

EGU21-1606

<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-1606>

EGU General Assembly 2021

© Author(s) 2021. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Recycling of organic residues by black soldier fly larvae - influence of substrate on larval composition

Eva Erhart, Marion Bonell, Manfred Sager, Kim Hissek, Dieter Haas, and Wilfried Hartl

Bio Forschung Austria, Vienna, Austria (e.erhart@bioforschung.at)

The concept of closed ecological cycles has a high priority in organic farming. As the larvae of the black soldier fly are able to utilize organic residues and convert them into high-quality protein and fat, the larvae could play a role in recycling local organic residues into feed for fish, poultry and pigs and partially replace imported protein feeds. In this work, a wide range of residues was tested as feed components for black soldier fly larvae.

Total C and S of feed substrates and larvae were determined by CNS analyzer. Crude protein/ N_{tot} was analyzed by the Kjeldahl method; crude fat after acid digestion. For the analysis of P_{tot} and other elements the samples were digested by dry ashing, dissolved in dilute HCl and measured by ICP-OES.

The yield of larval dry matter ranged from 0.10 to 0.23 kg per kg feed dry matter (DM). The highest larval DM was obtained with substrates of bread residues and wheat bran and of distiller's grain solubles (DDGS) and pasta residues. The lowest larval DM and the lowest yield of larval protein were obtained when feeding with substrates containing beet pulp or potatoes.

Crude protein contents of the larvae ranged from 33% to 52% DM, the maximum values almost equalling soybean extraction meal, but still below fish meal. High crude protein contents in the feed did not always correlate with high larval contents. The yield of larval protein was 0.105 kg per kg feed DM at maximum, with a substrate containing rapeseed extraction meal and pasta residues. Substrates of brewer's grains and pasta residues and of DDGS and pasta residues yielded 0.101 kg kg^{-1} and 0.98 kg kg^{-1} , respectively.

Larval crude fat contents ranged between 18% and 38% DM. Of the feed substrates with high DM and protein yields, only that of rapeseed extraction meal and pasta residues achieved a crude protein/crude fat ratio >2.

Phosphorus contents of the larvae were 6.9 - 11.5 g kg^{-1} DM, sulfur contents 3.3 - 6.1 g kg^{-1} . Highest P and S contents were found in larvae fattened on substrates with particularly high P and S contents, such as of corn steep liquor and wheat bran, or of rapeseed extraction meal with maize or pasta residues.

Calcium was enriched in the larvae. With the exception of larvae from Ca-rich feed substrates such as rapeseed extraction meal or beet pulp, which had Ca contents of 20 and 30 g kg^{-1} DM,

respectively, the Ca contents of the larvae were in the range of soybean extraction meal, 3.4 to 10.5 g kg⁻¹ DM.

Cu contents ranged from 5.7 to 13.9 mg kg⁻¹ DM, with the exception of larvae fed with brewer's grains, which had 24.7 mg kg⁻¹ Cu.

The results show that crude protein and crude fat content of the larvae vary greatly with different feed substrates. In addition to these quality characteristics, the substrate also influences the contents of other nutrients such as P, Ca, Cu, etc. This knowledge can be used specifically in different applications of the larvae in feed production.

Einfluss unterschiedlicher Futtersubstrate auf die Nährstoffzusammensetzung von Larven der Schwarzen Soldatenfliege *Hermetia illucens* (L.) sowie des Restsubstrates

Influence of different feeding substrates on the nutrient composition of larvae of the black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) and the residual substrate

Marion Bonell¹, Eva Erhart¹, Manfred Sager¹, Dieter Haas¹, Sarah Scheiblmair¹, Stefan Wiesinger¹, Wilfried Hartl¹

Einleitung

Die Larven der Schwarzen Soldatenfliege *Hermetia illucens* sind in der Lage, ein weites Spektrum an organischem Material als Substrat zu nutzen. Auch Rest- und Nebenstoffe aus der lokalen landwirtschaftlichen Produktionskette könnten so in hochwertiges Protein und Fett umgewandelt werden und könnten zum Teil Proteinfuttermittel für Geflügel, Fische und Schweine ersetzen.

In der Literatur wurde bereits mehrfach gezeigt, dass unterschiedliches Futtersubstrat Auswirkungen auf die Nährstoffzusammensetzung der Larven hat. Bevor die Larven zur Futtermittelherstellung verwendet werden können, ist es daher notwendig die genaue Zusammensetzung der Larven zu kennen. Das bei der Larvenzucht anfallende Restsubstrat enthält nennenswerte Gehalte an Nährstoffen, dieses könnte im Sinne der Kreislaufwirtschaft beispielsweise als Dünger weiterverwendet werden.

