

Artykuł przeglądowy

## **Owady jako źródło składników odżywczych w paszach dla zwierząt**

**Dorota Kowalska<sup>#</sup>**

Instytut Zootechniki Państwowy Instytut Badawczy,  
Zakład Hodowli Drobego Inwentarza,  
ul. Krakowska 1, 32-083 Balice; <sup>#</sup>e-mail: dorota.kowalska@izoo.krakow.pl

Produkcja mieszanek paszowych na świecie w 2018 roku wynosiła 1,103 mld ton, co stanowiło wzrost o 3% w porównaniu z rokiem 2017. Aby zaspokoić potrzeby rosnącej populacji zwierząt konieczne jest dalsze zwiększanie produkcji mieszanek paszowych. Konieczność poszukiwania nowych alternatywnych źródeł składników odżywczych do produkcji pasz, aby sprostać oczekivanemu przyszłemu popytowi konsumentów na produkty zwierzęce, doprowadziła do wzrostu liczby badań nad możliwością i skutkami stosowania w żywieniu zwierząt produktów pochodzenia owadziego, takich jak całe owady czy wytworzone z nich mączki i oleje. Obecnie owady wydają się być obiecującą alternatywą dla innych źródeł składników odżywczych, takich jak śruta sojowa i mączki rybne powszechnie stosowane w paszach dla zwierząt gospodarskich i akwakultury. Celem pracy przeglądowej było przedstawienie aktualnie dostępnej literatury dotyczącej zastosowania owadów jako paszy w produkcji zwierzęcej i usystematyzowanie jej w jednym, łatwym do odczytania dokumencie. Uwagę skupiono głównie na zastosowaniu produktów pochodzenia owadziego dla takich zwierząt gospodarskich, jak drób, króliki i świnie oraz ich wpływie na wyniki produkcyjne, strawność składników pokarmowych, wydajność i jakość produktu. Na podstawie przedstawionych wyników wielu badań można stwierdzić, że owady mogą być źródłem składników odżywczych w paszach przeznaczonych do żywienia drobiu, królików i trzody chlewnej.

**SŁOWA KLUCZOWE:** owady, mieszanki paszowe, drób, króliki, trzoda chlewna

Zmniejszająca się powierzchnia upraw rolnych stanowi poważne wyzwanie dla gospodarki żywnościowej świata [6], wzrasta bowiem produkcja mieszanek paszowych, która w 2018 r. wynosiła 1,103 miliarda ton, tj. o 3% więcej niż w roku 2017. Konwencjonalne źródła białka nie są już wystarczające do całkowitego zaspokojenia przyrostu produkcji pasz w zrównoważony sposób. Produkcja i pozyskiwanie białek roślinnych dla sektora rolno-spożywczego wielokrotnie pobudzało debatę polityczną w krajach Unii Europej-

skiej. Polska importuje corocznie ponad 75% białka roślinnego, głównie w postaci śruty sojowej, której import wzrósł w ostatnim czasie do około 2,5 mln ton [55].

Obecnie na świecie podstawowym źródłem białka w dietach zwierząt gospodarskich jest poekstrakcyjna śruta sojowa. Wyniki badań naukowych wskazują, że może ona być zastąpiona przez produkty uboczne z przemysłu rolno-spożywczego, tj. inne śruty, głównie rzepakową i makuchy, gluten kukurydziany, izolaty białka ziemniaka czy suszone wywary gorzelniane [1, 11, 17, 51]. Poekstrakcyjną śrutę sojową w dietach zwierząt mogą zastąpić również nasiona różnych roślin motylkowych [24, 53, 61].

Wartość odżywcza wyżej wymienionych pasz jest niższa w porównaniu do białek pochodzenia zwierzęcego, które ze względu na wystąpienie epidemii gąbczastej encefalopatii bydła (*bovine spongiform encephalopathy* – BSE) zostały na mocy różnych aktów prawnych wycofane z żywienia większości zwierząt gospodarskich. Powstała zatem konieczność znalezienia alternatywnych źródeł białka definiowanych jako te, które nie były dotychczas przeznaczone do żywienia ludzi i zwierząt lub stosowane w ograniczonym zakresie i tylko wśród niektórych populacji. Alternatywą może być zatem białko pochodzące z owadów. Skład aminokwasowy białek owadów jest najbardziej zbliżony do białek zwierzęcych, a stopień jego strawności jest bardzo wysoki i mieści się w granicach od 77,9% do nawet 98,9% [8].

Obecnie w kilku państwach członkowskich Unii Europejskiej rozpoczęto hodowlę owadów do produkcji przetworzonego białka zwierzęcego oraz innych owadzych produktów pochodnych przeznaczonych na karmę dla zwierząt. Produkcja ta podlega krajowym systemom kontroli, za które odpowiadają właściwe organy państw członkowskich. Przeprowadzone od niedawna badania naukowe wykazały, że owady mogą stanowić trwałą alternatywę dla konwencjonalnych źródeł białka zwierzęcego przeznaczonego na paszę dla zwierząt gospodarskich innych niż przeżuwacze [42].

Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) opublikował 8 października 2015 r. opinię naukową na temat profilu ryzyka związanego z produkcją i konsumpcją owadów w żywności i paszy [14]. Stwierdził w niej, że w porównaniu do występowania zagrożeń związanych z obecnością prionów, w dozwolonych obecnie źródłach białka zwierzęcego oczekuje się, że występowanie zagrożeń w nieprzetworzonych owadach będzie na takim samym lub niższym poziomie, o ile owady będą żywione substratami, które nie zawierają materiału pochodzącego od przeżuwaczy ani materiału pochodzenia ludzkiego. Ponieważ przetwarzanie owadów może jeszcze bardziej ograniczyć zagrożenia biologiczne, stwierdzenie to jest również ważne w odniesieniu do przetworzonych białek zwierzęcych pochodzących od owadów [42].

