



PRAKTIJKGIDS

Valorisatie van reststromen als voeder voor larven van de zwarte soldatenvlieg

in kader van het UpWaste-project

Inhoud

1. INLEIDING	4
1.1. Doel van deze praktijkhandleiding	4
1.2. Vanwaar de interesse naar de zwarte soldatenvlieg?	5
1.3. Levenscyclus zwarte soldatenvlieg	6
2. VOCHTGEHALTE SUBSTRAAT	7
2.1. Effecten van substraatvochtgehalte op kweek	7
2.2. Welk droge stofgehalte gebruik ik?	8
2.3. Water Holding Capacity (WHC)	10
2.3.1. Benodigheden WHC-bepaling	10
2.3.2. Werkwijze WHC-bepaling	10
2.3.3. Toepassen van WHC	11
3. NUTRITIONELE SUBSTRAAT-EIGENSCHAPPEN	12
3.1. Inleiding	12
3.2. Impact macronutriëntsamenstelling op groei	12
3.2.1. Interactie substraat eiwit- en vetgehalte op de groei van BSFL	13
3.2.2. Interactie substraat koolhydraat- en eiwitgehalte op de groei van BSFL	13
3.2.3. Interactie substraat koolhydraat- en vetgehalte op de groei van BSFL	14
3.3. Impact macronutriëntsamenstelling op samenstelling larven	14
3.3.1. Factoren die vetgehalte van larven beïnvloeden	14
3.3.2. Factoren die eiwitgehalte van larven beïnvloeden	15
3.3.3. Factoren die eiwit conversie efficiëntie van larven beïnvloeden	16
3.3.4. Conclusie	17





1. Inleiding

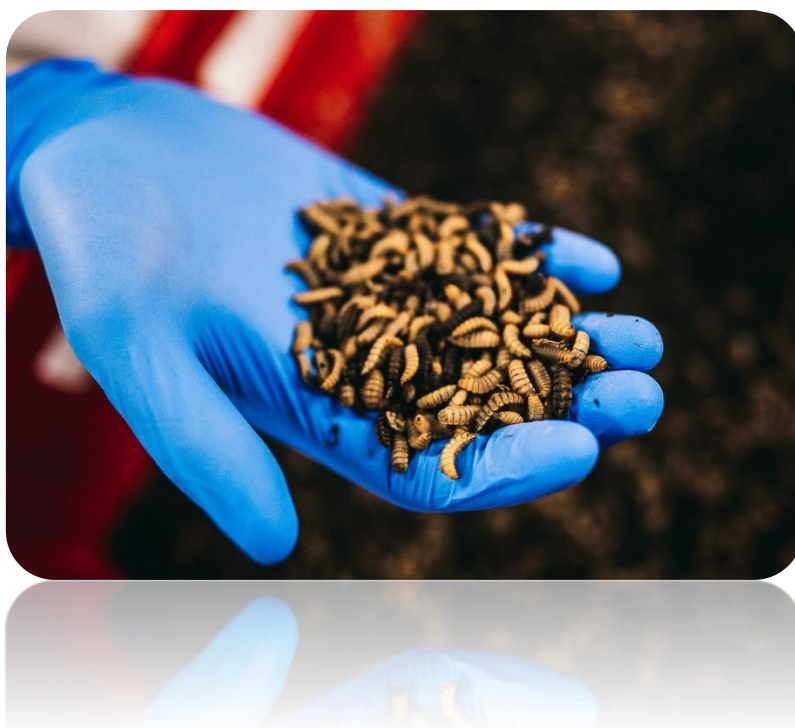
1.1. Doel van deze praktijkhandleiding

De zwarte soldatenvlieg (BSF) heeft de afgelopen jaren veel aandacht gekregen in het kader van duurzame voedselproductie en afvalverwerking. Onderzoek naar de BSF heeft geleid tot waardevolle kennis over geschikte substraten en optimale kweekomstandigheden. Veel informatie is beschikbaar over welke voedselbronnen effectief zijn en hoe de kweek van BSF in zijn werk gaat.

Opmerkelijk is echter dat er nog steeds een gebrek is aan gedetailleerde informatie over twee cruciale aspecten van BSF-kweek: de invloed van vochtgehalte op de groei van de larven en wat de impact van eiwit, vet en koolhydraatgehalten van substraten op hun groei en eiwitconversie efficiëntie. Hoewel onderzoekers zich bewust zijn van het belang van deze factoren, zijn specifieke details vaak moeilijk te vinden in de beschikbare literatuur.

Deze praktijkhandleiding heeft als doel uitkomst voor diegenen die dieper willen graven in deze onderbelichte gebieden van BSF-onderzoek. Hier wordt in detail ingegaan op de nauwkeurige invloed van vochtigheid op de groei van de larven en hoe verschillende nutritionele samenstellingen van het substraat de ontwikkeling van de BSF kunnen beïnvloeden.

Het doel van deze handleiding is niet om een kweekhandleiding te zijn, aangezien daarvoor specifieke bronnen beschikbaar zijn (kweekhandleiding zwarte soldatenvlieg). In plaats daarvan richt deze handleiding zich op het begrijpen van de wetenschappelijke achtergrond en de impact van vochtgehalte en voedersamenstelling op de groei van de BSF-larven.



1.2. Vanwaar de interesse naar de zwarte soldatenvlieg?

In de zoektocht naar duurzame grondstoffen, spelen insecten een belangrijke rol. Eén van de meest veelbelovende insecten voor dit doeleinde is de zwarte soldatenvlieg *Hermetia illucens*. De zwarte soldatenvlieg is een tropische vliegsoort. De adulte zijn zwarte vliegen met een lengte van ongeveer 1,5 tot 2 cm. De Black Soldier Fly (BSF) is om verschillende redenen een buitengewoon interessante insectensoort voor wetenschappelijk onderzoek en toepassingen in verschillende domeinen. Enkele van de meest opmerkelijke eigenschappen zijn:

- Ze worden gezien als een **niet-vector van ziekten**. De reden hiervoor is dat de adulte vliegen geen functionele monddelen hebben, waardoor ze zich niet gedragen als de gebruikelijke vliegen die worden aangetrokken door mest, rottend materiaal en ander voedsel en op deze manier micro-organismen verspreiden.
- **Afvalreductie en Bioconversie:** BSF staat bekend om zijn vermogen om organisch afval om te zetten in waardevolle hulpbronnen. Deze insecten zijn bijzonder effectief in het afbreken van een breed scala aan organisch materiaal. Hoewel afvalreductie substraat-afhankelijk is, ligt dit meestal tussen 50 en 80%. Daarnaast hebben ze een Feed Conversion Ratio (FCR) die zo laag als 1,2 kan gaan, wat betekent dat je met 1,2 kg droog voeder 1kg larven kan opkweken.
- **Breed Voedingsbereik:** Een van de meest opvallende eigenschappen van BSF is hun vermogen om te groeien op verschillende soorten organisch materiaal, inclusief rottende stromen zoals keukenafval, maar ook mest en agrarische nevenstromen. Dit brede scala aan voedselbronnen maakt hen uiterst veelzijdig en geschikt voor het verwerken van verschillende soorten organische reststromen.
- **Snelle Groei:** BSF-larven vertonen een indrukwekkend groeipotentieel. Ze kunnen in relatief korte tijd aanzienlijke massa aanzetten, waardoor ze snel kunnen worden opgekweekt voor verdere toepassingen. Deze eigenschap maakt ze aantrekkelijk voor verschillende sectoren, zoals diervoeding en alternatieve eiwitproductie.
- **Lage Milieu-Impact:** Het kweken van BSF-larven heeft over het algemeen een lagere milieu-impact in vergelijking met traditionele veehouderijmethoden. Ze vereisen minder ruimte, water en voer, en ze stoten minder broeikasgassen uit. Dit maakt BSF-kweek een veelbelovende benadering voor duurzame voedsel- en diervoederproductie.
- **Hoge Eiwitgehalten:** De BSF-larven hebben een opmerkelijk eiwitgehalte, dat tot 42% van hun droge massa kan bedragen. Eiwitten zijn essentieel voor de groei, ontwikkeling en herstelprocessen in organismen, waardoor de BSF-larven een potentieel waardevolle bron van eiwitten zijn voor diervoeders.
- **Aanzienlijke Vetgehalten:** Naast eiwitten bevatten BSF-larven ook een aanzienlijke hoeveelheid vetten, die variëren tussen 15% en 49% van hun droge massa. Vetten zijn belangrijk voor energieopslag en dragen bij aan de algehele voedingswaarde van de larven. Deze hoge vetgehalten maken de BSF-larven geschikt voor de productie van diervoeder met een gebalanceerd vet- en eiwitprofiel. Daarnaast hebben deze vetten potentieel in de cosmetica-sector of zelfs voor de productie van bio-ethanol.

Hoewel de exacte afvalreductie varieert afhankelijk van factoren zoals het type afval, de hoeveelheid en de specifieke toepassing van BSF, tonen verschillende onderzoeken en praktijktoepassingen aan dat BSF in staat is om aanzienlijke hoeveelheden organisch afval om te zetten in waardevolle bronnen zoals eiwitten en vetten. Deze eigenschap maakt BSF tot een veelbelovende speler in de inspanningen om duurzamer afvalbeheer te bereiken en de circulaire economie te bevorderen.

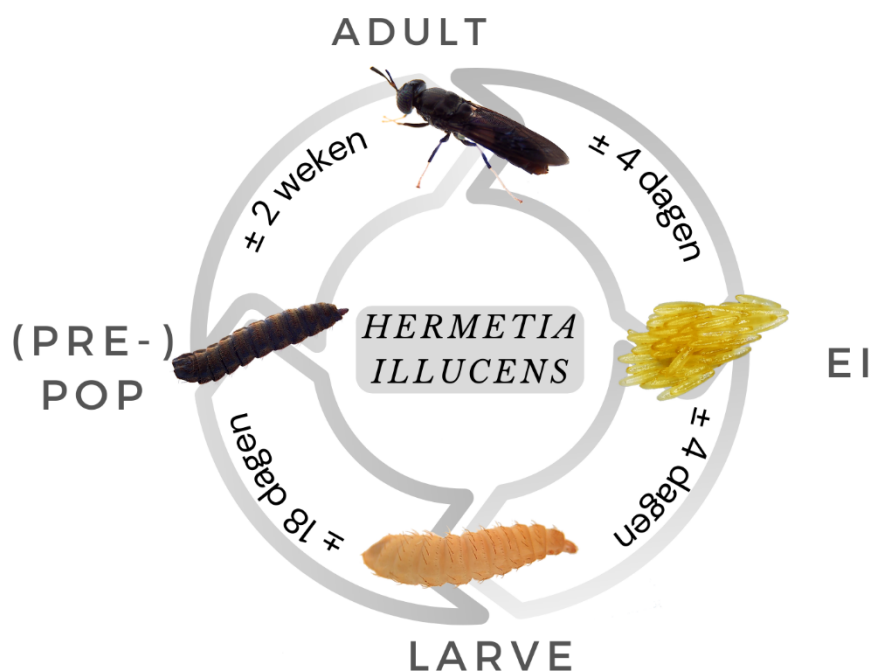
1.3. Levenscyclus zwarte soldatenvlieg

De volledige ontwikkelingscyclus van de zwarte soldatenvlieg neemt doorgaans veertig dagen in beslag. Toch dient benadrukt te worden dat deze periode aanzienlijk beïnvloed kan worden door externe omstandigheden, voornamelijk de temperatuur, vochtigheid en beschikbare voedselbronnen.

De levenscyclus van de zwarte soldatenvlieg start bij de eitjes. Deze komen uit na ongeveer 4 dagen, waarna het larvale stadium begint. Gedurende deze fase consumeren de larven onophoudelijk organisch materiaal, wat resulteert in bijna een verdrievoudiging van hun gewicht op dagelijkse basis. Na een periode van ongeveer twaalf tot achttien dagen treden de eerste tekenen van prepoppen op. De larven naderen dan hun larvale fase en kleuren donker bruin tot zwart. Vanaf deze moment zullen ze geen voedsel meer opnemen, en zijn ze actief op zoek naar een geschikte, droge, donkere en rustige locatie om te verpoppen. Deze verpopingsfase strekt zich uit over een tijdsbestek van ongeveer 10 dagen, waarna vliegen tevoorschijn komen.

