

Materiały konferencyjne



**27-28.05
2026**
Olsztyn

Projekt finansowany
ze środków budżetu państwa,
przyznanych przez Ministra Nauki
i Szkolnictwa Wyższego w ramach
Programu Wektory Nauki.
Dofinansowanie: 196 600 zł
Wartość projektu: 246 900 zł

 WEKTORY
NAUKI

 Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

 **INSECTS**
FOR FEED AND FOOD FORUM
2026

 UNIwersYTET
WARMIŃSKO-MAZURSKI
W OLSZTYNIE

 WYDZIAŁ MEDYCYNY
WETERYNARYJNEJ

OLSZTYN, 27-28 MAJA 2026

III KONFERENCJA NAUKOWA

Hodowla owadów na cele paszowe i żywieniowe

Patronat Honorowy

 Marszałek
Województwa Warmińsko-Mazurskiego
Marek Kochański

 Urząd
Województwa Warmińsko-Mazurskiego
Białostocki Świat

 Prezydent Olsztyna
Robert Sewczyk

 PATRONAT HONOROWY
Instytut Zoologii i Zoologii Weterynaryjnej
Polskiej Akademii Nauk

 CDR Centrum Doradztwa Rolniczego
w Brwinowie

Partnerzy

 POLSKIE STOWARZYSZENIE
WETERYNARYJNE

 POLSKIE STOWARZYSZENIE
HODOWCÓW OWADÓW

 POLSKIE STOWARZYSZENIE
HODOWCÓW OWADÓW

 POLSKIE STOWARZYSZENIE
HODOWCÓW OWADÓW

Opieka medialna

 TVPi3
OLSZTYN

 712.pl

Patroni medialni

 PORTAL WETERYNARYJNY

 PRO AGRICOLA

 RADIO
OLSZTYN

 Radio
UWM FM

 PortalOwad.pl

 ENTOFAMILY





Centrum Konferencyjne UWM
ul. Dybowskiego 11, 10-719 Olsztyn

www.owad2026.syskonf.pl
owad2026@uwm.edu.pl



KOMITET NAUKOWY

- Dr inż. Piotr Bulak**
Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie
- Prof. dr hab. Damian Józefiak**
Kierownik Katedry Żywnienia Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
Członek Zarządu, pomysłodawca i współzałożyciel HiProMine
- Prof. dr hab. inż. Marcin Kadej**
Kierownik Pracowni Biologii i Entomologii Sądowej, Dziekan Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego
- Lek. wet. Marta Koncewicz-Jarząb**
Dyrektor Biura Pasz, Farmacji i Utylizacji. Główny Inspektorat Weterynarii
- Dr hab. Agnieszka Kosewska, prof. UWM**
Katedra Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej,
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa UWM w Olsztynie
- Prof. dr hab. Krzysztof Kwiatek**
Kierownik Zakładu Higieny Pasz, Państwowy Instytut Weterynaryjny
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
- Dr hab. inż. Michał Krzyżaniak, prof. UWM**
Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców,
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa UWM w Olsztynie.
- Prof. dr hab. Bogdan Lewczuk**
Kierownik Katedry Histologii i Embriologii,
Dziekan Wydziału Medycyny Weterynaryjnej UWM w Olsztynie
- Prof. dr hab. Daria Murawska**
Kierownik Katedry Towaroznawstwa Ogólnego i Doświadczalnictwa,
Wydział Bioinżynierii Zwierząt, UWM w Olsztynie
- Dr wet. Nils Th. Grabowski**
Kierownik Katedry w Instytucie Jakości i Bezpieczeństwa Żywności,
Uniwersytet Medycyny Weterynaryjnej w Hanowerze, Niemcy

KOMITET ORGANIZACYJNY

- Katedra Prewencji Weterynaryjnej i Higieny Pasz
- Łukasz Zielonka**
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego
- Marzena Barasińska**
- Michał Dąbrowski**
- Magdalena Gajęcka**
- Remigiusz Gałęcki**
- Małgorzata Gugolek**
- Ewa Jakimiuk**
- Kazimierz Obremski**
- Tadeusz Bakuła**
Prezes Polskiego Stowarzyszenia Hodowców i Przetwórców Owadów
- Paweł Górzyński**
TENEBRIA Sp. z o.o.
- Mateusz Mentlewicz**
Cirwins sp. z o.o.
- Robert Stryński**
Katedra Biochemii, Wydział Biologii i Biotechnologii, UWM w Olsztynie



PRELEGENCI



Prof. dr hab. inż. Marcin Kadej
Zakładu Biologii, Ewolucji i Ochrony Bezkręgowców,
Kierownik Pracowni Biologii i Entomologii Sądowej
Wydziału Nauk Biologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego



Prof. Viktor Benno Meyer-Rochow
Katedra Ekologii i Genetyki, Uniwersytet Oulu, Finlandia



Dr Chrysantus Tanga Mbi
Międzynarodowe Centrum Fizjologii i Ekologii Owadów ICIPE
(International Centre of Insect Physiology and Ecology),
Kenia



Dr wet. Remigiusz Gałęcki
Katedra Prewencji Weterynaryjnej i Higieny Pasz
Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
UWM w Olsztynie



Dr Thomas Lefebvre
były dyrektor ds. badań i rozwoju w Ynsect,
założyciel ELYTR



Dr wet. Nils Th. Grabowski
Kierownik Katedry w Instytucie Jakości
i Bezpieczeństwa Żywności,
Uniwersytet Medycyny Weterynaryjnej w Hanowerze



Dr wet. Arya Rezaei Far
Wageningen University & Research
Holandia



**27-28.05
 2026**
 Olsztyn



BIURO ORGANIZATORA

Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie
 Wydział Medycyny Weterynaryjnej
 Katedra Prewencji Weterynaryjnej i Higieny Pasz

📍 ul. Oczapowskiego 13 p.05
 10-718 Olsztyn

☎ tel. 89 523 37 73

📱 kom. 602 841 183

✉ owad2026@uwm.edu.pl



UNIWERSYTET
 WARMIŃSKO-MAZURSKI
 W OLSZTYNIE



WYDZIAŁ MEDYCYNY
 WETERYNARYJNEJ

Patronat Honorowy



Partnerzy



Opieka medialna

Patroni medialni



📍 Centrum Konferencyjne UWM
 ul. Dybrowskiego 11, 10-719 Olsztyn

🌐 www.owad2026.syskonf.pl
 ✉ owad2026@uwm.edu.pl



Projekt finansowany ze środków budżetu państwa, przyznanych przez
Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach Programu Wektory Nauki



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

 WEKTORY
NAUKI



**DOFINANSOWANO
ZE ŚRODKÓW
BUDŻETU PAŃSTWA**

WEKTORY NAUKI

III Międzynarodowa Konferencja Naukowa
"Hodowla owadów na cele paszowe i żywieniowe",
OWADY2026

**DOFINANSOWANIE
196 600 zł**

**CAŁKOWITA WARTOŚĆ
246 900 zł**

**DATA PODPISANIA UMOWY
grudzień 2025 r.**

Referaty plenarne / Plenary lectures

Prof. Marcin Kadej PhD, DSc, Eng

Uniwersytet Wrocławski
Wydział Nauk Biologicznych
Zakład Biologii, Ewolucji i Ochrony Bezkręgowców
Pracownia Biologii i Entomologii Sądowej
ul. Przybyszewskiego 65, 51-148 Wrocław

University of Wrocław, Faculty of
Biological Sciences, Department of
Invertebrate Biology, Evolution and
Conservation, Centre for Forensic Biology
and Entomology, Przybyszewskiego 65,
PL-51-148 Wrocław, Poland

"Świat oczami owadów a ich dobrostan"

Owady (*Insecta*) stanowią jedną z najbardziej zróżnicowanych oraz najliczniejszych gromad organizmów żywych zasiedlających środowisko lądowe. Dotychczas opisano około 1,5 miliona gatunków, a szacuje się, że rzeczywista liczba może być znacznie wyższa. Gromada ta odgrywa kluczową rolę w funkcjonowaniu ekosystemów, pełniąc szereg istotnych funkcji ekosystemowych, takich jak zapylanie roślin okrytonasiennych, rozkład martwej materii organicznej, rozsiewanie nasion, regulacja liczebności innych organizmów poprzez drapieżnictwo oraz pasożytnictwo. Niektóre gatunki owadów uznawane są również za inżynierów ekosystemów, ze względu na ich zdolność do przekształcania środowiska.

Owady odgrywają również istotną rolę w ochronie przyrody, pełniąc funkcje wykraczające daleko poza ich bezpośrednie znaczenie troficzne. Szczególną rolę przypisuje się tzw. gatunkom osłonowym, których ochrona sprzyja zachowaniu całych zespołów organizmów współwystępujących. Przykładem jest pachnica próchniczka (*Osmoderma eremita*), której obecność wiąże się z ochroną wielu gatunków saproksylicznych zasiedlających próchnowiska. Inną grupę stanowią gatunki o cechach inżynierów ekosystemów, takie jak kozioróg dębosz (*Cerambyx cerdo*), które poprzez swoją działalność przyczyniają się do powstawania mikrosiedlisk wykorzystywanych przez liczne inne taksony, w tym owady (BUSE i in. 2008), gady (GOTTFRIED i in. 2019a) oraz ssaki (GOTTFRIED i in. 2019b). Z kolei gatunki charyzmatyczne, takie jak niepyłak apollo (*Parnassius apollo*) czy nadobnica alpejska (*Rosalia alpina*), wpływają na społeczne postrzeganie owadów,

"The World Through the Eyes of Insects and Their Well-Being"

Insects (*Insecta*) constitute one of the most diverse and numerous groups of organisms inhabiting terrestrial environments. To date, approximately 1.5 million species have been described, although the actual number is estimated to be much higher. This group plays a key role in ecosystem functioning, performing a wide range of essential ecosystem services, such as pollination of angiosperms, decomposition of dead organic matter, seed dispersal, and regulation of other organisms' populations through predation and parasitism. Some insect species are also regarded as ecosystem engineers, due to their ability to transform their environment.

Insects also play an important role in nature conservation, extending far beyond their direct trophic importance. Particular significance is attributed to so-called umbrella species, whose protection supports the conservation of entire communities of co-occurring organisms. An example is the hermit beetle (*Osmoderma eremita*), whose presence is associated with the conservation of many saproxylic species. Another group includes species with characteristics of ecosystem engineers, such as the great capricorn beetle (*Cerambyx cerdo*), whose activity contributes to the creation of microhabitats used by numerous taxa, including insects, reptiles, and mammals. In turn, charismatic

przyczyniając się do wzrostu akceptacji dla ich ochrony oraz do obniżenia poziomu entomofobii.

Znaczenie owadów wyraźnie przekłada się także na funkcjonowanie człowieka. Obserwacje owadów oraz badania nad ich biologią i zachowaniem przyczyniły się do rozwoju wielu technologii, w tym rozwiązań z zakresu optyki, lotnictwa, a nawet technologii wojskowych. Współcześnie owady są przedmiotem intensywnych badań pod kątem ich potencjalnego wykorzystania w biodegradacji tworzyw sztucznych, w tym poliestru (KOSEWSKA i in. 2019), produkcji biopaliw (QING i in. 2011; MOHAN i in. 2023), wykrywaniu substancji zabronionych (SCHOTT i in. 2015), a nawet w detekcji chorób (PIQUERET 2022).

Owady stanowią również ważną grupę organizmów o wysokim potencjale farmaceutyczno-medycznym. Ich możliwości biosyntezy substancji biologicznie czynnych są nadal stosunkowo słabo rozpoznane (SEABROOKS i HU 2017). Wiele gatunków funkcjonuje jako swoiste „laboratoria biochemiczne”, zdolne do produkcji związków o szerokim spektrum aktywności biologicznej. Część z tych substancji wykazuje potencjalne zastosowanie w terapii licznych schorzeń, w tym jako związki przeciwnowotworowe lub antybakteryjne (MUDALUNGU i in. 2021; SAHOO i in. 2021).

Wiele gatunków owadów stanowi ponadto ważne źródło pokarmu, dostarczając białka i innych składników odżywczych zarówno zwierzętom, jak i ludziom. Ich wyjątkowy sukces ewolucyjny jest rezultatem licznych przystosowań morfologicznych, fizjologicznych i behawioralnych do zróżnicowanych warunków środowiskowych. Jednym z kluczowych przystosowań jest obecność zewnętrznego szkieletu w postaci oskórka chitynowego (kutikuli) – struktury cechującej się dużą wytrzymałością mechaniczną i odpornością na czynniki środowiskowe.

Istotnym elementem sukcesu owadów jest także wykształcenie wyspecjalizowanych narządów zmysłów, umożliwiających precyzyjny odbiór bodźców chemicznych, mechanicznych, świetlnych i termicznych, co pozwala na skuteczne funkcjonowanie w złożonym i dynamicznym środowisku.

Owady odbierają bodźce wzrokowe przede wszystkim dzięki oczom złożonym, które u wielu gatunków stanowią główny narząd widzenia. Oprócz prostych oczek (ocelli) liczne grupy owadów posiadają dobrze rozwinięte oczy złożone, często zajmujące znaczną część puszki głowowej (np. u

species, such as *Parnassius apollo* and *Rosalia alpina*, influence public perception of insects, contributing to increased acceptance of their protection and a reduction in entomophobia.

The importance of insects is also clearly reflected in human functioning. Observations of insects and research on their biology and behavior have contributed to the development of numerous technologies, including solutions in optics, aviation, and even military technologies. Today, insects are intensively studied for their potential use in plastic biodegradation, including polyester, biofuel production, detection of prohibited substances, and even disease detection.

Insects also represent an important group of organisms with high pharmaceutical and medical potential. Their ability to biosynthesize biologically active compounds remains relatively poorly understood. Many species function as unique “biochemical laboratories,” capable of producing compounds with a wide spectrum of biological activity. Some of these substances have potential applications in the treatment of various diseases, including anticancer and antibacterial agents.

Furthermore, many insect species constitute an important food source, providing protein and other nutrients for both animals and humans. Their remarkable evolutionary success results from numerous morphological, physiological, and behavioral adaptations to diverse environmental conditions. One key adaptation is the presence of an external skeleton in the form of a chitinous cuticle, characterized by high mechanical strength and resistance to environmental factors.

An important component of insect success is also the development of specialized sensory organs, enabling precise perception of chemical, mechanical, visual, and thermal stimuli, allowing effective functioning in complex and dynamic environments.

błonkoskrzydłych, ważek czy muchówek). Oko złożone zbudowane jest z licznych ommatidiów, których liczba może sięgać nawet 30 tysięcy. Taka budowa umożliwia owadom szerokie pole widzenia, wysoką czułość na ruch oraz skuteczniejszą orientację w środowisku. U niektórych gatunków, dzięki mechanizmowi superpozycji, możliwe jest widzenie przy bardzo niskim natężeniu światła, co stanowi istotną adaptację do nocnego trybu życia. Owady postrzegają promieniowanie świetlne w zakresie szerszym niż człowiek, obejmującym m.in. ultrafiolet, co ma kluczowe znaczenie dla orientacji przestrzennej, rozpoznawania kwiatów oraz komunikacji wewnątrzgatunkowej. U niektórych gatunków odbiór bodźców świetlnych w postaci bioluminescencyjnych sygnałów odgrywa zasadniczą rolę w odnajdywaniu partnerów, zachowaniach godowych oraz procesach rozrodczych, czego klasycznym przykładem są świetlikowate (*Lampyridae*).

