeke | droog |
| **ST2DN** | 2 | SPAR Denderwindeke | nat |
| **ST2LD** | 2 | SPAR Lichtaart | droog |
| **ST2LN** | 2 | SPAR Lichtaart | nat |
| **ST2MD** | 2 | SPAR Mechelen | droog |
| **ST2MN** | 2 | SPAR Mechelen | nat |

#### *2.1.3.1 Voorbehandeling van de substraten voor physico-chemische analyses*

Een homogeen staal van ongeveer 1 kg van de verse, voorbehandelde reststromen voor chemische analyse wordt genomen. De substraten worden ovengedroogd bij 60°C en vermalen met een analytische maalmolen (IKA, Tube mill 100, Staufen, Duitsland).

#### *2.1.3.2 Determination of the proximate composition*

De pH-waarde van de substraten wordt bepaald door de volumedichtheid van de substraten te bepalen met een maatcilinder. Een volume massa verhouding van 20mL substraat wordt genomen waaraan 100mL demiwater wordt toegevoegd. Na 1 uur schudden en het sedimenteren van het substraat wordt de pH gemeten met een pH-elektrode (Hanna instruments) in het supernatans.

Het droge stofgehalte wordt bepaald door vers substraat in een oven te drogen bij 105°C gedurende 24h (Heraeus, UT 6420). Het asgehalte van de substraten wordt bepaald door verassing in een moffeloven bij 550°C gedurende 4h (L9/11/SKM, Nabertherm, Duitsland).

Het ruw vetgehalte of vetextract wordt uitgevoerd met Soxhlet volgens NBN EN ISO 11,085 (zonder hydrolyse) met petroleumether (40-60°C kookpunt) als organisch solvent om het vet eruit te extraheren. De petroleumether wordt overgedestilleerd en gerecupereerd door vacuümdestillatie (Rotavapor R-300, Büchi, Zwitserland).

Het ruw eiwitgehalte wordt berekend door de hoeveelheid stikstof in de substraten te bepalen met behulp van de Kjeldahl methode (Kjeldatherm Vapodest 20 s, Gerhardt, Duitsland) volgens NBN EN ISO 5983-1 (2005). De gebruikte conversiefactor voor de omzetting van het stikstofgehalte naar het eiwitgehalte bedraagt 6.25.

Het vezelgehalte wordt geanalyseerd als het ruw vezelgehalte (CF) en als het neutraal vezelgehalte behandeld met amylase volgens de extractieprocedures van Gerhardt (Fibretherm, Gerhardt, Duitsland) gebaseerd op de Van Soest methode.

#### *2.1.3.3 Bepaling van de fysische eigenschappen*

Voor de bepaling van de waterhoudendee capaciteit (WBC) wordt er een onderscheid gemaakt tussen de droge en natte substraten. Voor de droge substraten wordt er 5g staal afgewogen in een vooraf gewogen falcon tube 50mL op een analytische balans. Er wordt 20mL demiwater toegevoegd aan de falcon tube om een volledige verzadiging van het droge substraat te bekomen. De falcon tubes worden geschud met een vortex (IKA, vortex 3, Duitsland) en geïncubeerd gedurende 60 minuten op kamertemperatuur. Voor de natte substraten wordt er 20 – 25g aan staal afgewogen in een falcon tube 50mL op een analytische balans. Deze tubes worden niet geïncubeerd bij kamertemperatuur. De tubes worden gecentrifugeerd bij 10 000g gedurende 30 minuten bij 20°C (Sorvall Lynx 4000, Thermo Scientific, USA). Het overtollige water na centrifugeren wordt gedecanteerd en de tubes worden ondersteboven geplaatst gedurende 30 minuten voor uit te lekken. Nadien worden de tubes gewogen op een analytische balans. De waterhoudende capaciteit wordt uitgedrukt als de hoeveelheid water die vrijkomt of wordt opgenomen per gram staal:

$$WBC = \frac{massa\ falcon\ met\ staal\ na\ centrifugeren\ -\ massa\ falcon\ met\ staal\ in\ begin}{massa\ staal} \cdot 100$$

### 2.1.4 Microbiële analyse

Voor de stalen van de 2de staalnameronde werd eveneens een microbiële analyse uitgevoerd. Hiervoor werden de stalen na ontvangst geanalyseerd door LOVAP. De analyse gebeurde op de verse stalen voor invriezen. Volgende parameters werden bepaald (met vermelding gebruikte geaccrediteerde methode):

- enterobacteriaceae bij 37°C (AFNOR BRD 7/24-11/13)

- ß-glucuronidase positieve *E. coli* (ISO 16649-2)
- *Listeria monocytogenes* (AFNOR BRD-07/4-09/98)
- Salmonella (in 25 g) (AFNOR BRD-7/11-12/05)

## 2.2 Resultaten en discussie

### 2.2.1 Physico-chemische analyses

Het drogestofgehalte, WHC en pH van de stalen wordt weergegeven in Tabel 4. Het gemiddelde drogestofgehalte van de droge stalen bedraagt 71,95% (stadaardedeviatie 4,26%). De standaarddeviatie van deze stalen geeft aan dat er een relatief geringe variatie is in de drogestofgehalten van de droge stalen. Het gemiddelde drogestofgehalte van de natte stalen bedraagt 14,21%. De standaarddeviatie van deze stalen is 8,32%, wat duidt op een grotere variabiliteit in de drogestofgehalten van de natte stalen in vergelijking met de droge stalen. De hogere standaarddeviatie bij de natte stalen suggereert dat er significante verschillen bestaan tussen de natte stalen van de verschillende supermarkten.

