

Reststromen – BSF

VIVES campus Roeselare
Insectlab

Sharon Schillewaert

Thomas Spranghers



Interreg 
EUROPESE UNIE
Vlaanderen-Nederland
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

entomo **SPEED**

Inhoud

1	Introductie.....	4
2	Standaard kweekprotocol	5
2.1	Larvale stadia.....	5
2.2	Volwassen stadia	5
2.3	Optimalisatie	6
2.3.1	Larven	6
2.3.2	Vliegen.....	6
3	Protocol labo-proeven BSF.....	7
3.1	Algemeen.....	7
3.2	Assessment van reststromen	8
4	Draf en Tomatenstengels	9
4.1	Materiaal en methode.....	9
4.2	Resultaten en conclusie.....	10
4.3	Aandachtspunten	13
4.4	Referenties	13
5	Aardappelpulp	14
5.1	Materiaal en methode.....	14
5.2	Resultaten en conclusie.....	14
5.3	Economische analyse	16
5.4	Referenties	16
6	Beperkingen bij het gebruik van tomatenstengels als BSF substraat	17
6.1	Groei en opbrengst.....	17
6.2	Alkaloïden en ruwe vezels	18
6.3	Conclusies	19
7	Nutriëntenbehoeftes voor zwarte soldatenvlieg larven	20
7.1	Minimaal eiwitgehalte.....	20
7.2	Toevoeging van vet.....	22
7.3	Essentiële micronutriënten	22
7.4	Structuur.....	23
7.5	Conclusies.....	24
7.6	Referentie.....	24
8	BasiQ als substraat voor BSF larven	25

8.1	Reststroom assessment.....	25
8.2	Economische analyse	26

1 Introductie

Tijdens het Entomospeed project werden aan het Insectlab bij VIVES een brede waaier aan reststromen uit de landbouw- en voedingssector als substraat voor zwarte soldatenvlieglarven getest (zie case studies in hoofdstukken 4,5,6 en 8). Er werd naast de groei en ontwikkelingssnelheid ook rekening gehouden met de verwerking van het substraat. Bovendien werden economische analyses uitgevoerd om de rendabiliteit van het gebruik van reststromen te onderzoeken.

Aangezien geen enkele reststroom tot een perfecte groei leidde, moeten er in de praktijk mengsels gevormd worden. De mogelijkheden zijn echter eindeloos en daarom werden de nutritionele behoeftes van de larven onderzocht (zie hoofdstuk 7). Op deze manier kan een betere inschatting gemaakt worden van welke substraatmengsels het meeste kans op slagen hebben.

Tijdens het project werd ook de methodiek om reststromen te onderzoeken in het labo geoptimaliseerd (zie hoofdstuk 3). Bovendien werd het kweekprotocol voor het kweken op kippenvoeder/water (30/70), de gangbare laboratoriumstandaard, verder verfijnd gedurende het verloop van het project (zie eerstvolgende hoofdstuk 2).

2 Standaard kweekprotocol

Zowel larven als volwassenen worden gekweekt in een klimaatcel bij 27 ± 1 ° C en 75 ± 5 % RV.

2.1 Larvale stadia

Eitjes worden 3 keer per week geogst en per 0,3 g (± 20 legsels; ± 90 % komt uit) in een container (17 x 12 x 6 cm) met deksel (23 x 14 x 6 cm) geplaatst (fig. 1). Ze komen uit na 3,5-4 dagen en 1 dag voordat ze uitkomen worden de blokjes op appelschijfjes geplaatst. De eitjes komen 2 dagen uit op de plakjes appel en vervolgens wordt 20 g kippenvoer/water (30/70) toegevoegd. 3 dagen later ontvangen ze nog 100 g kippenvoer/water en het deksel wordt verwijderd. 2-3 dagen later worden ze verplaatst naar een grotere container (40 x 30 x 11 cm) en ontvangen ze 1 kg kippenvoer/water. 3 dagen later ontvangen ze nog 2 kg kippenvoer/water.

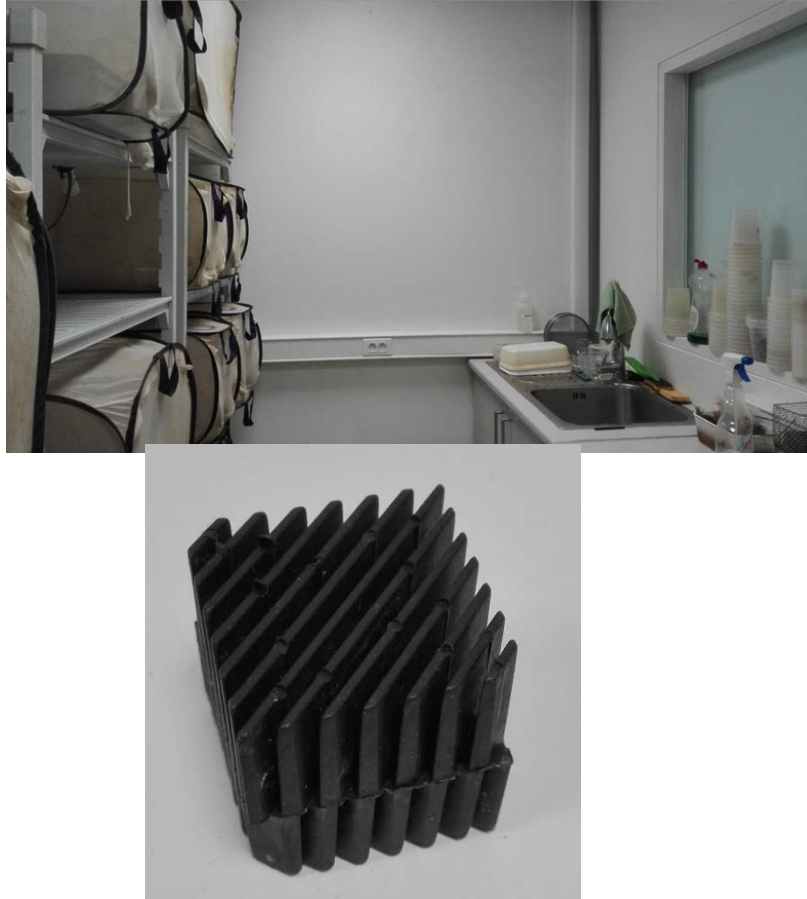


Figuur 1: kweekbakken

2.2 Volwassen stadia

Uit bakken die niet worden geogst, worden 10 dagen na het verschijnen van de eerste prepopen, trays (23 x 14 x 6 cm) van 150 g poppen/prepopen gemengd met droog substraat verzameld.

Per kooi (35 x 60 x 35 cm) wordt een tray geplaatst en een dag nadat de eerste vliegen verschijnen (± 570 vliegen, 50/50 mannetjes/wijfjes), wordt een tray (17 x 12 x 6 cm) met dode larven en substraat, verdund met water, geplaatst om de vliegen aan te trekken (fig. 2). Plastic kubussen (3 x 3 x 3 cm) met spleten hangen over deze trays en de vliegen leggen hun eitjes in deze spleten. Voor elke kooi wordt het midden van het breedste zijoppervlak gedurende acht uur/dag verlicht (13 Watt, Exo-Terra Natural Light Full Spectrum).



Figuur 2: kweekcel met vliegenkooien (boven); legkubus (onder)

2.3 Optimalisatie

2.3.1 Larven

0,3 g eitjes gaf een gemiddelde opbrengst van 875 g geoogste larven (= 3,39 kg opbrengst/g eitjes), waarbij de voederconversie 1,63 was. Als 0,45 g eitjes werden gebruikt, leverde dit een gemiddelde van 908 g (= 2,04 kg opbrengst/g eitjes) op en bleef de conversie vrijwel hetzelfde (1,69). Toen 0,6 g eitjes werden gekweekt, nam het oogstgewicht toe tot 1219 g met een voederconversie van 1,22. Aangezien het gewicht van de afzonderlijke larven in dit geval slechts 150 mg was en de larven in het Insectlab hoofdzakelijk bedoeld waren om tot vliegen te groeien, werd besloten door te gaan met 0,3 g eitjes (bovendien was de kg opbrengst/g eitjes slechts 2,03 met 0,6 g eitjes).

2.3.2 Vliegen

De optimale dichtheid in de kooien werd onderzocht en er werd gevonden dat 100 g zuivere poppen (zonder substraat) een maximale ei-opbrengst opleverde (bij 200 g nam dit niet meer toe).

Aanvankelijk leverde dit gemiddeld 1,34 g eitjes per kooi op (29,49% van de wijfjes legden).

Door de positie van de kooien te veranderen (en dus het verlichte gebied te optimaliseren), werd de opbrengst verhoogd tot 2,10 g eitjes per kooi (46,25% van de vrouwtjes legden).

3 Protocol labo-proeven BSF

3.1 Algemeen

- Recipiënten: polypropyleen cups met gaas in het deksel; diameter bovenaan 8,5 cm, onderaan 7 cm; hoogte 10 cm
- Temperatuur: 27 ± 1 °C
- Relatieve vochtigheid: $75 \pm 5\%$
- Lichtregime: constant donker
- 3 herhalingen/behandeling
- 100 larven/herhaling
 - 6 ± 1 of 7 ± 1 dagen oud bij start
 - Eerste week opgekweekt op ad libitum kippenvoeder (Farm 1 Crumble, Hobby First)
 - Met de hand geteld en maximum 5% gewichtsverschil tussen groepen
 - Bij de eerste experimenten werd initieel 10 g gevoederd, daarna om de 2-3 dagen 20 g gedurende 2 weken; later werd aangetoond dat een eenmalige voeding bij de start van het experiment tot dezelfde resultaten leidde
 - Om de 2-3 dagen worden er 10 willekeurige larven individueel gewogen (en nadien teruggeplaatst) voor het opstellen van een groeicurve
 - Oogsttijdstip per herhaling wanneer de eerste prepopen worden vastgesteld (<10%).
Dus niet voor alle behandelingen op hetzelfde tijdstip!
 - Bij de oogst worden opnieuw 10 larven individueel gewogen, worden larven en restsubstraat gescheiden, gewogen en ingevroren bij -20 °C voor latere analyses
- De parameters die bepaald kunnen worden staan hier vermeld. Belangrijke definities:
Substraat = totale gewicht van gevoederd materiaal
Restsubstraat = totale gewicht van overblijvend materiaal na oogst van de larven, dit is dus een combinatie van onverteerd substraat en de mest van de larven
 - groei (g/larve/dag)
 - oogstgewicht (g/ larve en g/100 larven): zowel gemiddeld individueel gewicht bepalen als totaal eindgewicht van de 100 larven, dit kan zowel op droge stof als op nat materiaal uitgedrukt worden
 - substraatverwerking (%) = $\frac{\text{substraat} - \text{restsubstraat}}{\text{substraat}} * 100$; kan zowel op droge stof als op nat materiaal worden uitgedrukt