Zmysł węchu odgrywa u owadów kluczową rolę w percepcji środowiska i komunikacji. Udowodniono, że zdolności owadów w zakresie rozróżniania bodźców zapachowych w wielu przypadkach przewyższają możliwości psów. Przykładem są nekrofagiczne muchówki, które potrafią zlokalizować padlinę nawet z odległości kilkunastu kilometrów. Jest to możliwe dzięki obecności wyspecjalizowanych receptorów zapachowych, skupionych m.in. w dołkach czuciowych zlokalizowanych na funiculusie, będącym jedną z części czułków. Informacje chemiczne umożliwiają owadom komunikację na odległość, pozwalając na przekazywanie informacji o zasobach pokarmowych, zagrożeniach, a także sygnalizowanie gotowości do rozrodu za pomocą feromonów płciowych.

Niezwykle istotnym zmysłem owadów jest również dotyk, realizowany za pośrednictwem licznych mechanoreceptorów rozmieszczonych na powierzchni ciała, zwłaszcza na czułkach i odnóżach. Dzięki niemu owady są w stanie rozpoznawać rodzaj podłoża, jego strukturę oraz wilgotność, a także oceniać wielkość i masę obiektów. Szczególnie wyraźnie zjawisko to obserwuje się u chrząszczy omarlicowatych z podrodziny *Nicrophorinae*, które za pomocą zakończeń nerwowych na czułkach i odnóżach oceniają rozmiar padliny przeznaczonej na „gniazdo” dla larw, dostosowując do niego strategię rozrodczą.

Niektóre owady wykazują zdolność percepcji ładunków elektrycznych, co stanowi kolejną wyspecjalizowaną adaptację sensoryczną. Na tej

Insects perceive visual stimuli primarily through compound eyes, which in many species serve as the main organ of vision. In addition to simple eyes (ocelli), many insect groups possess well-developed compound eyes, often occupying a large part of the head (e.g., *Hymenoptera*, dragonflies, *Diptera*). A compound eye consists of numerous ommatidia, whose number may reach up to 30,000. This structure provides a wide field of vision, high sensitivity to movement, and efficient orientation in the environment. In some species, due to the superposition mechanism, vision is possible even under very low light conditions, which is crucial for nocturnal life. Insects perceive light in a broader spectrum than humans, including ultraviolet radiation, which is essential for navigation, flower recognition, and intraspecific communication. In some species, the perception of bioluminescent signals plays a crucial role in locating mates and reproductive behavior, as seen in fireflies (*Lampyridae*).

The sense of smell plays a key role in environmental perception and communication in insects. It has been shown that their ability to distinguish odors often exceeds that of dogs. For example, necrophagous flies can locate carrion from distances of several kilometers. This is made possible by specialized olfactory receptors located, among others, in sensory pits on the funiculus, a segment of the antenna. Chemical signals enable long-distance communication, including information about food sources, threats, and reproductive readiness via sex pheromones. Another crucial sense is touch, mediated by numerous mechanoreceptors distributed over the body surface, especially on the antennae and legs. This allows insects to recognize substrate type, structure, and humidity, as well as to assess the size and mass of objects. This phenomenon is particularly evident in burying beetles (*Nicrophorinae*), which use sensory endings on their antennae and legs to evaluate the size of carrion used as a “nest”

podstawie, przykładowo trzmiele (*Bombus sp.*), są w stanie podejmować decyzje dotyczące opłacalności odwiedzenia danego kwiatu w kontekście pozyskiwania pokarmu. Zdolność ta wynika z różnic w ładunku elektrostatycznym pomiędzy kwiatami już odwiedzionymi przez zapylacze a tymi, które nadal zawierają nektar i pyłek, co bezpośrednio przekłada się na skuteczność zapylania roślin.

Inne grupy owadów, takie jak niektóre gatunki z rodziny bogatkowatych (*Buprestidae*), posiadają natomiast wyspecjalizowane receptory, umożliwiające wykrywanie źródeł promieniowania cieplnego. Struktury te pozwalają na lokalizowanie pożarysk, które stanowią kluczowe siedlisko rozwoju postaci młodocianych tych chrząszczy. Dzięki temu bogatkowate są w stanie wykrywać miejsca pożarów nawet z odległości kilkudziesięciu kilometrów, co umożliwia im szybkie zasiedlanie nowo powstałych, efemerycznych siedlisk.

Dla wielu owadów istotne znaczenie ma zdolność odbioru bodźców akustycznych, zarówno w postaci sygnałów dźwiękowych, jak i drgań (wibracji) podłoża. Dzięki nim samce mogą komunikować informacje o zajmowanym terytorium, jak również sygnalizować przedstawicielom płci przeciwnej gotowość do rozrodu. W toku ewolucji owady wykształciły liczne struktury umożliwiające zarówno wytwarzanie dźwięków (np. poprzez strydulację lub wibracje skrzydeł), jak i ich detekcję, obejmujące wyspecjalizowane narządy odbiorcze wrażliwe na drgania powietrza lub podłoża. Poza opisanymi wcześniej zmysłami owady dysponują również zdolnością percepcji smakowej, która odgrywa kluczową rolę w selektywnym pobieraniu pokarmu. Dzięki niej są w stanie oceniać obecność oraz stężenie substancji potencjalnie toksycznych, takich jak alkaloidy, nikotyna czy związki cyjanogenne, często wytwarzanych przez rośliny jako element obrony chemicznej przed atakiem fitofagów. Co więcej, niektóre gatunki owadów wykształciły wyspecjalizowane mechanizmy detoksykacji tych związków, a nawet zdolność ich akumulacji w tkankach ciała. Substancje te mogą następnie pełnić funkcję wtórnej obrony, zwiększając odporność owadów na presję drapieżników.

Te same cechy charakteryzują również owady paszowe oraz owady przeznaczone do celów jadalnych. Ich funkcjonowanie podporządkowane jest tym samym mechanizmom percepcji zmysłowej, a prawidłowy rozwój zależy w głównej mierze od dostępu do

for larvae, adjusting their reproductive strategy accordingly.

Some insects are capable of detecting electric charges, representing another specialized sensory adaptation. For example, bumblebees (*Bombus spp.*) can make decisions about whether visiting a particular flower is worthwhile in terms of food acquisition. This ability results from differences in electrostatic charge between flowers already visited by pollinators and those still containing nectar and pollen, directly influencing pollination efficiency.

Other insects, such as certain species of jewel beetles (*Buprestidae*), possess specialized receptors that allow detection of thermal radiation. These structures enable them to locate burnt areas, which are critical habitats for their larval development. They can detect fire sites from distances of several dozen kilometers, allowing rapid colonization of newly formed, ephemeral habitats.

For many insects, the ability to perceive acoustic stimuli is also important, both in the form of sounds and substrate vibrations. These signals are used for territory defense and mate attraction. During evolution, insects have developed numerous structures for both sound production (e.g., stridulation or wing vibrations) and detection, involving specialized sensory organs sensitive to air or substrate vibrations.

In addition to these senses, insects also possess gustatory perception, which plays a key role in selective feeding. This allows them to detect and evaluate potentially toxic substances such as alkaloids, nicotine, or cyanogenic compounds, often produced by plants as chemical defenses. Some insect species have evolved mechanisms to detoxify and even accumulate these compounds, using them as a secondary defense against predators.

These same characteristics also apply to feed insects and edible insects. Their functioning is governed by the same sensory mechanisms, and their proper development largely depends on access to

odpowiedniej jakości pokarmu oraz wody. Owady, jako organizmy egzotermiczne, w bardzo ścisły sposób uzależnione są ponadto od warunków termicznych otoczenia. Z tego względu wiedza dotycząca krytycznych wartości temperatury (dolnej i górnej), obok zapewnienia właściwej przestrzeni życiowej, odpowiednich schronień, a także miejsc do składania jaj i przeobrażania się postaci młodocianych, ma kluczowe znaczenie w hodowli tych niezwykle interesujących organizmów.

Powyższe uwarunkowania składają się na dobrostan owadów – zwierząt, które w ostatnich latach w świadomości coraz większej części społeczeństwa postrzegane są także jako organizmy hodowlane. Pojęcie dobrostanu obejmuje szereg kluczowych aspektów, takich jak odpowiednie zagęszczenie osobników, właściwe podłoże i warunki środowiskowe, zapewnienie bodźców odpowiadających warunkom naturalnym, a także profilaktykę oraz leczenie chorób i ochronę przed pasożytami. Są to wyzwania stojące zarówno przed hodowcami i zootechnikami, jak również przed służbami weterynaryjnymi odpowiedzialnymi za nadzór i kontrolę.

Obszar ten, zwłaszcza w odniesieniu do owadów paszowych, rozwija się obecnie bardzo dynamicznie. Wynika to z rosnącego zainteresowania zarówno środowiska naukowego, jak i praktyków oraz przedsiębiorców, którzy koncentrują swoje działania na opracowywaniu coraz bardziej efektywnych i ekonomicznie uzasadnionych rozwiązań w hodowli owadów. Rozwój ten możliwy jest przede wszystkim dzięki intensywnym i coraz bardziej zaawansowanym badaniom nad biologią poszczególnych gatunków owadów, w tym w szczególności owadów paszowych. Bez tej podstawowej wiedzy trudno bowiem zarówno planować, jak i prowadzić racjonalną hodowlę.

W kontekście dobrostanu owadów za szczególnie istotne i uzasadnione uznaje się obecnie badania obejmujące m.in. standaryzację zasad dobrostanu bezkręgowców, rozwój inteligentnych systemów monitorowania populacji oraz modele analizy stresu, oparte na badaniach fizjologicznych i behawioralnych. Ważną przesłanką dla rozwoju tego obszaru jest rosnące znaczenie owadów nie tylko w nauce i rolnictwie, lecz także w produkcji zbilansowanej żywności.

Etyczne postępowanie wobec owadów zyskuje w ostatnich latach coraz większe znaczenie, co związane jest zarówno ze wzrostem skali ich wykorzystywania w hodowli, jak i z narastającym zasobem wiedzy na temat

high-quality food and water. As ectothermic organisms, insects are also highly dependent on ambient temperature conditions. Therefore, knowledge of critical temperature thresholds (lower and upper limits), along with providing appropriate space, shelters, and sites for egg-laying and metamorphosis, is crucial in insect breeding.

These factors collectively define welfare of insects – animals that in recent years have increasingly been perceived as farmed organisms. The concept of welfare includes key aspects such as appropriate stocking density, suitable substrate and environmental conditions, provision of stimuli reflecting natural conditions, disease prevention and treatment, and protection against parasites. These challenges apply to breeders, zootechnicians, and veterinary services responsible for supervision and control.

This area, particularly regarding feed insects, is developing very dynamically due to growing interest from scientists, practitioners, and entrepreneurs focused on developing increasingly efficient and economically viable insect farming methods. This development is primarily driven by advanced research on insect biology, especially that of feed species. Without such knowledge, rational breeding is not possible.

In the context of insect welfare, particular importance is currently attributed to research on standardization of invertebrate welfare principles, development of intelligent population monitoring systems, and stress analysis models based on physiological and behavioral studies. The growing role of insects in science, agriculture, and food production further supports this research.

Ethical treatment of insects has gained increasing importance in recent years, both due to the growing scale of their use in farming and the expanding knowledge about their biology, behavior, and cognitive abilities. Although insects were long absent

ich biologii, zachowań oraz zdolności poznawczych. Choć owady przez długi czas znajdowały się poza głównym nurtem refleksji etycznej dotyczącej zwierząt, coraz liczniejsze badania wskazują, że wykazują one zdolności do uczenia się, zapamiętywania bodźców, podejmowania decyzji, niesienia pomocy oraz reagowania na stres środowiskowy.

W tym kontekście etyczne podejście do hodowli owadów zakłada konieczność minimalizowania cierpienia oraz ograniczania negatywnych bodźców środowiskowych, nawet jeśli ich zakres i charakter różnią się od tych obserwowanych u kręgowców. Oznacza to odejście od postrzegania owadów wyłącznie jako „surowca biologicznego” na rzecz traktowania ich jako organizmów o określonych potrzebach fizjologicznych i behawioralnych, wynikających z ich adaptacji ewolucyjnych.

Istotnym elementem etycznego postępowania jest zapewnienie takich warunków chowu i hodowli, które umożliwiają realizację naturalnych wzorców zachowania, ograniczają chroniczny stres oraz redukują śmiertelność niezwiązaną bezpośrednio z celem produkcyjnym. Obejmuje to m.in. odpowiednie zagęszczenie osobników, właściwe warunki mikroklimatyczne, dostęp do odpowiedniego pokarmu i wody, a także możliwie humanitarne metody usypiania lub uśmiercania, jeśli są one elementem cyklu produkcyjnego.

Etyczny wymiar dobrostanu owadów ma również istotne konsekwencje dla wiarygodności badań naukowych. Organizmy utrzymywane w warunkach chronicznego stresu wykazują zaburzenia fizjologiczne i behawioralne, co może prowadzić do zniekształcenia wyników eksperymentów i obniżenia ich porównywalności. Właściwe standardy dobrostanu owadów stanowią więc nie tylko postulat etyczny, lecz także niezbędny element rzetelnej metodologii badawczej.

Wreszcie, z perspektywy praktycznej, etyczne podejście do hodowli owadów paszowych i jadalnych przekłada się bezpośrednio na efektywność produkcji. Organizmy utrzymywane w warunkach odpowiadających ich wymaganiom biologicznym cechują się lepszym tempem wzrostu, wyższą przeżywalnością oraz mniejszą podatnością na choroby i pasożyty. Tym samym etyka i efektywność nie stoją wobec siebie w opozycji, lecz pozostają ze sobą ściśle powiązane.

from mainstream animal ethics discussions, increasing evidence shows they are capable of learning, memorizing, decision-making, helping behavior, and responses to environmental stress.

In this context, ethical insect farming requires minimizing suffering and limiting negative environmental stimuli, even if these differ from those in vertebrates. This means moving away from treating insects solely as “biological raw material” toward recognizing them as organisms with specific physiological and behavioral needs shaped by evolution.

A key aspect of ethical practice is ensuring housing conditions that allow natural behavior, reduce chronic stress, and minimize mortality not directly related to production. This includes appropriate density, suitable microclimate, access to food and water, and as humane as possible methods of anesthesia or killing when required.

The ethical dimension of insect welfare also has significant implications for the reliability of scientific research. Organisms maintained under chronic stress show physiological and behavioral disturbances, which may distort experimental results and reduce comparability. Thus, proper welfare standards are not only an ethical requirement but also an essential element of sound research methodology.

Finally, from a practical perspective, ethical approaches to farming feed and edible insects directly translate into production efficiency. Organisms kept under biologically appropriate conditions exhibit faster growth, higher survival rates, and lower susceptibility to diseases and parasites. Therefore, ethics and efficiency are not contradictory but closely interconnected.