Zgodnie z rozporządzeniem Komisji (UE) 2017/893 z 24 maja 2017 r. owady hodowane w Unii Europejskiej nie powinny: być gatunkami chorobotwórczymi; mieć innych niepożądanych skutków dla zdrowia roślin, zwierząt ani ludzi; być uznane za wektory patogenów ludzkich, zwierzęcych ani roślinnych; a także być chronione ani zdefiniowane jako inwazyjne gatunki obce [42].

Przy uwzględnieniu krajowych ocen ryzyka i opinii EFSA z 8 października 2015 r. spośród hodowanych w Unii Europejskiej gatunków owadów, spełniających wyżej wymienione warunki bezpieczeństwa w zakresie produkcji, do celów paszowych zaliczono: muchy – mucha czarna (*Hermetia illucens*) i mucha domowa (*Musca domestica*), chrząszcze –

mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*) i pleśniakowiec złocisty (*Alphitobius diaperinus*), świerszcze – świerszcz domowy (*Acheta domestica*), świerszcz bananowy (*Gryllobates sigillatus*) i świerszcz kubański (*Gryllus assimilis*) [42].

Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) 2017/893 z 24 maja 2017 r., zmieniającym załączniki I i IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 oraz załączniki X, XIV, XV do rozporządzenia Komisji (UE nr 142/2011) wyżej wymienione owady zostały uznane jako gospodarskie i od tego momentu oznaczają zwierzęta gospodarskie, zdefiniowane w art. 3 ust. 6 lit. a) rozporządzenia (WE) nr 1069/2009. W odniesieniu do wyżej wymienionych owadów wydano zezwolenie na produkcję przetworzonego białka zwierzęcego zgodnie z rozdziałem II sekcja 1 część A pkt 2 załącznika X do rozporządzenia (UE) nr 142/2011 [42].

Przetworzone białko zwierzęce uzyskane z owadów gospodarskich może być przywożone do Unii Europejskiej, o ile zostało wyprodukowane zgodnie z poniższymi warunkami. Owady muszą należeć do jednego z wyżej wymienionych gatunków, a substrat stosowany do ich żywienia musi zawierać wyłącznie produkty nie pochodzące od zwierząt lub produktów pochodzenia zwierzęcego stanowiących materiał kategorii 3, tj. mączkę rybną, produkty z krwi pochodzące od zwierząt innych niż przeżuwacze, dziasadowy i trizasadowy fosforan wapnia pochodzenia zwierzęcego, hydrolizaty białkowe pochodzące od zwierząt innych niż przeżuwacze, hydrolizaty białkowe pochodzące ze skór i skórek przeżuwaczy, żelatynę i kolagen pochodzące od zwierząt innych niż przeżuwacze, jaja i produkty jajeczne, mleko, produkty na bazie mleka, produkty pochodne mleka i siary, miód, tłuszcze wytopione. Ponadto należy zadbać, aby substrat stosowany do żywienia owadów oraz owady lub ich larwy nie miały styczności z materiałami pochodzenia zwierzęcego innymi niż te, o których mowa wyżej, ponadto substrat ten nie zawierał obornika, odpadów gastronomicznych ani innych odpadów.

W wielu krajach azjatyckich, afrykańskich, jak i Ameryki Łacińskiej bezkręgowce stanowią powszechne źródło białka w mieszankach paszowych dla zwierząt gospodarskich, wykorzystywane są również w żywieniu ludzi. Szacuje się, że na świecie spożywa je w różnej postaci co najmniej 2 mld ludzi i wbrew powszechnemu przekonaniu nie są pokarmem spożywanym tylko w czasach niedostatku żywności. W wielu kręgach kulturowych (lokalne tradycje kulinarne) spożywane są z wyboru, zarówno z uwagi na smak, jak i duże walory odżywcze [3, 23, 48].

Owady (*Insecta*) są bardzo zróżnicowaną grupą zwierząt należącą do gromady stawonogów (*Arthropoda*). Podzielone są na podgromady – owady bezskrzydłe (*Apterygota*) oraz uskrzydłone (*Pterygota*). Dotychczas opisano ponad 1900 gatunków owadów będących pożywieniem człowieka. Wskazuje to na fakt, że mogą one zapewnić zrównoważoną i przyjazną dla środowiska produkcję zarówno żywności dla ludzi, jak i pasz dla zwierząt, tym bardziej, że w procesie ewolucji wiele gatunków, w tym ptaki, wykształciły liczne przystosowania do zdobywania i trawienia tego rodzaju pokarmu [23, 54].

Analizy składu chemicznego owadów wykazały dużą zmienność pomiędzy gatunkami, a także w zależności od stadium rozwoju, siedliska, rodzaju pokarmu czy wreszcie komponentów podłoża, na którym zostały wyhodowane [43]. Głównym składnikiem odżywczym w owadach jest białko. Jego zawartość w mączkach pełnotłustych z owadów we wszystkich stadiach rozwojowych waha się od 40% do 60%. Należy podkreślić, że

wartość ta uzyskiwana jest poprzez wysoce korzystną biokonwersję materiałów paszowych o niskim, 8-9% poziomie białka ogólnego [25, 40, 54]. Białko owadów cechuje się strawnością porównywalną z białkiem jaja kurzego i jest uznawane za pełnowartościowe na poziomie porównywalnym z białkami mleka i wołowiny [41, 47]. Proteiny owadów są dobrym źródłem aminokwasów, takich jak: treonina, walina, histydyna, fenyloalanina i tyrozyna, a w przypadku niektórych gatunków także tryptofanu i lizyny [43, 59]. Owady należące do rzędu *Diptera* charakteryzują się profilem aminokwasowym zbliżonym do mączki rybnej, natomiast owady należące do rzędu *Coleoptera* czy *Orthoptera* mają profil aminokwasowy zbliżony do soi, z możliwym niedoborem lizyny lub metioniny [2]. Zielińska i wsp. [60] wykazali, że spożycie owadów jadalnych może przynieść potencjalne korzyści zdrowotne z uwagi na silne działanie przeciwutleniające pozyskanych z nich peptydów. Poddane trawieniu owady miały wyższą aktywność przeciwutleniającą niż inne hydrolizaty białkowe uzyskane z produktów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego.