- WRI (waste reduction index) = afvalreductie: kan zowel op droge stof als op nat materiaal uitgedrukt worden

$$\text{WRI} = \frac{\left(\frac{\text{substraat} - \text{restsubstraat}}{\text{substraat}} \right)}{\text{ontwikkelingsduur larven}} * 100$$

- voederconversie wordt het best uitgedrukt volgens volgende formule, hierdoor is deze het best vergelijkbaar met andere landbouwhuisdieren

$$\text{voederconversie} = \frac{\text{droog substraat (g)}}{\text{nat oogsgewicht larven (g)}}$$

- droge stofgehalte (g/ 100 g)
- eiwit-, vet-, ruw vezel- en asgehalte (g/ 100 g droge stof) van zowel de larven, substraten als de restsubstraten. Gebruikte analyses voor eiwit en vet zijn respectievelijk Kjeldahl (conversiefactor van 4.76 voor de larven en 6.25 voor het substraat) en Soxhlet.
- nutriëntenbenutting van het substraat door de larven (%)
- eiwitconversie = $\frac{\text{eiwit in droog substraat (g)}}{\text{eiwit in droge larven (g)}}$
- ECD (Efficiency of conversion of digested food)

$$\text{ECD} = \frac{\text{droog oogsgewicht}}{(\text{droog substraat} - \text{droog restsubstraat})}$$

3.2 Assessment van reststromen

- Optie 1: Op verschillende leeftijden de reststroom zuiver toevoegen aan het reeds gevoederde kippenvoeder. Er wordt gestart met larven van 6-7 dagen oud. Eén behandeling krijgt zuivere reststroom van bij de start, andere krijgen kippenvoeder. Bij de 2^{de} voeding (2 dagen later) krijgt ook een 2^{de} behandeling reststroom en eventueel kunnen er nadien nog bijkomende behandelingen worden gestart op latere leeftijden afhankelijk van de nutritionele waarde van de reststromen.
- Optie 2: Inmenging reststroom met basisvoeder waarbij er ook gestart wordt met larven van 6-7 dagen oud.
 - Afhankelijk van kwaliteit reststroom worden verschillende verhoudingen getest (reststroom/kippenvoeder (%): 100/0; 80/20; 70/30; 60/40; 50/50; 40/60; 30/70; 20/80; 10/90)
 - Uiteindelijk geteste regimes gebaseerd op literatuur en preliminaire testen
 - Controlebehandeling met 100% kippenvoeder (0/100)
- De bepaalde parameters zijn gelijk aan de hierboven vermelde parameters

4 Draf en Tomatenstengels

4.1 Materiaal en methode

Er werden 2 reststromen getest in het Insectlab van VIVES: draf (afkomstig van Rodenbach, Roeselare) en tomatenstengels (afkomstig van Van Vliet, Rotterdam). Als controle werd kippenmeel gebruikt (startmeel Aveve, nr 259) (fig. 3). Het kippenmeel werd gemixt met water volgens een 3-2 verhouding water-kippenmeel. De 2 reststromen werden zowel puur getest als in combinatie met 50% van de 3-2 verhouding water-kippenmeel (tabel 1).



Figuur 3. Kippenmeel als controle en de geteste reststromen draf en tomatenstengels (vlnr).

Tabel 1. Overzicht van de 5 geteste voederbehandelingen.

Behandeling	Kippenmeel (KM)	Water	Draf (D)	Tomatenstengels (T)
KM	40%	60%		
D			100%	
T				100%
KM-D	20%	30%	50%	
KM-T	20%	30%		50%

Er werd gestart met 10 gram larven van 6 dagen oud. De larven werden geselecteerd op grootte, via standaard zeven maat 0.6 en 1mm. Het gemiddelde gewicht van de larven was 0.2g, er werd dus gestart met +- 500 larven. De experimenten werden uitgevoerd in bakjes van 10 op 20 cm en werden 4x herhaald per behandeling.

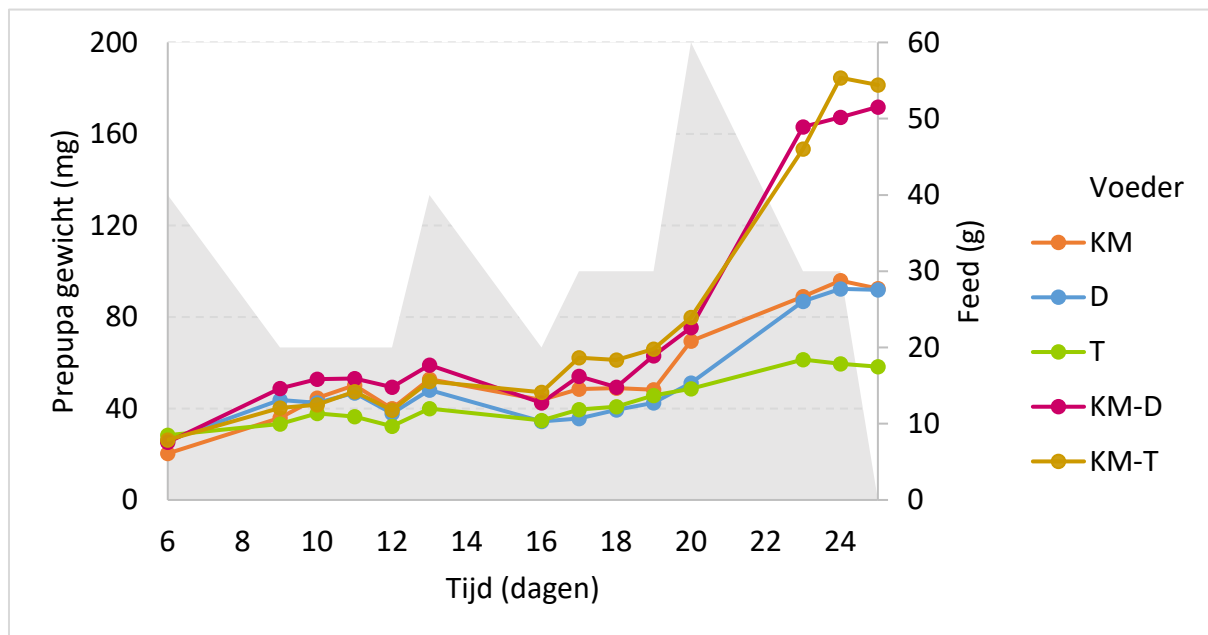
Er werd uitgegaan van 40 mg voeder / larve, dus dagelijks werd er 20 gram voeder gegeven met uitzondering van het weekend. Op vrijdag werd er telkens een dubbele portie voeder gegeven (40 gram) en op de startdag werd ook een dubbele portie gegeven (40 gram) zodat er al wat substraat is voor de larven. Vanaf dag 17 werd er 30 gram voeder gegeven (zie ook figuur 2). Bij aanwezigheid van 40% prepopen werd het experiment gestopt, dit was voor alle behandelingen als de larven 25 dagen oud waren met uitzondering van de behandeling gevoederd met tomatenstengels. De behandeling met tomatenstengels werd ook op dag 25 stopgezet door de beperkte groei die de larven vertoonden.

De analyses werden uitgevoerd door het Food lab van KU Leuven campus Geel. Hierbij werden volgende analyses uitgevoerd op het gevriesdroogde substraat en de larven: droge stof, eiwit (Kjeldahl methode) en vet (Soxhlet methode). Voor het bepalen van het eiwitgehalte werd er een correctie van 6.25 gebruikt zoals dat voorheen de standaard was, maar eveneens ter vergelijking de correctiefactor van 4.76 die volgens een recente publicaties een correcter beeld zou geven van de effectief beschikbare eiwitten (Janssen *et al.*, 2017). Deze correctiefactor werd ook bevestigd door bijkomende

analyses van het Food lab. Er konden geen analyses uitgevoerd worden op de larven gevoederd met de tomatenstengels doordat er onvoldoende materiaal beschikbaar was.

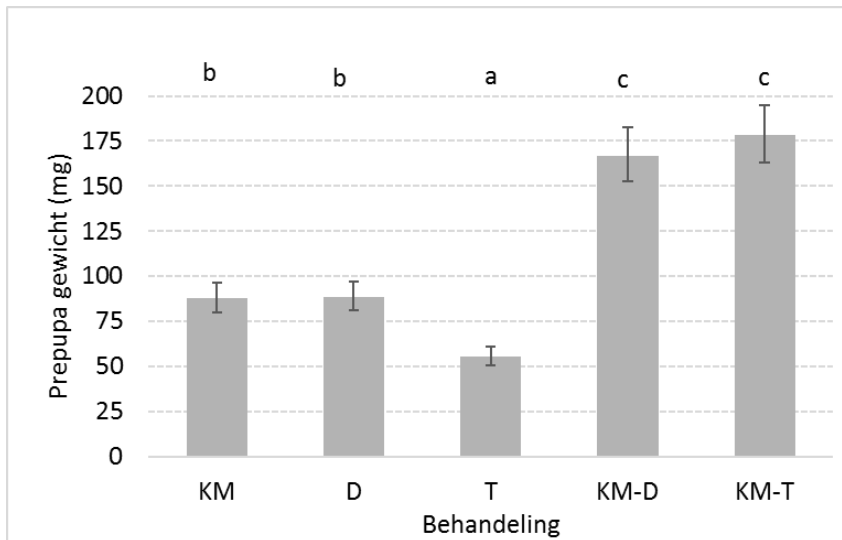
4.2 Resultaten en conclusie

De beste groei van de larven werd opgemerkt bij de 2 behandelingen waarbij de reststromen gemixt werden met kippenmeel (fig. 4 en 5). De controle behandeling met enkel kippenmeel deed het minder goed dan verwacht, vermoedelijk doordat het substraat te snel uitdroogde bij de gebruikte hoeveelheden. De gemixte behandeling bleven vochtiger waardoor er dus ook een betere groei was van de larven.



