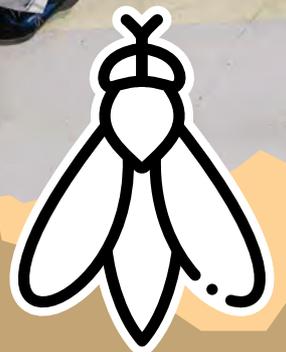


Abschlussbroschüre 2024

InBiRa – die Insektenbioraffinerie



Impressum

**Fraunhofer-Institut für
Grenzflächen- und
Bioverfahrenstechnik IGB**

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

info@igb.fraunhofer.de
www.igb.fraunhofer.de

Telefon +49 711 970-4001

Autoren:

Siehe Projektberichte

Satz:

Dipl.-Des. Thaya Schroeder
M. Sc., Fraunhofer IGB

Layout:

Petra Alvarez,
Umwelttechnik BW GmbH

Danksagung:

Wir bedanken uns herzlich
bei Umwelttechnik BW für die
freundliche Überlassung des
Designs.

Stand: September 2024

Alle Inhalte dieses Werkes, insbesondere Texte, Abbildungen und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Jede Art der Vervielfältigung, Verbreitung, öffentlichen Zugänglichmachung oder andere Nutzung bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Dr. Andre Baumann.....	4
------------------------	---

Einleitung

Dr.-Ing. Susanne Zibek	5
------------------------------	---

Gesammelte Berichte der Projektpartner

Überblick: InBiRa – die Insektenbioraffinerie: Von der Verwertung organischer Reststoffe und Abfälle bis zur Herstellung chemischer Produkte	6
Pionierarbeit gegen Lebensmittelverschwendung	10
Aufbereitung der organischen Restströme zur Nutzung durch Insektenlarven	12
Skalierung der Larvenmast.....	14
Primärraffination – Sieben, Trocknen und Pressen der Larven	16
Konversion der Fettfraktion durch chemische Modifikation	18
Valorisierung der Fettfraktion durch Fermentation	20
Konversion des Insektenproteins.....	22
Chitin und Chitosan aus der Insektenbioraffinerie.....	24
Nutzung der nichtverwerteten Restsubstrate.....	26
Ökobilanzierung der Insektenbioraffinerie	28
Rechtlicher Rahmen: Regelbasierter Innovationsraum InBiRa.....	30



© Lena Lux Fotografie & Bildjournalismus

Dr. Andre Baumann

Staatssekretär für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Sehr geehrte Damen und Herren,

die nachhaltige Bioökonomie birgt ein großes Potenzial für den notwendigen Wandel hin zu einem kreislauforientierten und ressourceneffizienten Wirtschaften. Um innovative biologische Verfahren in eine breite industrielle Anwendung zu bringen, ist es notwendig, diese vom Labor- auf den Pilotmaßstab weiterzuentwickeln und so die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit aufzuzeigen. Im Rahmen des EFRE-Förderprogramms „Bio-Ab-Cycling – Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abfall und Abwasser“ fördert das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft daher gemeinsam mit der EU-Kommission den Bau und die Umsetzung von fünf modularen urbanen und industriellen Bioraffinerien.

Im Rahmen des industriellen Bioraffinerieprojekts „InBiRa“ entsteht dabei eine Insektenbioraffinerie, in der organische Abfälle und Reststoffe mithilfe der Larven der Schwarzen Soldatenfliege zu hochwertigen Stoffen umgesetzt werden. Aus den gewonnenen Rohstoffen (Proteinen, Fetten und Chitin) können wiederum Produkte wie Reinigungsmittel, Klebstoffe oder Verpackungsfolie hergestellt werden. Die Umsetzung des Projektes unterstützt den Aufbau einer nachhaltigen Bioökonomie in Baden-Württemberg und kann so maßgeblich zum Klimaschutz, zur Ressourcenschonung und zu einer resilienten Rohstoffversorgung beitragen.

Wir danken allen Beteiligten sowie Projektpartnerinnen und Projektpartnern für ihr Engagement und die hervorragende Arbeit bei diesen wegweisenden Pilotvorhaben.

Dr. Andre Baumann

Insektenbioraffinerie: Neue Wertstoffe aus Bioabfall

Lange Zeit wurden organische Reststoffe und Abfallströme als Ballast wahrgenommen. Dabei stellen sie eine wertvolle, regional verfügbare und gleichzeitig nachhaltige Ressource für die Bioökonomie dar. Werden die Reststoffe mit geeigneten Verfahren aufbereitet und die gewünschte Komponente aus ihrer komplexen Matrix herausgelöst, kann sie als Substrat für die Herstellung von Enzymen, Plattformchemikalien, Feinchemikalien oder weiteren Wertstoffen eingesetzt werden. Am Fraunhofer IGB haben wir dies bereits vielfach gezeigt, etwa bei der Herstellung und Modifizierung von Chitosan aus chitinhaltigen Reststoffen der Lebensmittelproduktion, wie Krabbenschalen, Pilzen und Insektenhäuten.

Mit der Ausschreibung des Förderprogramms „Bio-Ab-Cycling“ konnten wir nun einen Schritt weiter gehen, um als Abfall deklarierte Stoffströme nahezu vollständig zu nutzen. Fliegen legen ihre Eier gerne in der Biotonne oder auf verdorbene Lebensmittel ab. Nach kurzer Zeit schlüpfen pro Fliegeneiablage bis zu 1000 Larven. Die Larven fressen sich durch den Bioabfall, bis sie nach sieben Tagen mit 1–1,5 cm Länge vollgemästet und damit zum Rohstofflieferant geworden sind: Die Larve ist voller Protein und Fett. Die Häute der Larve und der Körper der adulten Fliege bestehen zu einem Großteil aus Chitin.



In dem „von strategischer Bedeutung“ ausgezeichneten Projekt ist es dem InBiRa-Konsortium erstmals in technischem Maßstab gelungen, Rest- und Abfallstoffe aus Großkantinen und Lebensmittelhandel sowie der Biotonne mithilfe von Larven der Schwarzen Soldatenfliege zu Fetten, Proteinen und Chitin umzuwandeln, die ihrerseits als Basis für nachhaltige Produkte u. a. der chemischen Industrie dienen. Wir haben hierzu einen Anlagenkomplex mit ca. 20 Prozesseinheiten aufgebaut und die technischen Prozesse zur Konversion der Fette, Proteine und Chitin erstmals in einem Pilotmaßstab evaluiert.

Im Namen des gesamten Projektkonsortiums bedanke ich mich bei den Zuwendungsgebern für die Förderung des Projekts, ohne die dies nicht möglich gewesen wäre. So konnten wir den Werkzeugkasten der Bioökonomie um ein innovatives und effizientes Tool erweitern – mit unmittelbarem Nutzen sowohl für die chemische Produktion als auch für Umwelt und Klima. Damit dieses Werkzeug auch in der Wirtschaft implementiert werden kann, sind in einer vereinten Kraftanstrengung mit der Politik noch regulatorische Hürden zu überwinden. Wir sind zuversichtlich, auch diese Herausforderung gemeinsam zu bewältigen.

Dr.-Ing. Susanne Zibek

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

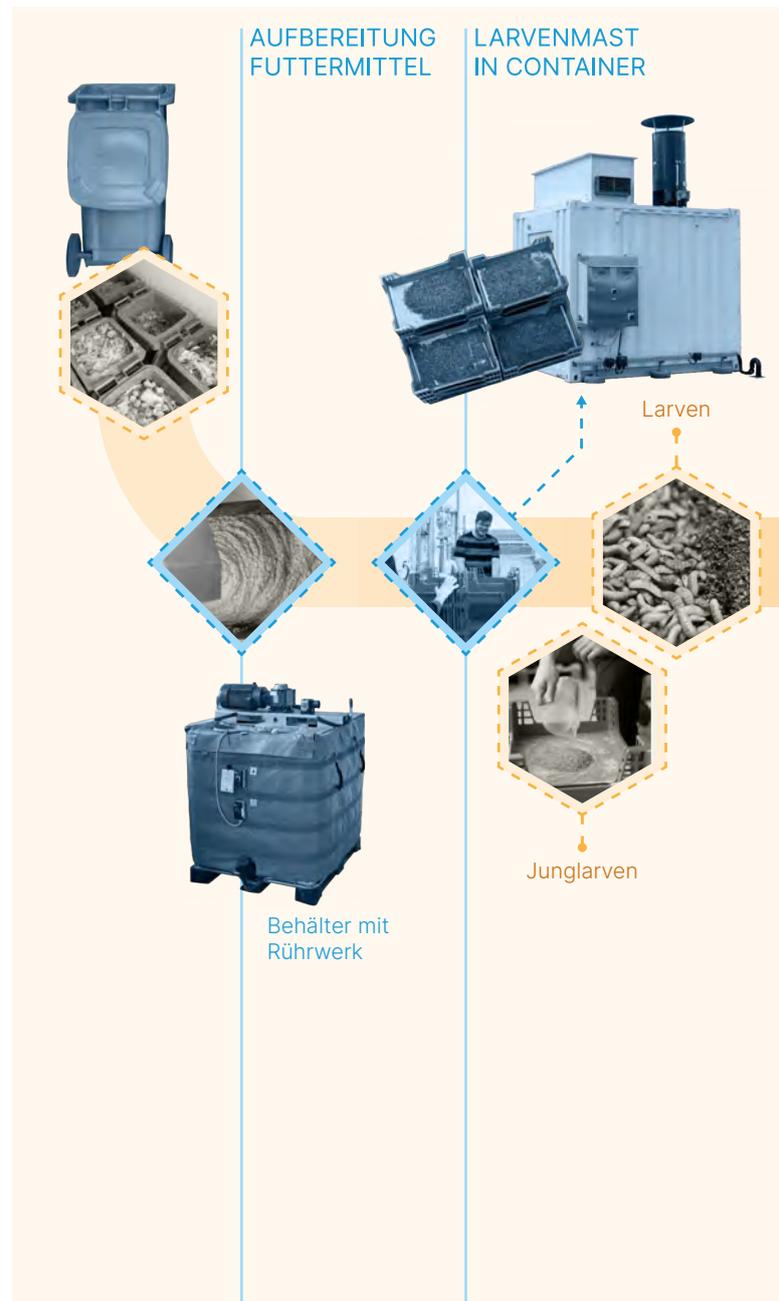
InBiRa – die Insektenbioraffinerie: Von der Verwertung organischer Reststoffe und Abfälle bis zur Herstellung chemischer Produkte

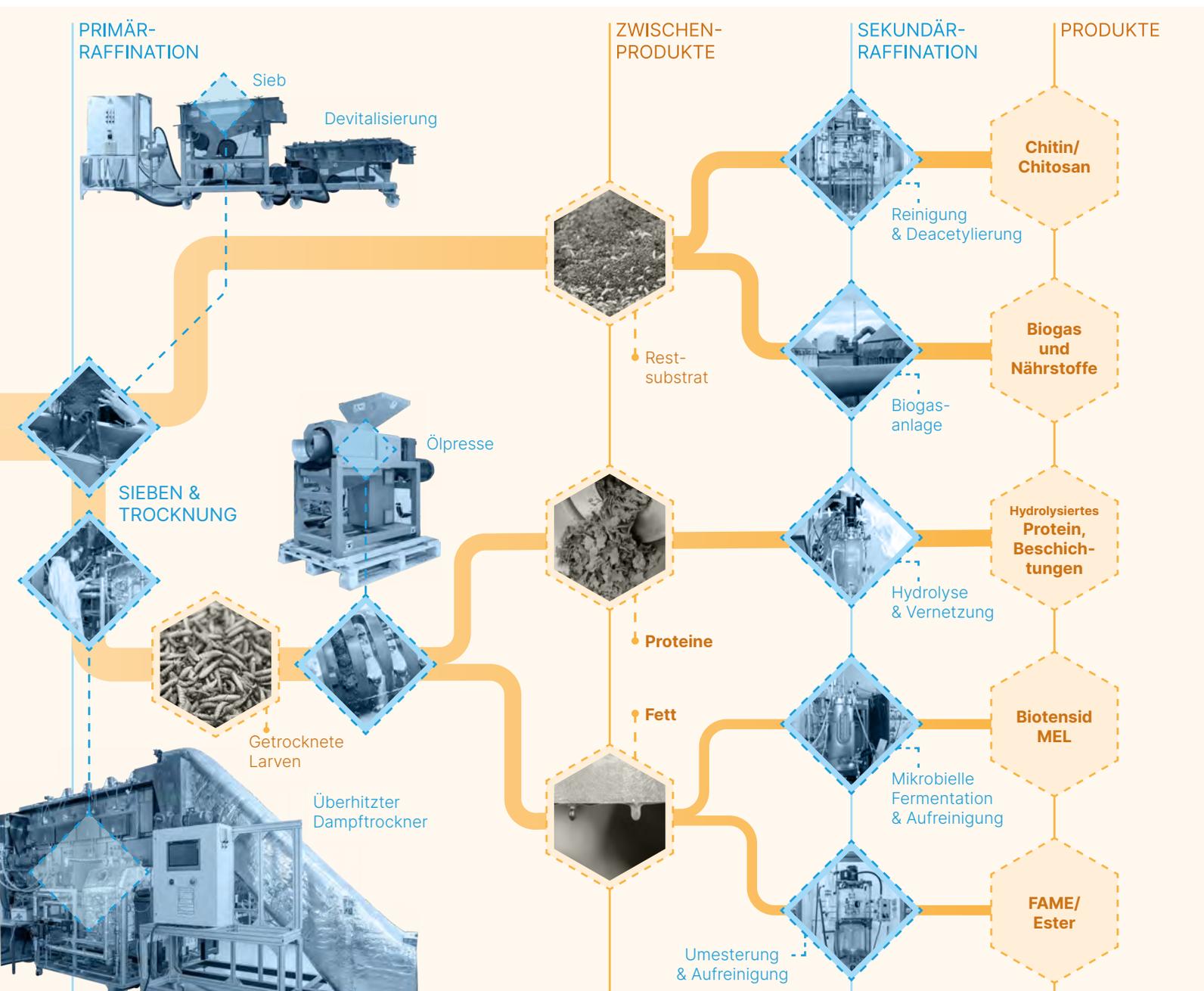
Im Projekt **InBiRa** wurde erstmals eine Insektenbioraffinerie als Pilotanlage aufgebaut, in welcher organische Reststoffe und Abfälle in neue, technisch nutzbare Produkte umgewandelt werden können.