De gevonden WHC-waarden en bijbehorende standaarddeviaties geven inzicht in de mate van waterhoudend vermogen van zowel de droge als de natte stalen. Het gemiddelde WHC van de droge stalen bedraagt 173.93 (standaarddeviatie 94.41). Het gemiddelde WHC van de natte stalen bedraagt -62,10 (standaarddeviatie 14,62). De droge stalen vertonen een positief gemiddelde WHC, wat impliceert dat deze stalen in staat zijn om water goed vast te houden. Echter, de hoge standaarddeviatie suggereert dat er aanzienlijke variatie is in het waterhoudend vermogen binnen de droge stalen. Dit kan veroorzaakt worden door verschillen in de fysieke en chemische eigenschappen van de stalen, zoals variaties in vezelstructuur of samenstelling. Anderzijds kan deze standaarddeviatie ook verklaard worden door de meetfout die gepaard gaat met deze analyse voor deze specifieke matrix (brood). Aan de andere kant tonen de natte stalen een negatief gemiddeld WHC, wat betekent dat deze stalen water verliezen in plaats van het vast te houden.

De gevonden pH-waarden en bijbehorende standaarddeviaties geven inzicht in de zuurtegraad van zowel de droge als de natte stalen. De droge stalen, die voornamelijk uit broodresten bestaan, hebben een licht zure pH met een gemiddelde van 5,69 (standaarddeviatie 0.11). De natte stalen, bestaande uit groenten en fruit, vertonen een gemiddeld lagere pH van 4,40 (standaarddeviatie 0.47), wat wijst op een hogere zuurtegraad. De lagere pH-waarden kunnen worden toegeschreven aan de natuurlijke zuren die in groenten en fruit aanwezig zijn. Het geval van ST1DN, dat al in een verre staat van ontbinding verkeerde bij staalname, heeft mogelijk een nog lagere pH als gevolg van spontane fermentatie, wat de zuurtegraad verder kan hebben verlaagd.

*Tabel 4 Drogestofgehalte, Water Houdende Capaciteit (WHC) en pH van de stalen*

| naam | drogestofgehalte (%) | WHC | pH |
|---|---|---|---|
| **ST1DD** | 76,80 | 153,44 | 5,57 |
| **ST1DN** | 9,16 | -75,92 | 3,80 |
| **ST2DD** | 69,54 | 151,11 | 5,80 |
| **ST2DN** | 12,48 | -66,09 | 4,50 |
| **ST2LD** | 74,05 | 307,07 | 5,75 |
| **ST2LN** | 26,43 | -41,46 | 4,36 |
| **ST2MD** | 67,41 | 84,10 | 5,62 |
| **ST2MN** | 8,76 | -64,93 | 4,94 |

Tabel 5 geeft een overzicht van de proximale samenstelling van de stalen. De chemische analyse van de stalen bevestigd significante verschillen tussen droge en natte stalen in termen van as-, vet-, eiwit-, vezel- en koolhydraatgehaltes, evenals energetische waarde.

De droge stalen bestaan voornamelijk uit broodresten, wat blijkt uit hun lage as- en vezelgehaltes en hoge niet vezel koolhydraatgehaltes. De lage variatie in vet- en eiwitgehaltes suggereert een redelijk uniforme samenstelling. De energetische waarde is consistent hoog, wat de aanwezigheid van energierijke componenten zoals zetmeel en suikers bevestigt.

De natte stalen bestaan voornamelijk uit groenten en fruit, wat zich vertaalt in hogere as- en vezelgehaltes. De grote variatie in vetgehalte, met name de zeer hoge waarde in staal ST2LN, kan wijzen op de aanwezigheid van vetrijke componenten zoals kaas. De lagere en meer variabele koolhydraatgehaltes weerspiegelen de diversiteit van de voedingsstoffen in groenten en fruit. De energetische waarde van natte stalen varieert sterk, afhankelijk van de specifieke samenstelling van elk staal.