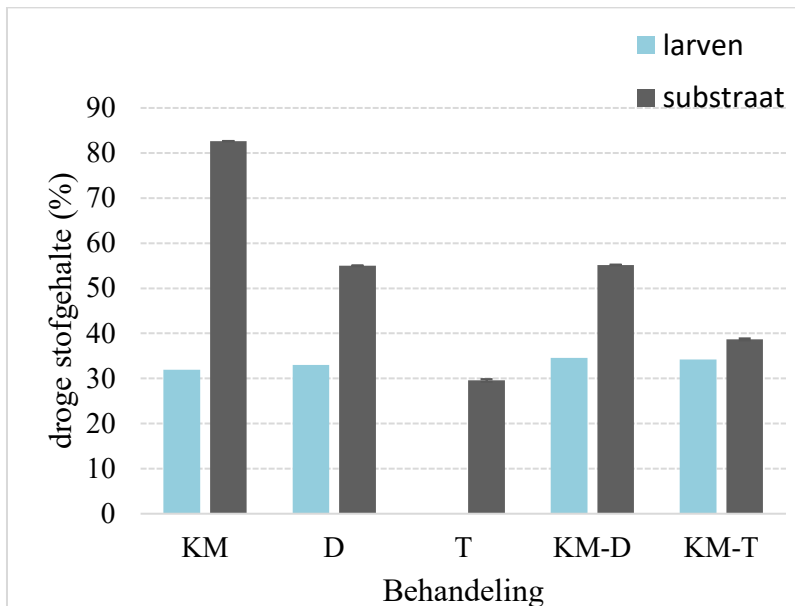
Figuur 4. Groeicurve van de larven volgens de verschillende voederbehandelingen (linker-as) en het toegepaste voederregime (rechter-as) over de uitvoertijd van het experiment. KM = kippenmeel, D = drif, T = tomatenstengels.

In een vervolg experiment zal er nog nagegaan worden in welke mate de verhouding kippenmeel-reststroom kan aangepast worden zodat er toch nog een optimale groei is. De tomatenstengels hebben blijkbaar een zeer lage voedingswaarde, maar door de aanwezigheid ervan moet er minder kippenmeel gevoederd worden waardoor er een betere voederconversie kan gerealiseerd worden. Ondanks de lage voedingswaarde van tomatenstengels kunnen deze eventueel wel ingezet worden in de kweek van de zwarte soldatenvlieg door het vochtig houden van het substraat waardoor er minder voeder kan gebruikt worden. Er moet wel nog onderzocht worden of de aanwezigheid van giftige alkaloiden in deze reststroom opgenomen wordt door de larven. Ook de reststroom drif kan ingezet worden in de kweek van de zwarte soldatenvlieg, mits het correct doseren van deze reststroom zodat deze vochtig genoeg blijft.

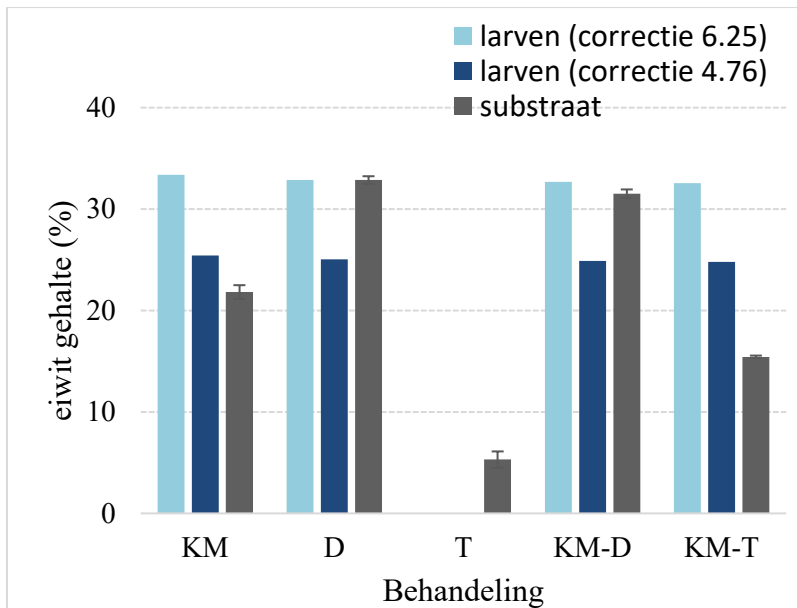


Figuur 5. Gemiddeld gewicht op dag 25 van de larven per behandeling. Verschillende letters boven de balken duiden op een significant verschil (<0.05). KM = kippenmeel, D = draf, T = tomatenstengels.

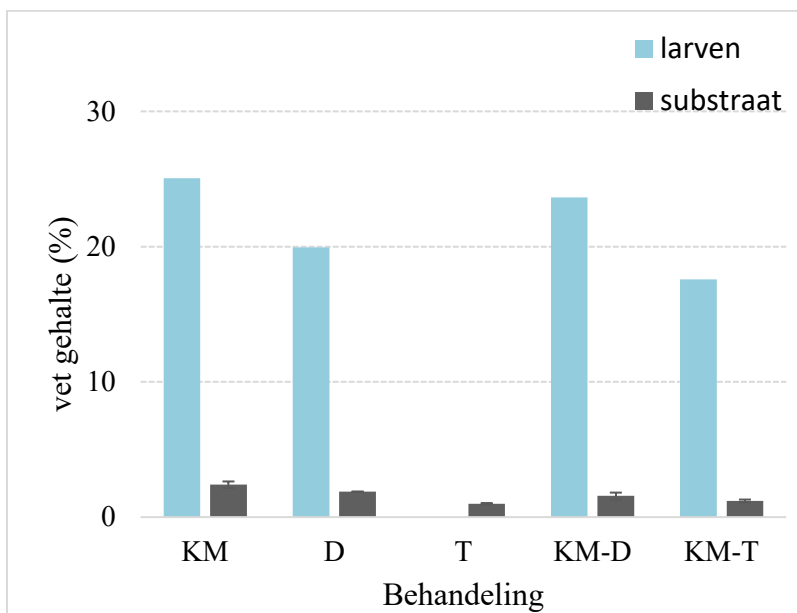
Uit de analyses blijken de larven een zeer gelijkaardig droge stof gehalte en eiwitgehalte te hebben over de behandelingen (fig. 4 en 5), ondanks de soms zeer uitgesproken verschillen tussen het substraat van de behandelingen. Het vetgehalte van de larven varieert wel tussen de behandelingen: larven gevoederd met enkel kuikenmeel hebben het hoogste vetgehalte en larven gevoederd met de mix kuikenmeel-tomatenstengels hebben het laagste vetgehalte (fig. 6).



Figuur 6. Droge stofgehalte van de larven en het substraat over de verschillende behandelingen. KM = kippenmeel, D = draf, T = tomatenstengels.



Figuur 7. Eiwitgehalten van de larven en het substraat over de verschillende behandelingen. KM = kippenmeel, D = draf, T = tomatenstengels.



Figuur 8. Vetgehalten van de larven en het substraat over de verschillende behandelingen. KM = kippenmeel, D = draf, T = tomatenstengels.

Ondanks de lage voedingswaarde van tomatenstengels kunnen deze eventueel ingezet worden in de kweek van de zwarte soldatenvlieg door het vochtig houden van het substraat waardoor er minder voeder kan gebruikt worden. Er moet wel nog onderzocht worden of de aanwezigheid van giftige alkaloiden in deze reststroom opgenomen wordt door de larven. Ook de reststroom draf kan ingezet worden in de kweek van de zwarte soldatenvlieg, mits het correct doseren van deze reststroom zodat deze vochtig genoeg blijft.

4.3 Aandachtspunten

Door het testen van de reststromen in labocondities droogde het substraat te snel uit. Via bijkomende testen werd er nagegaan of de verschillende behandelingen extra vochtig gehouden kunnen worden. Mixen met extra water levert zeer veel ontsnappingen uit de bakken op. Anderzijds zorgde het substraat afdekken met een stevige plastic folie voor een lagere verdamping en leverde dit zeer goede groei resultaten. Als alternatief kunnen er ook gesloten potjes gebruikt worden waarbij het deksel deels door gaas is vervangen (zie H3: Protocol labo-proeven BSF).

4.4 Referenties

Janssen RH, Vincken J-P, van den Broek LAM et al (2017) Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens*. *J Agric Food Chem* 65:2275–2278.
doi: [10.1021/acs.jafc.7b00471](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471)

5 Aardappelpulp

5.1 Materiaal en methode

In het kader van Entomospeed werd een reststroom van de Friethoeve getest in de insectenkweek als potentiële voedingsbron voor de larven van de zwarte soldatenvlieg. Het betreft een reststroom afkomstig van de verwerking van aardappelen tot frieten waarbij de ongestoomde schillen en onbruikbare stukken aardappel de reststroom vormen (ook gekend als aardappelpersvezel). Deze reststroom heeft een droge stof gehalte van +-20% en bevat zetmeel, eiwitten en vezels.

Om het potentieel van deze reststroom te testen werd er een experiment opgezet in het Insectlab van VIVES (zie H3: Protocol labo-proeven BSF). Hierbij werden 1 week oude larven opgevolgd in hun groeicyclus. Er werden diverse behandelingen aangeboden waarbij er gevarieerd werd tussen 100% reststroom tot 100% kuikenmeel. Kuikenmeel, ook gekend als startmeel voor kuikens, is een hoogwaardige voedingsbron voor de larven van de zwarte insectenvlieg en wordt algemeen als een standaard voeder gebruikt.

Per behandeling werd er 2-3 maal per week gevoederd, hierbij werd er uitgegaan van 80 mg / larve / dag (zie tabel 2). Het eindgewicht van de larven werd bepaald als de eerste prepopen (verkleuring van de larven) opgemerkt werden.