In light of the above, ethical treatment of insects should be regarded as an integral element of modern farming, combining responsibility toward living organisms with the requirements of science, production, and sustainable development.

W świetle powyższego etyczne postępowanie wobec owadów należy postrzegać jako integralny element nowoczesnej hodowli, łączący odpowiedzialność wobec żywych organizmów z wymogami nauki, produkcji i zrównoważonego rozwoju. marcin.kadej@uwr.edu.pl

Piśmiennictwo

- BUSE J., RANIUS T., ASSMANN T. 2008. An endangered longhorn beetle associated with old oaks and its possible role as an ecosystem engineer. *Conservation Biology*, 22: 329-337.
- GOTTFRIED I., BORCZYK B., GOTTFRIED T. 2019a. Snakes use microhabitats created by the great capricorn beetle *Cerambyx cerdo* in southwest Poland. *Herpetozoa*, 32: 133-135.
- GOTTFRIED I., GOTTFRIED T., ZAJĄC K. 2019b. Bats use larval galleries of the endangered beetle *Cerambyx cerdo* as hibernation sites. *Mammalian Biology*, 95: 31-34.
- KOSEWSKA O., KOSEWSKA A., PRZEMIENIECKI S., SIENKIEWICZ S. 2019. Alternative ways of foamed polystyrene recycling using insects as an element of sustainable development *Economic Science for Rural Development Journals And Proceedings*, 52: 45-52.
- MOHAN K., SATHISHKUMAR P., RAJAN D. K., RAJARAJESWARAN J., GANESAN A. R. 2023. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as potential feedstock for the biodiesel production: Recent advances and challenges, *Science of The Total Environment*, 859(1): 160235.
- MUDALUNGU C. M , TANGA C. M., KELEMU S., TORTO B. 2021. An Overview of Antimicrobial Compounds from African Edible Insects and Their Associated Microbiota. *Antibiotics (Basel)*, 10(6): 621.
- PIQUERET B., BOURACHOT B., LEROY C., DEVIENNE P., MECHTA-GRIGORIOU F., D'ETTORRE P., SANDOZ J.C. 2022. Ants detect cancer cells through volatile organic compounds. *I Science*, 25(3): 103959.
- QING L., LONGYU Z., HAO C., GARZA E., ZINIU Y., SHENGDE Z. 2011. From organic waste to biodiesel: Black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible. *Fuel*, 90(4): 1545-1548.
- SAHOO A., SWAIN S.S., BEHERA A., SAHOO G., MAHAPATRA P. K., PANDA S. K. 2021. Antimicrobial Peptides Derived From Insects Offer a Novel Therapeutic Option to Combat Biofilm: A Review. *Frontiers in Microbiology*, 12: 661195.
- SCHOTT M., KLEIN B., VILCINSKAS A. 2015. Detection of Illicit Drugs by Trained Honeybees (*Apis mellifera*). *PLoS ONE*, 10(6): e0128528.
- SEABROOKS L., HU L. 2017. Insects: an underrepresented resource for the discovery of biologically active natural products. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 7(4): 409-426.

Prof. Viktor Benno Meyer-Rochow

Department of Ecology and Genetics, Oulu University, Oulu, Finland

**„Rola entomofagii w dziejach
społeczeństw ludzkich: przeszłość,
teraźniejszość i przyszłość”**

Owady stanowią pożywienie człowieka od czasów prehistorycznych. Choć starożytni Grecy i Rzymianie cenili jako pokarm larwy owadów żerujących w drewnie oraz cykady, z różnych powodów spożywanie owadów niemal całkowicie zanikło w Europie. Dopiero w ostatnich latach można mówić o jego częściowym odrodzeniu. Z perspektywy europejskiej można wyróżnić pięć nakładających się na siebie etapów relacji człowieka z jadalnymi owadami, a w niniejszym wykładzie omówię powiązania między nimi.

Po fazie prehistorycznej, o której wiemy jedynie pośrednio, stało się jasne, że ludzie na całym świecie cenili owady jako źródło pożywienia. Drugi i trzeci etap zainteresowania entomofagią zdominowały opisy i dokumentacja tego, kto spożywał określone gatunki owadów oraz w jaki sposób, gdzie i kiedy je pozyskiwano i przygotowywano. Gdy zgromadzono wystarczającą ilość informacji, w czwartej fazie punkt ciężkości przesunął się na badania nad składem chemicznym owadów, ich wartością odżywczą oraz innymi korzyściami płynącymi z ich hodowli, takimi jak niższe koszty chowu i mniejszy ślad środowiskowy gospodarstw oraz obiektów hodowlanych w porównaniu z tradycyjną hodowlą zwierząt gospodarskich.

Obecnie coraz większe znaczenie zyskuje piąta faza naszego zainteresowania entomofagią. Rosnąca świadomość, że owady można hodować na dużą skalę, a także wykorzystywać nie tylko jako żywność dla ludzi, lecz również jako paszę dla zwierząt hodowlanych, zwłaszcza w akwakulturze, sprawia, że przemysł oparty na owadach jest dziś postrzegany jako obiecujący kierunek rozwoju.

Selektywna hodowla i inżynieria molekularna prawdopodobnie doprowadzą w przyszłości do

**„Entomophagy's Role in Human
Societies Through the Ages: Past,
Present and Future”**

Insects have been used by humans as food since prehistoric times. Even though Greeks and Romans of the antiquity had appreciated timber grubs and cicadas as food, the consumption of insects, for a variety of reasons, had all but disappeared from European diets, until it saw a certain comeback in recent years. From a European perspective, we can distinguish five overlapping phases of human-edible-insect relationships and in this lecture, I shall explain the connections between them.

Following the prehistoric phase of which we possess only indirect information, it became apparent that people throughout the world appreciated insects as a form of nourishment. Describing and recording who used and ate which kinds of insects, and how, where and when such insects were procured and prepared, dominated phases two and three of our interest in entomophagy. Once sufficient information had been gathered, the emphasis in phase four shifted to studies on the insects' chemical composition, the insects' nutrient value and the cultured insects' other benefits to humans, e.g., the lower cost involved in breeding them and the lower environmental 'footprint' of farming and rearing facilities when compared with conventional livestock maintenance.

The fifth phase has now begun to dominate our involvement in entomophagy. Spurred on by the realization that species could be farmed and that industries need not produce insects only for humans to consume them but also for domestic animals as feed in aquaculture enterprises, insect-based industries are currently being seen as promising ventures.

wyhodowania jeszcze bardziej wydajnych, odpornych i wartościowych odżywczo gatunków jadalnych owadów. Branża owadzia, stwarzająca możliwości zatrudnienia w wielu obszarach, nadal się rozwija i można oczekiwać, że na półkach supermarketów oraz w menu restauracji będzie pojawiać się coraz więcej produktów zawierających owady.

Coraz częściej z hodowlą owadów jadalnych integrowana jest również sztuczna inteligencja (AI), która może zwiększać efektywność produkcji i jej zrównoważony charakter dzięki monitorowaniu oraz kontrolowaniu parametrów środowiskowych, takich jak temperatura, wilgotność, oświetlenie i wentylacja. Pozwala to tworzyć stabilne warunki chowu i sprzyja lepszemu wzrostowi owadów. Trudno jednak przewidzieć, jak wpłynie to na kształtowanie się cen i postawy konsumentów, ponieważ na dostępność i popyt mogą oddziaływać także nowe lub mało znane źródła żywności, takie jak meduzy, mezopelagiczne ryby z rodziny *Myctophidae* czy produkty żywnościowe otrzymywane metodą hodowli tkankowej.

meyerow@gmail.com

Selective breeding and molecular engineering are likely to lead to the development of even more productive, robust and nutritious species of edible insects in the future. The insect industry, providing employment opportunities in several areas, is still growing and we can expect to see an increasing number of insect-containing food items appearing on our supermarkets' shelves and restaurants' menus.

Artificial intelligence (AI) is also increasingly being integrated into edible insect farming, being able to optimize production efficiency and sustainability by monitoring and controlling environmental parameters such as temperature, humidity, lighting and ventilation, thereby creating stable rearing conditions and improving insect growth. How all this will affect the price development and consumer attitudes is hard to predict because availability and demand could be affected by new or little-known food sources such as jelly fish, mesopelagic myctophids, and tissue-cultured food items.

Nils Th. Grabowski DVM, PhD, Juliane Hirnet, Madeleine Plötz

Department at the Institute of Food Quality and Food Safety, University of Veterinary Medicine in Hannover, Germany

„Kompetencje lekarzy weterynarii w odniesieniu do owadów hodowlanych w całym łańcuchu produkcji”

“Veterinary Expertise for Productive Insects Along the Production Chain”

W przypadku zwierząt produkcyjnych kompetencje weterynaryjne obejmują cały łańcuch produkcji — od produkcji pierwotnej po przetwórstwo i nadzór nad zdrowiem publicznym. Każdy z tych obszarów obejmuje szereg poddziedzin, w których potrzebny jest udział lekarzy weterynarii. Ponieważ owady hodowlane (obecnie wykorzystywane jako pasza i żywność) są uznawane za „zwierzęta gospodarskie”, stosuje się do nich te same zasady co do gatunków kręgowych.

In productive animals, veterinary expertise develops along the production chain, from the primary production to processing and public health surveillance. Each of these sectors has a series of sub-areas with veterinary involvement. Since productive insects (currently used as feed and foodstuff) are considered “livestock”, the same rules as for vertebrate species also apply to these insects, creating the

Oznacza to konieczność zapoznania się przez lekarzy weterynarii z tymi gatunkami, a zarazem stwarza to nowe możliwości zatrudnienia dla lekarzy weterynarii.

W produkcji pierwotnej podstawowe kompetencje lekarzy weterynarii dotyczą zdrowia zwierząt, dobrostanu oraz, do pewnego stopnia, zoonoz. Nadzór nad zdrowiem obejmuje monitorowanie chorób niezakaźnych na podstawie parametrów produkcyjnych oraz zapobieganie chorobom zakaźnym wraz z odpowiednimi procedurami awaryjnymi. Dobrostan ma kluczowe znaczenie dla uzyskiwania wysokiej wydajności, choć obszar ten wciąż nie jest dostatecznie zbadany. Zoonozy jako takie występują rzadko, ale hodowcy muszą zwracać uwagę na kwestie istotne dla ochrony własnego zdrowia, zwłaszcza na alergię. Niezależnie od ostatecznego przeznaczenia owadów, produkcja pierwotna pozostaje elementem centralnym, dlatego — podobnie jak w przypadku klasycznych zwierząt gospodarskich — ważne jest tworzenie dla ferm odpowiednio dopasowanych systemów zarządzania hodowlą.

Przetwarzanie na poziomie gospodarstwa zazwyczaj odbywa się bez udziału lekarza weterynarii, jednak znajomość tego etapu jest kluczowa dla sektora zdrowia publicznego, zwłaszcza podczas kontroli gospodarstw i zakładów oraz przy interpretacji wyników oficjalnych analiz.

Lekarze weterynarii działający w obszarze zdrowia publicznego uczestniczą w kontrolach, interpretacji wyników badań próbek, nadzorze nad zoonozami, ocenie zgodności z przepisami dotyczącymi żywności i pasz oraz w handlu międzynarodowym. Znajomość odpowiednich regulacji międzynarodowych, unijnych i krajowych dotyczących owadów hodowlanych jest równie obowiązkowa jak w przypadku innych gatunków zwierząt gospodarskich. Nadzór nad zoonozami koncentruje się głównie na „klasycznych” patogenach, takich jak *salmonella* i *listerie*.

Bioasekuracja jest zadaniem, w które zaangażowanych jest wiele profesji, na przykład osoby odpowiedzialne za zarządzanie hodowlą oraz lekarze weterynarii. Oprócz wykorzystywania owadów jako paszy i żywności można je stosować także jako surowiec dla przemysłu, w gospodarce

need of public health veterinarians to get acquainted with these species, and creating new job opportunities for veterinarians in the other two sectors.

In primary production, core competences of veterinarians refer to animal health, animal welfare, and, to a certain degree, zoonoses. Animal health surveillance comprises monitoring non-infectious diseases via production parameters and preventing infectious diseases (including corresponding emergency protocols). Animal welfare is crucial to ensure high yields, although this area has not been studied sufficiently. Zoonoses as such are rare, but there are issues operators must observe to protect their health, particularly allergies. Regardless of the final destination of the insects, primary production is a central aspect, and thus it is important to create tailored herd management systems for the farms, just as with classical livestock.

Processing on a farm scale is typically without veterinary assistance, but crucial to know for the public health sector when it comes to farm resp. plant inspections and interpretation of results from official analyses.

Public health veterinarians are involved in inspections, sample results interpretation, zoonoses, food and feed legislation compliance, and international trading. Knowing the corresponding international, EU, and national legislation regarding productive insects is just as mandatory as for other livestock species. Zoonoses control is mainly aimed towards “classical” pathogens, e.g. *salmonellae* and *listeriae*.

Biosecurity is a task in which many professions participate, e.g. the herd management and the public health veterinarian.

Besides using insects as feed and food, is also possible to use them as primary material for the industry, in waste management, and zoos and vivaria. Legislation in these areas is not specific

produktami ubocznymi oraz w ogrodach zoologicznych i wivariach. Ustawodawstwo w tych obszarach nie jest specyficzne dla owadów, lecz oczywiście należy przestrzegać obowiązujących przepisów ogólnych.

Wprowadzenie

Hodowla owadów użytkowych jest bardzo starą działalnością rolniczą. Pszczelarstwo rozpoczęło się około 7000 lat temu w centralnej Anatolii, mniej więcej w tym samym czasie, gdy w północno-wschodniej Afryce udomowiono osły, a w Peru — świnki morskie. Jedwabnik (*Bombyx mori*) został udomowiony 5000 lat temu w Chinach. Hodowlę koszenili (*Dactylopius coccus*) i pozyskiwanie z niej barwnika rozpoczęto około 1000 lat temu w Meksyku. Meliponikultura, czyli hodowla różnych gatunków pszczoł bezżądłowych (plemię *Meliponini*), jest tradycyjną działalnością w obu Amerykach, Afryce i Australii. Tradycyjnie zaangażowanie weterynarii dotyczyło gatunków o największym znaczeniu gospodarczym, czyli pszczoł miodnych i jedwabników. Później w hodowli zaczęto utrzymywać także różne gatunki stawonogów, m.in. duże pająki oraz efektowne owady, takie jak motyle czy barwne chrząszcze, jednak zainteresowanie weterynaryjne tym obszarem było niewielkie. Przypadki te mają bowiem znacznie mniejsze znaczenie statystyczne, zważywszy, że lekarze weterynarii na co dzień zajmują się głównie ssakami i ptakami. W tradycyjnym kształceniu weterynaryjnym owady omawia się przede wszystkim jako wektory chorób zakaźnych, pasożyty, źródła zatruć oraz szkodniki. Podstawowe kompetencje lekarza weterynarii obejmują zdrowie zwierząt, dobrostan zwierząt oraz wszelkie obszary dotyczące jednocześnie zwierząt i ludzi, takie jak zdrowie publiczne. Gdy WHO zaczęła postrzegać owady jako zrównoważone źródło żywności, pasz i surowców dla przemysłu, można było oczekiwać rosnącego zapotrzebowania na usługi weterynaryjne na fermach owadów hodowlanych, podobnie jak ma to miejsce w tradycyjnej hodowli zwierząt, zgodnie z zasadą „od pola do stołu”. W Europie w pierwszej ćwierci XXI wieku proces ten dokonał się w różnym stopniu. Szybko szerzące się epidemie wirusowe, np. u świerszczy, powodujące ogromne straty ekonomiczne, unaocznily potrzebę zaangażowania lekarzy weterynarii. Niniejszy tekst

for insects, but general regulations must naturally be observed.