Drugim co do ważności składnikiem odżywczym w owadach jest tłuszcz. Średnia jego zawartość w mączkach z owadów mieści się w przedziale od 14,41% do 37,1%, przy czym jego poziom jest wyższy w przypadku larw i poczwarek niż postaci dorosłych. Z owadów gospodarskich najbardziej zasobne w tłuszcz są larwy mącznika młynarka [54]. Mączki z owadów są stosunkowo bogate w kwasy nienasycone, w tym oleinowy, linolowy i  $\alpha$ -linolenowy [57]. Zawierają więcej wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) niż mączka rybna czy drobiowa, a także kwasy nasycone, wśród których najwyższe stężenie odnotowano dla kwasu palmitynowego i stearynowego. W badaniach wykonanych przez Yanga i wsp. [57] wykazano, że skład kwasów tłuszczowych może być modelowany poprzez zastosowanie odpowiednich modyfikacji diety owadów, a w procesie odtłuszczania mączki z owadów możliwe jest uzyskanie oleju, który może mieć wszechstronne zastosowanie w żywieniu człowieka i zwierząt, jak również do produkcji biodiesla [15, 38]. Na przykład St-Hilaire i wsp. [50] wykazali, że larwy muchy czarnej żywione obornikiem krowim zawierały 21% kwasu laurynowego, 16% kwasu palmitynowego, 32% kwasu oleinowego i 0,2% kwasów tłuszczowych omega-3, podczas gdy larwy żywione w 50% podrobami rybnymi i w 50% obornikiem krowim zawierały tych kwasów odpowiednio: 43%, 11%, 12% i 3%. Całkowita zawartość lipidów również wzrosła z 21% do 30% suchej masy. Zastosowanie w żywieniu larw muchy czarnej podrobów rybnych zawierających pożądane kwasy tłuszczowe omega-3 jest zatem sposobem na wzbogacenie w te kwasy końcowej biomasy. Tzompa Sosa i Fogliano [52] porównali tłuszcze zwierzęce – masło, smalec wieprzowy, łój wołowy z olejami pozyskanymi z owadów – drewnojad, mącznik młynarek, pleśniakowiec lśniący, świerszcz i karaluch oraz z olejami roślinnymi z nasion lnu, rzepaku, sezamu, słonecznika dyni i soi. W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzili, że oleje pochodzące z owadów znajdują się między tłuszczami roślinnymi a tłuszczami pochodzenia zwierzęcego, biorąc pod uwagę profil ich kwasów tłuszczowych, który wykazuje wyższą zawartość SFA (głównie C16:0 i C18:0).

Początkowo niektórzy naukowcy zajmujący się żywieniem wyrażali obawy, że przeszkodą we wprowadzeniu owadów do żywienia zwierząt może być stosunkowo wysoki udział w nich chityny. Zależy on w dużym stopniu od gatunku oraz fazy rozwoju owadów; na przykład w mączce ze świerszcza polnego zawartość chityny może wynosić nawet do

8,7%. Powszechnie przyjmuje się, że chityna nie jest trawiona przez zwierzęta monogastyczne, jak i ryby [12]. Jednak na podstawie badań naukowych stwierdzono, że ten związek chemiczny nie wykazuje efektu cytotoksycznego *in vitro*, jest fizjologicznie obojętny, biodegradowalny, ma właściwości antybakteryjne oraz wykazuje powinowactwo do białek [44]. Chitynę można również usunąć z mączki owadziej poprzez ekstrakcję alkaliczną [4, 54, 57].

W owadach występują także witaminy, głównie tiamina, ryboflawina, kobalamina, kwas foliowy, w mniejszych ilościach retinol [9, 16, 43], oraz składniki mineralne, głównie żelazo i cynk [9].

Hodowla owadów wiąże się z istotnymi pod względem ochrony środowiska aspektami, takimi jak mniejsze niż przy hodowli zwierząt rzeźnych zużycie wody pitnej oraz paszy, którą stanowić mogą uboczne produkty przemysłu rolno-spożywczego, spełniające wymagania względem zapewnienia bezpieczeństwa żywności i pasz, co rozwiązuje kolejny problem związany z ich utylizacją. Odchody owadów mogą znaleźć zastosowanie w rolnictwie jako nawóz [7]. Hodowla taka nie oddziałuje negatywnie na środowisko, w porównaniu do konwencjonalnych hodowli zwierząt produkcyjnych, wykazuje względnie niski poziom emisji dwutlenku węgla do środowiska, niższą emisję gazów cieplarnianych i amoniaku [36]. Korzyścią dla środowiska jest również wysoka sprawność konwersji paszy, związana z fizjologią poikilotermiczną owadów [35]. W raporcie FAO [15] podano, że oszczędność gruntów rolnych, paszy oraz wody pitnej wpływa znacząco na obniżenie kosztów hodowli owadów. Kolejnym pozytywnym aspektem zwiększającym potencjał ekonomiczny hodowli owadów jest łatwość dystrybucji, wysoki współczynnik rozrodczości i krótki cykl reprodukcji [45]. Produkcja larw nie należy do skomplikowanych, biorąc pod uwagę wyjątkowe zdolności rozrodcze owadów, np. samica muchy domowej może znieść nawet 750 jaj/tydzień, a larwy, które się z nich wylęgają, potrafią zwiększyć swoją masę ponad 400 razy w ciągu kilku dni. Obecnie prowadzone są badania dotyczące magazynowania mączek z owadów, gdyż w tym przypadku – podobnie jak przy innych mączkach pochodzenia zwierzęcego – proces utleniania i kontaminacja mikrobiologiczna determinują jakość i trwałość tych produktów [7].