Tabel 2: overzicht van de behandelingen

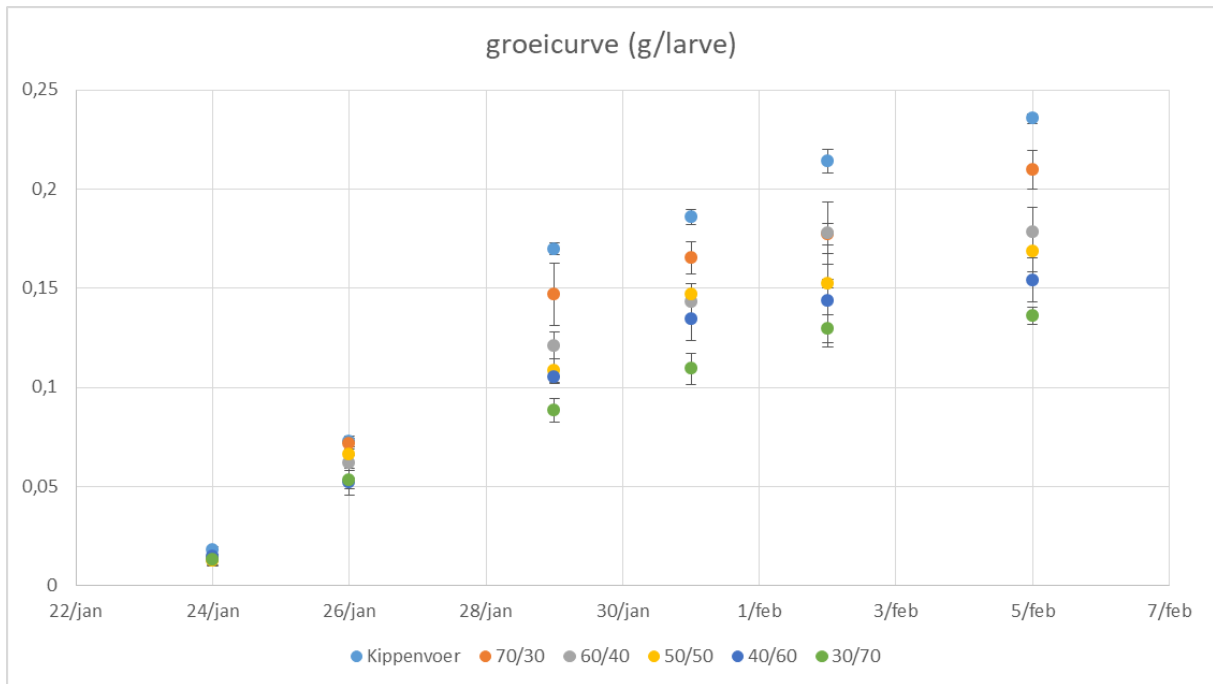
Voeding	Herhaling
100 % reststroom (100R)	3
70% reststroom – 30% kuikenmeel (70R/30K)	3
60 % reststroom – 40% kuikenmeel(60R/40K)	3
50 % reststroom – 50% kuikenmeel (50R/50K)	3
40 % reststroom - 60% kuikenmeel (40R/60K)	3
30 % reststroom - 70% kuikenmeel (30R/70K)	3
100% kuikenmeel (K)	3

Volgende analyses werden uitgevoerd op het gedroogde substraat, restsubstraat en de larven: droge stof, eiwit (Kjeldahl methode) en vet (Soxhlet methode). Voor het bepalen van het eiwitgehalte in de insecten werd er een correctiefactor van 4,76 gebruikt die volgens een recente publicaties een correcter beeld zou geven van de effectief beschikbare eiwitten (Janssen *et al.*, 2017).

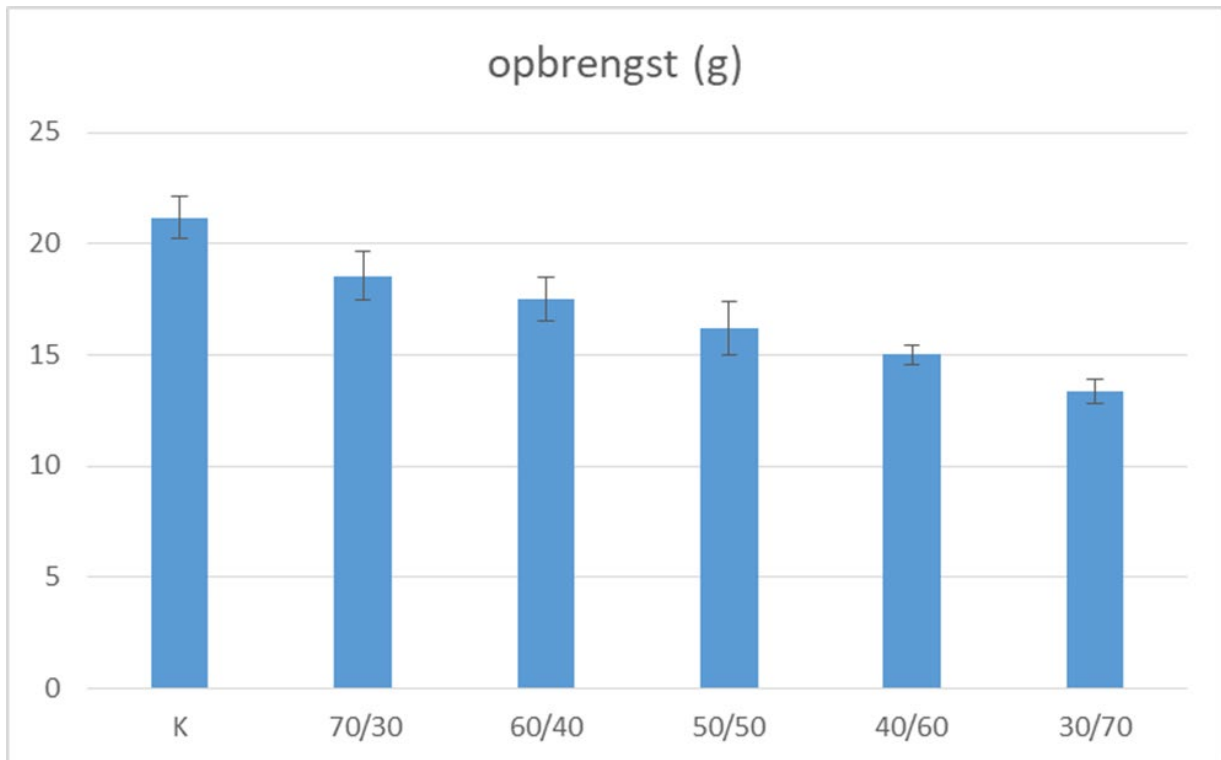
5.2 Resultaten en conclusie

Uit dit experiment blijkt dat de 100% reststroom behandeling (R) zorgt voor een lager gemiddeld gewicht van de larven. De gemixte behandeling met een optimaal voederregime zorgt echter voor een larvaal gewicht dat vergelijkbaar is met de standaard behandeling met kuikenmeel. Deze resultaten wijzen er op dat de reststroom voor minimaal 30% het kuikenmeel kan vervangen in de kweek van zwarte soldatenvlieg. De larven worden iets minder zwaar, maar bereiken wel nog steeds een gemiddelde van 0,2 g per larve op een gelijke periode als de 100% kuikenmeel behandeling (K) (zie fig. 9). Een hogere inmenging van de reststromen met kuikenmeel zorgt voor een verdere daling van het gemiddelde lichaamsgewicht. Op 100% reststroom vertoonden de larven een sterk vertraagde groei

en waarschijnlijk zouden ze het prepopstadium nooit bereiken. In figuur 10 staan de oogstgewichten van 100 larven per behandeling.



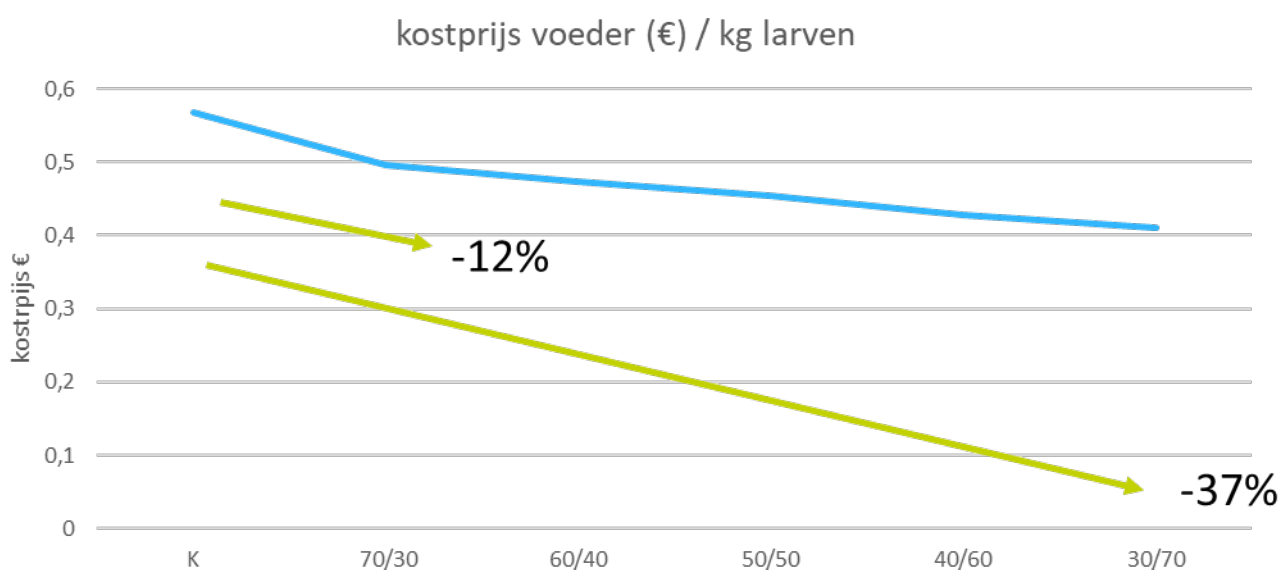
Figuur 9: evolutie van het gemiddeld gewicht van de larven (g/larve)



Figuur 10: gemiddelde gewichten van 100 larven bij het oogsten van de behandelingen

5.3 Economische analyse

Ondanks het gegeven dat de geogoste massa afneemt naarmate er meer aardappelpersvezel wordt gevoederd, is het economisch gezien toch interessant om deze reststroom te gebruiken (bovendien verlengt de ontwikkelingstijd van de larven slechts met 1-2 dagen naarmate er meer reststroom gevoederd wordt). Aangezien het kippenvoeder/water (30/70) mengsel ongeveer 10,92 eurocent/kg kost, is er 56,77 eurocent nodig om 1 kg larven te produceren op 100% kippenvoeder/water. Vermits aardappelpersvezel slechts 2,46 eurocent/kg waard is, bedraagt de voederkost om 1 kg larven te produceren 49,69 eurocent indien we 30% aardappelpersvezel toevoegen (fig. 11). Dit is dus een afname van de voederkost met 12%. Indien we 70% aardappelpersvezel toevoegen, lopen de kosten zelfs terug met 37% tot 41,09 eurocent.