Onder gunstige omstandigheden vinden de paringsrituelen tussen volwassen vliegen plaats twee dagen nadat ze uit hun popstadium zijn gekomen. Na deze paring leggen de vrouwtjes hun eieren in kleine kieren of holtes boven een geschikte voedingsbron, in een tijdsbestek van twee dagen. Fascinerend is het feit dat een enkele vrouwtjesvlieg meer dan duizend eieren gedurende haar leven kan produceren. **De totale levenscyclus van de zwarte soldatenvlieg telt gemiddeld 40 dagen.**

In omstandigheden die minder gunstig zijn, kan de volledige levenscyclus zich uitstrekken over meerdere maanden. Zowel het larvale stadium als het popstadium kunnen in dergelijke situaties langer duren dan gebruikelijk, waardoor de ontwikkeling van de zwarte soldatenvlieg wordt vertraagd.



Figuur 1. Levenscyclus van de zwarte soldatenvlieg

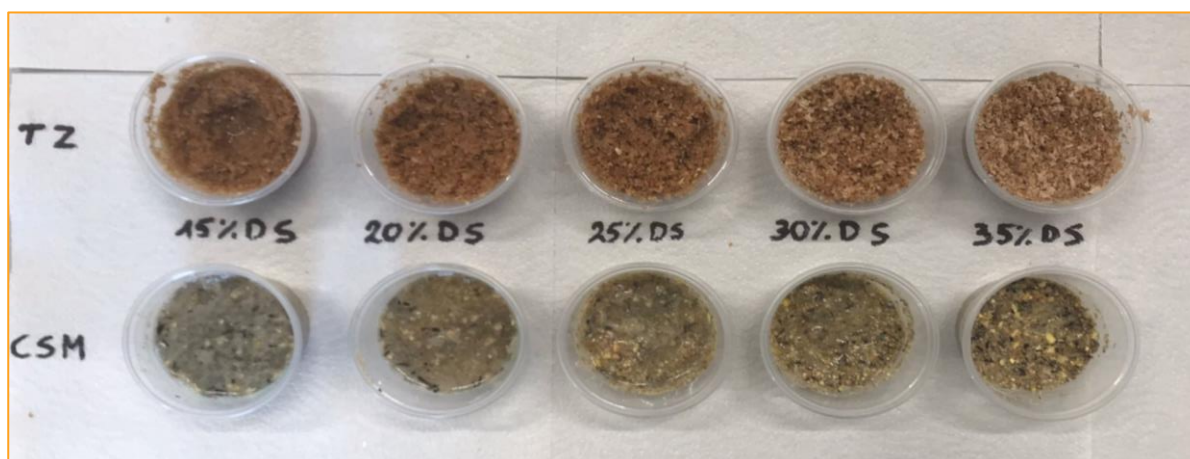
2. Vochtgehalte substraat

2.1. Effecten van substraatvochtgehalte op kweek

Het substraatvochtgehalte heeft een grote en directe invloed op diverse aspecten van de BSF-kweek, waaronder bioconversie-efficiëntie, afvalreductie, larvale overleving en groei. Een geschikt vochtgehalte bevordert de ontwikkeling van BSF-larven en stimuleert een gezonde populatie. Een te laag vochtgehalte kan leiden tot uitdroging en verminderde voedselopname, wat de groei belemmert en de overleving negatief beïnvloedt. Aan de andere kant kan een te hoog vochtgehalte leiden tot de ophoping van vrij water, waardoor larven verdrinken, warmteontwikkeling kan gebeuren, anaerobe microbiële fermentatie kan gebeuren, wat een sterke impact heeft op het overlevingsgehalte en de groeidynamiek van de larven.

Hoe bepaal je nu eigenlijk het juiste substraatvochtgehalte voor de kweek van de BSF? Elk substraat heeft zijn eigen kenmerken en interacties met vocht, waardoor er geen one-size-fits-all benadering is. Hoewel het verleidelijk kan zijn om een vast droge stofgehalte, zoals 30% DS, te gebruiken om de groei van larven op verschillende substraten te vergelijken, is dit helaas niet de beste optie. Elk substraat vereist een specifiek en geschikt droge stofgehalte om de optimale omstandigheden te creëren voor BSF-groei.

De keuze van het substraatvochtgehalte is afhankelijk van de fysische eigenschappen van het substraat en hoe het reageert op vocht. Een cruciale factor is hoe het substraat water vasthoudt, afvoert en vasthoudt. Deze interacties hebben directe invloed op de beschikbaarheid van vocht voor de larven en daarmee op hun groei en overleving.



Figuur 2. Vergelijking van tarwezemelen (TZ) en chicken start mash (CSM) met verschillende droge stofgehaltenes (15%, 20%, 25%, 30%, 35%)

In de bijgevoegde foto (figuur 2) is te zien hoe twee verschillende substraten reageren op variërende droge stofgehaltenes (15%, 20%, 25%, 30%, 35%). Tarwezemelen vertoont een optimale hydratatie, bij een droge stofgehalte van 20%, zonder dat er vrij water aanwezig is. Daarentegen toont chicken start mash nog steeds vrij water bij een droge stofgehalte van 30%.

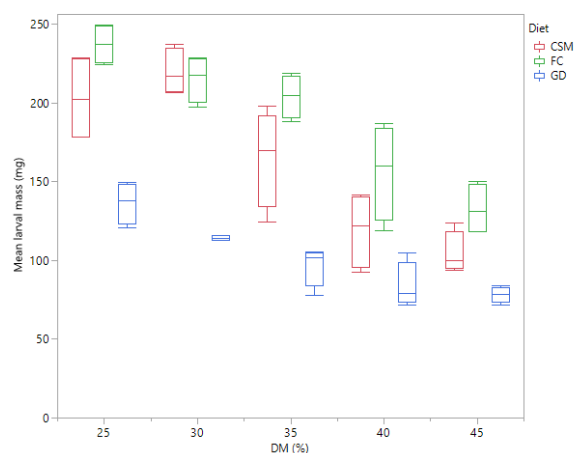
Het is van groot belang om een evenwicht te vinden tussen te droge en te natte substraten. Larven hebben verslechterde groei in te droge omstandigheden, waarbij het gebrek aan vocht hun voedselverwerking belemmert en hun groei vertraagt. Een te nat substraat heeft dan weer een negatief effect op de overleving van larven, omdat het overtollige water kan leiden tot bederf, schimmeligroei en verstikkingsgevaar voor de larven.

De sleutel tot succesvolle BSF-kweek ligt in het begrijpen van de unieke eigenschappen van elk substraat en hoe het reageert op vocht. Dit vereist een individuele aanpak, waarbij het substraatvochtgehalte zorgvuldig

wordt afgestemd op de specifieke behoeften van dat substraat. Dit kan betekenen dat verschillende substraten verschillende optimale vochtgehalten hebben. Het is aan te raden om een reeks experimenten uit te voeren waarbij het vochtgehalte wordt gevarieerd en de prestaties van de larven worden geobserveerd.