Ermöglicht wird der Ansatz der Insektenbioraffinerie durch die Larven der Schwarzen Soldatenfliege (engl. black soldier fly, BSF). Die Larven dieser Fliege ernähren sich von überlagerten Lebensmitteln, Bioabfällen aus Gastronomie und Biotonne und bauen diese während ihrer Entwicklung in Biomasse um. Die Insektenbiomasse ist reich an Fetten, Proteinen und Chitin, woraus neue Folgeprodukte hergestellt werden können.

Insektenbioraffinerie-Pilotanlage zur Nutzung aller Fraktionen

Im Projekt wurde dazu in den Räumlichkeiten des Fraunhofer IGB ein Insektenbioraffinerie-Anlagenkomplex geplant, gebaut und in Betrieb genommen, der alle benötigten Prozessschritte umfasst. Das Prinzip einer Bioraffinerie weist – bis auf die verwendeten Rohstoffe – Ähnlichkeiten mit dem einer Erdölraffinerie auf, in der ein komplex zusammengesetzter Rohstoff in einzelne Fraktionen oder Komponenten getrennt wird. In der Anlage wurden die jeweiligen Prozessschritte, angefangen bei der Futtermittelherstellung für die Mast der Larven (Farming), über die Trennung der Fett- und Proteinfraktion (Primärraffination) und deren Konversion bis zum jeweiligen chemischen Zwischenprodukt (Sekundärraffination) im Pilotmaßstab durchgeführt und evaluiert. Hierzu wurden ca. 20 Prozesseinheiten definiert, verfahrenstechnisch für die vorhandenen Stoffströme ausgelegt und schließlich für die Pilotanlage beschafft. Die Prozesseinheiten umfassen dabei technische Prozesse wie z.B. Zerkleinerung, Siebung, Pressung, Trocknung, Mikrofiltration, Extraktion, Zentrifugation und Evaporation sowie mehrere Chemiereaktoren und einen Bioreaktor zu Konversion der erhaltenen Fette, Proteine und des Chitins.





Abfallaufbereitung, Mast und Primärraffination

Zunächst wurden die Abfall- und Restströme so aufbereitet, dass diese von den Insektenlarven effizient verwertet werden konnten. Herausforderungen waren und sind hierbei unter anderem die saisonale Variabilität der Biotonne, das Entpacken ggf. verpackter Lebensmittelrückläufer, Rückstände von Pestiziden bei Obst und Gemüse aus nicht biologischer Landwirtschaft sowie Fehlwürfe (z. B. Besteck) bei Kantinenabfällen. Bei der Zusammenstellung der Futtermittel muss außerdem auf ein ausgewogenes Verhältnis der Nährstoffe und des Wassergehalts geachtet werden. Ist zu viel Wasser vorhanden, können die Larven ertrinken. Zu viel Fett im Futtermittel führt zu einer Phasenbildung und damit zu schlechtem und nicht reproduzierbarem Larvenwachstum, außerdem wird später die Separation der Larven vom Restsubstrat beeinträchtigt.



Insektenlarven auf Substrat

In einem speziellen Mastcontainer, welcher für die Insektenbioraffinerie ausgelegt wurde, wachsen anschließend junge Insektenlarven mit den aufbereiteten Abfall- und Reststoffen und setzen diese dabei in Biomasse um. Hierbei ist es entscheidend, auf eine gute Durchlüftung und Klimatisierung zu achten, sodass an jeder Stelle des Mastcontainers gleiche Bedingungen für das Larvenwachstum herrschen und das Substrat zum Ende der Mast eine passende Restfeuchtigkeit für die weitere Prozessierung besitzt.

Die auf den Abfall- und Reststoffen gewachsenen Insektenlarven werden im Zuge der Primärraffination zunächst durch Sieben vom Restsubstrat getrennt. Anschließend werden die Larven inaktiviert und getrocknet. Durch das nachfolgende Pressen der Larven wird zunächst eine grobe Fraktionierung in eine Fett- und eine Proteinfraction ermöglicht. Das Rohfett kann anschließend durch weitere Prozessschritte gereinigt und für die jeweilige Weiterverwendung raffiniert werden. Die Proteinfraction, der sog. Presskuchen, wird chemisch weiter entfettet, um möglichst reines Protein zu enthalten.

Neben den raffinierten Fett- und Proteinfractionen verbleiben zudem mehrere Restfractionen aus der Insektenbioraffinerie: nicht verwertetes Substrat und Exkremente der Larven (Frass), chitinhaltige Larvenhäute sowie adulte Fliegen. Diese Restfractionen können im Zuge der Sekundärraffination ebenfalls zu wertvollen Rohstoffen umgesetzt werden.

Sekundärraffination zu Zwischenprodukten für Kraftstoffe, Kosmetika, Reinigungsmittel, Kunststoffe und Pflanzendünger

Für die Umwandlung der drei Fractionen aus der Primärraffination (Fett, Protein, Restfraction) in höherwertige Produkte, die Sekundärraffination, haben die Projektpartner jeweils spezifische Verfahrensschritte erarbeitet.

Die Fettfraction kann durch chemische oder mikrobielle Konversion zu Vorläufermolekülen für Schmierstoffe oder Kraftstoffe sowie zu Biotensiden oder Seifen für Reinigungs- und Pflegeprodukte umgesetzt werden. Der besondere Vorteil dabei ist, dass das Fett der Schwarzen Soldatenfliege durch seinen hohen Anteil an Laurinsäure eine ähnliche Fettsäurezusammensetzung wie Kokos- oder Palmkernöl besitzt und somit eine lokale Alternative zu tropischen Ölen bietet.

Die Proteinfraction kann zukünftig über Quervernetzung zur Herstellung von Verbundmaterialien für die Agronomie (z. B. abbaubare Pflanzgefäße) oder auch als Holzklebstoffe oder Beschichtungen verwendet werden. Hydrolysiertes Protein findet zudem in Kosmetik- oder Pflegeprodukten Anwendung.

Auch die Reststoffe, welche bei der Mast und Aufbereitung der Insektenlarven entstehen, werden verwertet. Das Restsubstrat enthält vor allem Cellulose, Insektenexkremente oder Larvenhäutungsprodukte. Während die Larvenhäutungsprodukte zur Isolierung von Chitin bzw. Chitosan bilanziert und genutzt wurden, wurde das Restsubstrat, der sog. Frass, hinsichtlich der Vergärung zu Biogas und der Rückgewinnung von Nährstoffen zur Düngemittelherstellung untersucht.

Marktfähigkeit und ganzheitliche Bewertung

Übergreifend wurde im Projekt InBiRa die Machbarkeit der Herstellung verschiedener Produkte aus den raffinierten Insektenlarven der Schwarzen Soldatenfliege untersucht. Gespräche zur Marktfähigkeit der neuen Technologien mit verschiedenen Nutzergruppen offenbarten ein großes Interesse an einer großtechnischen Insektenbioraffinerie für die Verwertung biogener Abfallströme. Zudem wurde der gesamte Herstellungsprozess einer umfassenden Nachhaltigkeitsbewertung und Ökobilanzierung unterzogen.



»Mit unserer Insektenbioraffinerie können wir Bioabfälle aus Kantinen und Handel als Rohstoffe für hochwertige technische Produkte nutzen. Damit erschließen wir erstmals eine heimische Quelle für kurzkettige Fette, ersetzen fossile Rohstoffe und tragen zum Klimaschutz bei.«

Dr.-Ing. Susanne Zibek

Weitere Informationen

www.insektenbioraffinerie.de

www.igb.fraunhofer.de/inbira

Kontakt

Dr.-Ing. Susanne Zibek

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB

Gruppenleiterin Bioprozessentwicklung und Projektkoordinatorin InBiRa

Telefon +49 711 970-4167

E-Mail susanne.zibek@igb.fraunhofer.de

Pionierarbeit gegen Lebensmittelverschwendung

PreZero ist assoziierter Partner innerhalb des Projekts „InBiRa – die Insektenbioraffinerie“. Der Umweltdienstleister der Schwarz Gruppe stellt die organischen Rest- und Abfallstoffe als Futterbasis für das InBiRa-Projekt zur Verfügung und zieht wertvolle Erfahrungen aus dem Projekt, auch für eine Anlage im industriellen Maßstab.

Beteiligung als assoziierter Partner

PreZero sammelt Bioabfälle – vor allem Lebensmittelreste aus Einzelhandel, Gastronomie und Kantinen der Unternehmen der Schwarz Gruppe – als Futter für die Larven der Schwarzen Soldatenfliege. Für das InBiRa-Projekt stellte PreZero regelmäßig bis zu 1.500 kg Bioabfälle bereit. Insbesondere sind das Lebensmittelabschriften von Lidl, Kaufland sowie den Kantinen- bzw. Restaurantbetrieben der Schwarz Gruppe.

Damit die Insektenlarven die Bioabfälle und Reststoffe optimal verwerten können und möglichst viel Biomasse bilden, wurden die organischen Lebensmittelreste durch die InBiRa-Projektpartner zu geeigneten Futtermischungen aufbereitet. Größere Lieferungen über 500 kg wurden dabei von PreZero geliefert, kleinere Mengen direkt von den Partnern bei Lidl und den Restaurantbetrieben abgeholt.



PreZero prüft zurzeit die Verwertung organischer Reststoffe und Lebensmittelreste mithilfe von Larven der Schwarzen Soldatenfliege

Motivation

Das Engagement von PreZero zählt auf die Food-Waste-Strategie der Unternehmen der Schwarz Gruppe ein. Deren Handelssparten Kaufland und Lidl haben im Sommer 2023 gemeinsam mit dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), dem Handelsverband Lebensmittel (BVLH) und weiteren Branchenvertretern den „Pakt gegen Lebensmittelverschwendung“ geschlossen. Unter dem Dach der gemeinsam erarbeiteten Nachhaltigkeitsstrategie der Unternehmen der Schwarz Gruppe streben die Handelssparten an, anfallende Lebensmittelabfälle bis 2030 um 50 Prozent zu senken.

Hier setzt PreZero an: Überlagerte und nicht mehr zum Verzehr durch Menschen geeignete Lebensmittel sowie organische Abfallstoffe sollen durch die Fliegenlarvenzucht im Kreislauf bleiben und eine höherwertige Verwertung erfahren. Denn die Larvenprodukte bieten eine

nachhaltige Alternative zu Futtermitteln auf Soja- oder Fischmehlbasis. Sie sind die ideale Futterquelle für Tierhalter oder die Tiermast. Darüber hinaus ist für PreZero auch die technische Anwendung der Larvenbiomasse von Interesse, wie beispielsweise die Herstellung von Seifen, Ölen oder Klebstoffen.