Figuur 11: evolutie van de voederkosten om 1 kg larven te produceren naarmate er meer aardappelreststroom gebruikt wordt

5.4 Referenties

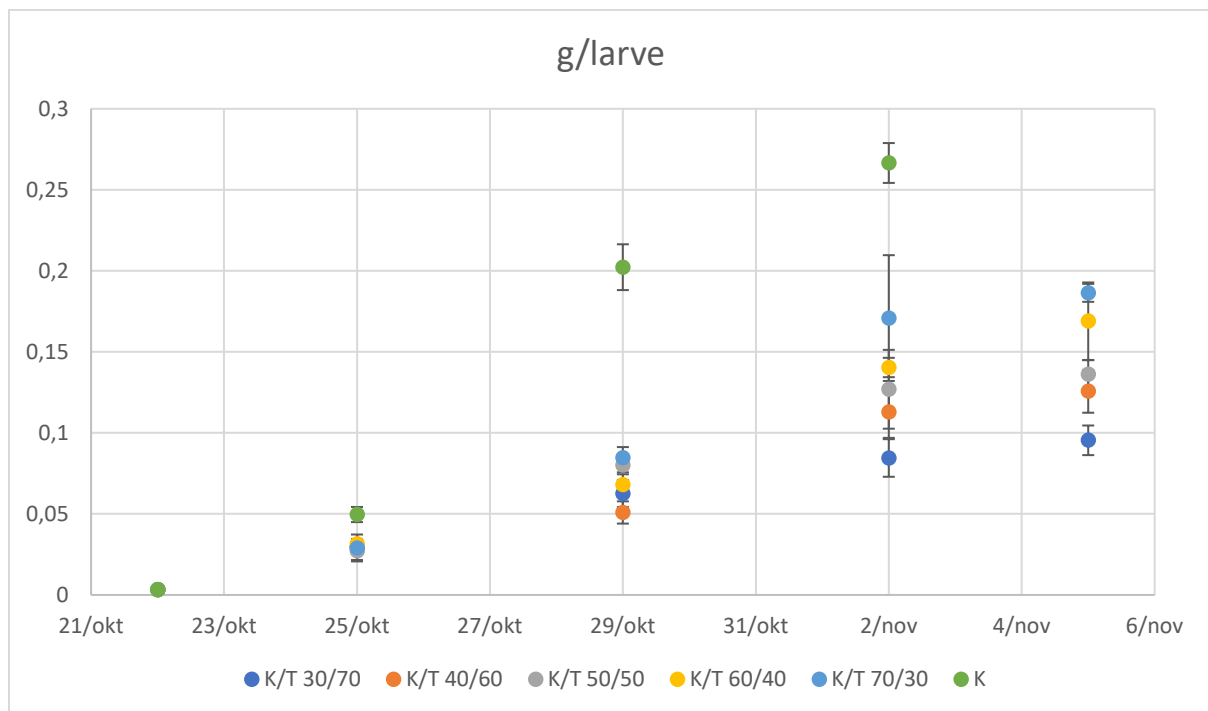
Janssen RH, Vincken J-P, van den Broek LAM et al (2017) Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens*. J Agric Food Chem 65:2275–2278.
doi: [10.1021/acs.jafc.7b00471](https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471)

6 Beperkingen bij het gebruik van tomatenstengels als BSF substraat

In Hoofdstuk 4 werden resultaten gerapporteerd over experimenten aan het Insectlab bij VIVES waarbij BSF larven gekweekt werden op tomatenstengels gemixt met kippenvoeder. Deze resultaten waren veelbelovend en daarom werd, na ontwikkeling van nieuwe onderzoeksprotocollen (zie H3: Protocol labo-proeven BSF), een nieuw experiment opgezet met deze reststroom. De tomatenstengels werden ingemengd met nat kippenvoeder (30% kippenmeel/70% water). Hierbij werden verschillende verhoudingen getest (kippenvoeder/tomaat (%): 70/30; 60/40; 50/50; 40/60; 30/70) en een controlebehandeling met 100% kippenvoeder. Per behandeling werden 3 maal 100 larven opgekweekt op 100 g substraat (eenmalige voeding) en er werd gestart met larven van 6 dagen oud.

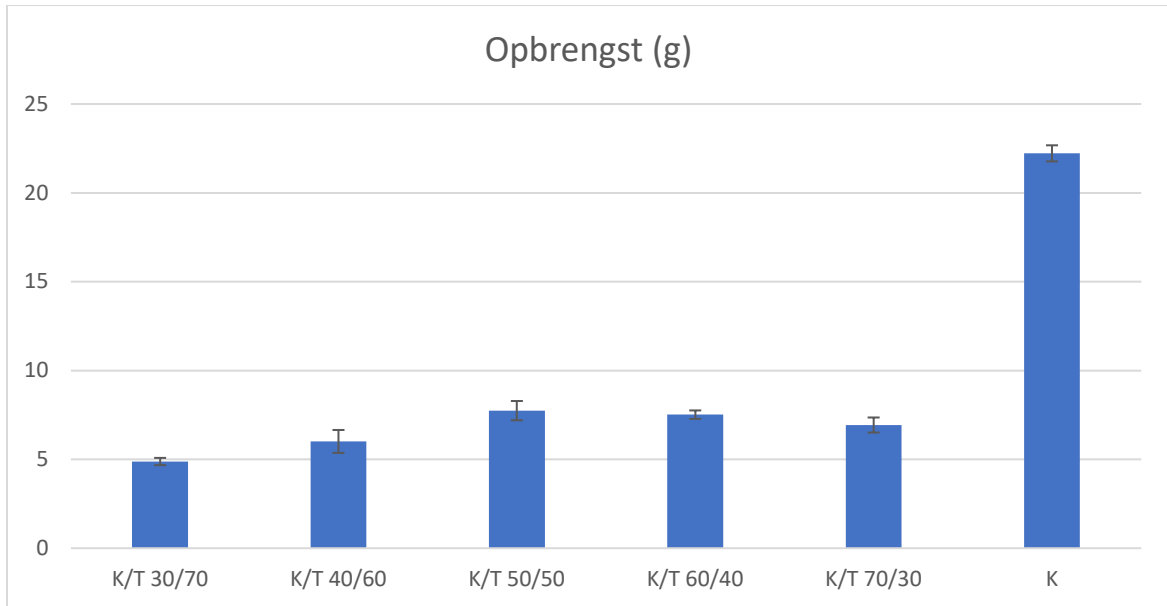
6.1 Groei en opbrengst

Uit de groeicurve blijkt dat de larven uit de controlebehandeling significant zwaarder werden dan deze gekweekt op mengsels met tomatenstengels (fig. 12). Desondanks resulteerde een inmenging van 50% nog steeds in een aanvaardbare groei van de larven. Hierbij werden de resultaten van het voorgaande onderzoek bevestigd.

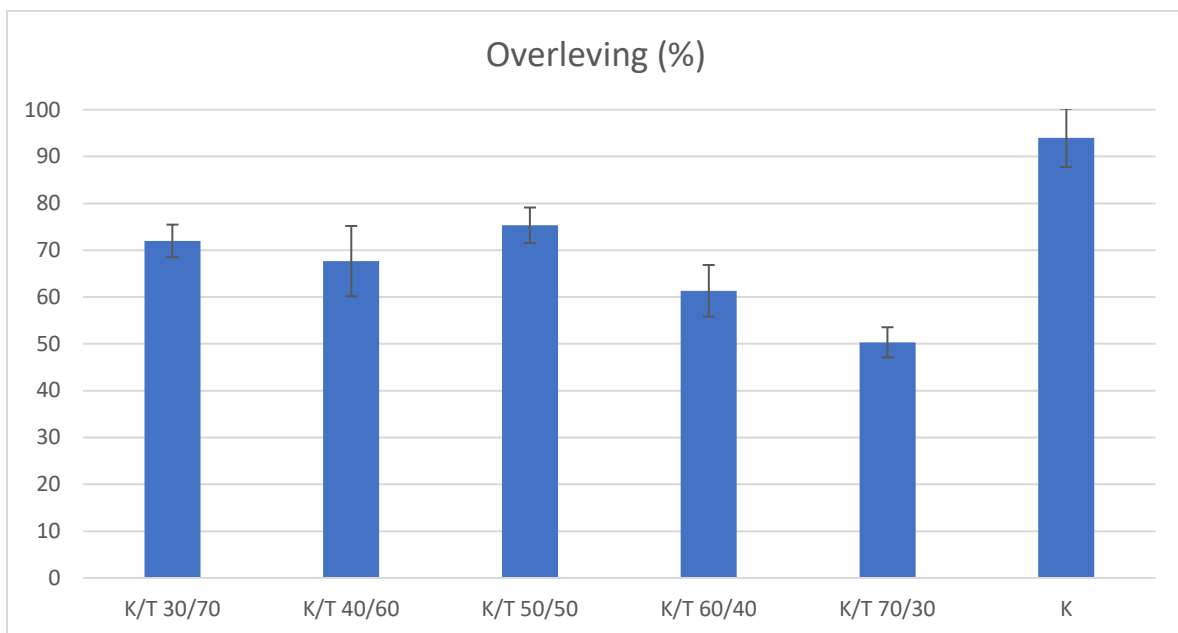


Figuur 12: Groeicurves die de evolutie van het individuele gewicht van BSF larven, gekweekt op tomatenstengels ingemengd met nat kippenvoeder, weergeven

Wanneer echter niet naar de individuele larwegewichten gekeken wordt, maar naar de totale opbrengst aan geoogste larven, worden de verschillen met de controle veel groter (fig. 13). De maximale opbrengst van de larven gekweekt op de mengsels was 3 maal lager dan van de larven gekweekt op de controle. Dit was te wijten aan de vrij hoge sterftcijfers van de larven die groeiden op tomatenstengels (fig. 14).



Figuur 13: oogstgewicht van 100 BSF larven, gekweekt op tomatenstengels (T) ingemengd met nat kippenvoeder (K)



Figuur 14: overleving van 100 BSF larven, gekweekt op tomatenstengels (T) ingemengd met nat kippenvoeder (K)

6.2 Alkaloïden en ruwe vezels

Deze verhoogde sterfte kan te wijten zijn aan de aanwezigheid van alkaloïden (zoals atropine en tomatine) in de tomatenstengels. Dit zijn giftige stoffen die vooral geconcentreerd voorkomen in de groene delen van de tomatenplant (zoals de stengels en de bladeren). Daarnaast zouden er ook insecticide residu's aanwezig kunnen zijn op de stengels. Er werd echter door projectpartner HAS aangetoond dat BSF larven bestand zijn tegen hoge residuconcentraties (tot 8 mg/kg) van een aantal gangbare insecticiden(combinaties). Naast de mogelijke aanwezigheid van giftige stoffen dient ook nog te worden opgemerkt dat de tomatenstengels heel houtachtig waren. Dergelijke vezelrijke substraten (grotendeels opgebouwd uit cellulose en lignine) zijn niet zo interessant voor BSF larven. Dit is al meermaals gebleken uit voorgaande onderzoeken. De larven beschikken niet over bijtende

monddelen om de vezels te verkleinen en ook de vertering ervan verloopt suboptimaal. Misschien kan een voorbehandeling met micro-organismen de voedingswaarde van bepaalde vezelrijke reststromen vergroten. Dit wordt momenteel reeds in China toegepast (zie artikel [Bezoek Nature Creation in China - deel 2 : de productie](#) dat op 28 augustus 2018 op insectinfo verscheen).