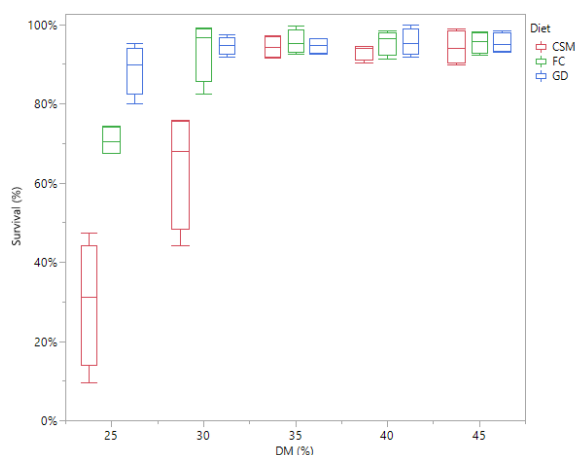
2.2. Welk droge stofgehalte gebruik ik?

In de zoektocht naar het verbeteren van de larvenproductie is een veel voorkomende praktijk bij kwekers om een hoog vochtgehalte te handhaven in het substraat waarin de larven worden gekweekt. Dit komt voort uit de observatie dat hoe natter het substraat is, hoe dikker de gemiddelde larve wordt (zie *figuur 1*). Een dergelijke associatie tussen vochtgehalte en larvale massa heeft veel kwekers ertoe gebracht om overmatig vocht te gebruiken in de hoop een maximale larvale massa te bereiken en daarmee een verhoogde opbrengst te verkrijgen.



Figuur 3. Gemiddelde larvale massa in functie van het substraatvochtgehalte bij chicken start mash (CSM), farmer crumb (FC) en Gainesville diet (GD)

Hoewel een hoger vochtgehalte in het substraat leidt tot een toename van de gemiddelde larvale massa, heeft het ook een negatieve invloed op de overlevingspercentages van de larven (zie *figuur 2*). Zodra een bepaalde drempel van het droge stofgehalte wordt overschreden, blijkt de larvale overleving aanzienlijk af te nemen. Dit fenomeen is vooral zichtbaar wanneer het substraat een maximaal waterhoudend vermogen (water holding capacity - WHC) overschrijdt en er vrij water in een substraat aanwezig is.

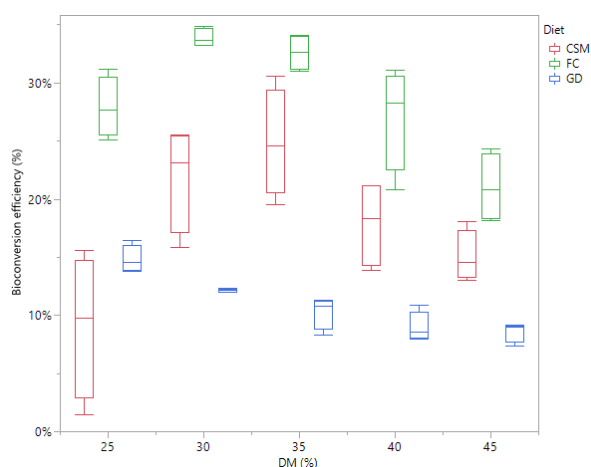


Figuur 4. Larvaal overlevingsgehalte in functie van het substraatvochtgehalte bij chicken start mash (CSM), farmer crumb (FC) en Gainesville diet (GD)

Om de optimale bioconversie-efficiëntie te bereiken, moeten kwekers dus een substraatvochtigheid vinden die een delicate balans biedt tussen een hoog overlevingspercentage en een aanzienlijke gemiddelde larvale massa. In plaats van te focussen op de maximale massa van individuele larven, moeten kwekers prioriteit geven aan het verkrijgen van een gunstige combinatie van beide factoren.

De bioconversie-efficiëntie is de sleutel tot het succes van zwarte soldatenvliegkwekerijen, aangezien het de mate meet waarin organisch materiaal wordt omgezet in waardevolle larven. Het is een combinatie van larvale groei en overleving. Optimaliseren van deze efficiëntie betekent dat minder grondstoffen nodig zijn om dezelfde hoeveelheid larven te produceren, waardoor het hele proces duurzamer wordt.

Door het vinden van het ideale punt waar hoge larvale massa en een hoog overlevingspercentage elkaar ontmoeten, kunnen kwekers de bioconversie-efficiëntie optimaliseren. Dit punt is echter niet statisch en kan variëren afhankelijk van het gebruikte substraat (zie figuur 3). Elk substraat heeft zijn eigen unieke samenstelling en waterhoudend vermogen, wat betekent dat het ideale vochtgehalte kan verschillen tussen verschillende substraten.



Figuur 5. Bioconversie efficiëntie in functie van het substraatvochtgehalte bij chicken start mash (CSM), farmer crumb (FC) en Gainesville diet (GD)

Door de relatie tussen vochtgehalte, larvale massa en overleving in kaart te brengen, kunnen we het vooroordeel van "hoe natter hoe beter" ontcrachten. In plaats daarvan kunnen we ons richten op het bereiken van de optimale combinatie van larvale massa en overleving. Deze aanpak stelt ons in staat om het volledige potentieel van een substraat te benutten en consistente en betrouwbare kweekresultaten te verkrijgen. Door deze nauwkeurige balans te vinden, kunnen we duurzame en efficiënte zwarte soldatenvliegenkweek mogelijk maken, wat een grote stap voorwaarts is in het leveren van hoogwaardige eiwitten en nutriënten voor een steeds groeiende wereldbevolking.

Daarom werd een gestandaardiseerde methode te ontwikkeld voor het bepalen van het ideale vochtgehalte van verschillende substraten, om zo de groeiprestaties van zwarte soldatenvlieglarven te optimaliseren. Het gebruik van de watervasthoudend vermogen (WHC) als een gravimetrische techniek heeft veelbelovende resultaten opgeleverd. Droge stofgehalten aangepast aan het watervasthoudend vermogen (WHC) resulteerden in zowel de hoogste larvale overlevingsgehaltenes als in de hoogste bioconversie.