PreZero und AWN planen gemeinsam die Larvenmast im industriellen Maßstab

Fazit

Bei der Aufbereitung der Bioabfälle für die Insektenmast und der Entwicklung von Absatzmärkten für neue technische Produkte bedarf es noch weiterer Forschung und Entwicklungsarbeit: Die Insektenlarven werden bereits kommerziell gezüchtet, aber die Verfütterung von Fleisch- und Fischresten ist gesetzliches Neuland und erfolgt in der EU z. B. über das Fraunhofer IGB. Forschungsergebnisse, wie gut die Larven mit den tierischen Futtermischungen wachsen und welche Risiken sie eventuell mit sich bringen, liefern auch PreZero wichtige Erkenntnisse für eigene Projekte.

PreZero hebt die Larvenzucht aktuell auf ein industrielles Level. Die Abfallwirtschaftsgesellschaft des Landkreises Neckar-Odenwald (AWN) und PreZero prüfen zurzeit gemeinsam die Verwertung organischer Reststoffe und Lebensmittelreste mithilfe der Fliegenlarven.

Geplant ist eine Anlage mit angeschlossener Insektenbioraffinerie auf dem Gelände der AWN. Das Projekt und die Pilotanlage durchlaufen zurzeit verschiedene Machbarkeitsprüfungen und Testphasen. Im Zuge des Projekts wird die AWN von PreZero unterstützt und die gewonnenen Erkenntnisse aus der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer

IGB auch in das Projekt mit der AWN eingebracht. Nach Inbetriebnahme der Anlage werden zunächst Lebensmittelreste aus Handel und Industrie verarbeitet. Im Anschluss sollen auch die organischen Wertstoffe aus der kommunalen Biotonne mithilfe der Insektenlarven verwertet werden. Bis zur finalen Genehmigung der Bauarbeiten dauert es noch einige Monate. Die Kooperationsstart wäre ohne die Unterstützung des Landes Baden-Württemberg und des Fraunhofer IGB nicht möglich gewesen. Für weitere InBiRa-Projekte steht PreZero auch in Zukunft zur Verfügung.

Autor

Ralf Maushake
 Telefon +49 173 9706646
 E-Mail ralf.maushake@prezero.com

Projektpartner

PreZero Stiftung & Co. KG
 Stiftsbergstraße 1
 74172 Neckarsulm

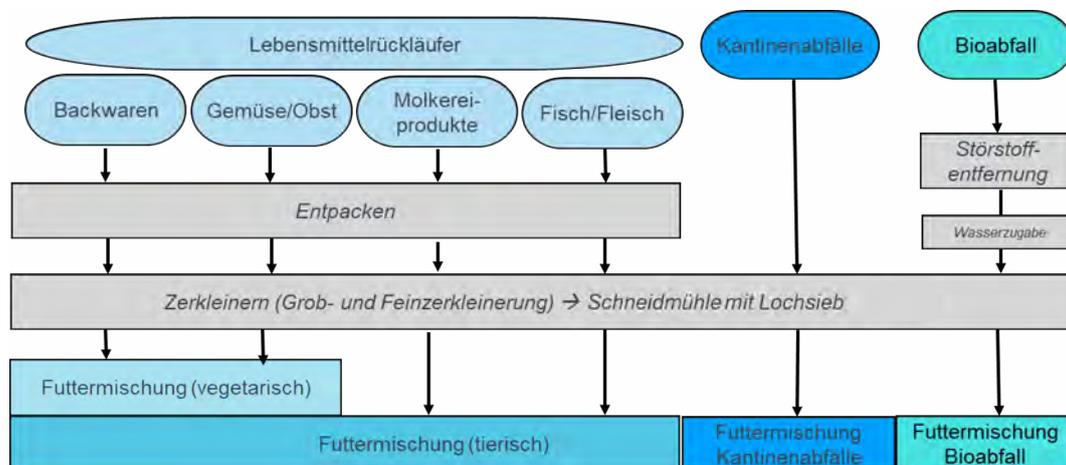
Aufbereitung der organischen Restströme zur Nutzung durch Insektenlarven

Die Larven der Schwarzen Soldatenfliege können den Kreislauf von organischen Abfällen wertvoll schließen. Dazu werden Reststoffströme wie Kantinenabfälle, Lebensmittelrückläufer aus dem Supermarkt und Bioabfälle aus der Biotonne zerkleinert und so aufbereitet, dass sie die nachstehenden Prozesse unterstützen.

// METHODIK

Damit sich die Larven von den organischen Restströmen ernähren können, müssen diese aufbereitet werden. Dazu werden Störstoffe (z. B. Besteck, Verpackungen, Steine) entfernt und die Reststoffe anschließend zerkleinert. Die Larven können die Nahrung besser aufnehmen, wenn die Partikel der aufbereiteten Futtermischung möglichst fein sind. Das hergestellte Futter sollte einen vorgegebenen Wasseranteil nicht überschreiten, aber dennoch flüssig genug sein, um den Larven lebenswichtiges Wasser zur Verfügung zu stellen. Durch den Wasseranteil ist die Mischung zudem leichter pumpfähig, wodurch sie besser transportiert werden kann. Deshalb ist eine entsprechende Zugabe von Wasser sowie von Additiven zur Verbesserung der Verfahrenstechnik notwendig.

Wichtig ist zudem, dass die Nährstoffe im Futtersubstrat ausgewogen sind. Es sollten genügend Proteine, verwertbare Kohlenhydrate und nicht zu viel Fett enthalten sein, damit die Larven optimal wachsen können. Anhand der ermittelten Nährstoffe in allen Restströmen werden diese für ein optimales Larvenwachstum gemischt. Die Larven ernähren sich von diesem Futter und legen dabei Fett- und Proteinvorräte an.



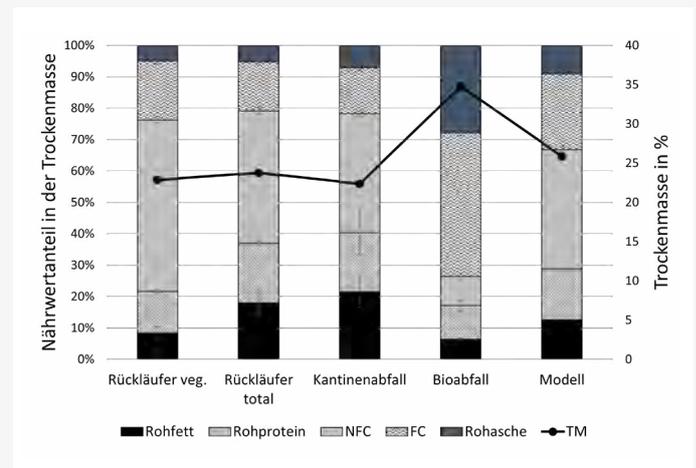
Aufbereitungsschritte für die verschiedenen organischen Reststoffe

// ERGEBNISSE

Die Lebensmittelrückläufer wurden in vier Unterkategorien eingeteilt: Gemüse und Obst (GO), Fisch und Fleisch (FF), Molkereiprodukte (MoPro) und Backwaren (BW). Diese Unterkategorien wurden entsprechend den real anfallenden Mengen über ein Jahr (statistisch ermittelte Werte PreZero) zu einer vegetarischen Mischung (GO und BW; Rückläufer veg.) und einer nicht-vegetarischen Mischung (GO, BW, FF und MoPro; Rückläufer total) gemischt.

In den Kantinenabfällen, den Rückläufern veg. und den Rückläufern total sind die meisten verwertbaren Nährwerte enthalten (78 %, 76 % und 80 % der Trockenmasse), wohingegen in den Bioabfällen nur 27 % der Trockenmasse als Nährstoff zur Verfügung stehen. Zu den verwertbaren Nährwerten zählen Rohfett, Rohprotein und die nicht faserhaltigen Kohlenhydrate (NFC). Der Proteingehalt ist bei den Kantinenabfällen und Rückläufern total mit jeweils 19 % am höchsten, die Rückläufer veg. (13 %) und Bioabfälle (11 %) haben weniger Protein zur Verfügung. Jedoch weisen die Kantinenabfälle (22 %) und Rückläufer total (18 %) einen Fettgehalt um 20 % auf, der wiederum ab 20 – 36 % schädlich auf das Larvenwachstum wirken kann. Der Fettgehalt der Rückläufer veg. (8 %) und der Bioabfälle (7 %) liegt darunter.

Um die Nährstoffe der einzelnen Abfallstoffströme gezielter auf die Bedürfnisse der Larven anzupassen, wurden über lineare Optimierung geeignete Futtermischungen aus den verschiedenen Reststoffströmen berechnet. Diese Futtermischungen unterschreiten den Fettgehalt von 20 % und stellen den Larven 67 % an verwertbaren Nährstoffen zur Verfügung. Es wurde ein Wassergehalt von 75 % eingestellt. Diese berechnete optimierte Futtermischung (Modell) kann sich z. B. wie folgt zusammensetzen: 10 % Bioabfall, 10 % Kantinenabfall, 80 % Lebensmittelrückläufer total.



Nährwertprofil der verschiedenen organischen Reststoffe. NFC = Non-Fiber Carbohydrates, FC = Fiber Carbohydrates, TM = Trockenmasse

// FAZIT

Durch die Entfernung von Störstoffen und anschließende Aufbereitung von Kantinenabfällen, Lebensmittelrückläufern und Bioabfällen können Futtermischungen für die Larvenmast hergestellt werden, deren Nährstoffe in der Larvenmast effektiv eingesetzt werden und das Larvenwachstum optimal unterstützen können. Die Analysen der organischen Reststoffströme zeigen hohe Protein- und

Fettgehalte, die die Larven verwerten. Optimierte Futtermischungen aus diesen Abfallströmen überschreiten nicht den kritischen Fettgehalt und haben ein ideales Verhältnis von Protein und Kohlenhydraten. Die Larvenmast mit Verfütterung von organischen Reststoffen reduziert Abfälle und verwertet wertvolle Nährstoffe.

// AUTOREN

Dipl.-Ing. Bettina Krucker
Telefon +49 711 685-63695
E-Mail bettina.krucker@iswa.uni-stuttgart.de

Sandra Grob M. Sc.
Telefon +49 711 685-65477
E-Mail sandra.grob@iswa.uni-stuttgart.de

// PROJEKTPARTNER

Universität Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2
70569 Stuttgart-Büsnau

Skalierung der Larvenmast

Die Nutzung von natürlichen Ressourcen mithilfe biologischer Prozesse und Systeme kann durch Insekten wie die Schwarze Soldatenfliege *Hermetia illucens* dargestellt werden. Organische Reststoffe werden von den Larven der *Hermetia illucens* effektiv in Protein, Fett, Dünger und Chitin umgesetzt.

// METHODIK

Zur Hochskalierung der Larvenmast müssen die verschiedenen Kultivierungsparameter flexibel den vorhandenen Futtersubstraten angepasst und überwacht werden. Die Futtersubstrate sind eine variable Größe, aufgrund der uneinheitlichen Nährstoffgehalte der verschiedenen Restsubstrate. Dementsprechend müssen Futtersubstrate mit passenden Restsubstraten substituiert oder ergänzt werden, um ein effektives Larvenwachstum zu erzielen. Dies wurde in Vorversuchen mittels Vergleichsreihen zur Qualifizierung der Futtersubstrate im Vergleich zu einem getreidebasierten Referenz-Futtermittel ermittelt.

Für die Hochskalierung im 1-Tonnen-Maßstab wurden sechs Futtersubstrate, bestehend aus Kantinenabfällen, Lebensmittlrückläufern jeweils mit Fisch- und Fleischanteilen sowie Bioabfallmischungen mit Anteilen von Kantinenabfällen, zur Mast eingesetzt. Die Kriterien für ein geeignetes Futtersubstrat wurden über eine optimale Pumpfähigkeit und die Wasserhaltekapazität ermittelt. Bei der anschließenden Substratumsetzung mit den Insektenlarven wurden Klimatisierungsbedingungen im Mastcontainer hinsichtlich der Larvenentwicklung und Substratumsetzung aufgenommen und in Bezug zu den Experimenten im Labormaßstab gesetzt. Während der Mastphase wurde das Larvenwachstum, die Larvenausbeute und die Trennungseffizienz von Insektenbiomasse und Restsubstrat zur Qualifizierung der Futtersubstrate herangezogen.