6.3 Conclusies

Uit de resultaten bekomen in het Insectlab kunnen we stellen dat tomatenstengels niet zo interessant zijn als voeder voor BSF larven. Door het hoge vezelgehalte zou een beperkte hoeveelheid eventueel kunnen ingemengd worden als structuurcomponent van het BSF voeder. Uit voorgaand onderzoek, onder een ander proefopzet (zie H4), bleek ook dat de stengels uitdroging van het voeder kunnen vertragen. De beperkte voedingswaarde en de aanwezigheid van toxische alkaloiden beperken echter de bruikbaarheid van deze reststroom.

7 Nutriëntenbehoeftes voor zwarte soldatenvlieg larven

Larven van de zwarte soldatenvlieg zijn in staat om heel wat verschillende reststromen om te zetten tot nutritionele biomassa. In het kader van de projecten Entomospeed en Bioboost worden een groot aantal interessante zijstromen uit land- en tuinbouw en voedingssector getest en worden optimale mengsels samengesteld. Het aantal mogelijkheden is echter heel groot en om toch een beter idee te hebben over welke reststromen combineerbaar zijn om een optimale groei van de larven te garanderen, is meer kennis nodig over de behoeftes van de larven. Uit praktijksituaties is al gebleken dat larven gekweekt op een mengsel van 30% kippenvoeder en 70% water, veel te veel eiwitten krijgen. Het niet benutten van al deze eiwitten vertaald zich in hoge ammoniakemissies en bovendien is het een verspilling van kostbare nutriënten. Interessant is dat de meeste zijstromen van plantaardige oorsprong een veel lager eiwitgehalte hebben.

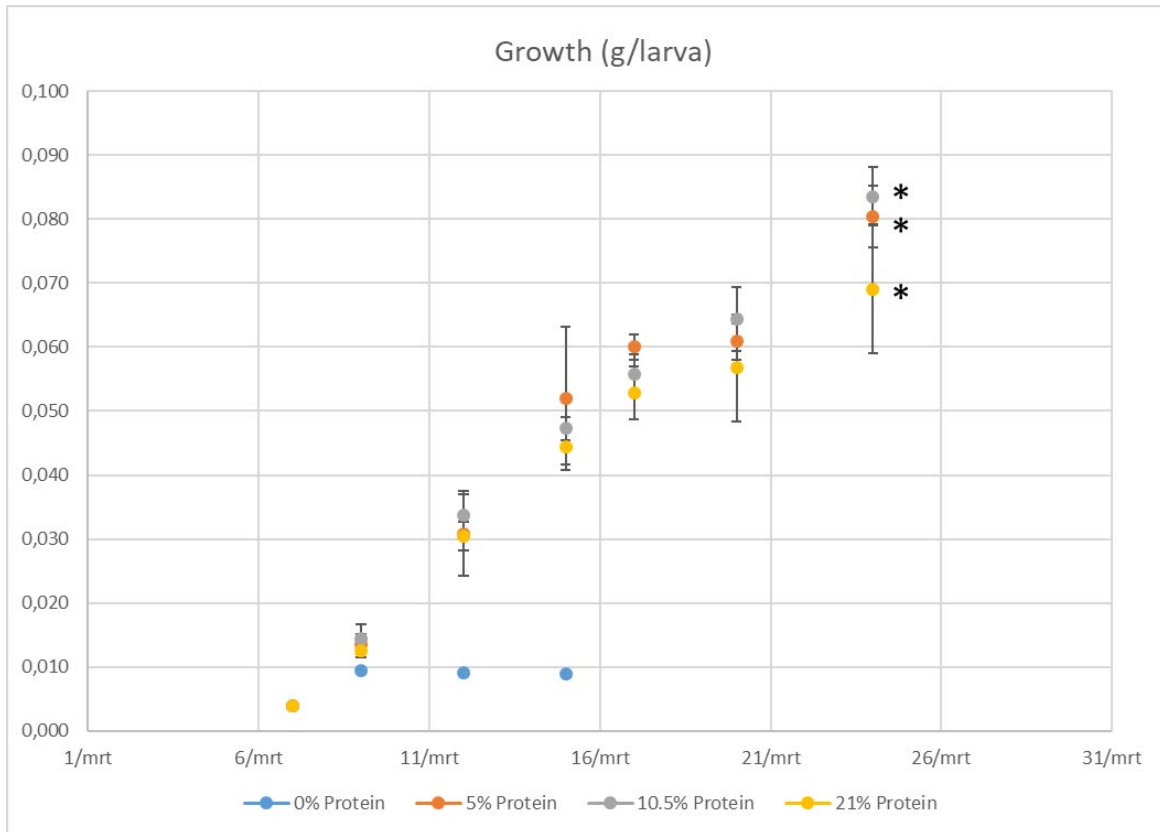
7.1 Minimaal eiwitgehalte

Om de minimale behoefte aan eiwitten te bepalen om goede groei te garanderen, werden experimenten opgezet met artificiële diëten. Door te werken met componenten die bijna volledig opgebouwd zijn uit één bepaald ingrediënt, is het zo gemakkelijker om slechts één component te variëren zonder ook de rest van de samenstelling te beïnvloeden. Uit de literatuur blijkt dat eiwitten en niet-vezel koolhydraten de belangrijkste componenten zijn en daarom werd aanvankelijk gestart met zuivere zetmeel/eiwit mengsels. Het zetmeel was zuiver aardappelzetmeel terwijl het eiwit bestond uit soja-eiwitisolaat (93% zuiver eiwit).

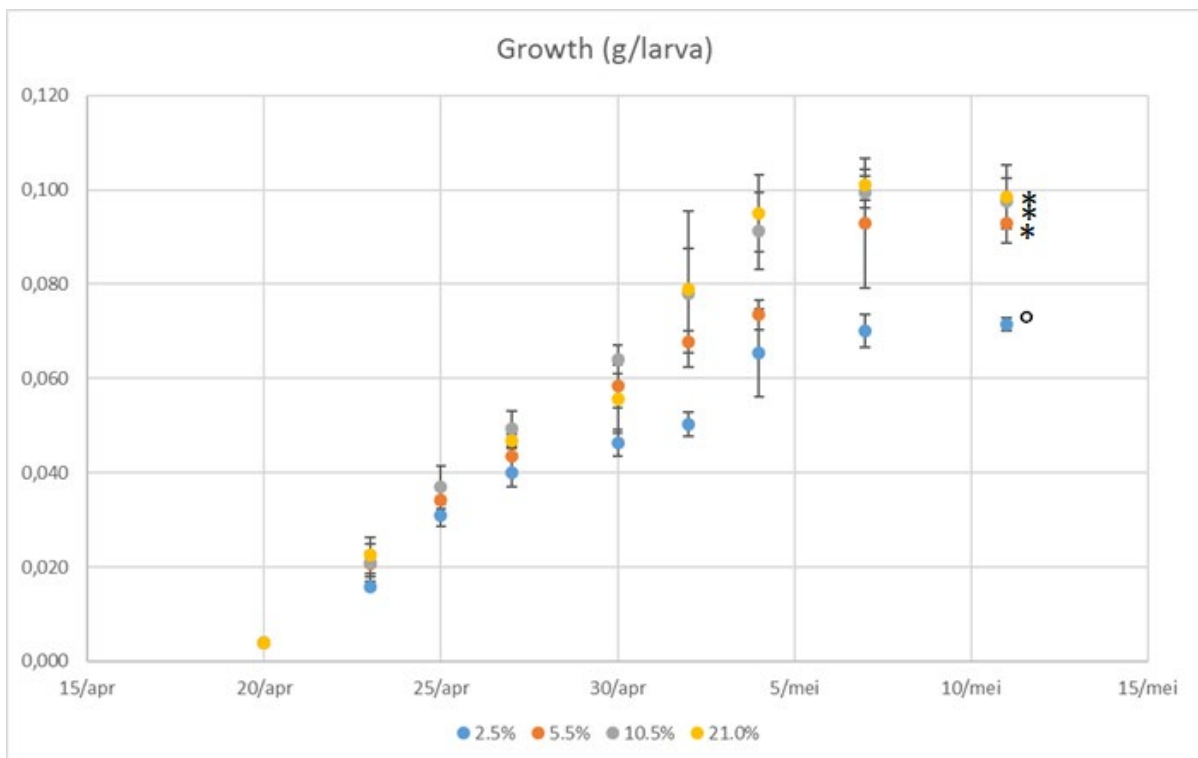
Het controle dieet werd samengesteld om het eiwitgehalte van kippenvoeder na te bootsen (21% op droge stof en een vergelijkbaar aminozuur profiel). De rest van de droge stof werd aangevuld met aardappelzetmeel. Daarnaast werken ook diëten getest met 10,5% eiwit, 5% eiwit en 0% eiwit. Om telkens een vergelijkbaar DS-gehalte ($\pm 27\%$) te bekomen en om energiever verschillen te vermijden, werd het verminderde eiwit telkens gecompenseerd met een iso-energetische hoeveelheid zetmeel (uiteraard op basis van bruto-energie, vermits verteerbaarheidswaarden niet gekend zijn). Per dieet werden 3 potjes (polypropyleen cups met gaas in het deksel; diameter bovenaan 8,5 cm, onderaan 7 cm; hoogte 10 cm) van 100 larven opgezet. De larven werden aanvankelijk opgekweekt op nat kippenvoeder en waren 6 dagen oud bij de start van het experiment (3-4 mg/larve).

De resultaten van dit eerste experiment (fig. 15) toonden geen verschillen tussen de verschillende eiwitgehalten. Enkel de 0% groep was niet in staat om te ontwikkelen tot prepop wat niet verwonderlijk was aangezien dit substraat slechts sporen van eiwit bevatte. Op de andere substraten groeiden de larven tot een eindgewicht van 80 mg. Dit is een pak lager dan op het kippenvoeder maar niet verwonderlijk aangezien er een tekort was aan vitamines en mineralen in de artificiële diëten.

Daarom werd in een volgend experiment een premix toegevoegd waarin een breed spectrum aan vitamines en mineralen aanwezig was. De geteste substraten bevatten nu 21, 10,5, 5 en 2,5% eiwit en deze keer gaf enkel de 2,5% behandeling een significant verminderde groei. De larven gekweekt op substraten met hogere eiwitgehalten vertoonden geen onderlinge groeiverschillen (fig. 16). Maar het eindgewicht van deze larven was met 100 mg wel nog steeds een pak lager dan de 200 mg die we op een kippenvoeder verwachten.