*Tabel 5 Proximale samenstelling van de stalen*

| naam | as(g/100g DS) | vet (g/100g DS) | ruw eiwit (g/100g DS) | ruwe vezel (g/100g DS) | NDF (g/100g DS) | niet vezel koolhydraten | energie (kcal/100g DS) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ST1DD** | 2,60 | 0,92 | 12,47 | 0,33 | 12,55 | 71,46 | 344,03 |
| **ST1DN** | 7,55 | 8,16 | 8,08 | 9,71 | 14,88 | 61,34 | 351,06 |
| **ST2DD** | 2,90 | 3,39 | 10,37 | 0,56 | 13,78 | 69,56 | 350,24 |
| **ST2DN** | 6,08 | 1,38 | 5,67 | 6,66 | 11,80 | 75,07 | 335,34 |
| **ST2LD** | 2,76 | 1,78 | 9,97 | 0,61 | 7,61 | 77,89 | 367,43 |
| **ST2LN** | 4,47 | 22,37 | 12,78 | 4,42 | 8,73 | 51,64 | 459,03 |
| **ST2MD** | 2,54 | 2,62 | 9,64 | 0,65 | 7,92 | 77,28 | 371,22 |
| **ST2MN** | 10,90 | 2,02 | 10,52 | 11,16 | 15,97 | 60,59 | 302,61 |

### 2.2.2 Microbiële analyse

Tabel 6 geeft een overzicht van de resultaten van de microbële analyse. Alle droge stalen bevatten minder dan 10 kve/g Enterobacteriaceae, wat aangeeft dat deze stalen praktisch vrij zijn van deze bacteriegroep. Terwijl voor de natte stalen D2N ook minder dan 10 kve/g bevatte, werd in L2N een concentratie van 2,6 x 10^3 kve/g gemeten. M2N had een waarde van 70 kve/g. Dit wijst op een aanzienlijk hogere aanwezigheid van Enterobacteriaceae in sommige natte stalen, mogelijk door de aanwezigheid van meer vocht en voedingsstoffen die de groei van deze bacteriën bevorderen. Voor ß-glucuronidase positieve *E. coli* hadden alle stalen een concentratie van minder dan 10 kve/g, wat erop wijst dat deze potentieel pathogene bacteriën in geen van de stalen in meetbare hoeveelheden aanwezig waren. De pathogene bacteriën Listeria monocytogenes en Salmonella werden in geen van de stalen gedetecteerd. De afwezigheid van deze bacteriën is een positief teken, aangezien zij belangrijke voedselpathogenen zijn die ernstige gezondheidsrisico's kunnen veroorzaken.

*Tabel 6 Microbiële analyses stalen ronde 2*

| analyse | eenheid | D2D | D2N | L2D | L2N | M2D | M2N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **enterobacteriaceae** | **KVE/g** | <10 | <10 | <10 | 2.6 x 10^3 | <10 | 70 |
| **ß-glucuronidase positieve *E. coli*** | **KVE/g** | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| ***Listeria monocytogenes*** | | / | / | / | / | / | / |
| **Salmonella** | | / | / | / | / | / | / |

# 3 Pilootkweek meelwormen

## 3.1 Materiaal en methoden

### 3.1.1 Herkomst en onderhoud van meelwormen

De meelworm *Tenebrio molitor* wordt continu gekweekt door het Expertisecentrum Duurzame Biomassa en Chemie van de Thomas More Hogeschool, België, in de Insect Pilot Plant. Alle stadia worden gehouden in een klimaatkamer met een gemiddelde temperatuur van 26°C en 60% relatieve luchtvochtigheid. Het is altijd donker in de klimaatkamer, behalve tijdens het voederen. Alle stadia krijgen *ad libitum* tarwezemelen als droog voeder. De larven en kevers krijgen *ad libitum* wortelen als nat voer. De insecten worden 3x per week gevoederd. De insecten worden gehouden in plastic kratten (l60 × b40 × h33 cm) (Engels Logistics, Beringen, België) met een rechthoekige opening (30 × 15 cm) aan de voorkant voor ventilatie. 200g kevers van max 2 weken oud worden maandelijks verzameld voor het leggen van eieren. De kratten worden hiervoor gevuld met 1,5 kg tarwezemelen als eilegsubstraat. Daarna wordt een eilegrooster direct bovenop de tarwezemelen geplaatst. Dit rooster bestaat uit een roestvrij stalen gaas (maaswijdte 2 mm), dat gemonteerd is in een plastic frame dat in de kratten past. De 200g kevers worden op de rooster geplaatst. Eierdozen worden toegevoegd om het oppervlak te vergroten en om klonteren van de tarwezemelen door de vochtbron te voorkomen. Na 1 week worden de kevers overgebracht in een nieuwe krat. Na 1 maand eileg worden de kevers vervangen door nieuwe. Na ongeveer 12 weken verschijnen de eerste poppen in de larvenkratten. Na het verpoppen worden de poppen 2x per week verzameld door ze te scheiden van de larven met behulp van een FIAP Profibreed rooster met een spleetbreedte van 3,5 mm (Ursensollen, Duitsland). Kevers worden van de poppen gescheiden door eierdozen aan de poppenkratten toe te voegen. Kevers die op de eierdozen zitten worden 3x per week verzameld door ze af te kloppen in keverkratten.