Introduction

Rearing productive insects is an ancient agricultural activity. Beekeeping started approx. 7,000 years ago in central Anatolia, when donkeys and guinea pigs were being domesticated in Northeastern Africa and Perú, respectively. The silkworm (*Bombyx mori*) was domesticated 5,000 years ago in China. Rearing and dye obtention from the cochineal (*Dactylopius coccus*) started some 1,000 years ago in Mesoamerica. Meliponiculture, i.e. keeping the different species of stingless bees (tribe *Meliponini*), is a traditional activity in the Americas, Africa, and Australia. Traditional veterinary involvement has occurred in the economically most important species, i.e. honeybees and silkworms.

Afterwards, several arthropod species have been kept in husbandry, i.e. large spiders or spectacular insects, e.g. butterflies and colourful beetles, but there has been little veterinary attention, as these cases are of statistically less importance, considering that most species a veterinarian deals with are typically mammals and birds. In traditional veterinary training, insects are addressed mainly as vectors for infectious diseases, parasites, intoxicants, and pests.

The core competence of a veterinarian are animal health and animal welfare, and any area that pertains both animals and humans, e.g. public health. When the WHO started considering insects as sustainable sources of food, feed, and industrial applications, this should have created a growing demand for veterinarians to attend productive insect farms in a similar way ordinary livestock is already, using the known “from farm to fork” principle. Within the first quarter of the XXI century in Europe, this has been achieved on different levels. Fast-spreading viral epidemics, e.g. in crickets,

przedstawia obszary aktywności lekarza weterynarii w odniesieniu do owadów hodowlanych i podsumowuje obecny stan rozwoju tego sektora. Koncentruje się głównie na Europie, ale przedstawione wnioski można odnieść także do innych regionów świata.

Produkcja pierwotna

Najważniejszym sektorem związanym z owadami hodowlanymi jest pszczelarstwo. Choć lekarze weterynarii zajmują się zdrowiem pszczół od około 1900 r., dopiero na początku obecnego tysiąclecia oficjalnie uznano specjalizację w tej dziedzinie. Specjaliści ci koncentrują się wyłącznie na zdrowiu pszczół, głównie na zwalczaniu warrozy i złożonych chorób pszczół. Poza Europą istotnym sektorem gospodarczym jest także serykultura, czyli hodowla jedwabnika. W tym obszarze zaangażowanie weterynaryjne dotyczy zarówno zdrowia populacji hodowlanej, jak i zarządzania wydajnością, a odpowiadają za nie lekarze weterynarii zdrowia publicznego.

Spośród 2000–3000 znanych jadalnych gatunków owadów tylko niektóre mają realny potencjał, by stać się gatunkami hodowlanymi. O przydatności decydują m.in. skłonność do życia w grupie, krótki cykl życiowy, zdolność do funkcjonowania w przestrzeni możliwej do kontrolowania i zbioru w warunkach gospodarstwa oraz wszystkożerność, a przynajmniej zdolność wykorzystywania pasz dostępnych na fermie. Cechą charakterystyczną hodowli owadów jest ogromna liczba osobników, z którymi ma się do czynienia, nawet w pojedynczych partiach. Dlatego konieczne są systemy zarządzania hodowlą, a decyzje podejmuje się przede wszystkim na poziomie kolonii, którą w razie zakażeń trzeba chronić za wszelką cenę. Utrata kilku, a nawet wszystkich partii w danym momencie jest dotkliwa, lecz prawdziwie katastrofalna może być utrata dobrze prowadzonej kolonii, utrzymywanej przez lata i idealnie przystosowanej do warunków produkcyjnych panujących w danym gospodarstwie.

Zarządzanie hodowlą to zintegrowany system, w którym hodowca współpracuje z innymi specjalistami, w tym z lekarzem weterynarii, aby zwiększać wydajność gospodarstwa. Jest to rozwiązanie opracowane dla konkretnej fermy i obejmujące żywienie, higienę, profilaktykę chorób,

which lead to massive economic losses, have shown the need for veterinary involvement. The present contribution lists the fields of activity a veterinarian has when dealing with productive insects and offers a summarizing view on how far this has got. It mainly focuses on Europe, but can be extrapolated to other regions of the world.

Primary production

The most important productive insect sector is beekeeping. Although veterinarians have worked in bee health from approx. 1900 on, it was until the beginning of this millennium when a speciality for bee health was made official. These veterinarians focus on bee health only, mainly combatting varroosis and complex bee diseases. Beyond European borders, sericulture is also an important economic sector. Within it, veterinary engagement is centred on both herd health and yield management and comes from public health veterinarians.

Of the 2.000 to 3.000 insect species known to be edible, only some actually have the potential to become productive species. Sociability, short life cycles, ability to live in agriculturally controllable (and harvestable) spaces along with omnivory resp. being able to cope with feeds that can be provided by a farm, are some of the characteristics an appropriate species displays. A main characteristic of insect farming is the enormous number of specimens dealt with, even in batches. This makes herd management systems necessary, and decisions are made based primarily on the colony which, in case of infections, must be protected at any cost. While losing several or even all batches at a given time is hard, losing a well-managed colony which has subsisted over years and adapting ideally to the farm-related production circumstances may be devastating.

Herd management is an integral system in which the farmer works together with other professionals, among them the

rozdród oraz bioasekurację — zarówno zwierząt, jak i personelu. W przypadku owadów hodowlanych ma to kluczowe znaczenie, zwłaszcza jeśli celem jest maksymalizacja produkcji. Na produkcję i wydajność wpływa wiele drobnych i istotnych czynników fizjologicznych oraz zootechnicznych, takich jak temperatura, wilgotność czy skład paszy: od tempa wzrostu pojedynczych osobników i całych partii, przez przeżywalność we wczesnych stadiach rozwoju, po parametry osobników dorosłych, takie jak liczba składanych jaj i ich żywotność, przeżywalność potomstwa czy długość życia dorosłych. Żywnienie wydaje się wpływać na produkcję w jeszcze większym stopniu niż w przypadku kręgowych zwierząt gospodarskich. Dlatego równie ważne jak rejestrowanie tych parametrów jest umiejętne interpretowanie danych i podejmowanie na ich podstawie decyzji dotyczących dalszej produkcji. Doświadczenie pokazuje, że w wielu przypadkach nie istnieje jedno „idealne” rozwiązanie, ponieważ zmiana jednego parametru może poprawić niektóre cechy produkcyjne, nie wpłynąć na inne, a jeszcze inne pogorszyć. Podejmowanie decyzji jest więc delikatną materią, wymagającą uwzględnienia aspektów ekonomicznych, pożądaných właściwości produktu i praktycznej wykonalności. Ponadto konieczne jest opracowanie procedury awaryjnej na wypadek ognisk chorób zakaźnych lub zagrożeń niezakaźnych, takich jak problemy z dostawą wody, temperaturą czy przepływem powietrza.

Bioasekuracja od zawsze stanowiła centralny element zarządzania hodowlą zwierząt, ponieważ wiele niepożądanych organizmów pojawiających się na fermach może stwarzać ryzyko zakażeń. W przypadku owadów hodowlanych zwalczanie szkodników jest trudniejsze, gdyż wiele insektycydów powszechnie stosowanych w hodowli zwierząt działa również na same owady hodowlane. Kolejną kwestią jest zapobieganie ucieczkom owadów z hodowli. Wszystkie obecnie hodowane gatunki nie są jednak uznawane za inwazyjne, dlatego uciekinierzy z ferm nie stanowią poważnego zagrożenia dla rodzimej fauny.

Dobrostan zwierząt jest ponadto zagadnieniem bardzo istotnym — nie tylko dlatego, że współczesne badania pokazały, iż nie da się już

veterinarian, to improve the farm’s productivity. It is a tailored solution for a specific farm to address feeding, hygiene, disease prevention, reproduction, and biosafety (the latter for animals and operators alike). In farm insects, this is crucial, particularly if a maximised production is the goal. There are many minor and major physiological and zootechnical factors (e.g. temperature and humidity, feed composition) that affect production and yield, from the growth rate of both individual and batch animals over survival rate during infancy to the production of the adults, e.g. egg production and viability, survival rate of the offspring, adult longevity, etc. Feeding seems to affect production to higher degree than in vertebrate livestock. Thus, recording these parameters is just as important as being able to interpret the data and making the corresponding decisions for the future. Experience shows that in many cases, there is not the single, “perfect” solution, as a switching a given parameter may improve some yield traits, leave some unchanged, and worsen others. Thus, making decisions is a delicate business considering many aspects in terms of economy, desired product properties, and feasibility. In addition, there must be an emergency protocol to deal with infectious outbreaks or non-infectious hazards, e.g. water supply, temperature and air flow control.

Biosecurity has always been a central aspect of livestock management, since many undesired animals in farms may pose infection risks. In the case of productive insects, managing pest animals is more difficult as many insecticides commonly used in animal husbandry also affect them. Another issue is to ensure that productive insects do not escape. Yet, all the species currently farmed are not considered invasive, so that escaping farm insect do not pose a major problem to the native fauna.

utrzymać dawnego poglądu, według którego owady były bezmyślnymi automatami, lecz także dlatego, że konsumenci, którym i tak trudno zaakceptować produkty na bazie owadów, oczekują uwzględnienia również tego aspektu. Spośród wielu problemów najbardziej palące jest opracowanie odpowiedniej metody uśmiercania.

W przypadku owadów taki zintegrowany system zarządzania hodowlą dopiero się kształtuje, a luki w wiedzy są ogromne. Nie wiadomo, ilu lekarzy weterynarii pracuje w tym obszarze. Pod tym względem zaangażowanie weterynarii przypomina sytuację w hodowli jedwabnika, z tą różnicą, że nie musi być ono realizowane przez urzędowych lekarzy weterynarii.

Przetwarzanie

Lekarze weterynarii pracujący w obszarze przetwarzania pasz i żywności uczestniczą w wielu zadaniach, zapewniając ciągłość zasady „od pola do stołu”. Czuwają nad jakością produktów pod względem higieny i bezpieczeństwa. Oceniają także zagrożenia mogące pojawić się podczas przetwarzania; w tym celu mogą nadzorować pobieranie próbek oraz analizę danych dotyczących pasz, pozostałości i potencjalnych chorób, w tym zoonoz. Ponownie, działając w zespołach interdyscyplinarnych, pomagają opracowywać nowe produkty i etapy przetwarzania tak, aby pogodzić liczne wymagania producenta z jednej strony, a sektora zdrowia publicznego z drugiej. Muszą przy tym znać przepisy prawne odnoszące się do tych produktów i wdrażać je w praktyce. Wreszcie, podobnie jak inni pracownicy naukowci zatrudnieni w przedsiębiorstwach, lekarze weterynarii stanowią pomost między środowiskiem akademickim a biznesem. Obecnie przepływ informacji zazwyczaj — choć nie wyłącznie — odbywa się z nauki do gospodarki, być może dlatego, że hodowla owadów to sektor stosunkowo nowy i niewielki, a dzielenie się wiedzą bywa postrzegane jako ujawnianie „tajemnic handlowych”. Brakuje dostępnych danych na temat liczby lekarzy weterynarii pracujących w tym obszarze.

Zdrowie publiczne

W Europie lekarze weterynarii są częścią administracji od XIX wieku. Obecnie działają w wielu obszarach, które odnoszą się również do owadów hodowlanych. Sprawują nadzór nad

In addition, animal welfare is an important issue, not only because the advancing research has shown that previous conceptions of insects being mindless automatons can no longer be upheld, but also because the consumer (who is already challenging to accept insect-based products at all), is demanding these aspects also to be addressed. Of the many issues, the adequate killing method is most pressing.

For insects, this integral herd management system is developing, and there are huge knowledge gaps that need to be filled. It is not known how many veterinarians work in this area. In this way, veterinary involvement resembles that for silk worms, but is, in contrast to the latter, not necessarily performed by official veterinarians.

Processing

Veterinarians working in feed/food processing areas are involved in many areas, bringing continuity to the “from farm to fork” principle. They assure the quality of the products in terms of hygiene and product safety. They also evaluate the hazards that may arise during processing; for that, they may oversee sampling and data evaluation regarding feed, residues, and possible diseases incl. zoonoses. Once again in an interdisciplinary team, they help to develop new products and processing steps to ensure the multiple requirements by the manufacturer on one side and the public health sector on the other side, as they must know the legal requirements linked to their products and act accordingly to implement them. Finally, and as any academic working in a company, veterinarians represent a link between the academia and the entrepreneurs. Currently, the information flow typically (but not exclusively) goes from the academia to the economy, possibly due to the fact that insect farming is a relatively new and small sector, and sharing knowledge is often conceived as revealing “business secrets”. There is no

dobrostanem zwierząt, co — z powodów omówionych wyżej — ma duże znaczenie, choć opracowanie rzetelnych, być może gatunkowo specyficznych wytycznych będzie wymagało znacznie większej wiedzy.

Zgodnie z obecną wiedzą, zwalczanie epidemii w hodowli owadów polega przede wszystkim na zapobieganiu przenoszeniu patogenów między fermami, ponieważ większość patogenów owadzich nie zakaża ludzi. Oznacza to, że większe znaczenie mają środki kwarantannowe niż szczepienia, gdyż układ odpornościowy owadów, w przeciwieństwie do ssaków, nie posiada elementów odporności adaptacyjnej, a więc klasyczna szczepionka jest nieskuteczna. Możliwe jest jednak wstępne pobudzanie ich odporności, co może stać się interesującym kierunkiem na przyszłość.

Nadzór nad obecnością weterynaryjnych produktów leczniczych może być złożony; dotychczas nie dopuszczono żadnych antybiotyków do stosowania u owadów. Badanie ich pod kątem pozostałości może prowadzić do mylących wyników, ponieważ owady same mogą wytwarzać substancje przeciwdrobnoustrojowe, zakłócające wyniki laboratoryjne. W razie potrzeby obecność konkretnego antybiotyku musi zostać jednoznacznie potwierdzona.

Inspekcje ferm zazwyczaj prowadzi się według standardowych procedur, ponieważ dopuszczone gatunki wykorzystywane do produkcji żywności i pasz są zdefiniowane jako „zwierzęta gospodarskie”. Dopiero okaże się, czy takie podejście jest rzeczywiście skuteczne, czy też konieczne będzie dodanie lub zmodyfikowanie parametrów uwzględniających specyfikę biologii owadów.