Celem niniejszej pracy przeglądowej jest przedstawienie aktualnych badań dotyczących możliwości zastosowania owadów w różnej formie jako dodatku do paszy dla wybranych gatunków zwierząt gospodarskich, takich jak drób, króliki i trzoda chlewna.

Najwięcej prac dotyczących żywienia zwierząt gospodarskich paszami z dodatkiem owadów odnosi się do kurcząt rzeźnych, a najczęściej stosowanym owadem były larwy muchy czarnej (*Hermetia illucens*). W żywieniu drobiu z powodzeniem można wykorzystać zarówno żywe owady, jak i sporządzone z nich mączki czy olej. Newton i wsp. [33] stwierdzili, że kurczęta żywione paszą zawierającą suszone larwy muchy czarnej, jako substytut soi, przyrastały w tempie 96% w stosunku do żywionych dietą kontrolną zawierającą soję, ale spożywały tylko 93% paszy, co sugeruje skuteczniejszą jej konwersję. Pretorius [39] wykazał, że dodatek larw muchy domowej w mieszance dla brojlerów kurzych może sięgać do 25% bez negatywnego wpływu na przyrosty masy ciała, spożycie paszy oraz współczynnik jej wykorzystania. Odnosił również wysoką strawność aminokwasów pochodzących z larw tej muchy, sięgającą 91%. Natomiast Schiavone i wsp. [46] stwierdzili, że częściowe (50%) lub całkowite (100%) zastąpienie oleju sojowego tłuszczem

czem z larw *Hermethia illucens* nie miało wpływu na wzrost, parametry krwi i zdrowie kurcząt brojlerów żywionych tą paszą od 21. do 48. dnia życia.

Kierończyk i wsp. [26] prowadzili badania na pisklętach Ross 308 od 1. do 28. dnia życia mające na celu wykazanie możliwości zastąpienia 50 g/kg podstawowej diety mieszankami różnych olejów: sojowym i z mącznika młynarka lub sojowym, z mącznika młynarka i z drewnojada oraz ich wpływu na wzrost, strawność składników odżywczych, skład kwasów tłuszczowych wątroby i mięśni piersi, a także ekspresję wybranych genów w wątrobie. Zastosowanie ww. olejów poprawiło wyniki wzrostu piskląt, zwiększyło retencję azotu, znacząco wpłynęło na skład kwasów tłuszczowych wątroby i tkanki piersi. Stwierdzono, że tylko dodatek oleju z mącznika młynarka miał pozytywny wpływ na zawartość PUFA, MUFA, UFA i SFA mięśnia piersiowego oraz obniżenie indeksów IA i IT, co ma bardzo duże znaczenie dla współczesnego konsumenta. Należy podkreślić, że oba oleje owadzie użyte w opisywanych badaniach mogą być uważane za związki biologicznie czynne modyfikujące wzór molekularny na poziomie mRNA.

Józefiak i wsp. [22] oceniali wpływ podawania jednodniowym kurczętom brojlerom Ross 308 owadów *Grylloides sigillatus*, *Shelfordella lateralis*, *Gryllus assimilis*, *Tenebrio molitor* i *Hermetia illucens* w ilościach od 0,05 do 0,2% diety na ich przyrosty i skład mikrobiomu jelitowego. Badania prowadzono w czterech różnych eksperymentach. Stosowanie w dietach brojlerów mączek z owadów nie wpłynęło na ich wzrost w okresie eksperymentalnym. Jednak dodanie 0,2% *T. molitor* i *H. illucens* zwiększyło spożycie paszy w okresie od 15. do 35. dnia życia i w całym okresie doświadczenia (od 1. do 35. dnia życia). Suplementacja 0,2% *S. lateralis* poprawiła przyrost masy ciała (w okresie od 11. do 21. oraz od 1. do 21. dnia), spożycie paszy (od 1. do 10. oraz od 1. do 21. dnia) oraz współczynnik konwersji paszy (od 1. do 21. dnia). Suplementacja *H. illucens* wykazała najbardziej znaczący wpływ na populację mikroflory w jelitach: krętym i ślepym. Dodatek mączek z owadów obniżył pH w przewodzie pokarmowym, szczególnie przy suplementacji 0,1 i 0,2%, co odzwierciedla potencjalną bakteriostatyczną rolę diet z dodatkiem owadów. Wyniki te wskazują, że stosowanie pełnotłustych mączek z owadów w stosunkowo niewielkich ilościach może modulować skład mikrobiomu w przewodzie pokarmowym kurcząt brojlerów.

Benzertiha i wsp. [5] wykazali, że olej pochodzący z *Tenebrio molitor* może być całkowitym zamiennikiem stosowanego w diecie brojlerów oleju palmowego i tłuszczu drobiowego, nie wykazując negatywnego wpływu na przyrosty masy ciała, strawność składników odżywczych, aktywność enzymów trzustkowych i wybrane parametry krwi. Olej ten wpływa pozytywnie na skład kwasów tłuszczowych w tkankach mięśniowych piersi kurcząt.

Maurer i wsp. [31] w badaniach prowadzonych na kurach nioskach nie zaobserwowali znaczących różnic w produkcji jaj i spożyciu paszy przez kury, w diecie których zastąpiono 50% i 100% śruty sojowej częściowo odtłuszczoną mączką z larw *Hermethia illucens*. Nie stwierdzili również wyższej śmiertelności czy zwiększonej zapadalności na choroby. Park i wsp. [37] żywiąc kury nioski mieszankami paszowymi z dodatkiem larw *Hermethia illucens* wykazali wyższą produkcję i masę jaj.