### 3.1.2 Experimentele opzet

In totaal worden 4 behandelingen opgezet. 1 met controle voeder en 3 met mengvoeders op basis van de restromen die ingezameld werden bij de winkels. Meelwormen kregen zowel droge als natte voeders.  Als droog controlevoeder worden tarwezemelen gebruikt, als nat voeder agar. Voor de droge voeders van de winkels werd een mix van 50% tarwezemelen met 50% droge stroom gebruikt (op basis van gewicht). Voor het nat voeder van de winkels werd de natte stroom ingemengd met de droge stroom tot het mengsel een WHC van 0 bereikte (zie Tabel 7).  Per conditie worden er 3 replica's opgezet wat resulteert in een totaal van 12 proefobjecten.

*Tabel 7 samenstelling natte en droge meelwormenvoeders per behandeling*

| | **Droog voeder** | | **Nat voeder** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Tarwezemelen** | **Droge stroom** | **Agar** | **Droge stroom** | **Natte stroom** |
| **controle** | 100% | 0% | 100% | 0% | 0% |
| **D2** | 50% | 50% | 0% | 69,57% | 30,43% |
| **L2** | 50% | 50% | 0% | 78,34% | 21,66% |
| **M2** | 50% | 50% | 0% | 56,43% | 43,57% |

### 3.1.3 Voederproef

Voor proefobject wordt bij de start van de proef een plastic krat (l60 × b40 × h33 cm) (Engels Logistics, Beringen, België) gevuld met het droog voeder en ongeveer 15.000 meelwormen van 4

weken oud. De hoeveelheid meelwormen werd geteld ahv subsampling waarbij van een kleine hoeveelheid meelwormen bepaald wordt hoeveel het er zijn en wat de massa is, zodat berekend kan worden hoeveel staal je moet nemen om 15000 meelwormen te hebben.

Voor de controle wordt volgende voederschema gebruikt per bak:

| Week | Droog voeder (g) | Nat voeder (g) | |
|---|---|---|---|
| **1** | 200 | | |
| **2** | | | |
| **3** | | | |
| **4** | 2000 | 50 | x3 |
| **5** | | 50 | x3 |
| **6** | | 75 | x3 |
| **7** | | 100 | x3 |
| **8** | | 150 | x3 |
| **9** | | 150 | x3 |
| **10** | Oogst | Oogst | |

In totaal krijgen de meelwormen van de controlebakken dus 2200 g tarwezemelen en 1725 g wortelen, met een drogetofgehalte van respectievelijk 88.8% en 2.2%. Omgerekend in drogestof en water betekend dit dat de meelwormen 1992 g drogestof en 1933 g water uit het voeder krijgen.

Om de voederconversie tussen de controlebakken en de bakken met de voeders op basis van de restromen te kunnen vergelijken werd er berekend hoeveel droog en nat voeder de meelwormen van deze restromen konden krijgen opdat ze evenveel drogestof en een gelijkaardige hoeveelheid water zouden krijgen als de controle. De hoeveelheid voeder gegeven per bak wordt weergegeven in Tabel 8.

*Tabel 8 voederschema meelwormenproef*

| | D2 | | | L2 | | | M2 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Week** | **Droog voeder (g)** | **Nat voeder (g)** | | **Droog voeder (g)** | **Nat voeder (g)** | | **Droog voeder (g)** | **Nat voeder (g)** | |
| **1** | 184,024 | | | 184,024 | | | 184,024 | | |
| **2** | | | | | | | | | |
| **3** | | | | | | | | | |
| **4** | 1840,244 | 57,465 | x3 | 1840,244 | 59,893 | x3 | 1840,244 | 59,015 | x3 |
| **5** | | 57,465 | x3 | | 59,893 | x3 | | 59,015 | x3 |
| **6** | | 86,198 | x3 | | 89,839 | x3 | | 88,522 | x3 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **7** | | 114,931 | x3 | | 119,786 | x3 | | 118,029 | x3 |
| **8** | | 172,396 | x3 | | 179,679 | x3 | | 177,044 | x3 |
| **9** | | 172,396 | x3 | | 179,679 | x3 | | 177,044 | x3 |
| **10** | Oogst | Oogst | | Oogst | Oogst | | Oogst | Oogst | |

Om een groeicurve op te kunnen stellen werd uit elke bak een staal van minstens 100 meelwomren gewogen en geteld zodoende het gemiddelde gewicht per meelworm te kunnen berekenen. De meelwormen werden geoogst door deze af te zeven op een trilzeef met maaswijdte 2 mm. Bij de start en oogst werd de totale massa meelwormen en het drogestofgehalte ervan bepaald. Bij de oogst werd eveneens de totale massa van het frass en het drogestofgehalte hiervan bepaald. Op basis van deze parameters kon de voederconversie en de afvalreductie bepaald worden waarvoor volgende formules gebruikt werden:

Bioconversie Efficientie (in g DM: ((massa larven einde – massa larven start) / totale massa voeder) × 100%)

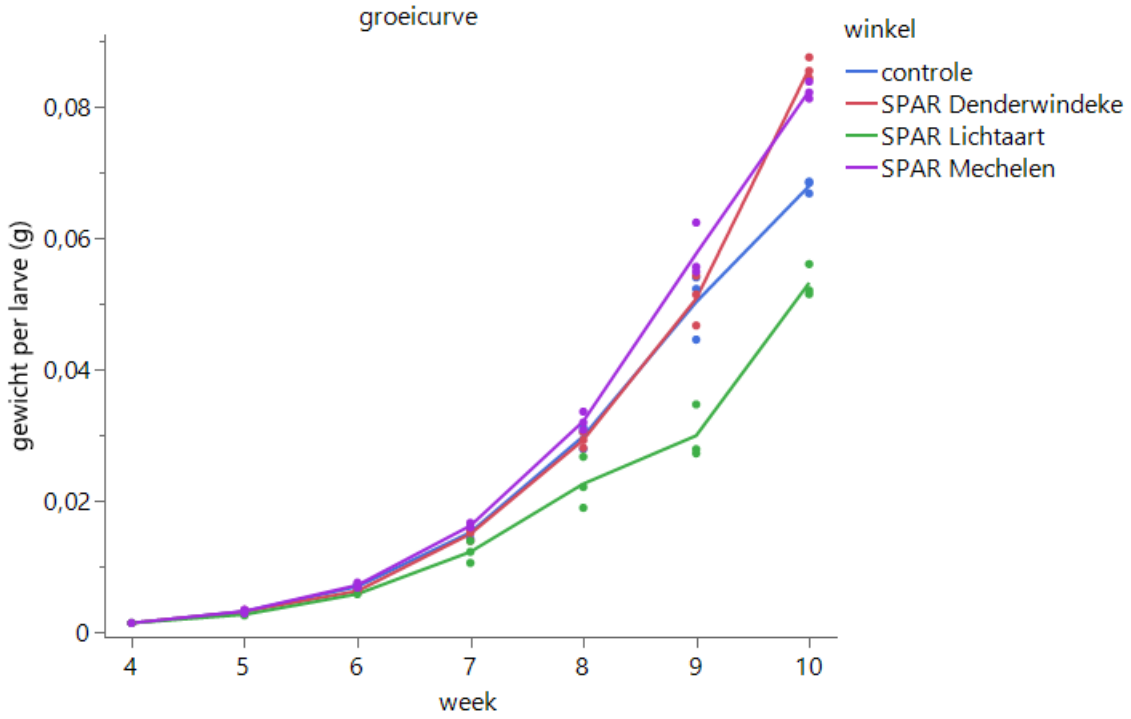
Afvalreductie (in g DM: ((totale massa voeder – massa frass) / totale massa voeder) × 100%)

## 3.2 Resultaten en discussie

*Tabel 9 overleving, eindgewicht en drogestof van MW larven*

| | **larval survival (%)** | | **average larval mass end (g/larvae)** | | **total larval mass end WET (g)** | | **DM larvae end (%)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **winkel** | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev |
| **controle** | 112,41 | 4,27 | 0,07 | 0,00 | 1148,21 | 45,01 | 0,26 | 0,01 |
| **SPAR Denderwindeke** | 81,64 | 8,55 | 0,09 | 0,00 | 1052,28 | 96,57 | 0,36 | 0,00 |
| **SPAR Lichtaart** | 64,22 | 7,00 | 0,05 | 0,00 | 513,78 | 60,02 | 0,36 | 0,01 |
| **SPAR Mechelen** | 96,13 | 1,48 | 0,08 | 0,00 | 1191,35 | 21,80 | 0,36 | 0,01 |

De meelwormen warden geoogst na een kweekperiode van 6 weken. Hierbij werd er gemiddeld 1148.21g meelwormen geoogst bij de controle, 1052.28g bij SPAR Denderwindeke, 513.78g bij SPAR lichtaart en 1191.35g bij SPAR Mechelen. Meelwormen gekweekt op voedselrestromen van SPAR Denderwindeke en SPAR Mechelen hebben dus een gelijkaardige opbrengst als de controle. SPAR lichtaart heeft een opvallend lager opbrengst, dit is te linken aan het lage percentage aan larven dat geoogst werd (64.22% van de starthoeveelheid larven) en een lage gemiddelde larvale massa (0.05g/larve). Een van de redenen dat het percentage aan larven dat geoogst werd zo laag was, was dat er veel larven niet gescheiden konden worden van de frass en hierbij dus als het waren verloren gingen (zie Figuur 3).