W zakresie kontroli żywności EFSA zatwierdziła szereg wniosków dotyczących nowej żywności. Zostały one wpisane do unijnego wykazu, w którym można sprawdzić szczegóły każdego zatwierdzenia. Ocena nowej żywności opartej na owadach, dokonywana obecnie po raz pierwszy, jest jednak czasochłonna. Ponieważ wszystkie dotychczasowe wnioski składały przedsiębiorstwa, ich produkty są objęte ochroną danych, a każdy wniosek przedstawia nieco odmienne kryteria mikrobiologiczne i dotyczące składu. Niezależnie od tego, należy przestrzegać

available data on how many veterinarians work in this area.

Public health

In Europe, veterinarians have been part of the administration since the 19th century. Now, they are involved in many areas, which also relate to productive insects. They keep the surveillance of animal welfare, which is an important issue for the reasons mentioned above, although much more knowledge will be necessary to issue sound, possibly species-specific guidelines.

From what is known today, combatting epidemics in insect farming basically refers to avoiding the spread of pathogens from one farm to the other, as the majority of insect pathogens do not infect humans. This would imply quarantine measures rather than vaccination since the insect immune system, unlike the mammal one, does not contain adaptive elements, and thus a classical vaccination is ineffective (however, there is possibility of priming them, which is an interesting perspective for the future).

Surveillance for the existence of veterinary drugs may be a complex matter; So far, no antibiotics have been approved to be used in insects. Testing them for residues may be misleading because insects may produce antimicrobial substances themselves, interfering with laboratory results. In case of need, the actual antibiotic must be confirmed.

Farm inspections typically follow standard procedures, since the permitted food and feed species are defined as “livestock”. It remains to be seen if this is really effective, or if parameters that pertain to the biology of insects will have to be added or modified.

In terms of food inspection, the EFSA has approved a series of novel food requests. They were included in the European union list, where the specific whereabouts of each approval can be consulted. However, evaluating an insect-based novel food presently for the first

ogólnych wymogów prawnych dotyczących żywności i pasz, np. w zakresie oznakowania alergenów.

To samo dotyczy kontroli zakładów przetwórczych. Ponadto do ogólnych zadań lekarzy weterynarii zdrowia publicznego należy doradzanie posiadaczom zwierząt i hodowcom, a także innym instytucjom, oraz współtworzenie i wydawanie nowych regulacji i rozporządzeń.

Ponadto odgrywają oni istotną rolę w granicznych posterunkach kontroli, kontrolując zwierzęta, ich produkty, produkty uboczne oraz dokumentację, a także wypełniając odpowiednie świadectwa, tak aby upewnić się, że spełnione są wszystkie wymogi UE.

Dla przykładu, niedawne badanie z wykorzystaniem technik biologii molekularnej wykazało, że produkty spożywcze i paszowe na bazie owadów, wytwarzane w UE, w innych krajach Europy oraz poza Europą, sprzedawane na rynku unijnym, mogą sporadycznie zawierać inne gatunki niż zadeklarowane i/lub ślady pochodzące od kręgowców. Te ostatnie sugerują, że karmienie owadów odbywało się niezgodnie z unijnymi przepisami dotyczącymi żywności. Jeśli chodzi o obecność gatunków innych niż zadeklarowane, w większości przypadków wydają się one być zanieczyszczeniami, ponieważ w próbkach deklarowanych jako jednogatunkowy udział obcego DNA wynosił mniej niż 3%. Wyższe wartości stwierdzono jednak w produktach deklarowanych jako zawierające świerszcza domowego (*Acheta domestica*), które jednocześnie zawierały także *Gryllus assimilis*, być może dlatego, że gatunki te są do siebie podobne dla niewprawnego oka.

Przedmiotem handlu mogą być również żywe owady, np. przeznaczone na zwierzęta domowe lub do publicznej ekspozycji. W takim przypadku należy przestrzegać przepisów dotyczących ochrony gatunkowej (CITES) i zdrowia zwierząt oraz poddawać przemieszczane zwierzęta kwarantannie.

Zwierzęta domowe, ogrody zoologiczne i wivaria

Jak wspomniano wcześniej, niektóre stawonogi utrzymywane są jako zwierzęta domowe lub na potrzeby ekspozycji. Do najczęściej trzymanyh w domach i prezentowanych publicznie grup należą

time is time-consuming. Since all applications so far have been brought in by companies, their products are under data protection, and each application presents slightly differing microbiological and compositional criteria. Besides, the ordinary, legal food and feed requirements must be respected, e.g. labelling with regard to allergens.

The same is true for process plant inspection. Besides, general duties of public health veterinarians comprise advising animal keepers and farmers, as well as other agencies, and advising and issuing new regulations and ordinances.

Furthermore, they play an important role in border control posts, inspecting animals, their products, sidestreams, and documentation, and filling out the corresponding certificates, making sure all EU requirements are met.

To give an example, a recent study using molecular biology techniques showed that insect-based food and feed products made in the EU, Europe, and non-European countries and sold in the EU may occasionally contain other species than listed and/or traces from vertebrates. The latter suggests that feeding was not done in compliance with EU food regulation. In terms of containing species other than declared, most seem to be contaminants, with <3% of foreign DNA in supposedly monotypic samples. However, higher percentages were seen in products declared as containing house crickets (*Acheta domestica*) but also containing Jamaican field crickets (*Gryllus assimilis/locorojo*), possibly because these species look similar for the untrained eye.

Trade may also include living insects, e.g. as pets or for public exhibition, having to observe species protection (CITES) and animal health regulations, as well as submitting traded animals to quarantine.

Pets, zoos, vivaria

As mentioned before, some arthropods are kept as pets or for exhibitions. Tarantulas and other spiders,

ptaszniki i inne pająki, modliszki, efektywne chrząszcze (głównie poświętnikowate i kózkowate) oraz krocionogi, natomiast motyle i mrówki prezentuje się głównie publicznie w ogrodach zoologicznych lub wiwariach, ponieważ wymagają znacznie więcej przestrzeni. W typowej praktyce weterynaryjnej, nawet w ogrodach zoologicznych, owady są rzadkimi pacjentami. Z naszej wiedzy wynika, że dotąd nie opublikowano żadnego recenzowanego studium przypadku w tym zakresie. W przypadku większych populacji opracowano i opisano w piśmiennictwie systemy zarządzania hodowlą, np. dla ferm motyli.

Nauka i dydaktyka

Podobnie jak wiele innych dyscyplin, medycyna weterynaryjna angażuje się zarówno w badania naukowe, jak i dydaktykę. Kilka europejskich uniwersytetów i wydziałów medycyny weterynaryjnej aktywnie prowadzi badania nad owadami hodowanymi. Główne obszary tych badań odzwierciedlają tradycyjne pola działalności weterynarii, a więc produkcję pierwotną i weterynaryjne zdrowie publiczne. Jeśli jednak spojrzeć na łączną liczbę recenzowanych publikacji dotyczących owadów hodowlanych, badania weterynaryjne w tym zakresie wciąż są na etapie rozwoju. Jest to zastanawiające, ponieważ produkcja zwierzęca stanowi kluczowy element sektora hodowli owadów, a dotychczas opublikowane prace pokazują, że hodowla owadów może być równie złożona i wymagająca jak hodowla kręgowców gospodarskich, jeśli celem jest poprawa wydajności.

W obszarze dydaktyki lekarze weterynarii pracujący w środowisku akademickim kształcą zarówno studentów, jak i praktyków, urzędników zdrowia publicznego czy ich personel, np. inspektorów żywności. Typowe treści zajęć obejmują podstawy anatomii i fizjologii owadów, identyfikację gatunków, sposoby ich wykorzystania, systemy hodowli, higienę pasz i żywności oraz ramy regulacyjne. Najlepiej, gdy wykłady te są uzupełniane doświadczeniem praktycznym, np. rozpoznawaniem różnych gatunków, przygotowywaniem potraw na bazie owadów lub ich degustacją.

Wnioski

Podobnie jak w przypadku każdego innego rodzaju zwierząt, lekarze weterynarii powinni

mantises, spectacular beetles (mostly scarabaeids and cerambycids), and millipedes are among the most frequent groups kept in households and public exhibitions, while butterflies and ants are mainly displayed publicly in zoos or vivaria, as they require considerably more space. Within typical veterinary practice, even in zoos, insects are rare patients. To our knowledge, no peer-reviewed case study has been published so far. For larger populations, herd management systems have been developed and published in some cases, e.g. butterfly farms.

Academia

As many other disciplines, veterinary medicine is also engaged in both research and tuition. Several universities resp. faculties for veterinary medicine in Europe actively perform research on productive insects. Their main research areas reflect their ordinary working field, i.e., primary production and public veterinary health. However, veterinary research is still under development when considering the total amount of peer-reviewed publications regarding productive insects. This is intriguing since animal production is a central issue in the insect farming sector, and the papers published so far indicate that insect husbandry can be as complex and challenging as vertebrate livestock farming, if an improved yield is the goal.

In terms of tuition, academia veterinarians engage in teaching both students and professionals, be it practitioners, public health officers or their staff, e.g. food inspectors. Typical lecture contents include basic insect anatomy and physiology, species identification, uses, rearing systems, feed/food hygiene, and regulatory framework. Ideally, these lectures are boosted with practical experiences, e.g. identifying different species, preparing or trying insect-based foods.

obejmować opieką również owady utrzymywane przez człowieka, zwłaszcza gdy niektóre gatunki — jak owady fermowe — są hodowane w dużych liczbach. W praktyce dzieje się to jednak rzadziej niż można by oczekiwać. Owad jako pacjent w praktyce klinicznej pojawia się na tyle sporadycznie, że nie prowadzi to do większego zaangażowania ani do systematycznej dokumentacji przypadków klinicznych. Owad jako zwierzę produkcyjne zyskał już pewien zakres uwagi. O ile udział weterynarii w pszczelarstwie ogranicza się wyłącznie do zdrowia pszczół, o tyle w hodowli jedwabników łączy on zarządzanie zdrowiem i produkcją. W przypadku rozwijających się gatunków owadów hodowlanych, takich jak mączniki, świerszcze czy czarna mucha, dąży się do podobnego modelu jak w hodowli jedwabników, ponieważ lekarz weterynarii potrafi wyważyć potrzeby zwierząt z możliwościami i celami hodowców, działając jako część zespołu interdyscyplinarnego wspierającego rozwój fermy owadów. Nadal jednak pracuje w tym obszarze niewielu lekarzy weterynarii, prawdopodobnie z powodu małej liczby ferm oraz obaw związanych z domniemanymi „tajemnicami handlowymi”.

Jeszcze mniej lekarzy weterynarii angażuje się w przetwarzanie. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku specjalistów zajmujących się owadami utrzymywanymi jako zwierzęta domowe lub prezentowanymi publicznie. Natomiast w sektorze zdrowia publicznego wielu lekarzy weterynarii zostało już przeszkolonych w zakresie zagadnień administracyjnych dotyczących owadów fermowych.

W przyszłości liczba lekarzy weterynarii specjalizujących się w owadach może wzrosnąć, jeśli powstanie więcej ferm, dostęp do nich będzie łatwiejszy, a praktycy zostaną odpowiednio przeszkoleni, by mogli skutecznie uczestniczyć w zespołach zarządzających hodowlą. Obowiązkiem instytucji kształcących lekarzy weterynarii jest wyposażenie zarówno studentów, jak i praktyków w niezbędne kompetencje.

Conclusion

Just as with any other type of animal, veterinarians should be attending to insects in husbandry, moreover when some species like the farmed ones are kept in large amounts. However, this activity is not as frequent as expected. The insect as a practitioner's patient is rare enough to avoid any major involvement and documentation of clinical cases. The insect as a productive animal has received a certain degree of attention. While veterinary involvement in bees is limited to bee health only, it combines health and production management in silkworm rearing. For the emerging productive insects as mealworms, crickets or black soldier flies, a similar approach as for silkworms is the aim, because the veterinarian is able to balance the animals' requirements and the farmers' possibilities and aims, being part of a multidisciplinary team to bring an insect farm onwards. Still, there are few veterinarians in this area, possibly due to the low number of farms and their concerns regarding assumed “business secrets”.

Even fewer veterinarians are involved in processing. The same is true for those attending pet or public display insects. In contrast, in the public health sector, many veterinarians have been trained to cope with administrative issues related to farm insects.

For the future, the number of insect veterinarians can increase, if there are more farms, more accessibility to these farms, and sufficiently trained practitioners that can be an efficient part of the herd management teams. It is the duty of veterinary teaching institutions to provide both students and practitioners with the necessary expertise.

Nils.Grabowski@tiho-hannover.de

Remigiusz Gałęcki, DVM, PhD

Katedra Prewencji Weterynaryjnej i Higieny
Pasz, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w
Olsztynie, Oczapowskiego 13, 10-719
Olsztyn, Polska

Department of Veterinary Prevention and
Feed Hygiene, Faculty of Veterinary
Medicine, University of Warmia and
Mazury in Olsztyn, Oczapowskiego 13,
10-719 Olsztyn, Poland

” Jadalne owady w żywieniu zwierząt towarzyszących w weterynarii z perspektywy medycyny opartej na faktach”

Rosnące zainteresowanie alternatywnymi źródłami białka w żywieniu zwierząt towarzyszących wynika nie tylko z potrzeby zrównoważonego rozwoju, lecz także z konieczności opracowania diet o potwierdzonej skuteczności klinicznej. Owady jadalne, w tym mącznik młynarek (*Tenebrio molitor*), są coraz częściej rozpatrywane jako funkcjonalny komponent karm specjalistycznych, szczególnie u psów z zaburzeniami przewodu pokarmowego i podejrzeniem dietozależnych enteropatii. Przedstawiona praca skupia się na zastosowaniu *T. molitor* w żywieniu psów chorych na dietozależne enteropatie oraz praktycznych implikacjach klinicznych w świetle medycyny weterynaryjnej opartej na faktach (ang. Evidence-Based Veterinary Medicine).

Celem pracy była ocena wpływu 60-dniowej diety opartej na białku owadzi na stan kliniczny, parametry laboratoryjne, obraz przewodu pokarmowego, odpowiedź immunologiczną oraz mikrobiotę jelitową psów z objawami przewlekłej enteropatii dietozależnej. Testy żywieniowe przeprowadzono zgodnie z ogólnymi wytycznymi FEDIAF i WSAVA. Badania lekarsko-weterynaryjne oraz pobranie materiału badawczego wykonano przed rozpoczęciem interwencji żywieniowej oraz po zakończeniu stosowania testowanej karmy. Zwierzęta otrzymywały karmę na bazie białka owadziego przez dwa miesiące, a dawki pokarmowe dostosowywano indywidualnie do

“Edible Insects in Companion Animal Nutrition from an Evidence-Based Veterinary Medicine Perspective”

The growing interest in alternative protein sources in companion animal nutrition stems not only from the need for sustainable development but also from the need to develop diets with proven clinical efficacy. Edible insects, including the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*), are increasingly being considered as functional components of specialized diets, particularly for dogs with gastrointestinal disorders and suspected for food responsive enteropathies. This study focuses on the use of *T. molitor* in the nutrition of dogs with food responsive enteropathies and on its practical clinical implications from the perspective of Evidence-Based Veterinary Medicine.