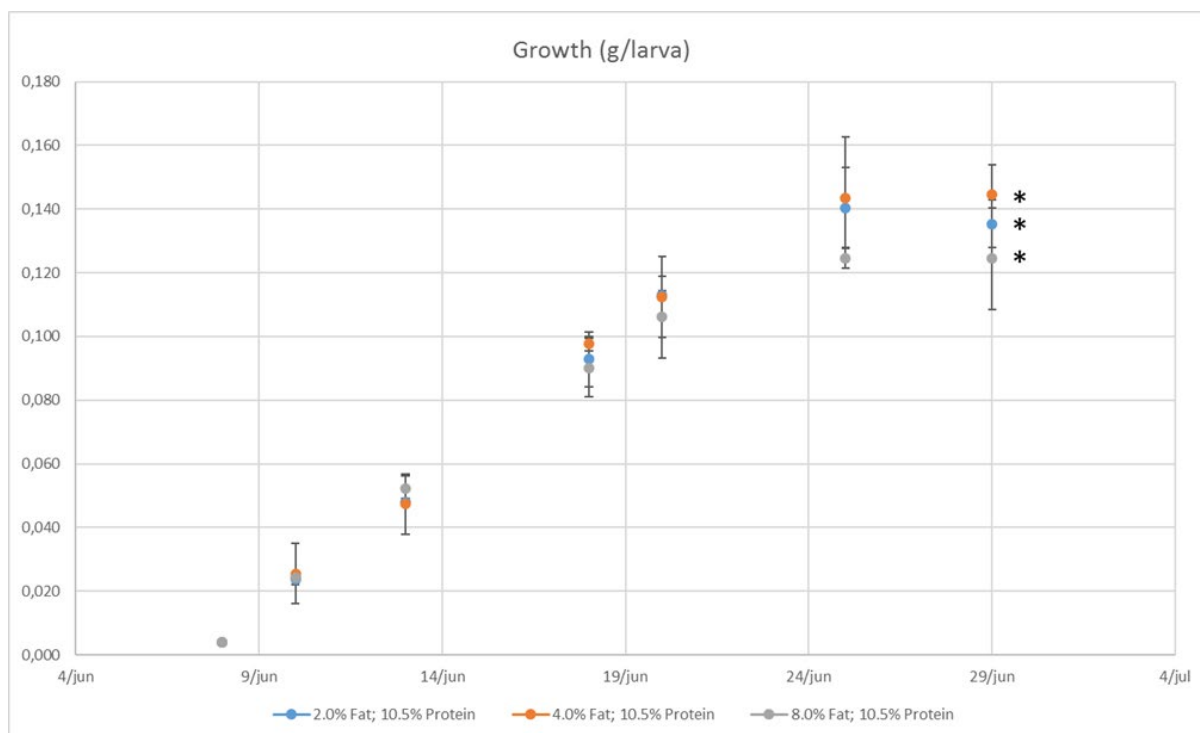
Figuur 15: Evolutie van het gemiddeld individueel gewicht van larven gekweekt op substraten (iso-energetische mengsels van soja-eiwit en aardappelzetmeel) met verschillende eiwitgehalten. Verschillende tekens (* of °) wijzen op statistisch significante verschillen.



Figuur 16: Evolutie van het gemiddeld individueel gewicht van larven gekweekt op substraten (iso-energetische mengsels van soja-eiwit, aardappelzetmeel en premix) met verschillende eiwitgehalten. Verschillende tekens (* of °) wijzen op statistisch significante verschillen.

7.2 Toevoeging van vet

Daarom werd in een volgende reeks experimenten een ander essentieel nutriënt toegevoegd zijnde vet. Het werd toegediend onder de vorm van zonnebloemolie (rijk aan essentiële omega-6 en omega-3 vetzuren). Er werden verschillende vetgehalten getest (8, 4 en 2%), bij eiwitgehalten van 21% en 10,5%, maar geen significante verschillen werden waargenomen tussen de behandelingen (fig. 17). Interessant was wel dat de larven uit dit experiment een eindgewicht van 150 mg bereikten. Het toevoegen van premix en vet heeft dus tot een groeiverbetering geleid van 87,5%.

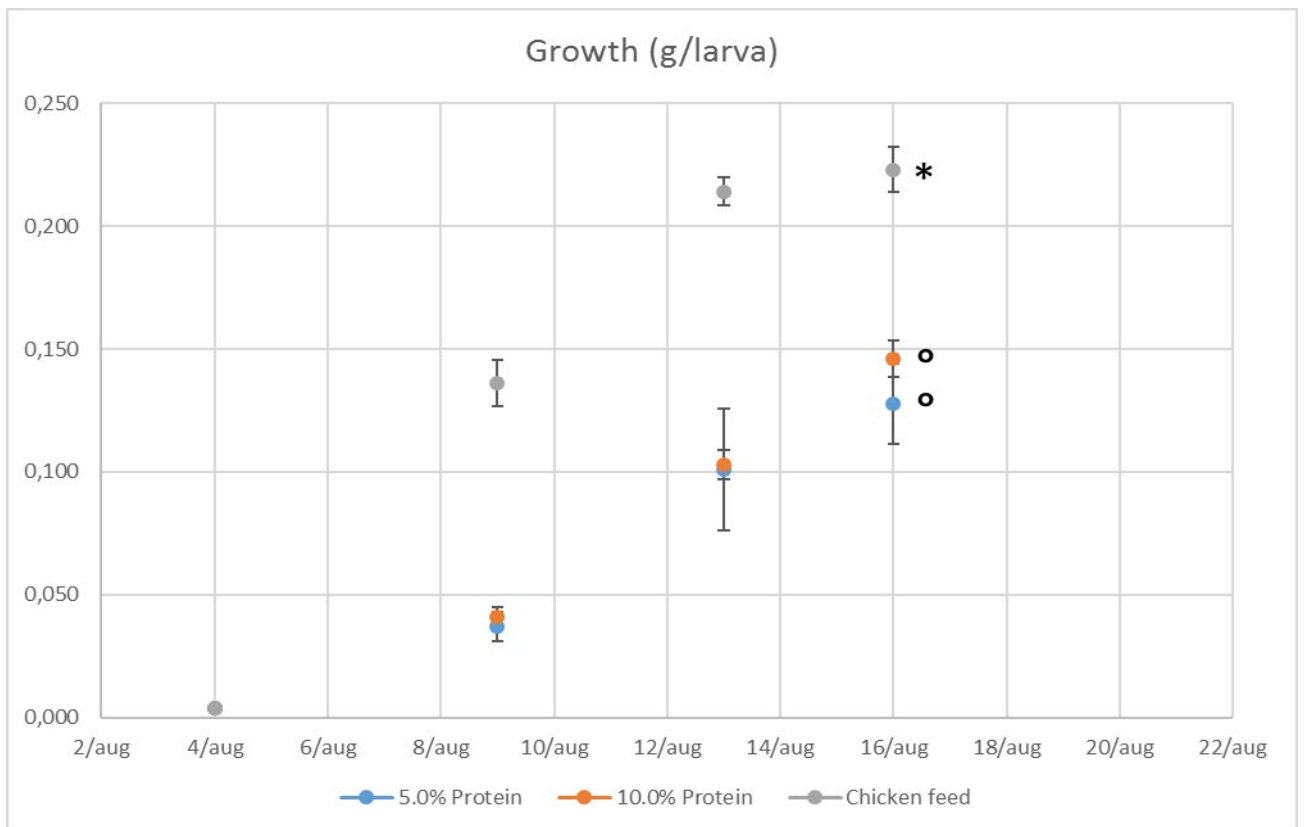


Figuur 17: Evolutie van het gemiddeld individueel gewicht van larven gekweekt op substraten (iso-energetische mengsels van soja-eiwit, aardappelzetmeel, premix en zonnebloemolie) met verschillende eiwitgehalten. Verschillende tekens (* of °) wijzen op statistisch significante verschillen.

Uit voorgaande experimenten kunnen we afleiden dat een eiwitgehalte van 10% (dus de helft van wat in kippenvoeder zit) reeds tot een optimale groei leidt. Uit het 2^{de} experiment (fig. 16) bleek dat er zelfs geen verschillen waren tussen 10% en 5% eiwit. Aangezien er toen geen vet werd toegevoegd, werd dit experiment herhaald met toevoeging van 4% vet. Zo werden de 2 interessantste artificiële diëten, 10% en 5% eiwit, vergeleken. Er werd als controle ook een behandeling met nat kippenvoeder meegenomen (30% kippenvoeder en 70% water). Bij dit experiment werden er geen verschillen vastgesteld tussen de artificiële diëten (fig. 18). Dit is heel interessant aangezien we hieruit kunnen afleiden dat 5% eiwit, wat dus slechts 25% is van wat in het kippenvoeder zit, voldoende is voor een optimale groei van BSF larven.

7.3 Essentiële micronutriënten

We moeten echter voorzichtig zijn met het trekken van conclusies aangezien uit figuur 18 blijkt dat de larven op de artificiële diëten 30% minder gegroeid zijn dan deze op het controle kippenvoeder. Dit is enerzijds verwonderlijk aangezien de geteste substraten alle nodige macronutriënten bevatten en bovendien bevatten ze veel meer zetmeel (en dus meer opneembare energie) dan het kippenvoeder. Anderzijds, kunnen er heel wat belangrijke micronutriënten te kort zijn of volledig ontbreken.



Figuur 18: Evolutie van het gemiddeld individueel gewicht van larven gekweekt op artificiële substraten (iso-energetische mengsels van soja-eiwit, aardappelzetmeel, premix en zonnebloemolie) met verschillende eiwitgehalten en larven gekweekt op een controle substraat (kippenvoeder/water: 30/70). Verschillende tekens (* of °) wijzen op statistisch significante verschillen.

Sterolen zijn essentiële nutriënten voor bepaalde insectensoorten en daarom werd in een nieuw experiment een hoeveelheid toegevoegd van 0,4% (Barragan-Fonseca, 2018). Dit bleek echter geen effect te hebben op onze resultaten. Verder zouden ook carotenoïden zoals luteïne, die als precursoren van vitamine D fungeren, en andere vitaminen of precursoren essentieel kunnen zijn.

Er kunnen ook belangrijke verschillen zijn in verteerbaarheid van de macronutriënten. Betreffende de eiwitten zijn vooral de gehalten aan essentiële aminozuren van belang. Soja is dan wel de belangrijkste eiwitbron in kippenvoeder, er worden ook nog een aanzienlijk deel synthetische aminozuren toegevoegd. De aminozuurgehalten van het artificiële dieet zijn vergelijkbaar met het kippenvoeder, maar de verteerbaarheid kan aanzienlijk verschillen. Ook de aard van het zetmeel kan belangrijke verschillen vertonen naar verteerbaarheid toe. Het zetmeel van kippenvoeder is voornamelijk afkomstig van granen (maïs, tarwe en gerst) en deze bevatten (onbewerkt) minder resistent zetmeel dan aardappelen. Daarom werden ook verschillende zetmeelbronnen met elkaar vergeleken (tarwe, maïs en aardappel). Tussen larven gekweekt op aardappelzetmeel en maïszetmeel werden geen verschillen vastgesteld, terwijl de larven op tarwezetmeel verrassend minder goed groeiden. 25% zetmeel vervangen door sucrose leverde wel een verbeterde groei op van 20%. Dit wijst er dus op dat er problemen zijn bij de vertering van het zetmeel maar aangezien zetmeel ook een structurele functie heeft, was het toevoegen van sucrose niet goed voor de structuur van het artificiële dieet.