Material und Methoden

18 verschiedene Substratmischungen aus jeweils 2 Komponenten, welche aus Rest- und Nebenstoffen aus der lokalen landwirtschaftlichen Produktionskette stammten, wurden für die Larvenzucht getestet. Die Larven wurden mit den unterschiedlichen Substraten in 3 Wiederholungen in Kunststoffbehältern (40x60 cm) für 21 Tage gemästet und Proben von Ausgangssubstrat, Larven und Restsubstrat für die Analyse genommen. Larvenmast und Probenahme wurden von Ecofly GmbH, Laakirchen, OÖ, durchgeführt. Zur Bestimmung des Wassergehaltes wurden Ausgangs- und Restsubstrat im Trockenschrank bei 85 bzw. 105°C getrocknet, die Larven mittels Gefrier Trocknung. Die Bestimmung von Gesamt-C und S erfolgte mittels Elementaranalysator (LECO, Truspec CNS) und der Gesamtstickstoff mittels Kjeldahl-Verfahren (Rohprotein = N x 6,25; Kjeltec System, Tecator). Die Haupt- und Spurenelemente wurden nach Aufschluss durch Trockenveraschung (Restsubstrat) sowie durch Mikrowellenaufschlussverfahren (Ausgangssubstrat und Larven) mittels ICP-OES (Perkin Elmer, OPTIMA 3000XL) in der Aufschlusslösung bestimmt. Die Analyse der futterrelevanten Nährstoffe im Ausgangssubstrat: Rohfaser, Rohfett, Rohasche, Stärke sowie N-freie Extraktstoffe erfolgte nasschemisch nach der Weender Methode entsprechend dem VDLUFA-Methodenbuch.

Ergebnisse und Diskussion

Die Inhaltsstoffanalyse zeigte, dass mit den 18 Substratmischungen ein sehr breites Spektrum an Futtersubstraten für die Larvenmast getestet wurde. Sechs Substratmischungen zeigten hohe Rohproteingehalte über 238 g/kg TM (M1, M2, M7, M8, M12 und M18). Wobei M1 und M7 ebenfalls mit einem hohen Rohfettgehalt (im Mittel 110 g/kg TM) gekennzeichnet waren. Die restlichen Hochproteinmischungen besaßen im Mittel nur halb so hohe Rohfettgehalte (im Mittel 50 g/kg TM). Die Mischung M 11 weist aufgrund der Komponente Apfeltrester einen sehr hohen Rohfasergehalt von 179 g/kg TM und niedrigen Rohaschegehalt auf. Rübenschnitzel in der Substratmischung M14 gehören ebenfalls zu den landwirtschaftlichen Nebenprodukten mit hohem Rohfasergehalt, haben aber einen sehr niedrigen Rohfettgehalt (26-27 g/kg TM). Weizenkleie besitzt im Durchschnitt Rohproteingehalte zwischen 160 und 182 g/kg TM, Rohfettgehalte zwischen 43-45 g/kg TM und Rohfasergehalte zwischen 91 und 134 g/kg TM (Grunert, 2019). Die Gehalte fast aller Substratmischungen (M3, M9, M10, M13,

M15, M16) mit Weizenkleie als Hauptkomponente liegen im Mittel in diesem Größenbereich. So wie bei den chemischen Verbindungen ist die Bandbreite der Mineralstoffzusammensetzung der Ausgangssubstrate erwartungsgemäß ebenfalls sehr groß (Tabelle 2).

Tabelle 1. Nährstoffzusammensetzung der untersuchten Ausgangssubstratmischungen und Larven (g/kg TM) sowie die Effizienz der Futtermittelverwertung (ECI) und der Stickstoffverwertung (N-ECI) der Larven (% TM)

Ausgangssubstrat-Mischung (Komponente 1/Komponente 2)	Substrat						Larven				
	TM	Roh- protein	Roh- fett	Roh- faser	N-freie Extrakt- stoffe	Roh- asche	TM	Roh- protein	Roh- fett	ECI TM	N-ECI TM
	[%]	[g/kg TM]					[%]	[g/kg TM]			[%]
M1 Trockenschlempe/Mais (70/30)	43,7	238	113	62	544	42	33,9	405	348	15,7	29,0
M2 Rapsextraktionsschrot/Mais (65/35)	44,3	260	50	102	531	57	31,4	474	244	13,8	28,4
M3 Weizenkleie/Mais (65/35)	44,4	142	52	75	696	36	29,1	480	256	12,7	49,1
M4 Kartoffel/Weizenkleie (70/30)	31,7	116	24	59	723	76	28,5	386	180	9,4	34,9
M5 Malzkeime/Mais (60/40)	41,0	148	38	62	724	29	29,3	427	246	6,6	23,7
M6 Brotreste/Weizenkleie (70/30)	39,4	156	48	41	710	44	34,1	372	378	18,2	46,7
M7 Ausputz/Weizenkleie (60/40)	28,8	287	107	74	484	48	34,4	455	316	12,7	26,2
M8 Weizenkleie/Maisquellwasser (70/30)	31,3	281	47	81	505	88	32,1	500	254	5,9	16,8
M9 Weizenkleie/Mais (67/33)	30,7	172	55	81	646	45	33,8	477	300	6,9	28,6
M10 Weizenkleie/Nudeln (67/33)	24,8	156	51	89	654	49	34,4	465	299	11,4	46,1
M11 Apfeltrester/Nudeln (50/50)	27,3	108	46	179	641	25	29,6	463	285	8,3	48,3
M12 Trockenschlempe/ Nudeln (50/50)	29,7	287	61	67	556	28	36,0	419	368	16,6	28,8
M13 Biertreber/Nudeln (50/50)	29,8	201	76	98	595	28	32,8	486	299	14,0	42,4
M14 Rübenschnitzel/Nudeln (65/35)	24,9	126	26	117	658	72	28,4	496	221	3,3	26,3
M15 Weizenkleie/Nudeln (67/33)	31,9	175	48	93	630	55	27,5	450	318	18,2	47,3
M16 Weizenkleie/Ausputz (55/45)	32,1	177	45	91	635	53	27,3	486	289	15,9	44,5
M17 Malzkeime/Nudeln (60/40)	33,5	200	31	55	689	24	34,5	330	372	19,8	31,8
M18 Rapsextraktionsschrot/Nudeln (68/32)	35,7	325	40	100	472	62	30,6	520	243	18,5	30,1
MIN	24,8	108	24	41	472	24	27,3	330	180	3,3	16,8
MAX	44,4	325	113	179	724	88	36,0	520	378	19,8	49,1