The aim of this study was to evaluate the effect of a 60-day insect protein-based diet on the clinical condition, laboratory parameters, gastrointestinal profile, immune response, and gut microbiota of dogs with symptoms of chronic diet-related enteropathy. Feeding trials were conducted in accordance with the general guidelines of FEDIAF and WSAVA. Veterinary examinations and sample collection were performed before and after the nutritional intervention. The animals received an insect protein-based diet for two months, and food rations were individually adjusted to their energy requirements. Body weight, body condition score (BCS), hematological and biochemical blood parameters, including the pancreatic-intestinal profile, fecal

zapotrzebowania energetycznego. Ocenie poddano masę ciała, wskaźnik BCS, wyniki badań morfologicznych i biochemicznych krwi, w tym profil trzustkowo-jelitowy, kał, mikrobiotę, obraz endoskopowy i histologiczny przewodu pokarmowego oraz badanie tomografem komputerowym. W sumie, pełen cykl badań ukończyło 29 psów.

Przed rozpoczęciem próby wszystkie psy wykazywały objawy przewlekłego zapalenia jelit utrzymujące się co najmniej trzy tygodnie. Dominowały nawracające lub ciągłe biegunki, zwiększona częstotliwość defekacji, śluz w kale, epizody wymiotów, obniżenie lub wahania apetytu, utrata masy ciała, obniżony BCS, obniżona aktywność, wzdęcia oraz dyskomfort lub ból jamy brzusznej. U wielu zwierząt obserwowano również objawy skórne, takie jak świąd, zapalenie ucha zewnętrznego, ostre sączące zapalenie skóry, wyłysienia i pogorszenie jakości okrywy włosowej. Obraz kliniczny odpowiadał typowym kategoriom ocenianym w skalach CIBDAI i CCECAI u psów z przewlekłymi enteropatią.

Po zastosowaniu diety opartej na *T. molitor* odnotowano poprawę kliniczną. Wraz z czasem stosowania diety obserwowano istotne zmniejszenie nasilenia objawów klinicznych ze strony przewodu pokarmowego. Poprawa dotyczyła zarówno parametrów związanych z konsystencją i częstotliwością oddawania kału, jak i apetytu, aktywności, wymiotów oraz masy ciała. Wyniki te wspierają interpretację, że białko owadzie może pełnić rolę dobrze tolerowanego komponentu diety eliminacyjnej u psów z dietozależną enteropatią.

Badania laboratoryjne potwierdziły dobrą tolerancję diety. Profil trzustkowo-jelitowy wskazywał na korzystny kierunek zmian, w tym poprawę parametrów trzustkowo-jelitowych. Parametry biochemiczne krwi nie wykazały zaburzeń czynności nerek, wątroby, gospodarki węglowodanowej, elektrolitowej ani białkowej. Obserwowane zmiany miały charakter adaptacyjny lub korzystny klinicznie. Wyniki morfologii krwi pozostawały stabilne, bez cech

parameters, microbiota, endoscopic and histological images of the gastrointestinal tract, and computed tomography (CT) scans were assessed. A total of 29 dogs completed the full study.

Before the trial began, all dogs had exhibited signs of chronic enteritis for at least three weeks. The predominant symptoms included recurrent or persistent diarrhea, increased frequency of defecation, mucus in the stool, episodes of vomiting, decreased or fluctuating appetite, weight loss, decreased BCS, reduced activity, flatulence, and abdominal discomfort or pain. Many animals also exhibited dermatological signs, including pruritus, otitis externa, acute exudative dermatitis, alopecia, and reduced coat quality. The clinical picture was consistent with the typical CIBDAI and CCECAI categories observed in dogs with chronic enteropathies.

Clinical improvement was noted after administration of the *T. molitor*-based diet. A significant reduction in the severity of gastrointestinal clinical signs was observed over time. Improvements were noted in parameters related to stool consistency and frequency, as well as appetite, activity, vomiting, and body weight. These results support the interpretation that insect protein may serve as a well-tolerated component of an elimination diet in dogs with food responsive enteropathies.

Laboratory tests confirmed good tolerance of the diet. The pancreatic-intestinal profile showed a favorable trend, including improvement in selected pancreatic and intestinal parameters. Blood biochemical parameters revealed no impairment of renal or hepatic function, carbohydrate metabolism, electrolyte balance, or protein metabolism. The observed changes were adaptive or clinically beneficial. Blood counts remained stable, with no evidence of anemia, significant leukocytosis, thrombocytopenia, or systemic inflammatory response.

niedokrwistości, istotnej leukocytozy, trombocytopenii czy ogólnoustrojowej reakcji zapalnej.

Po 60 dniach żywienia karmą owadzią zaobserwowano poprawę obrazu makroskopowego błon śluzowych, zwłaszcza redukcji: obrzęku, przekrwienia, ilości zalegającej żółci i śluzu oraz ustępowanie aktywnych cech zapalenia refluksowego. Niektóre zmiany przewlekłe, takie jak pogrubienie śluzówki, hiperplazja czy limfangiektazje, utrzymywały się, co sugeruje, że dwumiesięczny okres interwencji może być niewystarczający do pełnej remisji zmian strukturalnych, choć dieta nie sprzyjała ich progresji. Wyniki badań obrazowych, w tym ocena narządów jamy brzusznej, nie wykazały niekorzystnego wpływu diety na narządy mięsiste ani struktury przewodu pokarmowego. Obraz wątroby, pęcherzyka żółciowego, nerek, śledziony, nadnerczy, naczyń i węzłów chłonnych pozostawał stabilny. Nie stwierdzono cech uszkodzenia narządowego, progresji zmian incydentalnych ani powstawania nowych zmian patologicznych, co przemawia za bezpieczeństwem stosowanej interwencji żywieniowej.

Ocena histologiczna wskazała na częściową poprawę struktury błony śluzowej przewodu pokarmowego. Po 60 dniach stosowania diety zaobserwowano zmniejszenie wybranych cech hiperplazji i hipertrofii nabłonka, ograniczenie zmian wywołanych przez bakterie z rodzaju *Helicobacter spp.*, redukcję włóknienia oraz zmniejszenie aktywności grudek limfatycznych w żołądku i dwunastnicy. Wyniki te sugerują, że dieta z dodatkiem mącznika młynarka może wspierać proces wygaszania przewlekłych zmian zapalnych i poprawę kondycji błony śluzowej, chociaż nie wszystkie oceniane parametry uległy pełnej normalizacji.

Analiza immunologiczna wykazała modulacyjny wpływ diety na lokalną odpowiedź jelitową. W dwunastnicy obserwowano zmiany stężeń wybranych cytokin, wskazujące na aktywację

After 60 days of feeding the insect-based diet, macroscopic improvement in mucosal appearance was observed, particularly in the reduction of: edema, congestion, and the amount of retained bile and mucus, as well as in the resolution of active signs of reflux-associated inflammation. Some chronic changes, such as mucosal thickening, hyperplasia, and lymphangiectasia, persisted, suggesting that a two-month intervention period may be insufficient for complete remission of structural changes. However, the diet did not promote their progression. Imaging studies, including assessment of abdominal organs, did not reveal any adverse effects of the diet on parenchymal organs or gastrointestinal structures. The liver, gallbladder, kidneys, spleen, adrenal glands, vessels, and lymph nodes remained stable. No signs of organ damage, progression of incidental lesions, or development of new pathological changes were observed, supporting the safety of the nutritional intervention.

Histological evaluation indicated partial improvement in the structure of the gastrointestinal mucosa. After 60 days of dietary intervention, a reduction in selected features of epithelial hyperplasia and hypertrophy was observed, as well as a reduction in lesions associated with *Helicobacter spp.*, fibrosis, and the activity of lymphoid nodules in the stomach and duodenum. These results suggest that the mealworm-based diet may support the resolution of chronic inflammatory lesions and improve mucosal condition, although not all assessed parameters were fully normalized.

Immunological analysis demonstrated a modulatory effect of the diet on the local intestinal response. Changes in the concentrations of selected cytokines were observed in the duodenum, indicating activation of mucosal immune mechanisms without clear signs of pathological inflammatory stimulation. At the same time, the absence of significant cytokine changes in the stomach and colon indicates

mechanizmów odporności śluzówkowej, bez jednoznacznych cech patologicznego pobudzenia zapalnego. Jednocześnie brak istotnych zmian cytokinowych w żołądku i okrężnicy wskazuje, że dieta nie wywoływała niepożądanego reakcji zapalnej w tych odcinkach przewodu pokarmowego.

Sekwencjonowanie 16S rRNA próbek kału wykazało korzystne przesunięcia w mikrobiocie jelitowej po zastosowaniu diety owadziej. Obserwowano wzrost alfa-różnorodności, statystycznie istotne różnice w beta-różnorodności oraz zwiększenie udziału bakterii uznawanych za korzystne dla zdrowia jelit, w tym przedstawicieli *Lactobacillus spp.* i *Bifidobacterium spp.*. Zmiany w profilu krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych wskazywały na adaptację do nowego źródła białka, bez cech trwałej dysbiozy lub zaburzeń metabolicznych mikrobioty. Wyniki mogą sugerować, że komponenty owadzie, w tym chityna i inne bioaktywne składniki, mogą oddziaływać prebiotycznie i immunomodulująco.

Znaczenie praktyczne wyników wzmacniają dane dotyczące postaw właścicieli psów wobec karm opartych na owadach jadalnych. Najważniejszymi czynnikami sprzyjającymi akceptacji takich produktów są poprawa zdrowia psa, wysoka jakość karmy, smakowość oraz klinicznie potwierdzone działanie. Marketing, nowość produktu czy kraj pochodzenia mają mniejsze znaczenie niż zaufanie do skuteczności i bezpieczeństwa. Główną barierą pozostaje brak akceptacji karmy przez psa oraz obawy dotyczące składu, co podkreśla konieczność łączenia innowacyjności ze smakowością, przejrzystą etykietą i rekomendacją lekarza weterynarii.

Podsumowując, dieta oparta na białku *T. molitor* była dobrze tolerowana przez psy z objawami dietozależnej enteropatii i wiązała się z poprawą stanu klinicznego, korzystnymi zmianami w obrazie przewodu pokarmowego, modulacją odporności przewodu pokarmowego oraz pozytywną przebudową mikrobioty jelitowej. Uzyskane wyniki wskazują, że, *T. molitor*, może stanowić nie tylko zrównoważone źródło białka, ale

that the diet did not induce an undesirable inflammatory response in these sections of the gastrointestinal tract.

16S rRNA sequencing of fecal samples revealed beneficial shifts in the gut microbiota following the insect-based diet. An increase in alpha diversity, a statistically significant difference in beta diversity, and an increase in the proportion of bacteria considered beneficial for gut health, including representatives of *Lactobacillus spp.* and *Bifidobacterium spp.*, were observed. Changes in the short-chain fatty acid profile indicated adaptation to the new protein source, without evidence of persistent dysbiosis or metabolic disruption of the microbiota. These results suggest that insect components, including chitin and other bioactive compounds, may exert prebiotic and immunomodulatory effects.

The practical significance of the results is reinforced by data on dog owners' attitudes toward edible insect-based foods. The most important factors contributing to the acceptance of such products are improved dog health, high food quality, palatability, and clinically proven efficacy. Marketing, product novelty, and country of origin are less important than confidence in product effectiveness and safety. The main barriers remain lack of acceptance by dogs and concerns about ingredients, emphasizing the need to combine innovation with palatability, transparent labeling, and veterinary recommendation.

In summary, a *T. molitor* protein-based diet was well tolerated by dogs with symptoms of food responsive enteropathy and was associated with clinical improvement, favorable changes in the gastrointestinal tract, modulation of gastrointestinal immunity, and positive remodeling of the intestinal microbiota. The obtained results indicate that *T. molitor* may serve not only as a balanced protein source but also as a functional component of veterinary diets. From the perspective of evidence-based veterinary medicine, the use of the tested diet in managing symptoms

również funkcjonalny składnik diet weterynaryjnych. Z perspektywy EBVM zastosowanie badanej karmy w prewencji objawów dietozależnych enteropatii posiada podstawy naukowe a przedstawione badania dają solidny dowód w zastosowaniu klinicznym u psów.

Badania te zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) w ramach projektu Lider XII pt. „Opracowanie karmy na bazie białka owadziego dla zwierząt towarzyszących z dietozależnymi enteropatiami” (LIDER/5/0029/L-12/20/NCBR/2021).

of food responsive enteropathies has a scientific basis, and the presented findings provide relevant evidence supporting its clinical use in dogs.

This research was funded by the National Center for Research and Development (NCBiR) as part of the Lider XII project titled "Development of an insect protein food for companion animals with food responsive enteropathies" (Project Number: LIDER/5/0029/L-12/20/NCBR/2021).

remigiusz.galecki@uwm.edu.pl

Thomas Lefebvre, MSc, PhD

ELYTR, Evry, France

„Szum przed wzlotem: wyzwania i szanse w branży hodowli owadów”

Początków branży hodowli owadów w gospodarkach zachodnich można doszukiwać się w przełomowym momencie w 2013 r., kiedy FAO opublikowała wpływowy raport promujący owady jako realne i zrównoważone źródło białka na przyszłość. Sektor, usytuowany na styku presji środowiskowej, obaw o bezpieczeństwo żywnościowe oraz innowacji technologicznych, szybko przyciągnął uwagę inwestorów, decydentów i przedsiębiorców. Obietnica była bardzo przekonująca: w porównaniu z tradycyjną produkcją zwierzęcą owady pozwalały efektywniej przekształcać paszę w białko, zużywając przy tym mniej zasobów naturalnych. Ich potencjalne włączenie w modele gospodarki o obiegu zamkniętym, dzięki zagospodarowaniu odpadów organicznych, dodatkowo wzmacniało atrakcyjność tego sektora. Przy silnym wsparciu środowiska naukowego oraz pierwszych pionierów hodowli owadów branża wydawała się gotowa na szybki i przełomowy rozwój.

“Buzzing Before Upswing: Challenges and Opportunities in the Insect Industry”

The emergence of the insect farming industry in Western economies can be traced back to a pivotal moment in 2013, when the FAO published its influential report advocating insects as a viable and sustainable source of protein for the future. Positioned at the intersection of environmental urgency, food security concerns, and technological innovation, insect farming quickly attracted attention from investors, policymakers, and entrepreneurs. The promise was compelling. Insects offered a more efficient conversion of feed into protein compared to traditional livestock, while requiring fewer natural resources. Their potential integration into circular economy models, through the valorisation of organic wastes, further strengthened their appeal. Combined with strong academic backing and early insect farming pioneers, the sector

Dziesięć lat później narracja stała się jednak znacznie bardziej złożona. Sektor nie jest już napędzany prognozami i oczekiwaniami, lecz realiami operacyjnymi. Seria niepowodzeń finansowych, opóźnień przemysłowych i błędnych decyzji strategicznych ujawniła lukę między potencjałem teoretycznym a praktycznym wdrożeniem. Spektakularne porażki wzbudziły wątpliwości nie tylko wobec pojedynczych firm, lecz także wobec skalowalności i opłacalności ekonomicznej całej branży. Interpretowanie tego etapu jako porażki byłoby jednak mylące. Branża hodowli owadów przechodzi klasyczne przejście od ekspansji spekulacyjnej do konsolidacji przemysłowej. Obecny moment napięcia nie oznacza końca cyklu, lecz raczej początek bardziej dojrzałej fazy rozwoju, mocniej osadzonej w realiach rynku i produkcji.