*Figuur 2 groeicurve MW larven*

Uit de groeicurve (Figuur 2) van de meelwormen is te zien dat al de larven, buiten de controle, zich nog in exponentiele groei bevonden bij de oogst. Mogelijks had er daarom nog een grotere opbrengst bekomen kunnen worden wanneer er nog 1 à 2 weken langer gekweekt werd.

*Tabel 10 voederconversie en afvalreductie van meelwormen gekweekt op voedselrestromen*

| | **bioconversion efficiency (in g DM: ((Lend – Lstart) / D) × 100%)** | | **waste reduction (in g DM: ((D – R) / D) × 100%)** | |
|---|---|---|---|---|
| **winkel** | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev |
| **controle** | 14,74 | 0,29 | 33,06 | 2,03 |
| **SPAR Denderwindeke** | 18,68 | 1,76 | 46,22 | 3,59 |
| **SPAR Lichtaart** | 9,01 | 1,20 | 5,02 | 4,61 |
| **SPAR Mechelen** | 21,11 | 0,83 | 51,06 | 1,38 |

De voederconversie van de controlegroep was 14,74%, wat relatief laag is. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat de larven nog niet volledig volgroeid waren en er 15.000 in een bak zaten in plaats van de gebruikelijke 10.000.

*Tabel 11 gewicht frass na oogst*

| | **substrate mass end WET (g)** | |
|---|---|---|
| **winkel** | Mean | Std Dev |
| **controle** | 1566,47 | 53,57 |
| **SPAR Denderwindeke** | 1231,51 | 82,86 |
| **SPAR Lichtaart** | 2212,22 | 109,98 |
| **SPAR Mechelen** | 1131,50 | 35,28 |



*Figuur 3 restfractie na oogst voor voederproef met voedselrestroen van spar lichtaart*

# 4 Pilootkweek zwarte soldatenvlieg

## 4.1 Materiaal en methoden

### 4.1.1 Herkomst en onderhoud van zwarte soldatenvlieg larven

De zwarte soldatenvlieg *Hermetia illucens* wordt continu gekweekt door het Expertisecentrum Duurzame Biomassa en Chemie van de Thomas More Hogeschool, België, in de Insect Pilot Plant. Voor de voederexperimenten in deze studie werd 1 gram eieren (afgezet in een tijdspanne van 24 uur) verzameld en overgebracht in een plastic weegschaaltje. Het schaaltje werd in een plastic bakje (diameter 95 mm) geplaatst op een mengsel van 100 g kippenvoer (Chicken Start Mash, AVEVE, België) en 100 ml leidingwater. Het bakje met de eieren werd geïncubeerd in een klimaatkamer bij 27°C en 60% relatieve vochtigheid. Op dag 5 na het verzamelen van de eieren werd het weegschaaltje verwijderd, 240 g kippenvoer en 360 ml leidingwater werd toegevoegd aan de larven en voorzichtig gemengd met een eetlepel. 7 dagen na het oogsten van de eieren werden ongeveer 15000 larven (bepaald op basis van subsample) overgebracht op het voeder bestaande uit een mix van chicken start mash, de natte stroom en de droge stroom.

### 4.1.2 Experimentele opzet

Per winkel werd op basis van het voedermodel uitgewerkt in kader van UpWaste[1] een mix gemaakt bestaande uit chicken start mash, de natte stroom en de droge stroom. De proef werd uitgevoerd met de stromen van staalnameronde 1 en 2. De proef werd enkele dagen na het verzamelen van de voedselrestromen in ronde 2 uitgevoerd, om voor deze ronde met zo vers mogelijke voedselrestromen te werken. Hierdoor was het echte niet mogelijk om de proximale samenstelling

[1] UpWaste | Thomas More

van de voedselrestromen van ronde 2 al te kennen, enkel de WHC kon al bepaald worden. Daarom werd er besloten om als referentie voor het model de samenstelling van het voeder van de 1ste staalnameronde te gebruiken en voor alle winkels een mix te maken met gelijke verhoudingen. Hierbij werd gestreefd naar een samenstelling van 12% proteïnen, 5.44% vet, 56.23% NFC en 5.89% as. Dit resulteerde in een verhouding 51,04% natte stroom, 26.63% droge stroom en 22.33% natte stroom. Aan deze voeders werd vervolgens water toegevoegd zodat de WHC finaal onder de 10% van de max WHC zou zijn.