Możliwości wykorzystania owadów w żywieniu królików opisali Carregal i Takahashi [10], prowadząc badania nad możliwością zastąpienia śruty sojowej larwami jedwabnika



morwowego. Warto zauważyć, że Liu i wsp. [29], którzy opublikowali wyniki swoich badań w 1987 roku, traktowali larwy jedwabnika nie jako czynnik doświadczalny, lecz stały komponent diety królików, co może świadczyć o ich powszechnym użyciu w Chinach. W bazie Web of Science, w Derwent Innovations Index można znaleźć chińskie patenty dotyczące wykorzystania w żywieniu królików, obok innych komponentów, larw mącznika młynarka i poczwerek jedwabników.

W ostatnich latach Gasco i wsp. [18, 19, 20], Dalle Zotte i wsp. [13] oraz Martins i wsp. [30] wskazali na możliwość wykorzystania oleju pozyskanego z czarnej muchy (*Hermetia illucens*) i mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) w paszy dla królików.

Pozytywne wyniki wstępnych badań Gasco i wsp. [18] nad wykorzystaniem olejów z owadów w żywieniu królików były powodem dalszych badań nad tym zagadnieniem. Gasco i wsp. [20] przeprowadzili szerokie badania mające na celu ocenę wpływu zastąpienia w diecie królików oleju sojowego dwoma rodzajami tłuszczów z owadów, wyekstrahowanych z larw muchy czarnej i mącznika młynarka, na wzrost zwierząt, strawność składników pokarmowych, parametry krwi oraz stan zdrowotny rosnących królików. Nie zaobserwowano różnicy między grupą kontrolną a grupami doświadczalnymi pod względem badanych parametrów użytkowych. Dodatek tłuszczów z owadów nie wpływał na współczynniki strawności składników pokarmowych oraz wskaźniki morfometryczne przewodu pokarmowego i histopatologię narządów wewnętrznych. W kolejnej pracy Gasco i wsp. [19] ocenili wpływ wyżej wymienionych olejów z owadów na jakość mięsa pozyskanego z królików żywionych dietami z ich dodatkiem. Stwierdzono, że dodatek tłuszczu z owadów nie miał wpływu na cechy tuszy, parametry jakości mięsa i akceptację gotowanego mięsa przez konsumentów. Korzystnemu zróżnicowaniu uległ natomiast profil wybranych kwasów tłuszczowych.

Martins i wsp. [30] badali wpływ dwóch poziomów tłuszczu z larw czarnej muchy (*Hermetia illucens* L.) lub ekstrudowanego siemienia lnianego w diecie rosnących królików na wzrost zwierząt i strawność składników pokarmowych. Natomiast możliwość zastąpienia ekstrudowanego siemienia lnianego tłuszczem z larw czarnej muchy badali Dalle Zotte i wsp. [13]. Autorzy stwierdzili, że tłuszcz owadów można uznać za alternatywne źródło lipidów w dietach rosnących królików mięsnych. Zbliżone wyniki produkcyjne uzyskano w przypadku zwierząt żywionych dietami z dodatkiem siemienia lnianego.

Również w Polsce prowadzono badania nad żywieniem królików dietami z udziałem owadów. Ich wyniki są w trakcie procesu publikacyjnego, a wyniki wstępne dostępne są w formie doniesień konferencyjnych [21, 27, 28].

Newton i wsp. [32] już w ubiegłym wieku prowadzili badania nad zastosowaniem mączki z larw czarnej muchy (*Hermetia illucens* L.) w diecie rosnących świń. Wydawała się ona szczególnie cenna ze względu na wysoką zawartość aminokwasów, lipidów i wapnia. Diety zawierające tę mączkę były dla świń równie smakowite, jak te oparte na śrucie sojowej. Stwierdzono jednak, że względny niedobór metioniny + cystyny i treoniny wymagał włączenia tych aminokwasów do zrównoważonej diety.

Następnie możliwość zastosowania poczwerek jedwabnika w żywieniu prosiąt badali w latach 90. Ni i Tang [34]. Już w XXI wieku Newton i wsp. [33] próbowali zastąpić w żywieniu wcześniej odsadzanych od lochy prosiąt 50% lub 100% suszonej plazmy krwi, stosowanej w celu podniesienia odporności, suszoną mączką z czarnej muchy (*Hermetia*

*illucens* L.), której przypisywano podobne właściwości. Kiedy paszy tej nie suplementowano aminokwasami, jedynie przy 50% zastąpieniu uzyskiwano wyższy o 4% przyrost masy ciała przy niższym o 9% zużyciu paszy. Przy 100% zastąpieniu suszonej plazmy krwi mączką z czarnej muchy wyniki były niższe o odpowiednio 3% i 13% w stosunku do grupy kontrolnej.

Eksperyment w celu zbadania wpływu dodatku do paszy larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) na wzrost, strawność składników pokarmowych i profil krwi odsadzonych świń wykonali Xinghao i wsp. [56]. Wykazano wzrost masy ciała zwierząt związany z udziałem larw w diecie. Wraz ze wzrostem poziomu owadów w diecie retencja azotu i strawność suchej masy oraz białka surowego zwiększały się liniowo. W wynikach dotyczących profilu krwi zaobserwowano zmniejszenie stężenia azotu mocznikowego. Nie stwierdzono istotnych różnic w stężeniu IgA i IgG wynikających ze zróżnicowanej diety.

Sprangers i wsp. [49] prowadząc badania na świniach, do których diety włączono larwy czarnej muchy stwierdzili przeciwdrobnoustrojowe działanie jej tłuszczu, a dokładnie kwasu laurynowego (C12:0), co może stanowić ważną wartość dodaną prowadzącą do zmniejszenia ilości antybiotyków w hodowli zwierząt. Mączka i olej z większości larw owadów są bogatym źródłem tego kwasu.

Yoo i wsp. [58] w jednej z nowszych prac opisujących badania nad wykorzystaniem owadów w żywieniu świń wykazali, że dodatek larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) do diet poprawia strawność składników pokarmowych i aminokwasów. Autorzy stwierdzili, że badana larwa jest wartościowym źródłem białka i może stanowić do 10% w mieszankach paszowych dla rosnących świń.