2.3. Water Holding Capacity (WHC)

De *water holding capacity* van een substraat verwijst naar het vermogen van het materiaal om water vast te houden. Dit is een belangrijke eigenschap voor bijvoorbeeld bodems, voedingsmiddelen en industriële materialen. In deze procedure wordt beschreven hoe de waterbindingscapaciteit van een staal kan worden bepaald door middel van een gravimetrische methode.

De procedure maakt gebruik van een centrifuge en drainage van het staal om het overtollige, niet-gebonden water te scheiden. Het verschil in gewicht voor en na de centrifuge geeft de hoeveelheid water weer die al dan niet wordt opgenomen door het staal.

2.3.1. Benodigheden WHC-bepaling

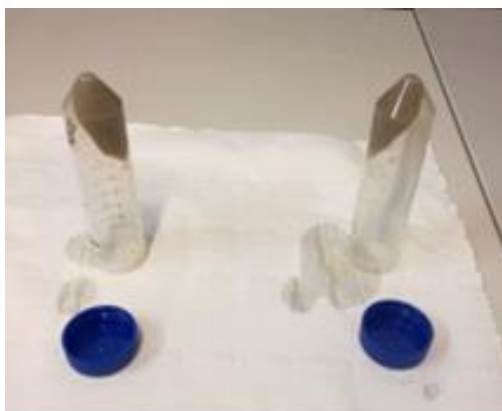
Om de WHC te bepalen, zijn de volgende benodigheden nodig:

- Weegschaal (met 0,01 gram nauwkeurigheid)
- Centrifuge
- Falcon tubes van 50 mL
- Absorberend papier (bijvoorbeeld keukenrol)

2.3.2. Werkwijze WHC-bepaling

De volgende stappen moeten worden gevolgd om de waterbindingscapaciteit te bepalen:

1. Roer het staal goed door om het te homogeniseren.
2. Weeg het staal af in een Falcon tube van 50 mL. Voor natte stalen wordt tussen 10-20 mL staal gewogen, terwijl voor droge stalen 1-5 gram wordt afgewogen. Noteer het gewicht van de lege Falcon tube en het staal.
3. Voor droge stalen: Voeg 10 mL water toe en vortex het staal. Laat het staal vervolgens gedurende 1 uur staan, zodat het voldoende water kan opnemen en er na centrifugatie een vaste pellet gevormd kan worden.
4. Plaats de Falcon tubes in de centrifuge en zorg ervoor dat de gewichten gelijkmatig verdeeld zijn. Centrifugeer gedurende 30 minuten bij 10.000G op kamertemperatuur (20°C).
5. Giet de waterlaag af en laat de tubes indien mogelijk ondersteboven uitlekken op absorberend papier (zie figuur 1).



Figuur 6. Uitlekken van de stalen

6. Weeg het staal met gebonden water en bereken het percentage water holding capacity (WHC) volgens de volgende formule:

$$WHC (\%) = \frac{m_3 - m_1}{m_2} * 100\%$$

waarbij:

- m_1 = massa Falcon tube + staal (g)
- m_2 = massa staal (g)
- m_3 = massa Falcon tube + staal na centrifuge (g)

2.3.3. Toepassen van WHC

Uitdrukken van de WHC-waarde: De WHC-waarde wordt uitgedrukt als een percentage dat aangeeft hoeveel water je moet toevoegen om het substraat te hydrateren op WHC-niveau. In ons voorbeeld is de WHC-waarde 140%. Dit betekent dat je 140% van het gewicht van het substraat aan water moet toevoegen om het substraat volledig te hydrateren. In tabel 1 worden 2 voorbeelden gegeven rond hoe WHC toegepast dient te worden.

Substraat	WHC (%)	Massa substraat (g)	Massa water toe te voegen (g)
A	140 %	1000 g	1400 g
B	230 %	3000 g	6900 g

Tabel 1. Voorbeeld implementatie WHC voor berekening hoeveelheid water toe te voegen

Berekening van de benodigde hoeveelheid water: Om de benodigde hoeveelheid water te berekenen, vermenigvuldig je het gewicht van het substraat met de WHC-waarde en deelt dit door 100. In ons voorbeeld is de berekening als volgt: (1000 g substraat * 140) / 100 = 1400 g water.

Deze benadering zorgt voor een gestandaardiseerde methode om het vochtgehalte van substraten aan te passen, wat van cruciaal belang kan zijn voor optimale groeiprestaties van zwarte soldatenvlieglarven.

3. Nutritionele substraat-eigenschappen

3.1. Inleiding

Om de productie van de zwarte soldatenvlieg te optimaliseren, is het essentieel om te begrijpen hoe de macronutriëntensamenstelling van het substraat de groei van de larven en de voedingssamenstelling beïnvloedt. Eerdere studies hebben al aangetoond dat de larven van de zwarte soldaatvlieg gunstige conversieratio's van voer naar biomassa hebben, evenals goede voedingssamenstellingen en aminozuurprofielen, met een hoog eiwitgehalte (tot 50%) en een aanzienlijk vetgehalte (tot 35%), vergelijkbaar met vismeel.

Hoewel eerdere studies hebben aangetoond dat de zwarte soldaatvlieg organisch afval efficiënt kan omzetten in larvenbiomassa, is er aanzienlijke variatie in de nutritionele samenstelling van verschillende afvalstromen. Deze variatie, in combinatie met de complexiteit van het meten van componenten zoals suikers, aminozuren en vetzuren, maakt het moeilijk om de groei van de larven te modelleren op basis van deze nevenstromen.

Om deze uitdaging aan te pakken, werd in het UpWaste project gebruik gemaakt van artificiële substraten om nauwkeurig effecten van variaties in voedersamenstelling op larvale groeiparameters in kaart te brengen. Het primaire doel is om een robuust voorspellend model te construeren dat nauwkeurig de parameters voor larvale groei en samenstelling kan voorspellen.

3.2. Impact macronutriëntensamenstelling op groei

De kweek van de zwarte soldatenvlieg (*Hermetia illucens*) heeft wereldwijd de aandacht getrokken als een veelbelovende oplossing voor duurzame eiwitproductie en het benutten van organisch afval. Een cruciale factor voor het succesvol kweken van BSF-larven is het begrijpen van de optimale substraatsamenstelling die de groei van de larven maximaliseert en tegelijkertijd de efficiëntie van eiwitconversie bevordert.