Bioreaktor für die Larvenmast

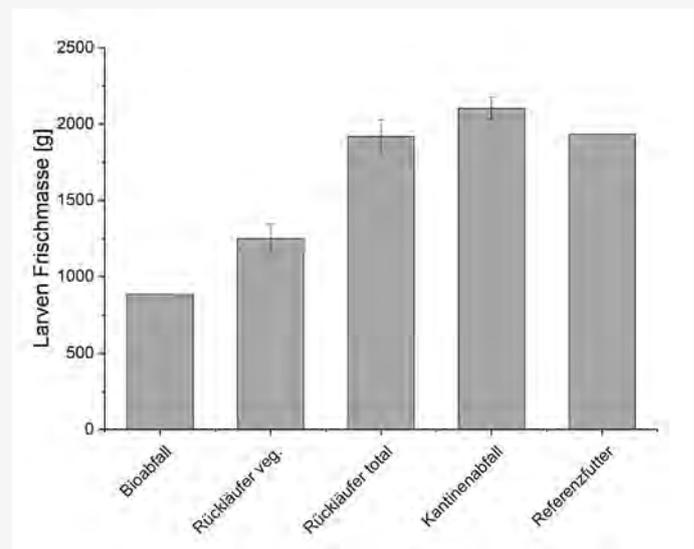


Umwandlung organischer Reststoffe zu Insektenbiomasse und Insektenrestsubstrat

// ERGEBNISSE

In den Vorversuchen konnten vielfältige Erkenntnisse zur Eignung der verschiedenen Futtersubstrate gewonnen werden. Mit der Möglichkeit des Einsatzes von fisch- und fleischhaltigen Restsubstraten innerhalb des InBiRa-Projekts wurde verdeutlicht, dass sich *Hermetia illucens* im Gegensatz zu den meisten anderen Insektenarten, die hochspezifische Futterquellen benötigen, von mehreren pflanzlichen und tierischen Quellen ernähren kann, einschließlich Abfallströmen wie organischen Abfällen. Die Futtersubstrate, hergestellt aus Rückläufern des Einzelhandels und Reststoffen aus Kantinen, wurden von den Larven effektiv in Insektenbiomasse umgewandelt. Vor allem fisch- und fleischhaltige Restsubstrate zeigten mit höheren Larvenausbeuten im Vergleich zum Referenz-Substrat eine ausgezeichnete Eignung als Futtersubstrat. Bei dem Einsatz von häuslichen Bioabfällen sollte der ligninhaltige Anteil angesichts des geringen Nährstoffgehalts für die Erzielung einer optimalen Larvenausbeute nur geringfügig eingesetzt werden.

Für die Pilotierung der Larvenzucht im 1-Tonnen-Maßstab wurden die Ergebnisse aus den Vorversuchen herangezogen. Es wurden erfolgreich mehrere Pilotierungen mit Futtermischungen aus Kantinenabfällen, Lebensmittelrückläufern jeweils mit Fisch- und Fleischanteilen sowie Bioabfallmischungen mit Anteilen von Kantinenabfällen durchgeführt. Die Ergebnisse der Pilotierungen bestätigen die Eignung der Reststoffe als Futtersubstrat für die Larven der *Hermetia illucens*.



Produzierte Larven-Frischmasse nach Verwertung verschiedener Futtersubstrate (berechnet auf 10 Kilogramm Futtermittel)

// FAZIT

Der Einsatz von neuen Futtersubstraten, wie z. B. überlagerten Lebensmitteln und Speiseresten bis hin zur Nutzung von organischen Reststoffen aus der kommunalen Biotonne, im Bioökonomie-Projekt InBiRa veranschaulicht eindrücklich, dass biologische Kreislaufprozesse zur Erzeugung von technischen Materialien auf nachhaltigem Weg möglich sind. Insbesondere die fisch- und fleischhaltigen Substrate stellen eine wertvolle und bislang nicht genutzte Rohstoff-

quelle dar. Das natürliche Verhalten der *Hermetia illucens* erlaubt die Nutzung von sonst nicht verwertbaren organischen Reststoffen, die damit einer höheren Wertschöpfung zugeführt werden können. Der Einsatz von fossilen Ressourcen zur Herstellung chemischer Produkte kann durch die stoffliche Nutzung anfallender Restsubstrate im Rahmen des InBiRa-Projekts vermieden werden. Die Wertschöpfung erfolgt somit auf der Basis von Reststoffen.

// AUTOREN

Dr. Franziska Schindler
Telefon +49 30 60977495-52
E-Mail f.schindler@hermetia.de

Kirsten Katz
Telefon +49 33704 67550
E-Mail k.katz@hermetia.de

// PROJEKTPARTNER

Hermetia Baruth GmbH
An der Birkenpühlheide 10
15837 Baruth/Mark

Primärraffination – Sieben, Trocknen und Pressen der Larven

Nach der Mast der Insektenlarven erfolgt die Primärraffination. Hierbei werden die Larven vom Restsubstrat abgetrennt, inaktiviert, getrocknet und gepresst. Beim Pressen werden die Larven in eine Fett- und eine Proteinfraction getrennt, die weiter aufgereinigt werden müssen.

// METHODIK

Die Larven werden zunächst mittels einer Vibrationsiebmaschine von unverbrauchtem Futtersubstrat und den Reststoffen, dem sogenannten Frass, abgetrennt. Dabei entstehen drei Fraktionen mit unterschiedlicher Partikelgröße: Die Larvenfraktion sowie eine Frass-Feinfraktion und -Grobfraktion.

Anschließend werden die Larven mithilfe von heißem Wasser inaktiviert und gleichzeitig von an den Larven haftenden Verunreinigungen gereinigt. Überschüssiges Wasser wird mittels Druckluft von den Larven entfernt, was die nachfolgende Trocknung erleichtert.

Für die weitere Prozessierung erfolgt die Trocknung der Larven mittels überhitzten Dampfs (engl. superheated steam, SHS). Hierbei werden die Larven in einem am Fraunhofer IGB entwickeltem Trockner in eine Dampf-Atmosphäre mit über 110 °C geführt. Durch die physikalischen Eigenschaften von überhitztem Wasserdampf erfolgt eine schonende und schnelle Trocknung der Larven unter Sauerstoffausschluss. Aufgrund der höheren Wärmekapazität und niedrigeren Viskosität von Dampf im Vergleich zu heißer Luft kann die Trocknung unter bestimmten Bedingungen energieeffizienter erfolgen.

Für den nächsten Schritt wird eine Seiherstab-Schneckenpresse verwendet, ähnlich wie sie beim Pressen von Ölsaaten wie Sonnenblumenkernen zum Einsatz kommt. Dabei werden die Larven bei ca. 80 °C und unter mechanischem Druck grob in eine Rohfettfraktion und den Presskuchen aufgetrennt.



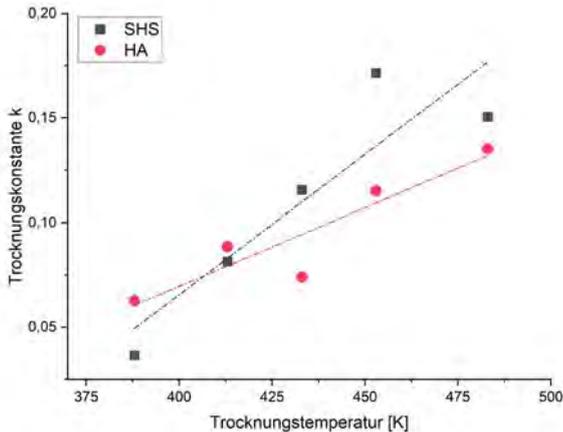
Abtrennung der Larven durch ein Vibrationssieb



Mittels überhitztem Dampf getrocknete Larven

// ERGEBNISSE

Die Trennung der Larven von den beiden Frass-Fractionen mittels Vibrationsiebmaschine erfolgte mit guter Trennleistung ($< 0,5$ w% Larven im Frass), sodass ein Verlust von Larven in den Frass-Fractionen weitestgehend vermieden wurde. Die Abtrennung vom Frass war umso effektiver, je trockener die Ausgangsfraction war. Ein zu feuchtes Substrat ist nicht siebfähig und führt zu einer Verblockung der Siebböden.



Vergleich der Trocknungskonstanten von Trocknung mit überhitztem Dampf (SHS) und Heißluft (HA)

Das Inaktivieren und Waschen mit heißem Wasser erfolgte direkt im Anschluss an das Sieben, wodurch ein kontinuierlicher Arbeitsablauf umgesetzt werden konnte. Die Larven wurden mit einer mittleren Verweilzeit von 20 s bei einer Wassertemperatur von über 80 °C inaktiviert.

Durch die Verwendung der kontinuierlichen Trocknungsanlage mit überhitztem Dampf konnte die Trocknungszeit auf ca. 1,5 h reduziert werden, während die Heißlufttrocknung ca. 8 bis 10 h in Anspruch nimmt. Die Trocknung mittels überhitzten Wasserdampfs zeigte zudem ab einer Temperatur von ca. 130 °C eine schnellere Trocknungsrate im Vergleich zur konventionellen Heißlufttrocknung.

Durch die Verwendung der Schneckenpresse bei Temperaturen von ca. 80 °C konnten 70–75 % des in den Larven vorhandenen Fettes extrahiert werden. Außerdem wurden geringe Restfettanteile zwischen 10 und 12 % im Presskuchen erreicht. Aus auf einer Tonne Futtersubstrat gewachsene Larven konnten somit zwischen 18 und 24 kg Fett extrahiert werden.

// FAZIT

Die Trennung der Larven vom Frass mittels Vibrationsieb konnte mit guter Trennleistung durchgeführt werden, solange die Feuchtigkeit des Substrates zum Ende der Larvenmast ausreichend gering war.

Auch die Inaktivierung, Waschung und Trocknung der Larven wurden in mehreren Pilotierungen erfolgreich umgesetzt.

Das zum Inaktivieren verwendete heiße Wasser wurde von Schwebstoffen befreit und jeweils entsorgt. Für einen zirkulären und kontinuierlichen Prozess muss das Wasser zukünftig aufgereinigt und z. B.

durch Sedimentation von Schwebstoffen befreit werden, bevor es erneut erhitzt und in den Kreislauf rückgeführt werden kann.

Durch die Kondensation des bei der Trocknung aus den Larven verdampften Wassers wird Kondensationswärme freigesetzt, die in der Trocknungsanlage als zusätzlich nutzbare Abwärme verwendet werden kann. In einer integrierten Anlage kann diese Abwärme zur Temperierung der Mastkammer oder für die Inaktivierung der Larven verwendet werden.

// AUTOR

Christian Schmidle M. Sc.
Telefon +49 711 970-4082
E-Mail christian.schmidle@igvp.uni-stuttgart.de

// PROJEKTPARTNER

Universität Stuttgart
Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik
und Plasmatechnologie IGVP
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Konversion der Fettfraktion durch chemische Modifikation

Das aus den Larven erhaltene Fett kann durch chemische Modifikation z. B. zu Fettsäuremethylestern (engl. fatty acid methyl ester, FAME) und anschließend zu weiteren Polyolestern, welche in Schmierstoffen Anwendung finden können, umgewandelt werden. Alternativ kann das Insektenfett zur Herstellung von Seife verwendet werden.

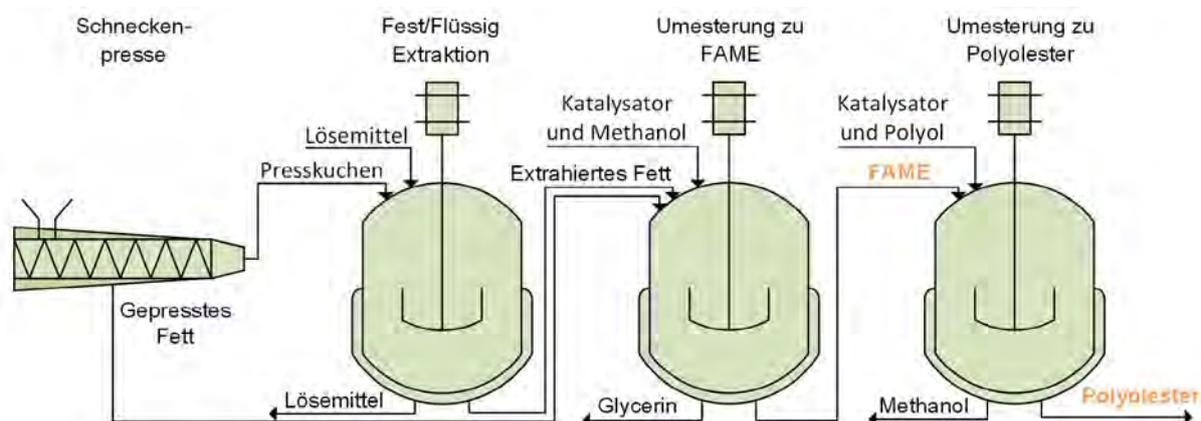
// METHODIK

Das im Zuge der Primärfractionierung gewonnene Rohfett wird mit dem Fett, welches mittels Lösemittelextraktion zusätzlich aus dem Presskuchen gewonnen wurde, vermischt, zum Entfernen von groben Partikeln wie Exoskelett-Teilen gefiltert und schließlich in einen Chemiereaktor überführt. Dort wird das Fett mit einer schwachen Säure entschleimt. Dabei werden Phospholipide und andere lösliche Verunreinigungen entfernt. Optional kann hier eine Entfärbung z. B. mit Aktivkohle erfolgen. Dies ist abhängig vom Einsatzzweck der späteren Produkte.