Lot przez „dolinę śmierci”

Trajektoria branży owadziej dobrze wpisuje się w znane wzorce ekonomii innowacji, takie jak cykl Gartnera. Po fazie intensywnego entuzjazmu i łatwego dostępu do kapitału po pandemii COVID-19 młode branże zwykle wchodzi w okres korekty, często określany mianem „doliny śmierci”. Na tym etapie nierealistyczne oczekiwania są korygowane, słabsze modele biznesowe upadają, a strukturalne nieefektywności stają się widoczne. Wiele firm, które pozyskały znaczące finansowanie, miało trudności z przełożeniem inwestycji na trwałą efektywność przemysłową. Przyczyn było kilka: przecenienie gotowości technologicznej, niedoszacowanie złożoności biologicznej oraz zbyt wczesne strategie skalowania. Ten etap działa jak mechanizm selekcji, pozwalając branży odrzucić kruche modele i ponownie skoncentrować się na podejściach wykonalnych zarówno technicznie, jak i ekonomicznie. W tym sensie obecną turbulencję należy rozumieć jako proces przemysłowego uczenia się.

Co ważniejsze, pojawiają się sygnały, że sektor może już zbliżać się do kolejnej fazy cyklu. W przeciwieństwie do pierwszych lat obecny ekosystem jest coraz lepiej uporządkowany: ramy regulacyjne są jaśniejsze, plany biznesowe bardziej realistyczne, a zasób wiedzy operacyjnej stale rośnie. Ponadto wewnętrzna jakość produktów owadopochodnych nie jest już

appeared poised for rapid and transformative growth.

Yet, a decade later, the narrative has become more complex. The industry is no longer driven by projections and expectations, but by operational realities. A series of financial setbacks, industrial delays, and strategic miscalculations has exposed the gap between theoretical potential and practical execution. High-profile failures have raised doubts, not only about individual companies, but about the scalability and economic viability of the whole sector. However, interpreting this phase as a failure would be misleading. What the insect industry is experiencing is a classical transition from speculative expansion to industrial consolidation. This moment of tension is not the end of a cycle, but rather the beginning of a more mature and grounded phase of development.

Flying across the Valley of Death

The trajectory of the insect industry aligns closely with well-documented patterns in innovation economics, such as Gartner cycle. After a phase of intense enthusiasm and post-COVID easy capital inflow, emerging industries typically face a period of correction, often referred to as the “valley of death.” During this phase, unrealistic expectations are recalibrated, weaker business models collapse, and structural inefficiencies are exposed. Several companies that had raised substantial funding struggled to translate investment into sustainable industrial performance. The underlying reasons are multiple, such as overestimation of technological readiness, underestimation of biological complexity, and premature scaling strategies. This phase acts as a filtering mechanism, allowing the industry to shed fragile models and refocus on approaches that are both technically and economically viable. In this sense, the current turbulence should be understood as a process of industrial learning.

More importantly, signs are emerging that the sector may already be approaching

przedmiotem sporu. Liczne badania naukowe i doświadczenia przemysłowe konsekwentnie potwierdzają ich wysoką wartość odżywczą, właściwości funkcjonalne oraz przydatność zarówno w zastosowaniach paszowych, jak i żywnościowych. W konsekwencji pojawia się realny i coraz lepiej ustrukturyzowany popyt, szczególnie na rynkach paszowych, takich jak akwakultura i karma dla zwierząt domowych, gdzie klienci wykazują wyraźne i trwałe zainteresowanie, choć działają przy istotnych ograniczeniach cenowych. Zainteresowanie jest widoczne w Europie, a jeszcze silniejsze w Ameryce Północnej i Azji, gdzie polityki publiczne coraz częściej wspierają ten kierunek. Pytanie nie brzmi już, czy branża przetrwa, lecz jaki charakter będzie miał jej wzrost - słaby, umiarkowany czy rzeczywiście dynamiczny - oraz jak szybko się zmaterializuje.

Wyzwania strukturalne

Paradoks skalowania przemysłowego

U podstaw trudności sektora leży fundamentalny paradoks: skalowanie jest konieczne do osiągnięcia opłacalności ekonomicznej, ale to właśnie w większej skali system staje się najbardziej podatny na zakłócenia. Intensywna produkcja owadów zasadniczo różni się od tradycyjnych procesów przemysłowych. Obejmuje zarządzanie organizmami żywymi, co wprowadza zmienność, nieprzewidywalność oraz wrażliwość na warunki środowiskowe. W małej skali czynniki te można kontrolować stosunkowo łatwo. W skali przemysłowej ich złożoność rośnie wykładniczo. W rezultacie oczekiwane korzyści skali nie pojawiły się tak szybko, jak zakładano. W niektórych przypadkach wydajność wręcz pogarszała się wraz ze wzrostem skali, co prowadziło do wyższych kosztów produkcji.

Również automatyzacja, początkowo postrzegana jako kluczowa dźwignia redukcji kosztów, okazała się trudna do skutecznego wdrożenia. Wiele systemów nie osiąga jeszcze odporności wymaganej do pracy ciągłej, a różnorodność reakcji biologicznych utrudnia standaryzację. Krzywe uczenia się w takich systemach wymagają czasu i iteracji - dwóch zasobów, których często brakowało pod presją finansową. Jednocześnie hodowla owadów

the next phase of the cycle. Unlike the early years, the current ecosystem is increasingly structured, with clearer regulatory frameworks, more realistic business plans, and a growing body of operational knowledge. Furthermore, the intrinsic quality of insect-based products is no longer a matter of debate. Extensive scientific research and industrial feedback have consistently demonstrated their strong nutritional value, functional properties, and relevance for both feed and food applications. By consequence, a real and structured demand is emerging, particularly in feed markets such as aquaculture and pet food, where customers show clear and sustained while challenging price constraints. The traction is real in Europe but even more in North America and Asia, where public policies are increasingly supportive. The question is no longer whether the industry will survive, but what form its growth will take, whether weak, moderate, or truly booming, and how quickly it will materialize.

Buzzing into Structural Challenges

The Industrial Scale-Up Paradox

At the heart of the industry's difficulties lies a fundamental paradox: while scaling up is necessary to achieve economic viability, it is precisely at larger scales that the system becomes most fragile. Intensive production of insects is indeed inherently different from traditional industrial processes. It involves the management of living organisms, which introduces variability, unpredictability, and sensitivity to environmental conditions. At small scale, these factors can be controlled relatively easily. At industrial scale, they become exponentially more complex. As a result, the expected economies of scale have not materialized as quickly as anticipated. In some cases, performance has even degraded with scale, leading to higher production costs.

In addition, automation, initially perceived as a key lever for cost reduction, has proven difficult to implement

dobrze nadaje się do automatyzacji, a jej wdrożenie pozostaje niezbędne do osiągnięcia znaczących wolumenów produkcji.

Rynek: ograniczenia cenowe a wymagane wolumeny

Rynek pasz dla zwierząt kształtuje strukturalne napięcie między wolumenami produkcji a poziomami cen. Przy niskich wolumenach koszty produkcji pozostają wysokie, co zmusza firmy do sprzedaży po podwyższonych cenach. W praktyce zawęża to sprzedaż do niszowych kanałów, takich jak żywe lub suszone larwy w sklepach zoologicznych, albo do segmentów o wysokiej wartości dodanej, na przykład żywienie zwierząt klasy premium (> 4 euro/kg), które są konkurencyjne i ograniczone pod względem skali, przez co trudno osiągnąć w nich rentowność. Z kolei rynki wysokowolumenowe, takie jak karma dla zwierząt domowych i akwakultura, wymagają znacznie niższych poziomów cen (< 1,5-2 euro/kg), aby konkurować z białkami konwencjonalnymi. Wejście do tych segmentów zależy więc od produkcji przemysłowej zdolnej do dostarczania dużych wolumenów przy kontrolowanych kosztach. Zasypanie tej luki jest jednym z kluczowych wyzwań branży i będzie wymagało istotnej poprawy produktywności oraz efektywności kosztowej, aby uwolnić potencjał rynku masowego.

Rynek żywności dla ludzi pozostaje natomiast bardzo specyficzny i koncentruje się przede wszystkim na mącznikach oraz świerszczach, a możliwości wejścia na znaczące, wysokomarżowe rynki są nadal bardzo ograniczone. Trwają jednak intensywne działania na rzecz rozwoju tego segmentu: zarówno regulacyjne, czego przykładem są niedawne zatwierdzenia kilku produktów jako nowej żywności (Novel Foods), jak i rynkowe, związane z budowaniem akceptacji konsumenckiej poprzez precyzyjne ukierunkowanie działań oraz przemyślane strategie marketingowe.

Należy przy tym uwzględnić koszty przetwarzania oraz złożoność regulacyjną w kalkulacji cenowej, ponieważ odgrywają one decydującą rolę zarówno w poziomie ceny końcowej, jak i w dostępie do rynku. Przekształcanie biomasy owadziej w

effectively. Many systems lack the robustness required for continuous operation, and the diversity of biological responses complicates standardization. Learning curves in such systems require time and iteration, two resources that have often been constrained by financial pressure. However, insect rearing operations are well-suited for automation, and so necessary to achieve significant volumes.

Addressing the Market: Price Constraints vs. Volume Requirements

The animal feed market is shaped by a structural tension between production volumes and price levels. At low volumes, production costs remain high, forcing companies to sell at elevated prices. This limits access to niche markets such as live or dried larvae in pet shops, or to high value-added segments like premium animal nutrition (>€4/kg), which are competitive and limited in scale, making profitability challenging. In contrast, high-volume markets such as pet food and aquaculture require much lower price points (<€1.5–2/kg) to compete with conventional proteins. Accessing these segments therefore depends on industrial-scale production capable of delivering large volumes at controlled costs. Bridging this gap is a key challenge for the industry and will require significant improvements in productivity and cost efficiency to unlock mass-market potential.

Regarding the human food market, it remains highly specific, focusing primarily on mealworms and crickets, and opportunities to target significant markets with high margins is still very limited. However, significant efforts are underway to develop this segment, primarily through regulation highlighted by the recent approval of several Novel Foods, but also through consumer adoption driven by smart targeting and marketing strategies.

Nevertheless, it is essential to consider processing costs and regulatory complexity into the pricing equation, as they play a

standaryzowane produkty, takie jak oleje, mączki czy suszone larwy, wymaga znaczących nakładów przemysłowych, które istotnie zwiększają bazę kosztową. Jednocześnie ramy regulacyjne nakładają ścisłe ograniczenia na metody produkcji, tworząc kolejne warstwy złożoności i kosztów. W rezultacie zdolność obsługi określonych rynków nie zależy wyłącznie od efektywności produkcji, lecz także od opanowania procesów przetwarzania końcowego oraz sprawnego poruszania się w wymaganiach regulacyjnych.

Budowanie wartości dzięki rozwojowi produktów

W obliczu presji cenowej większość producentów owadów opiera się na wielostrumieniowym zagospodarowaniu produktów, aby rozłożyć koszty produkcji na kilka źródeł przychodów i coraz częściej stawia na uszlachetnianie produktów. W ten sposób firmy wchodzą na rynki o wyższych marżach, lecz mierzą się tam z silną konkurencją ze strony ugruntowanych podmiotów, co zmusza je do wyróżnienia się - poprzez lepszy profil zrównoważenia środowiskowego albo unikatową funkcjonalność. Producenci wykorzystują zatem ogromny potencjał owadów hodowlanych jako źródła cennych pochodnych, takich jak witamina D3 powstająca po ekspozycji na światło UV i wykorzystywana w nutraceutykach, a także chityna i chitozan stosowane w biomateriałach oraz ochronie zdrowia. Kilka firm specjalizuje się już w tych obszarach, otwierając w pełni realne segmenty rynkowe.

Poza samymi owadami istotne znaczenie mają obfite strumienie frassu, czyli odchodów i pozostałości pohowladowych. Od dawna stanowiły one źródło dodatkowego dochodu, gdy sprzedawano je jako nawóz glebowy, ale dzięki trwającym innowacjom coraz wyraźniej stają się produktem o wyższej wartości dodanej. Frass może wspierać odżywianie roślin i zwiększać ich odporność na stresy, a po pirolizie może przekształcać się w bogaty w azot biowęgiel wykorzystywany jako materiał w różnych zastosowaniach. Im wyższe marże na produktach z frassu, tym mniejsza presja cenowa na produkty owadopochodne.

decisive role in both final price levels and market access. The transformation of insect biomass into standardized products, such as oils, meals, or dried larvae, requires significant industrial inputs which substantially increase the cost base. At the same time, regulatory frameworks impose strict constraints on production methods creating additional layers of complexity and cost. As a result, the ability to address certain markets is not only a matter of production efficiency, but also of mastering downstream processing and navigating regulatory requirements.

Adding value through product development

Facing price pressures, most insect producers rely on multi-stream valorisation to dilute production costs, and increasingly bet on product upgrading. In this way, they expand into other markets with higher margins, but face strong competition from established players that forces them to stand out, whether through better sustainability or unique functionality. They therefore exploit the tremendous potential of farmed insects as a source of valuable derivatives, such as vitamin D3 when exposed to UV light, for use in nutraceuticals, and chitin and chitosan for use in biomaterials and healthcare. Several companies are now specialising in these sectors and opening up entirely viable market segments.

Beyond the insect itself, the abundant streams of frass have long been a source of supplementary income when sold as soil fertilizer, but they are increasingly emerging as a product with higher added value thanks to ongoing innovations. Insect frass can indeed supply several benefices contributing to plant nutrition and stress protection, or even N-rich biochar after pyrolysis processing to serve as materials in various applications. The higher margins on frass, the lower price pressure on insect-based products.

Ku wzlotowi: wykorzystanie szans Przemysłenie modeli produkcji

Jedną z najbardziej obiecujących możliwości jest przeprojektowanie modeli produkcji. Podczas gdy wczesne strategie koncentrowały się na dużych, scentralizowanych zakładach, branża przesuwana się obecnie w stronę bardziej modułowych i zdecentralizowanych systemów, które lepiej pozwalają zarządzać złożonością biologiczną i ograniczać ryzyko. Jednocześnie wzdłuż łańcucha wartości zachodzi strukturalna ewolucja: część firm specjalizuje się w fazie rozrodu, dostarczając młode larwy wyspecjalizowanym podmiotom prowadzącym dalszy odchów i tucz. Model ten jest bezpośrednio inspirowany dobrze ugruntowanymi rozwiązaniami z drobiarstwa i akwakultury. Sprzyja on większej specjalizacji, efektywności oraz powstawaniu bardziej uporządkowanego i współpracującego ekosystemu, w którym poszczególni uczestnicy mogą koncentrować się na swoich kluczowych kompetencjach, korzystając jednocześnie ze wspólnych standardów, współdzielonych zasobów i szybszego uczenia się.