Na podstawie przedstawionych publikacji dotyczących żywienia drobiu, królików i świń dietami z udziałem różnych owadów można stwierdzić, że uzyskane wyniki były w większości przypadków pozytywne. Zatem wykorzystanie owadów w paszach dla zwierząt nie tylko pomogłoby obniżyć deficyt białka na świecie, ale ułatwiłoby także zmniejszenie objętości odpadów. Za hodowlą owadów na cele paszowe przemawia też jej łatwość, wysoka plenność owadów, krótki cykl ich życia, duża liczba składanych jaj, mała powierzchnia potrzebna do hodowli oraz niskie koszty produkcji. Odpady powstałe po produkcji owadów łatwo zagospodarować jako nawóz naturalny. Zastosowanie białka owadziego w paszach w celu uzupełnienia tradycyjnych źródeł roślinnych może przyczynić się również do zwiększenia areалу gruntów rolnych pod uprawy do bezpośredniego spożycia przez ludzi. W ten sposób podniosłoby się ogólne bezpieczeństwo żywnościowe.

## PIŚMIENNICTWO

1. ATTIA Y.A., AL-HARTHI M.A., EL-DEEK, A.A., 2003 – Nutritive value of dehulled sunflower meal as affected by multienzymes supplementation to broiler diets. *Archiv für Geflügelkunde* 67 (3), 97-106.
2. BARROSO F.G., DE HARO C., SANCHEZ-MUROS M.J., VENEGAS E., MARTINEZ-SANCHEZ A., PEREZ-BANON C., 2014 – The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422-423, 193-201.



3. BAYAZIT V., 2009 – Effects of Sweet Gum (*Liquidambar orientalis*), Mulberry Leaves (*Morus alba*) and the Larval Ganglion Extracts of Silkworm (*Bombyx mori*) on Stroke Parameters (Hemoglobin, Strokin, Cortexin, Frontalin, Temporalin, Parietalin, Occipitalin, Brain Ventriculin, Hemorrhagic Clot) in Rabbits (*Lepus capensis*). *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8 (11), 2164-2170.
4. BELLUCO S., LOSASSO C., MAGGIOLETTI M., ALONZI C.C., PAOLETTI M.G., RICCI A., 2013 – Edible insects in food safety and nutritional perspective: a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12, 296-313.
5. BENZERTIHA A., KIEROŃCZYK B., RAWSKI M., KOŁODZIEJSKI P., BRYSZAK M., JÓZEPIAK D., 2019 – Insect oil as an alternative to palm oil and poultry fat in broiler chicken nutrition. *Animals* 9 (116), 1-18.
6. BUCZYŃSKA A., SZADKOWSKA-STĄNCZYK I., 2010 – Problemy higieny pracy i zagrożenia zdrowotne towarzyszące intensywnej produkcji trzody chlewnej. *Medycyna Pracy* 61 (3), 323-331.
7. BUESCHKE M., KULCZYŃSKI B., GRAMZA-MICHAŁOWSKA A., KUBIAK T., 2017 – Alternatywne źródła białka w żywieniu człowieka. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Problemy Rolnictwa Światowego* 17 (3), 49-59.
8. BUKKENS S.G.F., 1997 – The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition* 36 (2-4), 287-319.
9. BUKKENS S.G.F., 2005 – Insects in the human diet: nutritional aspects. [W:] Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development (ed. M.G. Paoletti). Science Publishers Inc., Enfield, pp. 545-577.
10. CARREGAL R.D.; TAKAHASHI R., 1987 – Use of silkworm (*Bombyx mori* L.) chrysalis meal as a replacement for soyabean meal in the feeding of growing rabbits. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 16 (2), 158-162.
11. CHEŁMIŃSKA A., KOWALSKA D., 2013 – The effectiveness of maize DDGS in rabbit diets. *Annals of Animal Science* 13 (3), 571-585.
12. DEFOLIART G.R., 1991 – Insect fatty acids: Similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation, but higher in the polyunsaturates. *Food Insects Newsletters* 4, 1-4.
13. DALLE ZOTTE A., CULLERE M., MARTINS C., ALVES S.P., FREIRE J.P.B., FALCÃO-E-CUNHA L., BESSA R.J.B., 2018 – Incorporation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat or extruded linseed in diets of growing rabbits and their effects on meat quality traits including detailed fatty acid composition. *Meat Science* 146, 50-58.
14. EFSA Scientific Committee, 2015 – Scientific Opinion: Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal* 13 (10), 4257.
15. FAO, 2013 – Edible insects. Future prospects for food and feed security. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* 171.
16. FINKE M.D., 2013 – Complete nutrient content of four species of feeder insect. *Zoo Biology* 32, 27-36.
17. GASMI-BOUBAKER A., ABDOULI H., EL HICHI M., FAIZA K., 2007 – Feeding rapeseed meal to rabbits: Digestibility, performance and carcass characteristics. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 2, 38-41.