Anschließend werden mittels Ver- und Umesterungsreaktionen aus dem Insektenfett Fettsäuremethylester (FAME) hergestellt, welche auch als Biodiesel bezeichnet und als Kraftstoff genutzt werden können. Nach erfolgter Synthese wird das Produkt unter anderem durch Waschen mit Wasser aufgereinigt und die erhaltenen Ester hingehend ihrer Stoffeigenschaften wie Fettsäurezusammensetzung, Fettsäuremethylester-Gehalt, Säurezahl und Viskosität untersucht.

Um weitere Folgeprodukte wie höhermolekulare Ester als Basis für Schmierstoffe herzustellen, werden die erhaltenen FAME einer zweiten Umesterungsreaktion unterzogen, wobei anstelle von Methanol mehrwertige Alkohole mit zwei oder mehr Hydroxygruppen verwendet werden. Dies kann dann im Vergleich zum FAME zu einer erhöhten Viskosität und im Vergleich zum raffinierten Insektenfett zu einer höheren Temperaturstabilität führen – beides wünschenswerte Eigenschaften von Schmierstoffen.

Eine Alternative zur Veresterung stellt das Seifenkochen dar, hierbei wurde das gefilterte Fett mit der Lauge Natriumhydroxid (NaOH) verseift. Die entstandene Kernseife kann als Reinigungsmittel verwendet werden.



Schematische Darstellung der Pilotanlage für die FAME- und Polyolestersynthese aus Insektenlarvenfett getrockneter Insektenlarven

// ERGEBNISSE

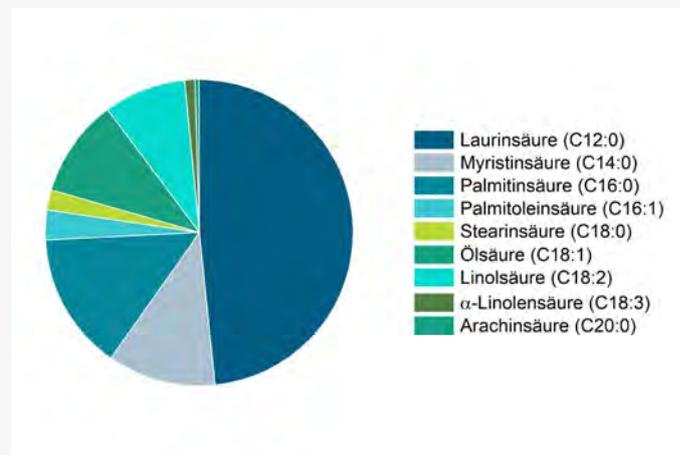
Die Raffination, also das Filtrieren und Entschleimen des Fettes, führt zu einem universal einsetzbaren Fett, aus welchem Seifen, aber auch FAME in geeigneter Reinheit hergestellt werden konnten.

Die Fettsäurezusammensetzung der gewonnenen FAME zeigte für die unterschiedlichen Reststoffströme (Bioabfall, Kantinenabfälle und Lebensmittelrückläufer) sowie für das Referenzfutter hauptsächlich Laurinsäure (C12:0) als häufigste Fettsäure im Insektenfett.

Aus den Fettsäuremethylestern wurden erfolgreich verschiedene höhermolekulare Ester synthetisiert und hinsichtlich ihrer Eignung als Schmiermittel untersucht. Vielversprechende Verbindungen zeigen schon jetzt Viskositäten vergleichbar mit Hydrauliköl. Die Tieftemperatureignung von Insektenfett, das überwiegend aus Laurinsäure (C12:0) besteht, könnte bei den betrachteten Produkten jedoch noch verbessert werden. Im Gegensatz dazu weist das Insektenfett von Larven, die mit Kantinenabfällen gefüttert wurden, einen höheren Anteil an ungesättigten Fettsäuren auf. Dies führt zu

einer besseren Tieftemperatureignung aufgrund eines niedrigeren Stockpunkts im Vergleich zu den anderen Chargen, und es bleibt bei Raumtemperatur flüssig.

Durch die Kochung mit NaOH konnte eine feste Kernseife mit neutralem Geruch aus dem Insektenfett hergestellt werden.



Fettsäurezusammensetzung des Insektenfettes von mit Referenzfutter gemästeten Larven

// FAZIT

Das Insektenfett der Schwarzen Soldatenfliege eignet sich nach der Raffination und Konversion zum Fettsäuremethylester als Plattformchemikalie, aus welcher anschließend weitere Produkte wie Schmierstoffe hergestellt werden können. Das Futter der Insekten hat einen gewissen Einfluss auf die Fettsäurezusammensetzung des resultierenden Fettes und damit auf die Eigenschaften aller folgenden, aus dem Insektenfett gewonnenen Produkte. Durch ein gleichbleibendes Futtersubstrat kann die Variation jedoch auf ein Minimum gesenkt werden.

Die aus Insektenfett gewonnenen höhermolekularen Ester benötigen noch weitere Forschung, insbesondere in Bezug auf ihre Langzeit-

stabilität und Umweltverträglichkeit. Erste Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass sie als Ersatz für Hydrauliköl geeignet sein könnten, da sie vergleichbare Viskositäten aufweisen. Über Fraktionierung der Fettsäuren könnte zudem die Eigenschaft des Insektenfettes angepasst werden.

Die aus dem Insektenfett gewonnene Seife kann nach der Reifung als Kernseife, z. B. in Pflegeprodukten oder im Haushalt, verwendet werden. Zusätzlich können Duftstoffe beigemischt oder unter der Verwendung von Kaliumhydroxid eine Schmierseife gewonnen werden.

// AUTOR

Christian Schmidle M. Sc.

Telefon +49 711 970-4082

E-Mail christian.schmidle@igvp.uni-stuttgart.de

// PROJEKTPARTNER

Universität Stuttgart

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik

und Plasmatechnologie IGVP

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Valorisierung der Fettfraktion durch Fermentation

Neben der chemischen Konversion der erhaltenen Fettfraktion kann diese auch durch fermentative Prozesse z. B. zu mikrobiellen Biotensiden wie Mannosylerythritollipid (MEL) umgesetzt werden. Ein Vorteil hierbei ist, dass das Fett vorher nicht raffiniert werden muss.

// METHODIK

Zunächst wurde untersucht, welche Qualität das Insektenfett für die mikrobielle Fermentation zu Mannosylerythritollipid (MEL)-Biotensiden haben muss. Dazu wurde das mechanisch gepresste Rohfett in einem Lösemittel gelöst und filtriert. Das filtrierte Fett wurde weiter mit Wasser und Phosphorsäure entschleimt. Zum Schluss wurde das gereinigte Fett in freie Fettsäuren aufgespalten.

Die verschiedenen Fettqualitäten wurden anschließend in einem Screening-Versuch auf ihre Eignung für die mikrobielle Fermentation untersucht. Hierzu wurden die Mikroorganismen, Pilze aus der Familie der Ustilaginaceae, auf einem Kulturmedium vermehrt und anschließend die Produktion von MEL durch Zugabe der unterschiedlich raffinierten Insektenfette zum Ende der Wachstumsphase gestartet. Dabei wurde sowohl die Zellmasse als auch die Konversion des Fetts zu Biotensiden analysiert. Parallel wurden die Fettkennzahlen der eingesetzten raffinierten Fette untersucht.

Im weiteren Verlauf wurde dann auch die Fermentation von rohem gepresstem Insektenfett im Bioreaktor durchgeführt, um detaillierte Verläufe der MEL-Synthese aufzunehmen. Wenn eine möglichst vollständige Umsetzung des Insektenfetts zum Biotensid erreicht war, wurde der Bioreaktor gestoppt, die Kultursuspension durch Hitze inaktiviert und anschließend geerntet. Im Zuge der Produktaufarbeitung wurde die Kulturbrühe aufkonzentriert, anschließend extrahiert und schließlich der erhaltene Extrakt durch Adsorptionsverfahren gereinigt.



Unterschiedliche Raffinationsstufen des Insektenfetts für die Umsetzung zu Biotensiden. Von links nach rechts: gepresstes Rohfett, gefiltertes Fett, entschleimtes Fett, zweifach entschleimtes Fett, freie Fettsäuren



Fermentation von Insektenfett zum Biotensid MEL im Bioreaktor

// ERGEBNISSE

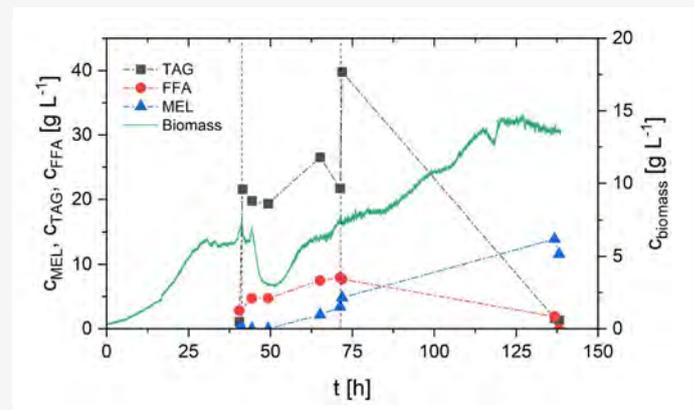
Bei der Untersuchung der unterschiedlich raffinierten Insektenfette für die Fermentation zu MEL wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Somit eignet sich das Rohfett genauso wie das raffinierte Fett für die mikrobielle Fermentation. Bei der Untersuchung der Fettkennzahlen wurde deutlich, dass diese sich hinsichtlich Iodzahl, Säurezahl, Verseifungszahl sowie Stickstoffgehalt nur unwesentlich unterscheiden. Auch der Stickstoffgehalt, ein Indikator für Restprotein, lag im Rohfett bei lediglich 0,2 %. Für die mikrobielle Fermentation kann daher direkt das Rohfett ohne aufwendige Raffinationsschritte verwendet werden.

Die Fermentation im Bioreaktor zeigte den erwarteten Verlauf. Nach der Zugabe des Insektenfetts wurde dieses von den Mikroorganismen zunächst zu freien Fettsäuren hydrolysiert. Diese wurden anschließend von den Zellen aufgenommen und zu MEL umgesetzt. Das Insektenfett wurde dabei nahezu vollständig verwertet, allerdings lagen die erzielten MEL-Konzentrationen mit ca. 14 g/L noch niedriger als bei der Verwendung von z. B. Rapsöl als Substrat.

Die Aufreinigung des Biotensids aus der Fermentationsbrühe beim Einsatz von Insektenfett als Substrat unterschied sich nur unwesentlich von der Produktaufreinigung beim Einsatz von Rapsöl. Etablierte

Technologien können also auch im Rahmen der Insektenbioraffinerie genutzt werden.

Eine Strukturanalytik von MEL, welches mit Insektenfett hergestellt wurde, ergab, dass dieses im Vergleich zu MEL aus Rapsöl weniger Doppelbindungen in den Seitenketten enthält. Während bei Verwendung von Rapsöl durchschnittlich ca. 30 % ungesättigte Fettsäuren in MEL vorhanden sind, waren es bei Verwendung von Insektenfett nur ca. 8 %, was sich durch die hauptsächlich gesättigten Fettsäuren im Insektenfett erklären lässt.



Zeitlicher Verlauf der MEL-Produktion im Bioreaktor. Nach der ersten Zugabe des Insektenfetts (TAG) nach 40 h entstehen zunächst freie Fettsäuren (FFA), welche dann zu MEL umgesetzt werden.

// FAZIT

Das Rohfett der Schwarzen Soldatenfliege eignet sich auch ohne aufwendige Raffination für die mikrobielle Fermentation zur Herstellung des Biotensids MEL. Da mehrere Raffinationsschritte gespart werden, können die Kosten der gesamten Prozesskette reduziert werden.

Die Fermentation im Bioreaktor hat die generelle Machbarkeit der MEL-Herstellung aus Insektenfett eindrücklich demonstriert. Da die erzielten Produktkonzentrationen im Vergleich zu Pflanzenölen aktuell aber noch niedriger sind, muss hier in Zukunft noch weiter

geforscht werden und die Fermentationsprozesse speziell auf das Substrat angepasst werden.

Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass sich die Strukturen der erhaltenen MELs beim Einsatz von Insektenfett leicht von denen aus Pflanzenölen wie Rapsöl unterscheiden. Durch die veränderten Strukturen könnte MEL aus Insektenfett möglicherweise andere Anwendungsbereiche erschließen und ist daher für die Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittelindustrie generell interessant.

// AUTOR

Dr.-Ing. Alexander Beck
Telefon +49 711 970-4080
E-Mail alexander.beck@igb.fraunhofer.de

// PROJEKTPARTNER

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und
Bioverfahrenstechnik IGB
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Konversion des Insektenproteins

Die Proteinfraction bildet den zweitgrößten Anteil in Insektenlarven. Nach dem Pressen der Larven wird der proteinreiche Presskuchen zunächst vollständig entfettet und die Proteine zur technischen Nutzung weiterverarbeitet.

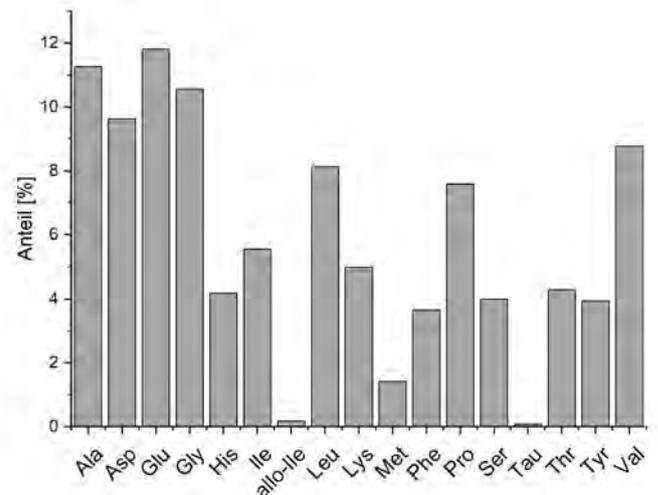
// METHODIK

Die mechanische Pressung trennt das Fett der Larven nicht vollständig ab. Um einen vollständig entfetteten Presskuchen für die weitere Nutzung des Proteins zu erhalten, erfolgt daher im Anschluss eine Fest-Flüssig-Extraktion des Presskuchens mit organischen Lösemitteln wie Essigsäureethylester oder Ethanol. Bei der nachfolgenden chemischen Aufspaltung (Hydrolyse) der Proteine mit Laugen, z. B. Natriumhydroxid, könnte es sonst zu einer unerwünschten Verseifung des verbleibenden Fettes kommen. Das hydrolysierte Protein wird schließlich in mehreren Schritten gewaschen, gereinigt, entfärbt, entwässert und getrocknet. Das vollständig entfettete Protein wurde zusätzlich mittels Aminosäureanalysator auf seine Zusammensetzung hin untersucht.

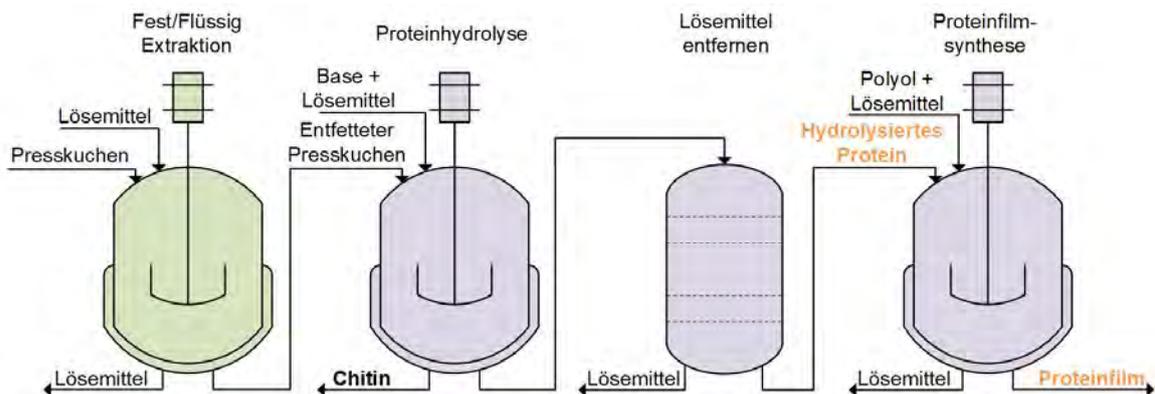


Proteinreicher Insektenpresskuchen nach dem Pressen

Das hydrolysierte Protein kann in einem Lösemittel wie z. B. Wasser gelöst und anschließend in Filme gegossen werden. Nach Verdampfen des Lösemittels bleibt ein Proteinfilm zurück. In Wasser gelöstes hydrolysiertes Protein wurde zudem auf seine Klebeeignung hin untersucht. Dabei wurden zwei Seiten Papier mit dem Proteinkleber zusammengeklebt und die Flexibilität der erhaltenen Klebestelle getestet.



Aminosäurezusammensetzung des entfetteten Proteinkuchens aus der Pilotierung mit Referenzfutter



Prozessschema zur Auf- und Weiterarbeitung des Insektenproteins

// ERGEBNISSE

Aus auf einer Tonne Futtersubstrat gewachsenen Larven wurden nach der Pressung der Larven ca. 36 kg Presskuchen mit einem Restfettgehalt von ca. 18 % erhalten. Durch die vollständige Entfettung konnten somit bis zu 30 kg vollständig entfetteter Presskuchen gewonnen werden.

Die Aminosäurezusammensetzung zeigte, dass Alanin, Asparaginsäure, Glutaminsäure und Glycin am häufigsten vorkommen, wobei Glutaminsäure mit etwa 12 % den größten Anteil hat. Die übrigen Aminosäuren sind in geringeren Mengen vertreten. Der Aminosäuremix der Larven weist generell eine gute Mischung aus hydrophoben (Ile, Leu, Val) und polaren (Asp, Glu, Ser, Thr) Aminosäuren auf.

Für die technische Anwendung der Proteinfraction wurde diese hinsichtlich Filmbildung und als Proteinkleber untersucht.

Mit dem hydrolysierten Insektenprotein konnten erfolgreich Proteinfilme gegossen werden. Diese besitzen allerdings bislang noch eine geringe Zugfestigkeit. Durch die Integration von Vernetzern (z. B. Citronensäure), die die Proteinmoleküle stärker miteinander verbinden, oder durch die Kombination mit anderen biokompatiblen Materialien können die mechanischen Eigenschaften zukünftig verbessert werden und die Einsatzmöglichkeiten dieser nachhaltigen, biologisch abbaubaren Produkte erweitert werden.

Die Papierseiten, welche mit dem Proteinkleber zusammengeklebt wurden, konnten ohne Aufbrechen der Klebestelle gebogen werden. Die Klebestelle konnte zudem durch mechanisches Einwirken nicht ohne Reißen der Papiere gelöst werden, was auf eine gute Klebewirkung hinweist.

// FAZIT

Durch die Fest-Flüssig-Extraktion konnte der Presskuchen vollständig entfettet werden und mittels chemischer Hydrolyse mit einer Lauge das Insektenprotein anschließend aufgeschlossen werden.

Zudem wurde die Zusammensetzung des Insektenproteins bestimmt, um eine Aussage über die in Insektenprotein enthaltenen Aminosäuren und somit auch mögliche Einsatzzwecke der Proteinfraction treffen zu können. Die Proteinfraction aus den Larven enthält eine gute Mischung aus hydrophoben und polaren Aminosäuren. Dies deutet auf eine ausgewogene Balance zwischen Kohäsion und Adhäsion für technische Anwendungen hin. Kohäsion sorgt dabei für die innere Festigkeit des Materials, während Adhäsion eine Bindung an Oberflächen ermöglicht, sodass ein möglicher Klebstoff sowohl stabil zusammenhält als auch fest an verschiedenen Materialien haftet. Der

Kleber könnte gut für Anwendungen geeignet sein, bei denen eine starke, flexible und eventuell reversible Bindung erforderlich ist. Anpassungen in der Formulierung oder Nachbehandlung sind erforderlich, um die Eigenschaften zu optimieren.

Die technische Nutzung des Insektenproteins muss in weiteren Forschungsarbeiten untersucht werden. Insbesondere die mechanischen Eigenschaften, wie die Zugfestigkeit, können durch die gezielte Zugabe von Additiven wie Polyolen, etwa Glycerin, oder organischen Säuren wie Citronensäure, verbessert werden. Diese Modifikationen könnten neue Anwendungsbereiche eröffnen, beispielsweise in der Herstellung von Biokunststoffen, Verbundwerkstoffen oder als Bindemittel in Farben.

// AUTOR

Christian Schmidle M. Sc.
Telefon +49 711 970-4082
E-Mail christian.schmidle@igvp.uni-stuttgart.de

// PROJEKTPARTNER

Universität Stuttgart
Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik
und Plasmatechnologie IGVP
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Chitin und Chitosan aus der Insektenbioraffinerie

Nicht verwendete Nebenprodukte der Schwarzen Soldatenfliege bieten eine lokale Alternative für die Herstellung von Chitin und Chitosan gegenüber traditionellen Quellen wie z. B. Krabbenchalen. Die Biopolymere bieten das Potenzial, erdölbasierte Polymere in verschiedensten Anwendungen zu ersetzen.

// METHODIK

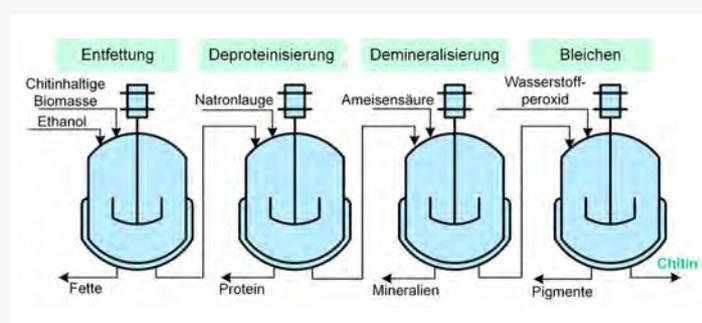
Chitinreiche Nebenprodukte der Larvenmast mit der Schwarzen Soldatenfliege, wie Präpuppen- und Puppenexuvien sowie tote Fliegen, werden derzeit nicht gesondert genutzt. Eine Bewertung des Wertschöpfungspotenzials der Nebenströme ist auch aufgrund der in der Literatur bestimmten Schwankungen im Chitin-, Fett-, Protein- und Mineralstoffgehalt herausfordernd. Das Ziel war daher, eine Materialbilanz für diese Nebenprodukte zu erstellen, um die wertvollste Chitinquelle zu identifizieren und deren genaue Zusammensetzung (Fett, Protein, Kohlenhydrate, Mineralstoffe) für eine umfassende Nutzung zu analysieren. Hierzu wurden zehn Chargen der chitinreichen Nebenprodukte über einen Zeitraum von drei Monaten hinweg gesammelt, sodass Fluktuationen in der Biomasse berücksichtigt und repräsentative Aussagen getroffen werden konnten.

Neben der Analytik wurde die eigentliche Chitinherstellung vorangetrieben, welche Entfettung, Deproteinisierung, Demineralisierung und einen Bleichschritt beinhaltet. Bei der Chitinherstellung war ein Ziel, den Wasserverbrauch und Chemikalieneinsatz durch die Optimierung der Prozessschritte zu reduzieren. Die Entwicklungsarbeiten umfassten zudem die Übertragung der Prozesse vom Labor in den Pilotmaßstab. Hierfür wurden die im Labormaßstab erzielten Erkenntnisse auf die Produktion von Chitin in einem 50-Liter-Reaktor übertragen, um die Qualität und Ausbeute zu bewerten und Einblicke in die industrielle Produktion gewinnen zu können.

Gegenüber Chitin besitzt Chitosan den Vorteil, in wässrigen Lösungen gelöst werden zu können. Daher wurde in einem letzten Prozessschritt Chitin in sein Derivat Chitosan umgesetzt. Das Chitosan wurde durch chemische Deacetylierung des Chitins mit Natronlauge hergestellt, wobei mit dem resultierenden Produkt auf der Basis spezifischer Analysen eine hohe Reinheit und Güte erzielt wurde.