*Tabel 12 proximale samenstelling BSF voeders*

| winkel | staalname | DM (%) | Ash (g/100g DM) | Fat (g/100g DM) | Crude protein (g/100g DM) | Crude fibre (g/100g DM) | NDF (g/100g DM) | WBC | pH | NFC | Estimated energy(kcal/100g DM) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **denderwinkeldeke** | 1 | 45,00 | 5,89 | 5,44 | 12,00 | 5,04 | 15,60 | 35,60 | 3,42 | 61,08 | 341,23 |
| **denderwinkeldeke** | 2 | 44,76 | 5,22 | 2,63 | 10,21 | 3,55 | 14,36 | 40,00 | 3,84 | 67,58 | 334,86 |
| **Lichtaart** | 2 | 53,08 | 4,35 | 12,92 | 13,74 | 2,42 | 11,15 | 94,10 | 3,76 | 57,84 | 402,57 |
| **Mechelen** | 2 | 42,29 | 7,58 | 2,75 | 12,49 | 5,87 | 14,93 | 22,75 | 4,02 | 62,25 | 323,74 |
| **controle** | | 89,00 | 6,00 | 4,60 | 20,40 | | 20,90 | 150,00 | | 48,10 | 315,40 |

### 4.1.3 Voederproef

Voor 15000 larven werd telkens een gewicht afgewogen dat overeenkwam met 3000g droge stof. De voeders werden afgewogen in vleeskratten (600x400x200mm (lxbxh)), daaraan werden de larven van 7 dagen oud toegevoegd. De kratten werden geïncubeerd in een klimaatkamer bij 27°C en 25% RH. Na 7 dagen werden de larven geoogst door ze af te zeven op een op een trilzeef met maaswijdte 3.5 mm. Bij de start en oogst werd de totale massa larven en het drogestofgehalte ervan bepaald. Bij de oogst werd eveneens de totale massa van het frass en het drogestofgehalte hiervan bepaald. Op basis van deze parameters kon de voederconversie en de afvalreductie bepaald worden waarvoor volgende formules gebruikt werden:

Bioconversie Efficientie (in g DM: ((massa larven einde – massa larven start) / totale massa voeder) × 100%)

Afvalreductie (in g DM: ((totale massa voeder – massa frass) / totale massa voeder) × 100%)

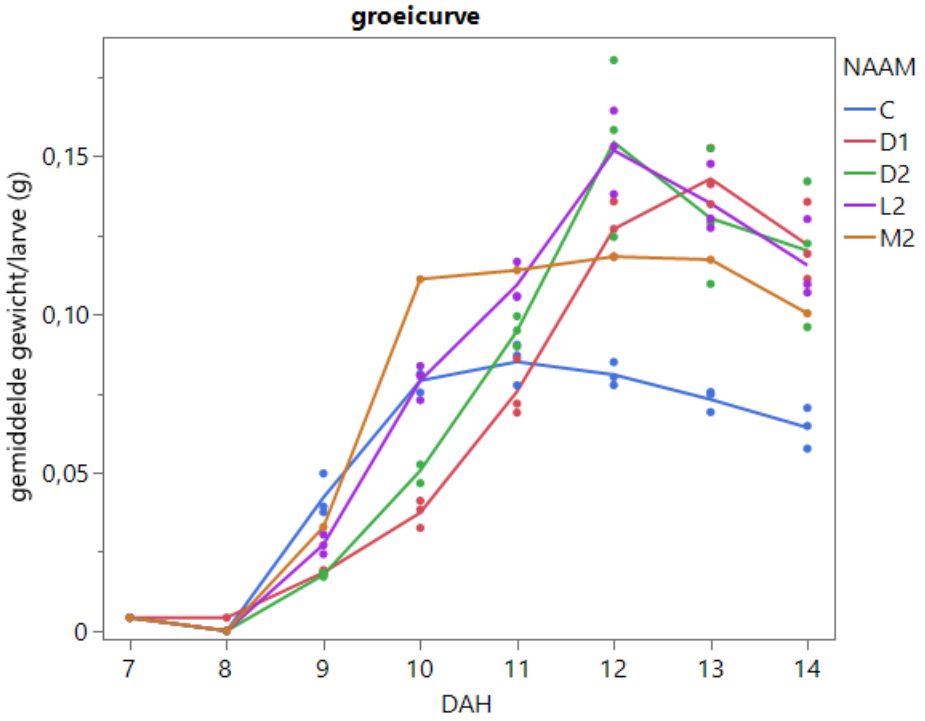
## 4.2 Resultaten en discussie

Er werden 4 kweken opgezet met restromen van de 3 verschillende winkels, waarbij er voor SPAR Denderwindeke van 2 staalnamerondes een kweek werd opgezet en voor de andere SPAR winkels enkel voor de 2$^{de}$ staalnameronde. Op het einde van de proef werd er maximaal gemiddeld 2084±167.49 g geoogst, dit voor SPAR Lichtaart, en de kleinste oogst was 1843 g voor SPAR Mechelen. Het voeder van SPAR Lichtaart had een hoger calorische waarde, wat vermoedelijk de hoger opbrengst zou kunnen verklaren.