Die erreichten Rohproteingehalte der Larven liegen in den unterschiedlichen Varianten zwischen 330 g/kg TM und 520 g/kg TM. Die Rohfettgehalte liegen zwischen 180 g/kg TM und 378 g/kg TM. Wie in der Literatur beschrieben, besteht auch in dieser Arbeit keine Korrelation zwischen den Rohprotein- bzw. Rohfettgehalten von Ausgangssubstrat und Larven (Liu et al., 2017, Spranghers et al., 2016, Ewald et al. 2020). Spranghers et al. (2016) und Ewald et al. (2020) berichten von starken Korrelationen des Rohfettgehaltes mit nicht faser-haltigen Kohlenhydraten. In der vorliegenden Arbeit korreliert der Rohfettgehalt der Larven jedoch nicht mit den N-freien Extraktionsstoffen (NfE). Grund hierfür ist wahrscheinlich die angewandte Methodik der Weender Analyse, bei der die Hemicellulosen den N-freien Extraktionsstoffen (NfE) zugerechnet werden. Die Larven können somit neben Cellulose und Lignin auch die Hemicellulosen nicht zum Aufbau von Fettreserven nutzen. Günstig für den Fettaufbau sind in dieser Arbeit die Mastsubstrate M6, M17, M12 und M1. Sie enthalten Brotreste, Malzkeime und Trockenschlempe als Hauptkomponente.

Aus den Substratmischungen (M3, M9, M10, M13, M15, M16), die Weizenkleie als Hauptkomponente enthielten und mittlere Rohprotein und Rohfettgehalt aufwiesen, entwickelten sich Larven mit ähnlichen Rohfett- und Rohprotein-Gehalten. Ob als zweite Komponente Mais, Nudeln oder Ausputz eingesetzt wurde, führte zu keiner Änderung in den Rohprotein- oder Rohfett-Gehalten der Larven. Mit Ausnahme von M12 wiesen die Larven, welche mit den Substratmischungen mit hohen Protein- und niedrigen Rohfettgehalten gemästet wurden, hohe Rohprotein- und niedrigere Rohfett-Gehalte auf.

Die Mineralstoffzusammensetzung der Larven der Schwarzen Soldatenfliege unterscheidet sich wie beim Rohfett und Rohprotein, mit der Fütterung von unterschiedlichen Substraten (Tabelle 2). Die Ca Gehalte der Larven liegen zwischen 3,41-29,13 g/kg TM und sind im Bereich von bereits beobachteten Gehalten (Spranghers et al., 2016). In der Literatur wurden aber auch noch deutlich höhere Ca Gehalte in den Larven gefunden (65 g/kg TM bei Spranghers et al. (2016)). Zwischen den Ca und Cu Gehalten der Ausgangssubstrate und der Larven besteht ein starker linearer Zusammenhang (Ca: $R^2=0,930$;

$p < 0,001$, Cu: $R^2 = 0,833$; $p < 0,001$), Ca wird dabei in den Larven angereichert. Somit müssen bei einer Anwendung der Larven als Futtermittel die möglichen Unterschiede der Ca Gehalte, bedingt durch das Futtersubstrat, mitbedacht werden. Die Konzentration von Cu bleibt hingegen in den Larven im Vergleich zum Ausgangssubstrat gleich. Die für die Futtermittelproduktion ebenfalls wichtigen Mengenelemente P, K, Mg und S unterscheiden sich ebenfalls in den unterschiedlichen Varianten. Jedoch ist kein direkter Zusammenhang mit dem Mastsubstrat zu erkennen. Betrachtet man die Schwermetalle Cd und Pb, erkennt man eine Anreicherung von Cd in den Larven, sowie einen linearen Zusammenhang ($R^2 = 0,940$; $p < 0,001$). Pb hingegen wird in dieser Untersuchung nicht bei allen Varianten in den Larven angereichert und es besteht kein direkter Zusammenhang. Die Konzentrationen sind aber in beiden Elementen sehr gering und liegen deutlich unter dem Grenzwert für Futtermittel.