Lebenszyklus der Schwarzen Soldatenfliege und deren chitinreiche Nebenprodukte aus einer Insektenmast- und Zuchtanlage



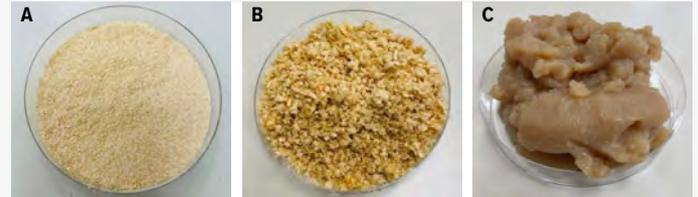
Optimierte Prozesskette zur Herstellung von Chitin und Rückgewinnung wertvoller Nebenprodukte bei jedem Verfahrensschritt

// ERGEBNISSE

Die erstellte Massenbilanz zeigt, dass Puppenexuvien das wertvollste Nebenprodukt der Schwarzen Soldatenfliege für die Chitinproduktion sind. Die Puppenexuvien haben einen Chitingehalt von 13–18 %, einen Aschegehalt von 18–29 % und einen Proteingehalt von 8–22 %. Tote Fliegen enthalten 6–13 % Chitin und ermöglichen die Gewinnung weiterer Produkte wie Fette (22–28 %) und Proteine (31–33 %). Diese Ergebnisse verbessern unser Verständnis über die Zusammensetzung und die Erträge von Nebenprodukten der Schwarzen Soldatenfliege und demonstrieren, wie ungenutzte Materialströme verwertet werden können.

Bei der Chitinherstellung erwies sich Ethanol als das effektivste Mittel zur Entfernung von Fett aus den Insektenbiomassen. Bei der Deproteinisierung konnte der Einsatz von Lauge bei gleichzeitiger Erniedrigung der Temperatur verringert werden. Dies ermöglicht die

Rückgewinnung von Proteinen als wertvolle Nebenprodukte. Unsere Untersuchungen zeigen weiter, dass die Demineralisierung mit Ameisensäure bei der Chitinherstellung aus Puppenexuvien optional ist. Bei toten Fliegen, die nur einen geringen Mineralstoffgehalt besitzen, der zudem im letzten Bleichschritt ausreichend entfernt werden kann, ist die Demineralisierung überhaupt nicht notwendig. Das mit optimierten Parametern hergestellte Chitosan erreichte einen Reinheitsgrad von 95 %.



A: Chitin aus toten Fliegen; B und C: Chitin und Chitosan aus Puppenexuvien (nicht entfärbt)

// FAZIT

Das InBiRa-Projekt zeigt das Potenzial auf, bislang nicht genutzte Nebenprodukte aus der Insektenzucht als wertvolle lokale Quelle für die Produktion von Chitin und Chitosan zu erschließen. Der entwickelte und optimierte Prozess berücksichtigt auch ökologische Aspekte und reduziert dadurch die negativen Umweltauswirkungen durch Chemikalien sowie den Wasserverbrauch erheblich. Die erfolgreichen Ergebnisse der Pilotanlage bilden einen wichtigen Baustein für die industrielle Produktion von Chitin und Chitosan aus Nebenprodukten der Insektenmast und bieten eine Alternative zu herkömmlichen Quellen für diese Biopolymere.

Ein Einsatz von Chitosan kann in unterschiedlichen Bereichen, wie der Abwasserbehandlung, der Textilindustrie, der Landwirtschaft, der

Lebensmittelindustrie, der Biomedizin, der Wundheilung und im Tissue Engineering erfolgen. Chitosan kann z. B. als Flockulierungsmittel zur Reinigung von Abwässern der Textil- und Papierindustrie oder bei der Olivenöl-, Wein- und Spirituosenherstellung eingesetzt werden. Chitosan kann außerdem als Crosslinker auf Trägern zur Adsorption und Abtrennung von Schwermetallen oder weiteren zweiwertigen (Schwer-)Metallionen und auch Farbstoffen genutzt werden. Im Bereich der Textilindustrie wird aktuell am Einsatz von Chitosan als Garn, als Schlichtemittel beim Spinnen oder nach Funktionalisierung auch als antibakterielle oder hydrophobe Veredelung für Textilien geforscht. Somit ergeben sich zukünftig vielfältige Nutzungspfade für das erhaltene Chitin und seine Derivate aus der Insektenbioraffinerie.

// AUTOREN

Muhand Elamin M. Sc.

Dr.-Ing. Thomas Hahn

Telefon: +49-711-970-4159

E-Mail thomas.hahn@igb.fraunhofer.de

// PROJEKTPARTNER

Universität Stuttgart

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik

und Plasmatechnologie IGVP

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und

Bioverfahrenstechnik IGB

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Nutzung der nichtverwerteten Restsubstrate

Zur Kreislaufschließung werden die nichtverwertete Futtermischung sowie die Ausscheidungs- und Häutungsprodukte, die zusammen das sogenannte Restsubstrat (Frass) bilden, als weiterer Stoffstrom für mögliche Verwertungspfade evaluiert und vor allem hinsichtlich des Biogasertrags untersucht.

// METHODIK

Zur Bewertung der weitergehenden stofflichen Nutzung wurde das Restsubstrat auf seinen Biogas- und Methanertrag untersucht. Dazu wurde das Restsubstrat unter definierten anaeroben Bedingungen vergärt (Yieldmaster) und die grundsätzliche Umsetzbarkeit der Biomasse zu Biogas, eventuell auftretenden Hemmungen des Prozesses und die Gasausbeute untersucht. Das Restsubstrat wurde mit Faulschlamm angeimpft und mesophil bei 32 – 42 °C über ca. 25 Tage bis zur Wertekonstanz vergärt (nach VDI 4630). Die Messung des Biogasvolumens und Methangehalts erfolgte dabei kontinuierlich.

Es wurden sowohl die ursprüngliche Futtermischung als auch das nach der Larvenmast anfallende Restsubstrat untersucht und verglichen. Zudem wurden der Biogas- und Methanertrag der Futtermischung, aus der das Restsubstrat stammt, ermittelt. So konnte der Biogasertrag der Futtermischung und des nach der Verwertung über die Insektenbioraffinerie zurückbleibenden Restsubstrats miteinander verglichen werden. Darüber hinaus wurde ermittelt, wie viel Biogas nach der Verwertung des organischen Reststoffs als Futtermischung bei Zugabe des Restsubstrats zu einer Vergärungsanlage gewonnen werden kann und, der direkten Verwertung in einer Vergärungsanlage gegenübergestellt.

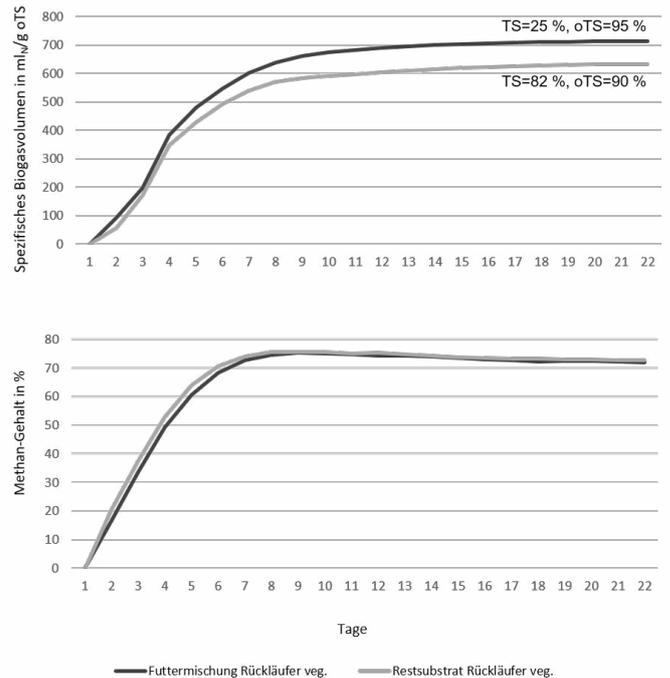


Nichtverwertetes Restsubstrat (Frass) aus der Larvenmast zur Verwertung in einer Biogasanlage

// ERGEBNISSE

In der Abbildung rechts ist der Biogasertrag als „spezifisches Biogasvolumen in Norm(N)-mL pro g organische Trockensubstanz“ ($\text{mL}_N/\text{g oTS}$) und der Methan-Gehalt in % über den zeitlichen Verlauf dargestellt. Am Beispiel des Reststoffstroms Rückläufer vegetarisch (Gemüse, Obst und Backwaren) ist ersichtlich, dass in den ersten vier Versuchstagen ein nahezu gleiches spezifisches Biogasvolumen aus der Futtermischung ($384 \text{ mL}_N/\text{g oTS}$) und dem Restsubstrat ($350 \text{ mL}_N/\text{oTS}$) anfällt. Nach dem vierten Tag zeigt das Biogasvolumen der Futtermischung einen etwas steileren Anstieg als das Restsubstrat, um nach 22 Tagen Versuchsdauer ein konstantes Biogasvolumen von $714 \text{ mL}_N/\text{g oTS}$ zu erreichen. Das Biogasvolumen des Restsubstrats liegt mit $634 \text{ mL}_N/\text{g oTS}$ im Schnitt 12 % darunter.

Bei Betrachtung des absoluten Biogasvolumens muss die Substratreduktion durch das Larvenwachstum (ca. 86 % bei Rückläufer veg.) mit betrachtet werden. So würden bei der Direktvergärung aus einer Tonne Futtermischung (Rückläufer veg.) $91 \text{ m}^3 \text{ Biogas}_N$ entstehen, während in der InBiRa ca. $49,5 \text{ kg}$ getrocknete Larven und $36 \text{ m}^3 \text{ Biogas}_N$ (aus 14 % Restsubstrat bei Rückläufer veg.) gewonnen werden. Die Biogasqualität bleibt dabei gleich, was sich am Methan-Gehalt ablesen lässt. Somit wird durch InBiRa das absolute Biogasvolumen im Vergleich zur ausschließlichen Verwertung in einer Vergärungsanlage zwar auf 39 % verringert, es können im Gegenzug



Spezifisches Biogasvolumen je g organischer Trockensubstanz des eingesetzten Substrats und Methan-Gehalt von Futtermischung und Restsubstrat der Rückläufer veg. im Vergleich

aber wertvolle Produkte aus den Larven gewonnen werden. Der Vergärungsprozess des Restsubstrates ist nach ca. 11 Tagen abgeschlossen, wodurch die Zugabe als Co-Substrat in bestehenden Anlagen denkbar ist.

// FAZIT

Aus der Insektenbioraffiniere InBiRa fällt nach dem Larvenwachstum ein Restsubstrat an, das für die anaerobe Behandlung und Biogasgewinnung geeignet ist. Die Qualität des Biogases (Methan-Gehalt) aus dem Futtermittel und dem korrespondierendem Restsubstrat ist nahezu gleich. Das spezifische Biogasvolumen des Restsubstrats liegt nur leicht unterhalb des spezifischen Biogasvolumens der

vegetarischen Futtermischung. Da das Restsubstrat nach dem Larvenwachstum einen geringeren Anteil des gesamten Massestroms ausmacht, wird zwar ein geringeres absolutes Biogasvolumen gewonnen, dafür entstehen aber auch wertvolle Produkte aus den Larven. Insgesamt ist eine gute anaerobe Verwertung der vegetarischen Rückläufer gegeben.

// AUTOR

Dipl.-Ing. Bettina Krucker
Telefon +49 711 685-63695
E-Mail bettina.krucker@iswa.uni-stuttgart.de

// PROJEKTPARTNER

Universität Stuttgart
Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft
Bandtäle 2
70569 Stuttgart-Büsnau

Ökobilanzierung der Insektenbioraffinerie

In der Ökobilanzierung wurden die ökologischen Vor- und Nachteile der Insektenbioraffinerie im Vergleich zur konventionellen Verwertung der biogenen Reststoffströme in Biogas- und Kompostierungsanlagen untersucht. Weiterhin wurde analysiert, welche Hotspots und relevanten Stellschrauben zur Verbesserung des Systems vorliegen. Somit können die Ergebnisse zur Entscheidungsunterstützung für die Entwicklung der Insektenbioraffinerie durch die Projektpartner bzw. Projektentwickler, für die Vermarktung des Verfahrens, aber auch für Entscheidungsträger in der Politik bspw. zu gesetzgebenden Verfahren dienen.