18. GASCO L., DABBOU S., MENEGUZ M., RENNA M., BRUGIAPAGLIA A., DAMA A., BRESSAN E., SCHIAVONE A., TROCINO A., GRATTA F., BIROLO M., XICCATO G., ZOCCARATO I., GAI F., 2017 – Partial or total substitution of soybean oil by *Tenebrio molitor* or *Hermetia illucens* fat in rabbit diets. Preliminary results: effects on growth and slaughtering performances. Book of abstracts of the INSECTA Conference 2017, Berlin, Germany, 7-8 September 2017, pp. 60-62.
19. GASCO L., BIASATO I., DABBOU S., SCHIAVONE A., GAI F., 2019 – Animals fed insect-based diets: State-of-the-art on digestibility, performance and product quality. *Animals* 9 (4), 170.
20. GASCO L., DABBOU S., TROCINO A., XICCATO G., CAPUCCHIO M.T., BIASATO I., DEZZUTTO D., BIROLO M., MENEGUZ M., SCHIAVONE A., GAI F., 2019 – Effect of dietary supplementation with insect fats on growth performance, digestive efficiency and health of rabbits. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 10, 4 (DOI:10.1186/s40104-018-0309-2).
21. GUGOLEK A., STRYCHALSKI J., DASZKIEWICZ T., KOWALSKA D., GACEK L., KONSTANTYNOWICZ M., 2017 – Wstępne badania nad zastosowaniem białka owadów w żywieniu królików. LXXXII Zjazd Naukowy PTZ, Poznań, 20-22.09.2017, s. 231.
22. JÓZEFIAK A., KIEROŃCZYK B., RAWSKI M., MAZURKIEWICZ J., BENZERTIHA A., GOBBI P., NOGALES-MÉRIDA S., ŚWIĄTKIEWICZ S., JÓZEFIAK D., 2018 – Full-fat insect meals as feed additive – the effect on broiler chicken growth performance and gastrointestinal tract microbiota. *Journal of Animal and Feed Sciences* 27, 131-139.
23. KACZMAROWSKI M., 2019 – Gatunki owadów zaliczone do zwierząt gospodarskich w Unii Europejskiej. *Higiena Żywności i Pasz* 94 (2), 158-161.
24. KELLY J.D., CHEEKE P.R., PATTON N.M., 1990 – Evaluation of lupin (*Lupinus albus*) seeds as feedstuff for swine and rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 13, 145-150.
25. KIEROŃCZYK B., DŁUGOSZ J., RAWSKI M., URBĄŃSKI J., JÓZEFIAK D., 2016 – Zastosowanie owadów w żywieniu drobiu. *Polskie Drobniarstwo* 4, 8-13.
26. KIEROŃCZYK B., RAWSKI M., JÓZEFIAK A., MAZURKIEWICZ J., ŚWIĄTKIEWICZ S., SIWEK M., BEDNARCZYK M., SZUMACHER-STRABEL M., CIEŚLAK A., BENZERTIHA A., JÓZEFIAK D., 2018 – Effects of replacing soybean oil with selected insect fats on broilers. *Animal Feed Science and Technology* 240, 170-183.
27. KOWALSKA D., GUGOLEK A., 2018 – Wstępne badania nad możliwością wykorzystania suszonych larw owadów w żywieniu królików. LXXXIII Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, Lublin, s. 79-80.
28. KOWALSKA D., GUGOLEK A., 2019 – Wykorzystanie mączek z różnych owadów w żywieniu królików. LXXXIV Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, Szczecin, s. 158.
29. LIU M.L., TANG L.M., YAN J.P., LIU Y.G., 1987 – Effects of concentrated rapeseed protein on growing rabbits. *Journal Sichuan Agricultural University* 2, 20-22.
30. MARTINS C., CULLERE M., DALLE ZOTTE A., CARDOSO C., ALVES S.P., BRANQUINHO DE BESSA R.J., BENGALA FREIRE J.P., FALCÃO-E-CUNHA L., 2018 – Incorporation of two levels of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae fat or extruded linseed in diets of growing rabbits: effects on growth performance and diet digestibility. *Czech Journal of Animal Science* 63, 356-362.

31. MAURER V., HOLINGER M., AMSLER Z., FRÜH B., WOHLFAHRT J., STAMER A., LEIBER F., 2016 – Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal Insect Food Feed* 2, 83-90.
32. NEWTON G.L., BOORAM C.V., BARKER R.W., HALE O.M., 1977 – Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *Journal of Animal Science* 44, 395-400.
33. NEWTON L., SHEPPARD C., WATSON D.W., BURTLE G., DOVE R., 2005 – Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University.
34. NI X.J., TANG G.J., 1993 – Evaluation of optimal silkworm supplementation in suckling piglets diet. *ZheJiang Journal of Animal Science and Veterinary Medicine* 3, 49-49.
35. NIJDAM D., ROOD T., WESTHOEK H., 2012 – The price of protein: review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy* 37, 760-770.
36. OONINCX D.G.A.B., VAN ITTERBEECK J., HEETKAMP M.J.W., VAN DEN BRAND H., VAN LOON J.J.A., VAN HUIS A., 2010 – An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *Plos One* 5, 12.
37. PARK B.S., UM K.H., CHOI W.K., PARK S., 2017 – Effect of feeding black soldier fly pupa meal in the diet on egg production, egg quality, blood lipid profiles and faecal bacteria in laying hens. *European Poultry Science* 81, 1-12.
38. PINZI S., LEIVA-CANDIA D., LOPEZ-GARCIA I., REDEL-MARCAS M.D., DORADO M.P., 2014 – Latest trends in feedstocks for biodiesel production. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 8, 126-143.
39. PRETORIUS Q., 2011 – The evaluation of larvae of *Musca Domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. Thesis (MScAgric (Animal Sciences)) – University of Stellenbosch.
40. RAMOS-ELORDUY J., 1997 – Insects: A sustainable source of food? *Ecology of Food and Nutrition* 36, 247-276.
41. RAMOS-ELORDUY BLÁSQUEZ J., PINO MORENO J.M., MARTÍNEZ CAMACHO V.H., 2012 – Could Grasshoppers Be a Nutritive Meal? *Food and Nutrition Science* 3 (2), 164-175.
42. ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2017/893 z dnia 24 maja 2017 r. zmieniające załączniki I i IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 999/2001 oraz załączniki X, XIV i XV do rozporządzenia Komisji (UE) nr 142/2011 w odniesieniu do przepisów dotyczących przetworzonego białka zwierzęcego (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017R0893&from=PL>).
43. RUMPOLD B.A., SCHLÜTER O.K., 2013 – Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research* 57, 802-823.
44. RUST M.B., 2002 – Nutritional physiology. [W:] *Fish Nutrition* (eds. J.E. Halver, R.W. Hardy), The Academic Press, New York, USA, pp. 368-446.
45. SCHABEL H.G., 2010 – Forest insects as food: a global review. [W:] *Dusrt P.B., Johnson D.V., Leslie R.N., Shono K. – Edible Forest Insects Humans Bite Back. Forest Insects as Food: Humans Bite Back. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and Their Potential for Development* (37-64). FAO, Bangkok.