Tabelle 2: Mittlere Mineralstoffkonzentrationen im Ausgangssubstrat sowie in den Larven (n= 3) (g/kg TM bzw. mg/kg TM)

Ausgangssubstrat-Mischung	Substrat										Larven							
	Ca	K	Mg	P	S	Cd	Cu	Fe	Pb	Ca	K	Mg	P	S	Cd	Cu	Fe	Pb
	[g/kg TM]					[mg/kg TM]					[g/kg TM]				[mg/kg TM]			
M1	0,7	7,9	2,3	5,9	3,3	0,05	5,3	96	0,18	3,9	9,7	3,3	8,0	3,8	0,10	5,7	108	0,44
M2	4,5	7,6	3,8	9,8	5,1	0,05	3,6	139	0,31	19,6	12,3	3,9	10,3	6,0	0,14	7,9	122	0,42
M3	0,5	6,4	2,5	7,2	1,8	<0,05	5,3	85	0,13	4,8	12,3	3,7	10,1	4,8	0,16	12,4	175	0,52
M4	0,7	6,4	1,8	3,4	1,7	0,11	7,7	559	0,56	4,8	12,1	3,1	8,3	4,1	0,54	11,2	475	0,50
M5	0,6	5,6	1,2	3,5	1,9	<0,05	4,3	65	0,23	5,2	11,4	3,0	7,8	4,6	0,13	10,7	179	0,44
M6	0,7	5,4	1,7	4,6	2,2	<0,05	6,0	78	0,74	3,9	9,0	3,2	7,6	3,2	0,19	7,1	114	0,66
M7	2,1	14,1	3,7	9,0	3,1	0,07	13,3	174	0,08	7,3	11,9	2,9	7,9	4,5	0,25	14,0	135	0,37
M8	1,2	27,5	9,3	16,7	7,4	<0,05	16,0	175	0,13	5,2	15,3	4,8	11,5	6,1	0,22	15,3	139	0,16
M9	0,9	10,3	4,3	10,1	2,1	<0,05	10,3	116	<0,05	5,4	12,0	3,6	9,5	4,3	0,30	12,1	157	0,21
M10	1,1	10,5	4,1	9,9	2,3	0,07	11,7	117	0,20	5,2	12,1	3,3	9,2	4,4	0,29	14,6	154	0,24
M11	1,3	5,6	0,7	1,7	1,5	<0,05	7,8	192	0,99	10,5	10,2	3,0	7,3	3,8	0,16	11,4	122	0,75
M12	0,7	4,1	1,4	3,9	3,7	0,07	6,4	93	0,44	3,4	9,0	2,4	6,9	3,6	0,16	8,5	98	0,09
M13	1,4	1,6	1,2	3,4	2,8	<0,05	27,9	174	1,19	7,1	10,0	2,6	8,0	4,4	0,19	24,7	246	0,64
M14	6,0	13,2	1,4	1,3	3,3	0,13	3,8	689	1,26	29,1	14,0	3,7	9,0	4,7	0,82	9,8	276	0,87
M15	1,0	12,4	4,6	12,0	2,1	<0,05	10,5	125	0,05	3,9	13,6	3,8	10,6	4,2	0,32	13,9	177	<0,05
M16	1,3	11,1	3,8	9,7	2,0	<0,05	10,2	186	<0,05	5,8	13,8	3,3	10,8	4,0	0,26	13,3	231	<0,05
M17	0,9	6,6	1,2	3,6	2,8	<0,05	5,5	59	<0,05	3,7	9,4	3,1	7,9	3,4	0,16	6,9	70	<0,05
M18	6,0	10,9	4,7	11,1	6,0	<0,05	4,9	156	<0,05	21,2	12,6	4,1	10,1	5,3	0,24	10,4	112	0,29
MIN	0,5	1,6	0,7	1,3	1,5	<0,05	3,6	59	<0,05	3,41	9,0	2,4	6,9	3,2	0,1	5,7	70,1	0,1
MAX	6,0	27,5	9,3	16,7	7,4	0,1	27,9	689	1,26	29,13	15,3	4,8	11,5	6,1	0,8	24,7	474,6	0,9

Von den verwendeten Futtersubstraten wiesen die Varianten M6, M15, M17 und M18 die höchste Effizienz in der Futterumwandlung in Larvenbiomasse auf. Der ECI TM (Efficiency of Conversion of Ingested Food) beträgt bei diesen Futtersubstraten über 18 %. Bei den Varianten M5, M8, M9 und M14 liegt der ECI TM unter 7 %. Diese sind somit für die Praxis nicht geeignet. Der N-ECI TM lag in den Varianten zwischen 17 und 49 % und war somit höher als der ECI TM. Der Stickstoff konnte vor allem in den Varianten M3, M6, M11 und M15 sehr effizient eingebaut werden (47-49 %). Unter den Hochprotein-Futtersubstraten zeigte die Variante M18 die besten Ergebnisse in der Effizienz der Futterumwandlung.