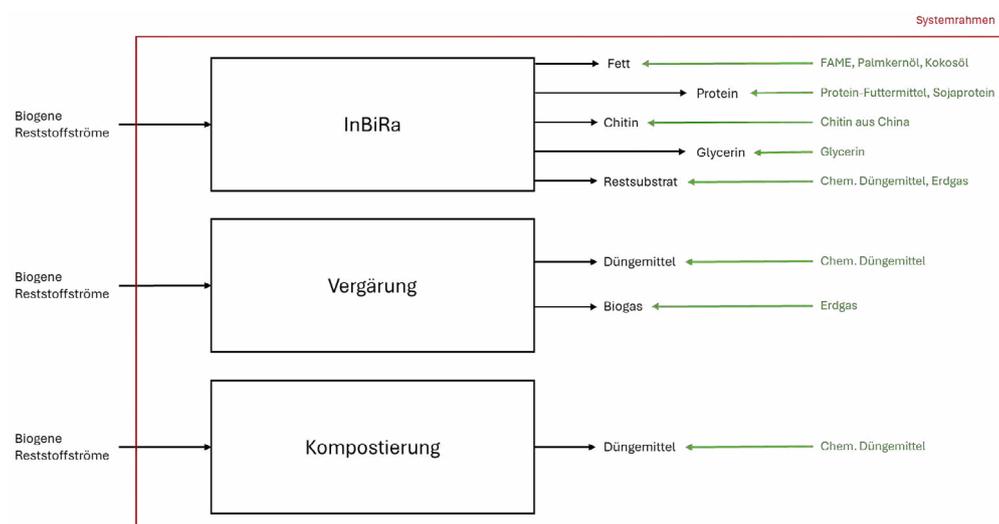
// METHODIK

Da es sich um eine Abfallökobilanz handelt, wurde lediglich die Verwertung, also das End-of-Life der biogenen Reststoffströme betrachtet. Die vorgelagerten Lebensphasen der biogenen Reststoffströme bzw. die Produktsysteme, in denen die biogenen Reststoffströme anfallen, wurden nicht betrachtet. Hier ist davon auszugehen, dass diese nicht von der Art der Verwertung beeinflusst werden.

Je nach Verwertungsweg (InBiRa, Vergärung, Kompostierung) können aus den biogenen Reststoffströmen unterschiedliche Produkte hergestellt werden, welche potenziell konventionell hergestellte Produkte substituieren. Die so vermiedene Herstellung konventioneller Produkte wurde bei der Evaluierung der Verwertungspfade in Form von

Gutschriften berücksichtigt, welche als negative Werte in die Bilanz eingehen.

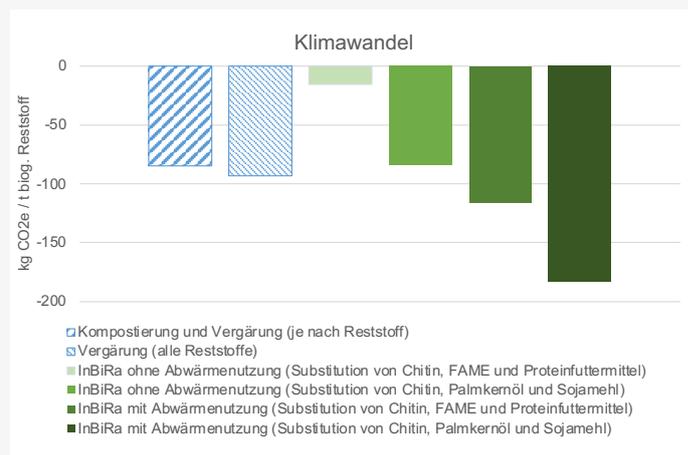
Die in der Ökobilanz berücksichtigten potenziell substituierbaren Produkte sind in unten stehender Abbildung zusammengefasst. Das Fett kann zu Fettsäuremethylester (FAME) weiterverarbeitet werden, wodurch Glycerin als Nebenprodukt entsteht. Die Prozesse in InBiRa, die noch nicht großtechnisch umgesetzt sind, wurden im Rahmen der Datenerhebung theoretisch aufskaliert. Damit wird eine Vergleichbarkeit der InBiRa-Bilanzdaten mit denen der konventionellen Verwertung biogener Reststoffe hergestellt.



Nutzungspfade biogener Reststoffströme und Outputs sowie potenziell substituierbare Produkte im Vergleich

// ERGEBNISSE

Da durch die in InBiRa entstehenden Produkte teilweise unterschiedliche konventionelle Produkte substituiert werden könnten, wurden unterschiedliche Kombinationen an substituierten Produkten als Substitutionsszenarien berechnet. Die Zwischenergebnisse der Ökobilanz zeigen, dass die Verwertung biogener Reststoffe mit dem InBiRa-Verfahren einen positiven Einfluss auf die Wirkungskategorie Klimawandel hat. In allen berechneten Substitutionsszenarien werden durch das Verfahren bezüglich der Treibhausgas-Emissionen Netto-Einsparungen erreicht. Je nach Szenario ergibt sich eine Einsparung von ca. 16 bis 84 kg CO₂-Äquivalente pro Tonne biogener Reststoff, der in InBiRa verwertet wird. Falls es außerdem gelingt, den Wärmebedarf des InBiRa-Verfahrens zu 90 % aus Abwärme zu decken, fallen die Ergebnisse noch deutlich positiver aus. In diesem Fall wäre eine Einsparung von bis zu ca. 183 kg CO₂-Äquivalente pro Tonne biogener Reststoff möglich, was auch im Vergleich zu Kompostierung und Vergärung (ca. 85 bis 93 kg CO₂-Äquivalente pro Tonne biogener Reststoff) als traditionelle Verwertungspfade vorteilhaft wäre. InBiRa schneidet auch in den Umweltwirkungskategorien Landnutzung, Versauerung und Feinstaubbildung sehr gut ab, während konventionelle Kompostierung und Vergärung bezüglich der Kategorien kumulierter Energieaufwand, Eutrophierung und photochemische Oxidantienbildung im Vorteil sind.



Zwischenergebnisse für die Wirkungskategorie Klimawandel mit zwei verschiedenen Substitutionsszenarien jeweils mit und ohne Abwärmenutzung im Vergleich zu Kompostierung und Vergärung bezogen auf 1 Tonne biogener Reststoff. Negative Werte bedeuten Netto-Einsparungen im Vergleich zu den jeweils potenziell substituierbaren Produkten.

// FAZIT

Insgesamt wurden die Parameter Wärmebereitstellung, Energiebedarf, Chemikalieneinsatz und Larvenausbeute als Hotspots des InBiRa-Verfahrens identifiziert, welche in der weiteren Entwicklung ggf. optimiert werden könnten. Auch die Produkte, die durch die InBiRa-Produkte Fett, Protein und Chitin substituiert werden, beein-

flussen das Ergebnis stark. Dabei sind die jeweils besten Produkte nicht eindeutig. So würden z. B. mehr Treibhausgase eingespart, wenn das Fett Palmkernöl ersetzt, während die Substitution von Kokosöl einen positiveren Beitrag zur Reduktion von Feinstaubemissionen bewirkte.

// AUTOREN

Bianca Siedlecki, Christian Dierks
Telefon +49 6221 4767-602
E-Mail christian.dierks@ifeu.de

// PROJEKTPARTNER

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
Wilckensstr. 3
69120 Heidelberg

Rechtlicher Rahmen: Regelbasierter Innovationsraum InBiRa

Aktuell dürfen in der EU nur zugelassene Futtermittel für die Larvenaufzucht verwendet werden. Die Fütterung von Speiseabfällen oder ehemaligen Lebensmitteln, welche fisch- und fleischhaltige Bestandteile besitzen, ist nicht erlaubt. Für das InBiRa-Projekt wurde eine Ausnahmegenehmigung der Veterinärbehörde der Landeshauptstadt Stuttgart erteilt.

Aktuelle rechtliche Rahmenbedingungen

Die EU-Gesetzgebung, insbesondere die Verordnung (EG) Nr. 1069/2009, legt strenge Regeln für die Zucht und Mast von Insekten innerhalb der Europäischen Union fest. Insekten sind entsprechend dieser Verordnung Nutztiere. Sie dürfen nur mit zugelassenen Futtermitteln gefüttert werden. Das sind hauptsächlich Substrate pflanzlichen Ursprungs sowie Milch- und Eiprodukte. Die Definition der Insekten als Nutztiere in dieser Verordnung bedeutet, dass die Vorschriften über die Fütterung für alle Insektenprodukte gelten, unabhängig davon, ob sie für den menschlichen Verzehr oder für technische Anwendungen bestimmt sind. Das heißt, dass auch Insekten, die für die Herstellung von nicht für die Futter- und Lebensmittelkette bestimmten Produkten wie Biokraftstoffen, Kosmetik oder für die Biochemie gezüchtet bzw. gemästet werden, nicht mit Abfällen gefüttert werden dürfen.

Ausnahmegenehmigung

Im Rahmen des InBiRa-Projekts wurden auf der Grundlage der dem Fraunhofer IGB erteilten Ausnahmezulassung für Tierische Nebenprodukte „nicht-zugelassene-Futtersubstrate“ an Insekten verfüttert. Dies war nur im Rahmen der TNP-VO (EU) 1069/2009 unter Artikel 11 für Sondervorschriften für Proben für Forschungs- und Diagnosezwecke möglich. Diese Sondervorschriften geben die Vorgehensweise bei solchen Arbeiten vor. Dies ermöglichte die Verwendung von nicht verkauften Lebensmitteln mit Fisch- und Fleischbestandteilen aus Supermärkten für die Larvenmast als Futtersubstrat. Darüber hinaus konnten außerdem Kantinenabfälle, die gemäß der Verordnung (EU) Nr. 142/2011 als Futterquelle für Insekten verboten sind, eingesetzt werden. Als weitere nicht zugelassene Substratquelle wurden Bioabfälle aus Haushalten anteilmäßig den Substraten beigemischt.



Speisereste als Futtersubstrat für die Larvenkultivierung



Futtermitteldosierung für die Larvenmast

Alle eingesetzten Futtermittel müssen darüber hinaus frei von Verpackungsrückständen und Fremdstoffen sein. Diese Regelung soll Risiken für die öffentliche Gesundheit und für die Umwelt minimieren und gleichzeitig die nachhaltige Nutzung von Insekten als Ressource möglich machen.

Innovationsraum InBiRa

Die Verwertung biogener Reststoffe aus Haushalten stellt eine wichtige Komponente im Abfallmanagement dar. Die Bioabfallverordnung (BioAbfV) regelt die Verwertung dieser Abfälle und setzt strenge Rahmenbedingungen für deren Behandlung und Entsorgung. Eine direkte stoffliche Verwertung dieser Reststoffe in der Larvenmast ist nach der aktuellen Gesetzgebung nicht gestattet, da sie als Abfälle klassifiziert werden.

In der Natur ist es die eigentliche Aufgabe der Insekten, Abfälle in hochwertige Produkte in der natürlichen Kreislaufwirtschaft umzuwandeln. So bieten auch die in InBiRa eingesetzten Reststoffe, einschließlich überlagerter Lebensmittel und Speisereste, ein ausgeglichenes Nährstoffprofil, das für die Larvenkultivierung ideal ist und eine effiziente Umsetzung ermöglicht, ohne zusätzliche Abfälle zu generieren.

Zusätzlich zu den Vorschriften der Bioabfallverordnung wurden im Rahmen des Projekts auch die allgemeinen Anforderungen an das Tierwohl beachtet, die gemäß Tierschutzgesetz auch für Insekten gelten. Dies schließt die Überwachung der Tiergesundheit und die Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen bei übertragbaren Tierseuchen gemäß der Verordnung (EU) 2016/429 ein. Diese Praktiken gewährleisten nicht nur die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben, sondern tragen auch zur nachhaltigen und ethisch verantwortungsvollen Nutzung von Ressourcen bei.

Fazit

Das InBiRa-Projekt zeigt auf, dass Insekten wie die Larven der Schwarzen Soldatenfliege (*Hermetia illucens*) effizient auf verschiedenen organischen Abfallsubstraten wachsen können und dabei hochwertige Proteine und Fette produzieren. Um sicherzustellen, dass keine schädlichen Substanzen in die Nahrungskette gelangen, sind diese nicht für den menschlichen Verzehr bestimmt, sondern können in technischen Produkten Anwendung finden. Die aktuellen Forschungen und Entwicklungen in diesem Bereich könnten die Tür für neue Futtersubstrate öffnen und die Insektenkultivierung als eine sichere und umweltfreundliche Option für eine wertschöpfende Nutzung der im Projekt eingesetzten Reststoff- und Abfallströme etablieren. Die Ergebnisse des Projekts können als wissenschaftlicher Beleg für die Zulassung neuer Futtersubstrate in der Insektenkultivierung in Betracht gezogen werden.

Autor

Kirsten Katz

Telefon +49 33704 67550

E-Mail k.katz@hermetia.de

Projektpartner

Hermetia Baruth GmbH

An der Birkenpühlheide 10

15837 Baruth/Mark



Lebensmittelrückläufer mit Fisch- und Fleischbestandteilen

Projektpartner



Das Projekt wurde durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg gemeinsam mit der EU-Kommission im Rahmen des EFRE-Förderprogramms „Bioökonomie – Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abfall und Abwasser – Bio-Ab-Cycling“ gefördert.