46. SCHIAVONE A., DABBOU S., DE MARCO M., CULLERE M., BIASATO I., BIASI-BETTI E., CAPUCCHIO M.T., BERGAGNA S., DEZZUTTO D., MENEGUZ M., GAI F., DALLE ZOTTE A., GASCO L., 2018 – Black soldier fly larva fat inclusion in finisher broiler chicken diet as an alternative fat source. *Animal* 12 (10), 2032-2039 (DOI: 10.1017/S1751731117003743).
47. SHOCKLEY M., DOSSEY A.T., 2013 – Insects for Human Consumption. [W:] Mass Production of Beneficial Organisms (ed. J. Morales-Ramos, M.G. Rojas, D. Schapiro-Ilan). Academic Press, pp. 617-652.
48. SMITH R., PRIOR R., 2013 – Insects as sustainable sources of protein. PROteINSECT. Work Package 5: Pro-Insect Platform in Europe. Minerva. Deliverable 5.1 – Mapping Exercise Report with regard to current Legislation & Regulation: Europe and Africa & China.
49. SPRANGHERS T., MICHIELS J., VRANCX J., OVYN A., EECKHOUT M., DE CLERCQ P., DE SMET S., 2018 – Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology* 235, 33-42.
50. ST-HILAIRE S., CRANFILL K., MCGUIRE M.A., MOSLEY E.E., TOMBERLIN J.K., NEWTON L., SEALEY W., SHEPPARD C., IRVING S., 2007 – Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *Journal of the World Aquaculture Society* 38, 309-313.
51. STRYCHALSKI J., JUŚKIEWICZ J., GUGOLEK A., WYCZLING P., DASZKIEWICZ T., ZWOLIŃSKI C., 2014 – Usability of rapeseed cake and wheat-dried distillers' grains with solubles in the feeding of growing Californian rabbits. *Archives of Animal Nutrition* 68, 227-244.
52. TZOMPA SOSA D.A., FOGLIANO V., 2017 – Potential of Insect-Derived Ingredients for food applications. *Insect Physiology and Ecology* 9, 215-231.
53. VOLEK Z., MAROUNEK M., 2009 – Whole white lupin (*Lupinus albus* cv. *Amiga*) seeds as a source of protein for growing-fattening rabbits. *Animal Feed Science and Technology* 152, 322-329.
54. WEINER A., PAPROCKA I., KWIATEK K., 2018 – Wybrane gatunki owadów jako źródło składników odżywczych w paszach. *Życie Weterynaryjne* 93 (7), 499-504.
55. Wykorzystanie krajowych źródeł białka w żywieniu zwierząt gospodarskich – konferencja w MRiRW (<https://www.pspo.com.pl/192,Wykorzystanie-krajowych-zrodel-bialka-w-zywieniu-zwierzat-gospodarskich--ko,aktualnosci.html>).
56. XINGHAO J., HEO P., HONG P., KIM N.J., KIM, Y.Y. 2016 – Supplementation of mealworm (*Tenebrio Molitor* larva) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 29 (7), 979-986.
57. YANG L.F., SIRIAMORNpun S., LI D., 2006 – Polyunsaturated fatty acid content of edible insects in Thailand. *Journal of Food Lipids* 13 (3), 277-285.
58. YOO J.S., CHO K.H., HONG J.S., JANG H.S., CHUNG Y.H., KWON G.T., SHI, D.G., KIM Y.Y., 2019 – Nutrient ileal digestibility evaluation of dried mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae compared to three animal protein by-products in growing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 32 (3), 387-394.
59. ZIELIŃSKA E., BARANIAK B., KARAŚ M., RYBCZYŃSKA K., JAKUBCZYK A., 2015 – Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International* 77, 460-466.

60. ZIELIŃSKA E., KARAŚ M., JAKUBCZYK A., 2017 – Antioxidant activity of predigested protein obtained from a range of farmed edible insects. *International Journal of Food Science & Technology* 52 (2), 306-312.
61. ZWOLIŃSKI C., GUGOLEK A., STRYCHALSKI J., KOWALSKA D., CHWASTOWSKA-SIWIECKA I., KONSTANTYNOWICZ M., 2017 – The effect of substitution of soybean meal with a mixture of rapeseed meal, white lupin grain, and pea grain on performance indicators, nutrient digestibility, and nitrogen retention in Popielno White rabbits. *Journal of Applied Animal Research* 45, 570-576.

Dorota Kowalska

## Insects as a source of nutrients in animal feed

### S u m m a r y

Global production of compound feed in 2018 was 1.103 billion tonnes, which was an increase of 3% compared to 2017. To meet the needs of the growing livestock population, a further increase in compound feed production is necessary. The need for new, alternative nutrient sources for feed production, in order to meet the anticipated consumer demand for animal products, has led to an increase in research on the potential uses and effects of insect-derived products, such as whole insects or insect meals and oils. Insects appear to be one of the most promising alternatives to nutrient sources such as soybean and fish meal, commonly used in feed for livestock and aquaculture. The purpose of the review was to present the currently available literature on the use of insects as feed in livestock production and to systematize it in one easy-to-read document. Particular focus has been placed on the use of insect products for animals such as poultry, rabbits and pigs, as well as their effect on productivity, nutrient digestibility, performance, and product quality. The results of numerous studies suggest that insects can be a source of nutrients in feed for poultry, rabbits and pigs.

**KEY WORDS:** insects, compound feed, poultry, rabbits, pigs