*Tabel 13 overleving, eindgewicht en drogestof BSF larven*

| | | **larval survival (%)** | | **average larval mass end (g/larvae)** | | **total larval mass end WET (g)** | | **DM larvae end (%)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **winkel** | staalname | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev |
| **SPAR Denderwindeke** | 1 | 112 | 10 | 0,12 | 0,01 | 2037,67 | 169,45 | 0,35 | 0,00 |
| | 2 | 106 | 3 | 0,12 | 0,02 | 1919,67 | 366,72 | 0,35 | 0,00 |
| **SPAR Lichtaart** | 2 | 121 | 7 | 0,12 | 0,01 | 2085,00 | 167,49 | 0,38 | 0,00 |
| **SPAR Mechelen** | 3 | 122 | . | 0,10 | . | 1843,00 | . | 0,36 | . |

De berekende overleving van de larven ligt telkens boven de 100%. Dit is vermoedelijk te wijten aan een meet of samplefout bij de start of het einde van de proef. Los daarvan doet het hoge totale geoogste eindegewicht vermoeden dat er een hoge overleving was tijdens de proef.




*Figuur 4 groeicurve BSF Larven gekweekt op voedselrestromen van SPAR winkels*

Figuur 4 geeft de groeicurve weer van de larven die gekweekt werden op de voedselrestromen van de SPAR winkels. Hierbij valt het meteen op dat de larven gekweekt op de voedselrestromen van SPAR Mechelen en deze van de kweek op het controlevoeder sneller hun maximale massa bereiken dan de kweek van de andere SPAR winkels. Het maximale gewicht is ook veel lager. Dit lijkt erop te wijzen dat de nutriënten in deze kweek opgebruikt of niet beschikbaar waren, waardoor de larven stopten met groeien.

*Tabel 14 voederconversie en afvalreductie van BSF larven gekweekt op voedselrestromen*

| | | **bioconversion efficiency (in g DM: ((Lend – Lstart) / D) × 100%)** | | **waste reduction (in g DM: ((D – R) / D) × 100%)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| **winkel** | staalname | Mean | Std Dev | Mean | Std Dev |
| **SPAR Denderwindeke** | 1 | 24,11 | 2,06 | 60,99 | 1,40 |
| | 2 | 21,69 | 4,26 | 64,76 | 2,22 |
| **SPAR Lichtaart** | 2 | 26,92 | 2,21 | 60,73 | 1,69 |
| **SPAR Mechelen** | 3 | 21,85 | . | 57,29 | . |

De hoogste bioconversie efficiëntie werd bereikt bij de kweek op de voedselrestromen van SPAR Lichtaart. De afvalreductie van de kweek op de voedselrestromen varieerde tussen 57.29% en 64.79%.

# 5 Conclusie

De pilootproeven tonen aan dat meelwormen en zwarte soldatenvlieglarven succesvol gekweekt kunnen worden op voedselreststromen afkomstig van supermarkten. Vooral bij de kweek van zwarte soldatenvlieglarven leverden de voeders op basis van deze reststromen uitstekende resultaten op. Dit biedt veelbelovende mogelijkheden voor de circulaire economie en het hergebruik van voedseloverschotten.

Er zijn echter enkele belangrijke belemmeringen waarmee rekening moet worden gehouden. Een eerste uitdaging is de wetgeving. Voedselreststromen worden momenteel beschouwd als afval, terwijl insecten wettelijk gezien als landbouwhuisdieren worden geclassificeerd. Volgens de huidige regelgeving mogen landbouwhuisdieren niet gevoederd worden met afval. Het is daarom essentieel om administratief en praktisch te regelen dat de verzamelde voedselreststromen niet langer als afval worden beschouwd. Binnen dit project wordt aan deze juridische onduidelijkheid gewerkt. Daarnaast vormen stickers en verpakkingsmateriaal die nog op de reststromen worden aangetroffen een probleem. In de toekomst moet worden gezorgd dat dergelijke verontreinigingen vermeden worden.

Een tweede obstakel is de conservering van de reststromen. Bij het verzamelen van de restromen stonden de containers gedurende een week of langer buiten bij de supermarkten. Bij de eerste staalnameronde waren de stromen daardoor als aan het bederven met zichtbaar schimmelgroei en fermentatie. Tijdens het project werden de reststromen bovendien ingevroren om ze te bewaren, maar dit is in de praktijk niet haalbaar op grote schaal. Daarom is het belangrijk om te zoeken naar alternatieve bewaartechnieken zowel tijdens de inzameling als na de verwerking. Een mogelijke oplossing is om droge reststromen te drogen, zodat ze niet beschimmelen. Voor de natte reststromen kan fermentatie een geschikte methode zijn om ze langer te bewaren en zo verlies van voedingswaarde en verspilling te voorkomen.

Kortom, hoewel de eerste resultaten veelbelovend zijn, zullen er nog enkele praktische en wettelijke/administratieve barrières overwonnen moeten worden om deze kweekmethoden op grotere schaal toe te passen.

## CONTACT

Lotte Frooninckx | Onderzoeker
Lotte.frooninckx@thomasmore.be
Tel. +32 14 74 06 66

## VOLG ONS

www.thomasmore.be
fb.com/ThomasMoreBE
#WeAreMore

THOMAS MORE