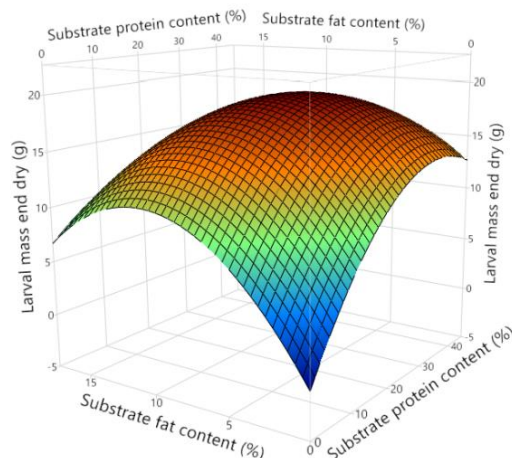
Binnen UpWaste werd een voorspellend model ontwikkeld dat de totale droge larvenopbrengst per box berekent op basis van het eiwit-, vet- en koolhydraatgehalte van het substraat. Dit model biedt waardevolle inzichten om de ideale combinatie van voedingsstoffen te identificeren die zorgt voor een consistente en betrouwbare larvenproductie.

Om dit model te ontwikkelen, werd een design opgesteld waarmee substraatsamenstelling werd gevarieerd op vlak van eiwit, vet en koolhydraatgehalte. Als eiwitbron werd caseïne gebruikt, als vetbron werd maïsolie gebruikt en als koolhydraatbron werd gebruik gemaakt van aardappelzetmeel. Elk substraat bevatte eenzelfde kleine hoeveelheid aan chicken start mash (CSM) om het substraat te voorzien van de nodige micronutriënten en als vulmiddel werd gebruik gemaakt van cellulosepoeder. Per conditie werd eenzelfde hoeveelheid droog voeder gebruikt voor de opkweek van 500 larven.

Om de effecten van eiwit, vet en koolhydraten op larvale groei, worden hieronder interacties tussen de verschillende macronutriëntconcentraties in kaart gebracht via interactieplotten.

3.2.1. Interactie substraat eiwit- en vetgehalte op de groei van BSFL

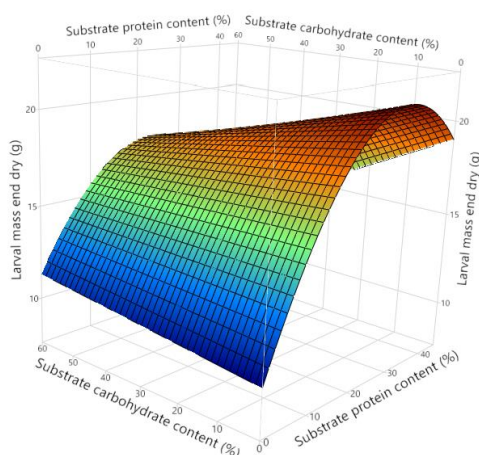
In de onderstaande figuur (figuur 7) wordt de interactie tussen substraat vet- en eiwitgehalte op de totale verkregen larvale massa in kaart gebracht. Hierbij is duidelijk te zien dat er een maximale larvale groei aanwezig is bij een substraatsamenstelling van 30,12% eiwit en 8,75% vet.



Figuur 7. Interactie tussen substraat vet- en eiwitgehalte op de totale verkregen larvale massa (droog)

3.2.2. Interactie substraat koolhydraat- en eiwitgehalte op de groei van BSFL

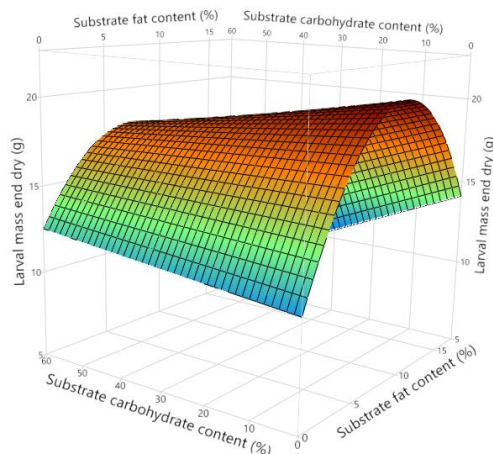
In de onderstaande figuur (figuur 8) wordt de interactie tussen substraat koolhydraat- en eiwitgehalte op de totale verkregen larvale massa in kaart gebracht. Hierbij is duidelijk te zien dat er bij lage eiwitgehalten in de substraten, de koolhydraten een positief effect hebben op larvale groei. Verder zien we opnieuw een optimum van larvale groei bij een substraat eiwitgehalte van 30,12%. Bij dit hoge eiwitgehalte, blijkt het het best te zijn om het koolhydraatgehalte zo laag mogelijk te houden (op 5%). Dit is anders dan initieel verwacht. Enkele redenen hiervoor kunnen zijn dat de gekozen koolhydraatbron (aardappelzetmeel) slecht opneembaar/verteerbaar was voor de larven of omdat de totale energetische waarde van het substraat bij hoge eiwit- en koolhydraatgehalten een bepaalde grens overschreed, mogelijk tot gevolg kan gehad hebben dat bacteriegroei explosief bevorderd werd en dit de groei van de larven belemmerde.



Figuur 8. Interactie tussen substraat koolhydraat- en eiwitgehalte op de totale verkregen larvale massa (droog)

3.2.3. Interactie substraat koolhydraat- en vetgehalte op de groei van BSFL

Tot slot wordt in onderstaande figuur de interactie tussen substraat koolhydraat- en vetgehalte in kaart gebracht op de totale verkregen larvale massa. Hierbij is opnieuw zichtbaar dat de hoogste larvale massa verkregen wordt bij een substraatvetgehalte van 8,75% en een koolhydraatgehalte van 5%. Ook hier zien we dat, indien substraatvetgehaltes laag zijn, een verhoogt koolhydraatgehalte de groei bevordert en wanneer het vetgehalte laag is, een extra toename aan koolhydraten de groei belemmert. Dit kan opnieuw te wijten zijn aan ofwel de slechte opname/vertering van aardappelzetmeel of een te hoge totale energetische waarde, die microbiële groei te fel bevorderde.