Die Analysenergebnisse zeigten, dass das Restsubstrat noch sehr nährstoffreich ist und daher als organischer Dünger eingesetzt werden kann. Aus Restsubstrat produzierte Düngerpellets weisen einen Gesamtstickstoffgehalt von 4,34 % auf, welcher hauptsächlich als organischer Stickstoff vorliegt (N_{\min} : 0,42 % TM). Die Düngerpellets zeichnen sich vor allem durch einen hohen Phosphorgehalt aus.

Tabelle 3: Hauptnährstoffe in aus dem Restsubstrat hergestellten Düngerpellets nach Larvenmast auf Ausgangssubstrat Weizenkleie/Nudeln

Parameter	Einheit	Düngerpellets (hergestellt aus Restsubstrat)
Glühverlust	% TM	88,9
organischer Gesamtkohlenstoff (TOC)	% TM	51,6
Stickstoff gesamt	% TM	4,34
Kohlenstoff/Stickstoff Verhältnis	C/N	12
CaCO ₃	% TM	0,3
P ₂ O ₅ -gesamt	% TM	6,42
K ₂ O-gesamt	% TM	2,34

Zusammenfassung

Zur Larvenzucht der Schwarzen Soldatenfliege *Hermetia illucens* wurden 18 unterschiedliche Mastsubstratmischungen aus der lokalen landwirtschaftlichen Produktionskette getestet, welche sich in ihrer Nährstoff- und Mineralstoffzusammensetzung differenzierten. Die Mastsubstrate hatten unterschiedliche Auswirkung auf die Nährstoff- und Mineralstoffzusammensetzung als auch auf die Effizienz der Futtermittelverwertung der Larven. Bei einem Großteil der Nährstoffe konnte kein direkter Zusammenhang zwischen dem Ausgangssubstrat und den Larven festgestellt werden. Nur bei Ca und Cu konnte ein linearer Zusammenhang beobachtet werden. Rohfaserreiche Futtermischungen zeigten eine sehr schlechte Effizienz bei der Futterumwandlung (3-8 % ECI TM). Hemicellulose, Cellulose und Lignin können von den Larven nicht zum Aufbau von Biomasse genutzt werden. Vier Futtermischungen erreichten einen ECI TM von knapp unter 50% und können somit sehr gut in der Praxis eingesetzt werden. Das bei der Larvenzucht anfallende Restsubstrat enthält 4,7 % P₂O₅, 2,8 % N und 2,2 % K₂O und kann daher sehr gut als organischer Dünger eingesetzt werden.

Abstract

For larval rearing of the black soldier fly *Hermetia illucens* 18 different feeding substrate mixtures from the local agricultural production chain were tested, which differed in their nutrient and mineral composition. The feeding substrates had different effects on the nutrient and mineral composition as well as on the efficiency of the larvae's feed conversion. For a large part of the nutrients, no direct correlation between the initial substrate and the larvae could be found. Only for Ca and Cu a linear relationship was observed. Feed mixtures rich in crude fibre showed very poor efficiency in feed conversion (3-8 % ECI TM). Hemicellulose, cellulose and lignin cannot be metabolized by the larvae. Four feed mixtures achieved an ECI TM of nearly 50% and can thus be used very well in practice. The residual substrate produced during larval rearing contained 4.7 % P₂O₅, 2.8% N and 2.2% K₂O and can therefore be utilized as organic fertiliser.

Literatur

Ewald N., Vidakovic A., Langeland M., Kiessling A., Sampels S., Lalander C. (2020): Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) –Possibilities and limitations for modification through diet. Waste Management 102 (2020) 40–47

Grunert M. (2019): Tabelle 33 Nährstoffgehalte von Einzelfuttermitteln; Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen

Liu Z., Minor M., Morel P.C.H. and Najjar-Rodriguez A.J. (2018): Bioconversion of Three Organic Wastes by Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae. Physiological Ecology; Environmental Entomology, 47(6), 2018, 1609–1617

Spranghers T., Ottoboni M., Klootwijk C., Obyn A., Deboosere S., De Meulenaer B., Michiels J., Eeckhout M., De Clercq P. and De Smet S. (2016): Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. J Sci Food Agric 2017; 97: 2594–2600

Adresse der Autoren

¹ ARGE Larvenzucht-Bio Forschung Austria, Esslinger Hauptstraße 132, A-1220 Wien. E-mail: m.bonell@bioforschung.at