7.4 Structuur

Dit brengt ons bij een andere mogelijke oorzaak voor de verminderde prestaties op het artificiële dieet, namelijk de structuur. Op figuur 19 kan je zien dat het artificiële dieet een yoghurtachtige structuur

heeft die weinig lucht doorlaat; de larven zijn dan ook geneigd om dit substraat te verlaten. Dit is veel minder het geval op kippenvoeder (fig. 20). Er werd reeds getracht om de structuur van het substraat te verbeteren door middel van cellulose maar dit bracht geen verbetering te weeg. Integendeel, het cellulose nam redelijk wat water op waardoor te substraten te snel uitdroogden en de larven dus geen voedsel meer konden opnemen.



Figuur 19: larven gekweekt op artificiële diëten



Figuur 20: larven gekweekt op kippenvoer/water (30/70)

7.5 Conclusies

Onze eerste resultaten leverden een goede basis om op verder te bouwen. In de toekomst zal het artificiële dieet verder geoptimaliseerd worden en zal er naast eiwit ook gekeken worden naar andere nutriënten. Bovendien zal er ook gekeken worden naar mogelijkheden om de verteerbaarheid van nutriënten voor BSF larven te verbeteren (o.a. doormiddel van enzymen of symbiose met micro-organismen).

7.6 Referentie

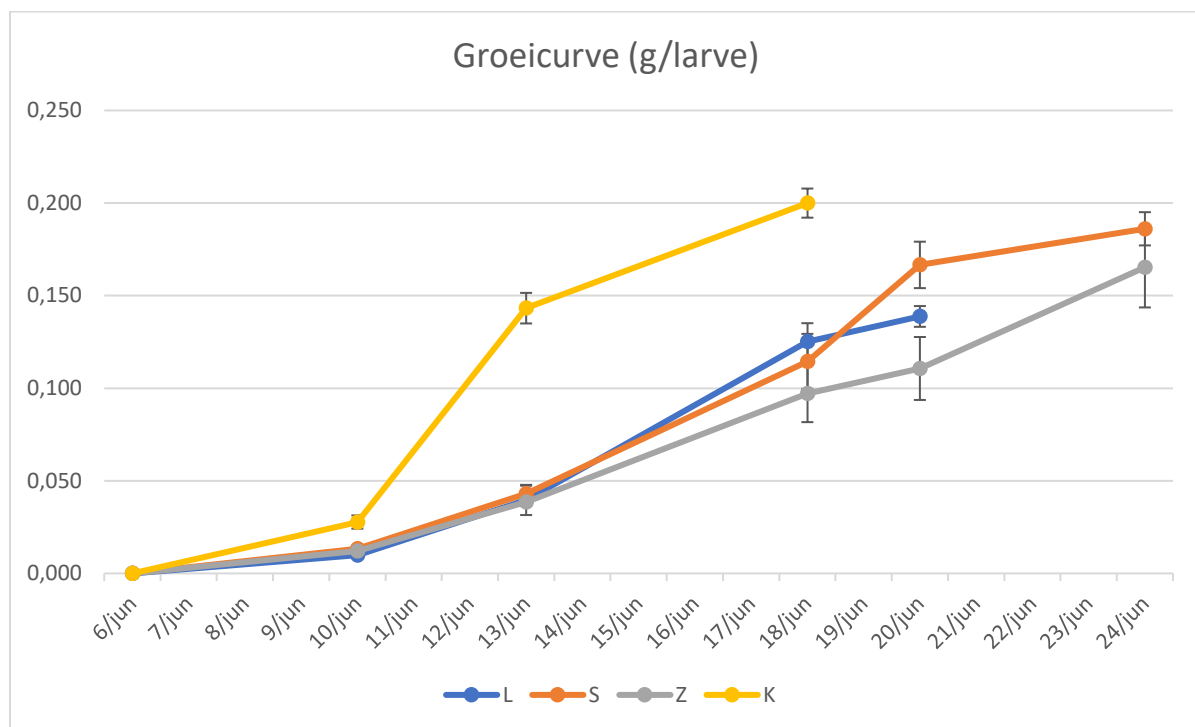
Barragán-Fonseca, K. B. (2018). Flies are what they eat (Doctoral dissertation, Wageningen University).

8 BasiQ als substraat voor BSF larven

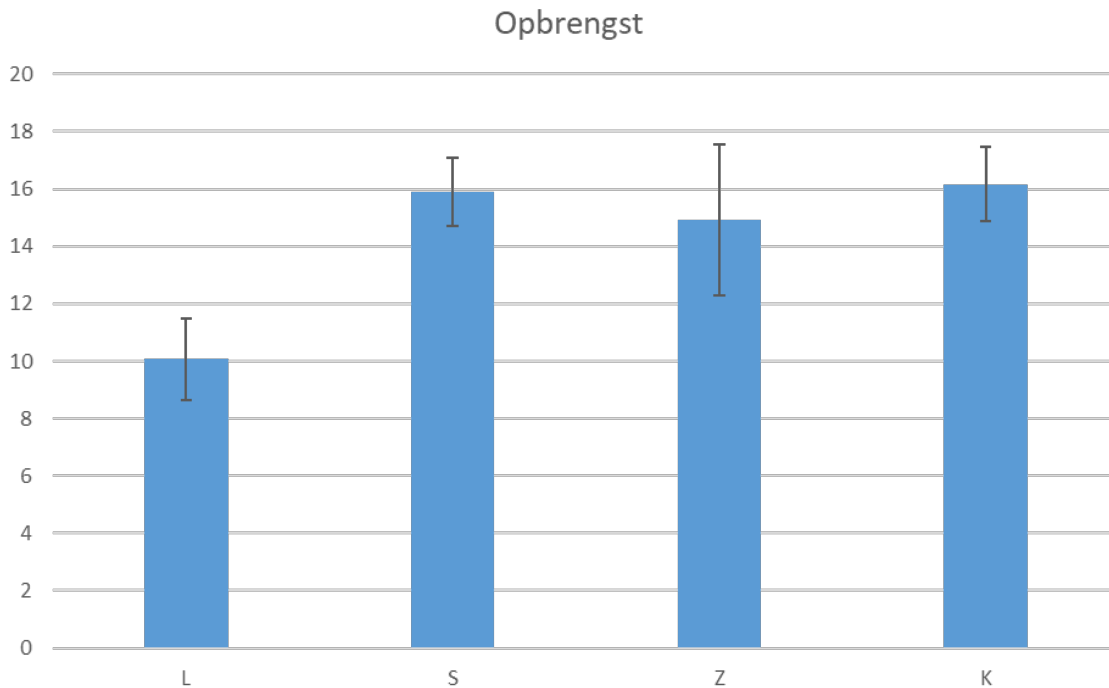
8.1 Reststroom assessment

Het Nederlandse bedrijf Bonda, gespecialiseerd in vochtrijke mengvoeders, liet hun product BasiQ testen aan het Insectlab van VIVES. Op basis van de samenstelling (24% droge stof, 14% eiwit en 50% suikers + zetmeel) leek dit een goed substraat om zonder inmenging met andere componenten aan de larven te voeren. De structuur was echter niet optimaal en daarom werden verschillende structuurcomponenten (luzerne, spelthullen en tarwezemelen) voor 10% ingemengd.

Het standaardonderzoeksprotocol (H3: Protocol labo-proeven BSF) werd toegepast (zie onder publicaties) en de resultaten staan weergegeven in figuren 21 en 22.



Figuur 21: Verloop van het individueel gewicht van larven gekweekt op BasiQ/luzerne (90/10 = L), BasiQ/spelhullen (90/10 = S), BasiQ/tarwezemelen (90/10 = Z) en kippenvoeder/water (30/70 = K).



Figuur 22: gemiddeld gewicht van 100 larven gekweekt op BasiQ/luzerne (90/10 = L), BasiQ/spelhullen (90/10 = S), BasiQ/tarwezemelen (90/10 = Z) en kippenvoeder/water (30/70 = K).

De larven gekweekt op de kippenvoeder controle werden het zwaarst en groeiden het snelst. De larven die groeiden op BasiQ met luzerne als structuurcomponent groeiden iets trager dan de controle, maar sneller dan de andere BasiQ behandelingen. Hun oogstgewicht was echter een stuk lager dan de andere behandelingen. Larven gekweekt op BasiQ vermengd met spelhullen werden bijna even zwaar als deze op de controle. Dit is enigszins verrassend aangezien dit substraat slechts 12% eiwit en 40% suikers + zetmeel bevatte terwijl de luzerne en tarwezemelen substraten respectievelijk 15% eiwit en 38% suikers + zetmeel, en 15% eiwit en 43% suikers + zetmeel bevatten. Dit wijst erop dat deze structuurcomponenten ook enkel en alleen een structurele functie hadden en dus niet op een andere manier benut werden door de larven.

8.2 Economische analyse

Uit dit experiment kunnen we besluiten dat BasiQ een goed substraat is voor BSF larven. Bij de insecten kan het voor 90% zuiver gebruikt worden, bij varkens bedraagt het maximale gehalte slechts 40%. Om het substraat een goede structuur te geven kan je spelhullen inmengen. Dit is goedkoper dan luzerne en tarwezemelen. Wanneer we het gebruik van BasiQ vergelijken met het standaard voeder (kippenvoeder/water (30/70)) dan kunnen we vaststellen dat de voederkosten drastisch kunnen worden verlaagd. Het standaardvoeder kost 10,92 eurocent per kg (zie H5.3: economische analyse) terwijl BasiQ slechts 5,88 eurocent/kg kost. Vermits de opbrengsten van larven gekweekt op BasiQ (met spelhullen als structuurcomponent) bijna even groot waren als deze gekweekt op kippenvoeder, lopen de voederkosten met 45% terug (60,79 eurocent/kg larven voor kippenvoeder en 33,88 eurocent/kg larven voor BasiQ).

Entomospeed

Het project wil de grootschalige insectenweek bij zwarte soldatenvliegen en meelwormen versnellen. Meer info op www.insectinfo.be en www.insectinfo.nl

Partnerschap

Grensoverschrijdende samenwerking tussen Vlaanderen en Nederland



Met financiële steun van



Gefinancierd binnen het Interreg V-programma Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling. Meer info: www.grensregio.eu