Figuur 9. Interactie tussen substraat koolhydraat- en vetgehalte op de totale verkregen larvale massa (droog)

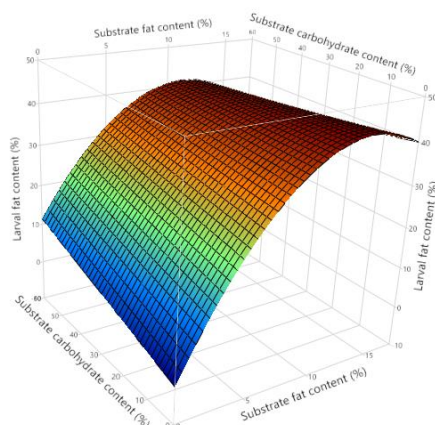
3.3. Impact macronutriëtsamenstelling op samenstelling larven

Naast de effecten van de macronutriëtsamenstelling op larvale groei, is het ook nuttig om een idee te rond hoe de substraatsamenstelling de samenstelling van de larven zal beïnvloeden. De parameters die de grootste impact hebben op de kwaliteit van larven zijn de vet- en eiwitgehaltes.

3.3.1. Factoren die vetgehalte van larven beïnvloeden

Larvaal vetgehalte kan sterk variëren afhankelijk van de substraten waarop de larven gekweekt worden. In een studie binnen het UpWaste project werd nagegaan wat de impact van zowel het vet-, koolhydraat- als eiwitgehalte is op het vetgehalte van de larven. Uit deze studie bleek dat enkel substraat vet- en koolhydraatgehaltes het vetgehalte van de larven significant beïnvloedden. In figuur 10 wordt het interactie-effect van substraat vet- en koolhydraatgehalte op het larvaal vetgehalte weergegeven.

Zoals zichtbaar is in deze figuur, heeft het substraatvetgehalte de grootste impact op het vetgehalte van de larven. Hoge koolhydraatgehaltes in substraten hebben ook een positieve correlatie met het vetgehalte in de larven, maar dit effect is minder uitgesproken dan het effect van vetten. Substraten met hoge vet- en koolhydraatgehaltes zullen dus larven met hoge vetgehaltes opleveren.

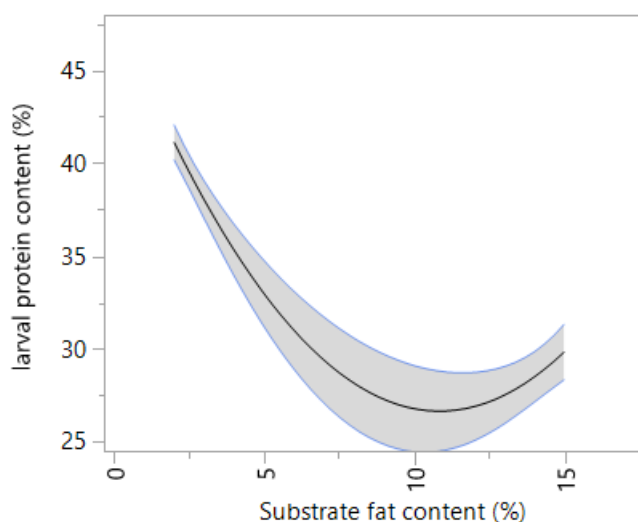


Figuur 10. Interactie tussen substraat koolhydraat- en vetgehalte op de larvaal vetgehalte

3.3.2. Factoren die eiwitgehalte van larven beïnvloeden

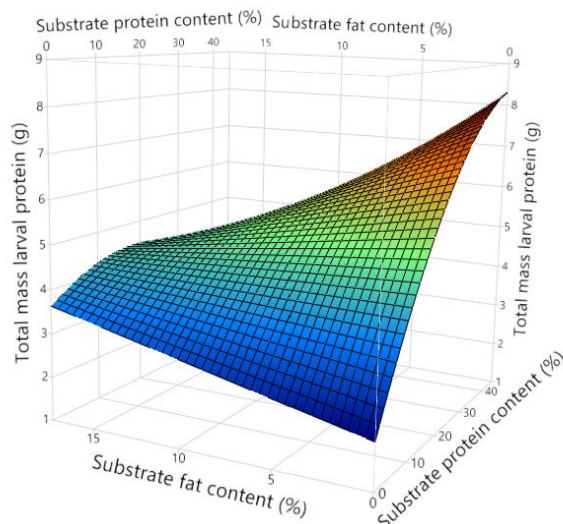
Om na te gaan welke macronutriëntparameters de grootste impact hebben op het eiwitgehalte van de larven, werd de impact van substraat koolhydraat-, vet- en eiwitgehalte op het larvaal eiwitgehalte nagegaan. In tegenstelling tot het larvaal vetgehalte, waar substraatvetgehalte de belangrijkste driver was voor een toename in larvaal vetgehalte, bleek in het geval van larvaal eiwitgehalte, het substraateiwitgehalte geen significante impact hierop te hebben.

Enkel het substraatvetgehalte bleek een significante, negatieve impact te hebben op het eiwitgehalte van de larven. Dus hoe meer vet in het substraat, hoe lager het eiwitgehalte van de larven (zie figuur 11). Dit was een onverwachte wending, aangezien in eerste instantie vetten weinig te maken hebben met eiwitsynthese. Eén mogelijkheid was dat hogere substraatgehaltes gewoon zorgen voor een zeer grote toename in vetopslag in de larven, dat een toename aan eiwitten gewoon gemaskeerd wordt door de extra vetten. Als een larve normaal bijvoorbeeld op droge stof 40 g eiwit en 15 g vet bevat, door extra substraateiwitten 45g eiwit bevat, maar door extra vettoevoeging het vetgehalte naar 40g stijgt, zal hoewel het de totale hoeveelheid eiwit in larven stijgt, het eiwitgehalte (percentueel) zakken.



Figuur 11. Effect van substraat vetgehalte op de larvaal eiwitgehalte

Om na te gaan of de toename aan larvale eiwitten (door hogere eiwitgehaltenes in substraten) effectief gemaskeerd werd door het vetgehalte, werd nagegaan of het substraateiwitgehalte wel een impact had op de totale hoeveelheid eiwitten in de larven. In de interactieplot die de impact van substraat vet- en eiwitgehalte op de totale hoeveelheid eiwitten in de larven beschrijft (figuur 12), is een positieve correlatie te zien tussen substraateiwitgehalte en totale hoeveelheid larvale eiwitten. Dit bevestigt het vermoeden dat substraatvetgehalte een maskerend effect heeft op larvaal eiwitgehalte. Hogere substraateiwitgehaltenes zorgen dus voor larven die in het totaal meer eiwitten bevatten. Alleen blijkt dat extra vet in substraten zorgt voor felle vetaccumulatie bij larven, waardoor het eiwitpercentage in larven vooral door het vetgehalte beïnvloed wordt. Een goede strategie om larven met hoge eiwitgehaltenes te kweken, kan dus zijn om substraten te gebruiken met lage vetgehaltenes.