Qualität von fermentierten Larven der Schwarzen Soldatenfliege

Quality of fermented Black soldier fly larvae

Reinhard Resch^{1*} & Kristina Kube²

Einleitung

Die Nachfrage nach Proteinquellen tierischen Ursprungs wird aufgrund der wachsenden menschlichen Bevölkerung und des steigenden Lebensstandards in den Entwicklungsländern zunehmen (FAO 2009). Insekten sind proteinreich (BOSCH et al. 2014), haben hohe Futtermittelumwandlungs-Effizienz und Wachstumsraten (Van HUIS 2013), wodurch sie qualitativ hochwertige und potenziell profitable Futtermittel für Nutztiere darstellen (VELDKAMP et al. 2012). Inwieweit abgetötete, nicht entfettete Larven der Schwarzen Soldatenfliege (SSF, *Hermetia illuscens* L.) durch Silierung, als Alternative zur Trocknung, konserviert werden können und wie die Futterqualität zu bewerten ist, wurde im EIP-Agriprojekt „Larvenzucht“ (Arbeitspaket 34.2.2; DaFNE 101373) an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein von 2018 bis 2019 in drei Silierversuchen untersucht (RESCH et al. 2020).

Material und Methoden

Die für die Versuche genutzten Larven der SSF stammen aus Österreich (AUNGER 2020). Sie wurden nach Tötung bei -20°C aufbewahrt und zwei Tage vor dem Ansatz bei +4°C aufgetaut. Von den verschiedenen Behandlungen (Abbildung 1) wurden 100 g Larven bzw. Larven-Gerstenschrotgemenge im Vakuumbbeutel luftdicht eingeschweißt (200 × 250 mm; Typ SRB PA-PE 20/70; Vakuuiergerät: Henkelman Vacuum Systems, Typ Mini Jumbo) und bei Raumtemperatur (16 bis 18,5°C) zwischen 50 bis 83 Tage lang dunkel gelagert. Die verschiedenen Siliermittelvarianten und -kombinationen sowie deren Dosierung sind bei RESCH et al. (2020) beschrieben. Die chemischen Analysen erfolgten nach VDLUFA (1976) und die mikrobiologischen Untersuchungen nach VDLUFA (2007) im Futtermittellabor Rosenau (LK NÖ), die biogenen Amine (BOKU-TTE) und die Aminosäuren (AGES Wien) wurden mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Zugabe unterschiedlicher Mengen an leicht fermentierbarem Gerstenschrot führte einerseits zu einer signifikanten Erhöhung des TM-Gehaltes und andererseits konnte bis zu einem Gerstenanteil von 40 % der pH-Wert deutlich abgesenkt werden (Abbildung 1).

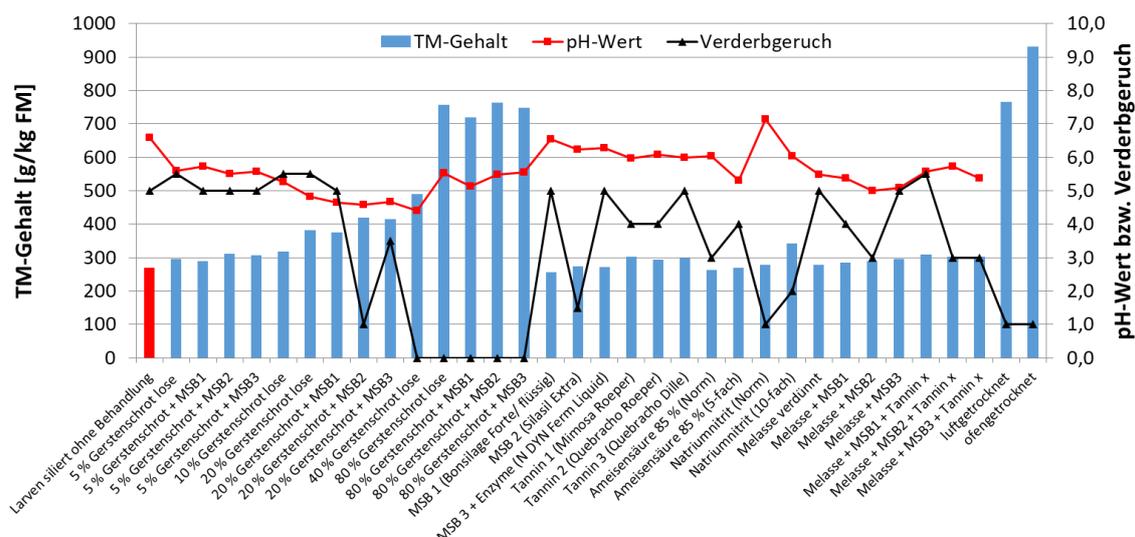


Abbildung 24: Einfluss von Gerstenschrot und Siliierhilfsmitteln auf den TM-Gehalt, pH-Wert und Verderbgeruch von silierten Larven der Schwarzen Soldatenfliege (EIP-Projekt Larvenzucht, Screeningversuch); MSB = Milchsäurebakterien; Geruch: 0- nicht vorhanden, 1- angenehm bzw. Eigengeruch, 2- leicht, 3- mäßig, 4- stark, 5- sehr stark, >5- extrem stark