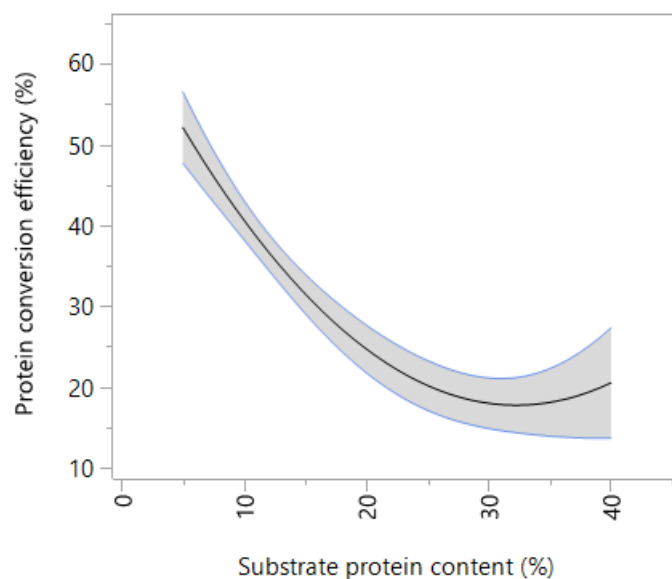
Figuur 12. Effect van substraat vet- en eiwitgehalte op totale massa larvaal eiwit

3.3.3. Factoren die eiwit conversie efficiëntie van larven beïnvloeden

Bij het optimaliseren van substraat macronutriëtsamenstelling voor maximale larvale groei, werden substraat eiwitgehaltenes van 30% als ideaal bepaald. Het gaat hier dus om zeer hoge eiwitgehaltenes die doorgaans niet terug te vinden zijn in laagwaardige nevenstromen die we in de kweek van BSFL willen gebruiken.

Aangezien insecten een grote rol kunnen spelen in circulaire processen rond hergebruik van eiwitten, is het ook van groot belang dat ze heel efficiënt eiwitten uit substraten kunnen omzetten naar eiwitten in hun eigen biomassa. Niet-opgenomen eiwitten kunnen anders via fermentatieprocessen omgezet worden naar andere stikstofhoudende stoffen, zoals ammoniak, wat net een broeikasgas is dat we zoveel mogelijk willen beperken gezien de huidige stikstofproblematiek. Het is daarom enorm belangrijk om na te gaan in welke mate eiwitconversie efficiëntie beïnvloed wordt door substraat eiwitgehalte.

In figuur 13 wordt het effect van het substraateiwitgehalte weergegeven op de eiwitconversie efficiëntie van de larven. Bij substraateiwitgehaltenes van 30% of hoger ligt de eiwitconversie efficiëntie op minder dan 20%. Bij substraat eiwitgehaltenes van 10% ligt de eiwitconversie efficiëntie hoger dan 40%, wat meer dan een verdubbeling is. Uit deze resultaten blijkt dat, hoewel larven de beste groei vertonen bij 30% substraat eiwitgehalte, beter lagere substraat eiwitgehaltenes verkozen worden, indien we zoveel mogelijk eiwitten uit substraten willen omzetten naar larvale eiwitten.



Figuur 13. Effect van substraat eiwitgehalte op eiwit conversie efficiëntie

3.3.4. Conclusie

Een optimale larvale groei wordt bekomen wanneer het substraat ongeveer 30,12% eiwit, 8,75% vet en 5% koolhydraten bevat. Het model toont aan dat het substraateiwitgehalte de belangrijkste factor is die bijdraagt aan de ophoping van larvale eiwitten. Opvallend is echter dat het effect van het substraatvetgehalte op het vetgehalte van de larven aanzienlijk groter is dan het effect van het eiwitgehalte. Dit betekent dat wanneer larven worden gevoed met substraat dat rijk is aan vet (en in zekere mate aan koolhydraten), we larven produceren met lagere eiwitgehalten. Dit kan een belangrijke overweging zijn, afhankelijk van het beoogde gebruik van de gekweekte larven. Bijvoorbeeld, als de larven voornamelijk worden gekweekt voor eiwitproductie, kan het gunstiger zijn om substraten met een lager vetgehalte te gebruiken om een hoger eiwitgehalte in de larven te verkrijgen.

Eiwitconversie-efficiëntie is een kritische parameter voor de commerciële toepassing van BSF-larven in de voedingsindustrie. Het beïnvloedt rechtstreeks de economische haalbaarheid van het kweken van deze insecten op organische bijproducten. Eiwitconversie efficiëntie is het hoogst bij lage substraateiwitgehaltenes. Dus hoe hoger het substraat eiwitgehalte, hoe lager de eiwit conversie efficiëntie.

In conclusie, het optimaliseren van de substraatsamenstelling voor de kweek van zwarte soldatenvliegen is een delicate balans tussen het maximaliseren van larvale groei en het optimaliseren van de eiwitconversie-efficiëntie. Terwijl 30% eiwitsubstraten gunstig zijn voor de groei van de larven, kan het tegelijkertijd leiden tot verminderde eiwitconversie. Kwekers moeten zorgvuldig overwegen welk type substraat het meest geschikt is voor hun specifieke doeleinden en streven naar een optimaal evenwicht tussen groei en efficiëntie om het volledige potentieel van zwarte soldatenvliegen als een duurzame en waardevolle eiwitbron te benutten.



'UpWaste' is een samenwerking tussen DIL, Thomas More, KU Leuven, Latvia University of Life Sciences and Technologies, University of Warmia and Mazury en Mazuri en Leuphana University Lüneburg binnen het VLAIO LA-traject

KU LEUVEN



THOMAS
MORE


LEUPHANA
UNIVERSITÄT LÜNEBURG



Latvia University
of Life Sciences
and Technologies



UNIVERSITY
OF WARMIA AND MAZURY
IN OLSZTYN

met de steun van



ENGELS
serving logistics and the environment

limburg.net



BELORTA

CONTACT

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

VOLG ONS

[Website](#)
[LinkedIn](#)

THOMAS
MORE



FACCE SURPLUS
SUSTAINABLE AND RESILIENT AGRICULTURE
FOR FOOD AND NON-FOOD SYSTEMS

VLAIO



Vlaanderen
is ondernemen