Für den Screeningversuch wurden erfolgversprechende Zusätze ausgewählt, aber mit Ausnahme von Natrium-Nitrit bewirkte die Gärung ohne fermentierbares Co-Substrat meist unzureichende Absäuerung und/oder mäßig bis extrem starken Verderbgeruch oder Gärstoffbildung. Die Zugabe von mindestens 20 % Gerstenschrot erwies sich als günstig, weil hier auch ohne weitere Silierhilfsmittel eine gute Milchsäuregärung stattfand (Tabelle 1). Chemische Konservierungsstoffe wie Natrium-Nitrit, Ameisensäure und eine Kombination von homofermentativen MSB und chemischen Salzverbindungen (Silasil Extra) schnitten in den Screeningversuchen bei den Siliermitteln am besten ab.

Tabelle 5: Einfluss von Silierung und Trocknung von Larven der Schwarzen Soldatenfliege auf verschiedene Qualitätsparameter in Abhängigkeit von Co-Substrat- und Silierhilfsmittelzugabe

	Einheit	frisch	frisch	Gärung	Gärung	Gärung	Gärung	Trocknung
Larvenanteil	%	100	0	100	60	60	60	100
Gerstenschrotanteil	%	0	100	-	40	40	40	-
Silierhilfsmittel		-	-	-	-	Na-Nitrit	Silasil Extra	-
Trockenmasse	g/kg FM	273,7 ^a	917,3 ^c	270,4 ^a	538,2 ^b	534,9 ^b	542,8 ^b	942,7 ^c
Rohprotein	g/kg TM	499,3 ^d	102,3 ^a	455,0 ^c	234,3 ^b	238,3 ^b	231,3 ^b	494,7 ^d
Aminosäuren gesamt	g/kg TM	402 ^e	95 ^a	319 ^c	166 ^b	174 ^b	166 ^b	364 ^d
Ammoniak-N	% von N _{total}	-	-	28,3 ^b	6,2 ^a	4,5 ^a	5,7 ^a	-
Biogene Amine	g/kg TM	11,7 ^b	-	101,7 ^e	24,3 ^d	19,4 ^c	27,1 ^d	6,7 ^a
Rohfaser	g/kg TM	86,3 ^b	51 ^a	98,7 ^c	57,7 ^a	51,3 ^a	55,0 ^a	87,0 ^b
Rohfett	g/kg TM	269,7 ^c	21 ^a	276,7 ^c	95,0 ^b	93,7 ^b	98,0 ^b	268,7 ^c
Rohasche	g/kg TM	69,7 ^d	24,3 ^a	72,0 ^c	38,0 ^b	41,0 ^b	39,3 ^b	65,0 ^c
pH-Wert		7,92 ^c	-	6,77 ^b	5,10 ^a	5,17 ^a	4,97 ^a	-
Milchsäure	g/kg TM	-	-	9,4 ^a	36,0 ^b	39,0 ^b	38,5 ^b	-
Essigsäure	g/kg TM	-	-	10,0 ^c	6,4 ^{bc}	4,6 ^{ab}	5,8 ^b	-
Propionsäure	g/kg TM	-	-	1,9 ^b	0,7 ^{ab}	0,5 ^a	0,6 ^a	-
Buttersäure	g/kg TM	-	-	0,3 ^b	0 ^a	0 ^a	0 ^a	-
Ethanol	g/kg TM	-	-	1,9 ^a	4,2 ^a	1,4 ^a	2,4 ^a	-
VOC gesamt	g/kg TM	-	-	21,6 ^{ab}	43,2 ^{cd}	44,1 ^{cd}	44,9 ^{cd}	-
Bakterien	KBE ^{log} /g FM	6,8 ^b	4,2 ^a	7,0 ^b	6,9 ^b	6,8 ^b	6,8 ^b	7,2 ^b
Gärstoffbildung	Gew.%	-	-	10,1 ^b	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
Geruch*	Skala 0-6	1,0 ^b	0 ^a	5,0 ^e	1,0 ^b	2,0 ^d	2,0 ^d	1,3 ^c

*Skala Geruch: 0- nicht vorhanden, 1- angenehm bzw. Eigengeruch, 2- leicht, 3- mäßig, 4- stark, 5- sehr stark, >5- extrem stark

Vergleich Gärung und Trocknung von SSF-Larven

Im Exaktversuch wurden die 3-fach wiederholten Varianten mit dem besten Gärerfolg aus den zwei Screeningversuchen herausgefiltert, um diese einer tiefergehenden Analyse und statistischen Auswertung zu unterziehen. Das konventionell genutzte Verfahren der Trocknung in Form einer zweitägigen Ofentrocknung bei 50°C brachte in punkto Qualität das beste Ergebnis, weil sich die Nährstoffgehalte am geringsten gegenüber den frischen SSF-Larven veränderten. Positiv war eine Reduktion der biogenen Amine um 4 g/kg TM im Vergleich zu den frischen Larven, negativ der signifikante Verlust von ~10 % Aminosäuren (Tabelle 1).

Die Vergärung von 100 % unzerkleinerten, nicht entfetteten, schwer silierbaren SSF-Larven verlief mit einer Gärstoffbildung von 10 %, extrem starkem Verderbgeruch und einer zu schwachen Säurebildung. Diese Variante bildete das 15-fache an biogenen Aminen im Vergleich zur Trocknung. Daneben zeugte auch ein Anteil von 28 % Ammoniak-N am Gesamt-N von massivem Proteinabbau während der anaeroben Phase. Fermentation von 100 % Larven führte in jedem der drei Versuche zu Verderb und Misserfolg. Der Zusatz des fermentierbaren Co-Substrats Gerstenschrot mit 40 % Gewichtsanteil führte zu signifikanten Veränderungen der Nährstoffgehalte und ermöglichte eine kontrollierte Milchsäuregärung

sowie eine ausreichende pH-Absenkung. Es ist anzunehmen, dass im Mikrobiom des Darmtraktes der SSF-Larven eine MSB-Flora existiert, welche eine Gärung bei Vorhandensein von fermentierbaren Kohlenhydraten positiv unterstützen konnte. Die zusätzliche Applikation von Natrium-Nitrit oder MSB (Silasil Extra) brachte keine Verbesserungen. Wermutstropfen war die deutliche Erhöhung der biogenen Amine in den Gerstenschrotvarianten bei Silierung im Vergleich zu frischen und getrockneten SSF-Larven (Tabelle 1).

Zusammenfassung

Die weltweit erste umfangreiche Forschung zur Fermentierung von SSF-Larven an der HBLFA Raumberg-Gumpenstein zeigte, dass die alleinige Silierung von SSF-Larven kein fütterungstaugliches Produkt für Monogastriden zustande brachte, weil die Abbauprozesse in der anaeroben Phase zu stark ausgeprägt waren. Durch Beimengung von mindestens 20 % leicht fermentierbarem Substrat (Gerstenschrot) stellte sich ein guter Gärerfolg auch ohne Silierhilfsmittel ein. Dennoch konnte auch die beste Silagevariante mit der Ofentrocknung in puncto Produktqualität nicht Schritt halten.

Abstract

The world's first comprehensive research on fermentation of SSF larvae at HBLFA Raumberg-Gumpenstein showed that ensiling SSF larvae alone did not produce a product suitable for feeding to monogastrics, because the degradation processes in the anaerobic phase were too pronounced. By adding at least 20% easily fermentable substrate (barley meal), good fermentation success was achieved even without silage additives. Nevertheless, even the best silage variant could not keep pace with oven drying in terms of product quality.

Literatur

- AUINGER S, 2020: Die Fliegenlarve als Eiweißquelle. *Landwirt* (23) 2020, 10-13.
- BOSCH G, ZHANG S, OONINCX DGAB, HENDRIKS WH, 2014: Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science* 3(e29): 1-4.
- Food and Agriculture Organisation (FAO), 2009: How to feed the world in 2050. High-level expert forum on 'How to feed the world in 2050'. FAO, Rome, Italy. Available at: <http://tinyurl.com/lzypw4a>.
- RESCH R, KUBE K, KROPSCH M, ZENTNER E, 2020: Konservierbarkeit von Larven der Soldatenfliege (*Hermetia illucens* L.) durch Vergärung und deren Potential in der Broilermast, Abschlussbericht des Forschungsprojektes "Insektenlarven", Nr. 3681 (DaFNE 101373), HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irdning-Donnersbachtal, 83 S.
- Van HUIS A, 2013: Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology* 58: 563-583.
- VDLUFA, 1976: Methodenbuch Band III - Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, inkl. Ergänzungsblätter 1983, 1988, 1993, 1997, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA, 2007: Futtermitteluntersuchung nach Methode 28.1.2 – Bestimmung der Keimgehalte an aeroben, mesophilen Bakterien, Schimmel- und Schwärzepilzen und Hefen. Methodenbuch III, 7. Erg. 2007, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VELDKAMP T, Van DUINKERKEN G, Van HUIS A, LAKEMOND CMM, OTTEVANGER E, BOEKEL MAJS, 2012: Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. Report 638, Wageningen UR Livestock Production, Wageningen, the Netherlands, pp. 1-48.

Adressen der Autoren

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Institut Pflanzenbau und Kulturlandschaft, Raumberg 38, A-8952 Irdning-Donnersbachtal, Tel.: +43 (0)3682 / 22451-320

² Universität für Bodenkultur, Institut für Tierernährung, Tierische Lebensmittel und Ernährungsphysiologie (TTE), Muthgasse 11/I, 1190 Wien, Tel.: +43 (0)1 47654-97610

*Ansprechpartner: Ing. Reinhard Resch, reinhard.resch@raumberg-gumpenstein.at