Równolegle z usprawnianiem procesu produkcyjnego branża owadzia musi wejść w erę sztucznej inteligencji, szczególnie że wymaga zaawansowanych systemów monitoringu oraz automatyzacji zdolnej radzić sobie ze zmiennością biologiczną. Integracja AI z czujnikami, widzeniem komputerowym i analizą danych w czasie rzeczywistym stwarza znaczący potencjał do dynamicznej optymalizacji warunków chowu, poprawy przewidywalności oraz ograniczenia zmienności wyników. W dłuższej perspektywie takie technologie mogą stać się kluczowe dla osiągnięcia niezawodnej produkcji na dużą skalę, umożliwiając bardziej autonomiczne, adaptacyjne i odporne systemy hodowlane.

Uwolnienie pełnego potencjału żywienia

Mimo licznych badań poświęconych temu zagadnieniu, poprawa żywienia owadów pozostaje niedostatecznie wykorzystanym, lecz kluczowym czynnikiem wydajności biologicznej i ekonomicznej w skali przemysłowej. Znaczący postęp można osiągnąć dzięki opracowaniu precyzyjnie dostosowanych receptur paszowych,

Upswing through Leveraging Opportunities Rethinking Production Models

One of the most promising opportunities relies in redesign of production models. While early strategies focused on large, centralized facilities, the industry is now shifting toward more modular and decentralized systems that better manage biological complexity and reduce risk. At the same time, a structural evolution is taking place along the value chain: several companies are specializing in the reproduction phase, supplying young larvae to dedicated “fatteners”, directly inspired by poultry and aquaculture well-established models. This approach fosters greater specialization, efficiency, and the emergence of a more structured and collaborative ecosystem, where actors can concentrate on their core expertise while benefiting from shared standards, mutualized resources, and accelerated learning.

In line with improvements to the production process, the insect industry must enter the era of artificial intelligence, especially given its strong need for advanced monitoring systems and automation capable of handling biological variability. Integrating AI, combined with sensors, computer vision, and real-time data analytics, offers significant potential to optimize farming conditions dynamically, improve predictability, and reduce performance variability. In the longer term, such technologies could become central to achieving reliable, large-scale production by enabling more autonomous, adaptive, and resilient farming systems.

Unlocking the Full Potential of Nutrition

Despite numerous studies on the topic, improving insect nutrition remains an underexploited but critical driver of both biological and economic performance at industrial scale. Significant progress can be achieved through the development of tailored feed formulations that account for species-specific requirements,

które uwzględniają wymagania poszczególnych gatunków, etapy rozwojowe oraz cele produkcyjne. Poza podstawową równowagą makroskładników istotną rolę w optymalizacji współczynnika wykorzystania paszy, a tym samym kosztów produkcji, odgrywają takie czynniki jak strawność, wielkość cząstek, wilgotność oraz częstotliwość karmienia.

Dostęp do tanich i powtarzalnych surowców paszowych jest równie ważny i strategiczny jak sama optymalizacja diety. Choć pierwotna wizja wykorzystania niejednorodnych strumieni odpadów okazała się trudna do skalowania, istnieją realne możliwości zagospodarowania standaryzowanych byłych środków spożywczych oraz produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego, a także dopuszczenia dobrze zdefiniowanych i bezpiecznych strumieni odpadów. Zapewnienie stabilnych łańcuchów dostaw takich materiałów w ramach ograniczeń regulacyjnych ma kluczowe znaczenie dla redukcji kosztów. Sektor owadzi, w szczególności IPIFF, jest w pełni zaangażowany w postęp w tym kierunku.

Ponadto precyzyjne techniki i harmonogramy karmienia, zwłaszcza w zakresie podaży wody, a także żywienie mikroskładnikowe w formie dostosowanej suplementacji witaminowo-mineralnej, stają się kolejnym poziomem optymalizacji. Mogą one istotnie wpływać na straty przemysłowe, efektywność metaboliczną i odporność na stres. W tym kontekście żywienie należy uznać za centralny filar inżynierii efektywności, a nie jedynie prostą zmienną wejściową.

Zarządzanie zagrożeniami biologicznymi

Jedną z najważniejszych lekcji ostatnich lat jest to, że złożoność biologiczną należy traktować jako podstawowy parametr przemysłowy, a nie jako ograniczenie zewnętrzne. Efektywność systemów hodowli owadów zależy w takim samym stopniu od zdolności zapobiegania stratom, jak od zdolności zwiększania tempa wzrostu. Systemy produkcji o wysokim zagęszczeniu z natury zwiększają ekspozycję na ryzyka biologiczne, w tym ogniska chorób, zaburzenia równowagi mikrobiologicznej oraz niejednorodność populacji. Jeżeli ryzyka te nie są właściwie zarządzane, mogą prowadzić do

developmental stages, and production objectives. Beyond basic macronutrient balance, factors such as digestibility, particle size, moisture content, and feeding frequency play a key role in optimizing feed conversion efficiency and thus production cost.

Access to low-cost, consistent feedstocks is as important as diet optimisation and is equally strategic. Although the initial vision of using heterogeneous waste streams has proven difficult to scale up, there are opportunities in the valorisation of standardised former foodstuffs and by-products from the agri-food industry, as well as in the authorisation of well-identified, safe waste. Securing reliable supply chains for such materials within regulatory constraints is key to reducing costs, and the insect sector, especially IPIFF, is fully committed to moving forward in this way.

Moreover, precise feeding techniques and schedules (especially with regard to water supply), as well as micronutrition in the form of tailored vitamin and mineral supplementation, are emerging as the next level of optimisation. This can significantly influence industrial losses, metabolic efficiency and resilience to stress. In this context, nutrition should be recognised as a central pillar of performance engineering, not just a simple input variable.

Managing Biological Hazards

A major lesson from recent years is that biological complexity must be treated as a core industrial parameter rather than an external constraint. The performance of insect farming systems depends as much on the ability to prevent losses as on the ability to enhance growth. High-density production systems inherently increase exposure to biological risks, including disease outbreaks, microbial imbalances, and population heterogeneity. These risks can lead to sudden performance drops and significant economic losses if not properly managed. Addressing this challenge requires a comprehensive approach

nagłych spadków wydajności i znaczących strat ekonomicznych. Odpowiedź na to wyzwanie wymaga kompleksowego podejścia łączącego protokoły bioasekuracji, kontrolę środowiska oraz głębsze zrozumienie biologii owadów. Szczególnie istotny jest rozwój specjalistycznej weterynarii owadów, ponieważ sektor nie może po prostu przenosić wiedzy z tradycyjnych systemów produkcji zwierzęcej. Badania nad zarządzaniem mikrobiotą i czynnikami stresowymi stopniowo się rozwijają i będą odgrywać kluczową rolę w stabilizacji produkcji. Ostatecznie ograniczenie zmienności - zarówno w obrębie partii produkcyjnych, jak i między nimi - stanowi jedną z najważniejszych dźwigni poprawy efektywności przemysłowej, często przynosząc większe korzyści niż stopniowy wzrost średniej produktywności.

Otwarcie na rewolucję genetyczną

Spośród wszystkich dźwigni dostępnych dla branży, genetyka wyróżnia się jako najbardziej transformacyjna. Usprawnienia procesów i systemów zwykle przynoszą przyrostowe korzyści, natomiast postęp genetyczny może zapewnić skokową poprawę wyników poprzez zwielokrotnienie produktywności. Doświadczenia z innych sektorów produkcji zwierzęcej jasno pokazują, że ustrukturyzowane programy hodowlane mogą generować trwałe wzrost produktywności o 2-4% na pokolenie, z kumulującymi się efektami, które zasadniczo i wykładniczo przekształcają całą branżę.

Najnowsze postępy w selekcji genomowej dodatkowo przyspieszyły tę dynamikę, w niektórych przypadkach znacząco zwiększając tempo postępu genetycznego poprzez skrócenie cykli hodowlanych i poprawę dokładności selekcji cech. Nowe technologie, w tym wysokoprzepustowe genotypowanie oraz potencjalnie edycja genomu, dają nadzieję na szybkie ulepszenia kluczowych cech, takich jak tempo wzrostu, efektywność wykorzystania paszy, odporność środowiskowa i odporność na choroby. Postępy te wymagają jednak szczególnej dbałości o zachowanie różnorodności genetycznej, aby nie osłabić odporności populacji hodowlanych. Pod tym względem owady mają istotną przewagę, ponieważ bardzo duże liczebności populacji naturalnie ograniczają dryf

combining biosecurity protocols, environmental control, and deeper biological understanding. The development of insect-specific veterinary science is particularly critical, as the sector cannot simply transpose knowledge from traditional livestock systems. Research into microbiota management and stress factors is progressively expanding and will play a key role in stabilizing production. Ultimately, reducing variability, both within and between production batches, represents one of the most impactful levers for improving industrial performance, often delivering greater benefits than incremental gains in average productivity.

Embracing the Genetic Revolution

Among all the levers available to the industry, genetics stands out as the most transformative. While improvements in processes and systems tend to generate incremental gains, genetic progress has the potential to deliver step changes in performance through a multiplicative increase in productivity. Benchmark from other animal production sectors clearly shows that structured breeding programs can generate sustained productivity gains 2-4% per generation, with cumulative effects that fundamentally and exponentially reshape the entire industry.

Recent advances in genomic selection have further accelerated this dynamic, in some cases significantly increasing the pace of genetic progress by shortening breeding cycles and improving the accuracy of trait selection. Emerging technologies, including high-throughput genotyping and potentially gene editing, hold the promise of rapid improvements in key traits such as growth rate, feed efficiency, robustness, and disease resistance. However, these advances require careful attention to preserving genetic diversity so as not to weaken livestock resilience. In this respect, insects offer a major advantage, as their massive population sizes naturally limit genetic drift and enable the maintenance of broad variability.

genetyczny i umożliwiają utrzymanie szerokiej zmienności.

Ponadto gatunki owadów obecnie utrzymywane w hodowli zostały udomowione stosunkowo niedawno i nadal są genetycznie zbliżone do swoich dzikich, bardzo zróżnicowanych krewniaków. Bliskość obszernej, w dużej mierze niewykorzystanej puli genetycznej daje znaczną przestrzeń do poprawy w porównaniu z tradycyjnymi gatunkami zwierząt gospodarskich, które przeszły już dekady intensywnej selekcji. Inwestycje w ustrukturyzowane programy selekcyjne oraz budowa wyspecjalizowanego zaplecza genetycznego mogłyby pozwolić branży osiągnąć istotny punkt zwrotny: przejście od stopniowej optymalizacji do skokowej poprawy produktywności i konkurencyjności kosztowej.

Podsumowanie

Branża hodowli owadów nie jest już obietnicą poszukującą potwierdzenia, lecz sektorem przechodzącym konieczną transformację w kierunku dojrzałości przemysłowej. Jej przyszłość będzie zależeć od zdolności zasypania luki między złożonością biologiczną a konkurencyjnością ekonomiczną poprzez innowacje, strukturyzację i skalę. Jeśli te warunki zostaną spełnione, dzisiejsze ograniczenia nie wyznaczą granic sektora, lecz staną się fundamentem jego kolejnej fazy przyspieszonego wzrostu.

Furthermore, the insects that are currently farmed have only recently been domesticated and are still genetically similar to their wild relatives, which are highly diverse. This proximity to a large, largely untapped genetic pool offers considerable scope for improvement compared to traditional livestock species that have already undergone decades of intensive selection. Investing in structured selection programmes and building dedicated genetic capabilities could enable the industry to reach a major inflection point, shifting from incremental optimisation to step-change improvements in productivity and cost competitiveness.

Conclusion

The insect industry is no longer a promise in search of validation, but a sector undergoing the necessary transition toward industrial maturity. Its future will depend on its ability to bridge the gap between biological complexity and economic competitiveness through innovation, structuring, and scale. If these conditions are met, today's constraints will not define its limits, but rather the foundation of its next phase of accelerated growth.

thomas.lefebvre.pro@outlook.com

Chrysantus Tanga Mbi PhD

International Centre of Insect Physiology and Ecology (icipe), P.O.
Box 30772-00100, Nairobi, Kenya

Postępy w sektorze hodowli owadów w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym na rzecz zatrudnienia młodzieży oraz budowy odpornych systemów rolno-spożywczych w Afryce

Advances in the Insect Farming Industry within a Circular Economy Context for Youth Employment and Resilient Agri-food System in Africa

W Afryce Subsaharyjskiej po zbiorach traci się nawet 30–50% łatwo psujących się produktów żywnościowych, co odpowiada ponad 100 milionom ton odpadów biodegradowalnych rocznie. Te straty poźniwne oraz nagromadzenie odpadów rolno-spożywczych stanowią istotną szansę dla rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym. Aby wykorzystać potencjał rozwiązań cyrkularnych, kluczowe znaczenie dla transformacji systemów rolno-spożywczych ma biokonwersja z wykorzystaniem owadów, która pozwala ograniczać ilość odpadów, a jednocześnie wytwarzać produkty wysokiej jakości.

Nasze działania prowadzone w Afryce i poza nią koncentrowały się na ocenie perspektyw innowacji w zakresie hodowli owadów, ze szczególnym uwzględnieniem najważniejszych postępów i zastosowań w tej dziedzinie. Surowce na bazie owadów jadalnych zostały przetworzone w ponad 20 wysokowartościowych, bogatych w składniki odżywcze i akceptowanych kulturowo produktów żywnościowych, a także w 52 dostosowane do potrzeb rynku produkty paszowe na bazie owadów, przeznaczone dla zwierząt gospodarskich, akwakultury oraz zwierząt domowych. Ponad 80% konsumentów deklaruje gotowość do zapłaty za mięso, jaja, filety rybne i produkty mleczne pochodzące od zwierząt karmionych wartościowymi dietami wzbogaconymi produktami pochodzenia owadziego.

Wykazano, że nawóz frassowy, czyli nawóz powstający z odchodów i pozostałości po hodowli owadów, zwiększa żyzność gleby i pobieranie składników odżywczych przez rośliny, wspiera rozwój mikroorganizmów glebowych, ogranicza zakwaszenie gleby, zmniejsza presję szkodników i chorób, a także poprawia plonowanie upraw o 7–135% oraz ich wartość odżywczą o 6–190%. W porównaniu z obecnie stosowanymi nawozami komercyjnymi i organicznymi

In Sub-Saharan Africa, up to 30-50% of perishable foods are lost after harvest, accounting for over 100 million tonnes of biodegradable waste every year. This post-harvest losses and accumulation of agrifood waste represent a significant circular economy opportunity. To unlock circular economy solutions, insect-based bioconversion is crucial for agri-food systems transformation, emphasizing their potential to reduce waste while producing high-quality products.

Our work in Africa and beyond have explored the prospects of insect farming innovations, focusing on key advancements and applications. Edible insect meals have been transformed into over 20 value-added, nutrient-dense and culturally acceptable food sources and 52 tailor-made insect-based feed products for livestock, aquaculture and pets. Over 80% of consumers are willing to pay for meat, egg, fish fillet and milk products from animals fed nutritious diets enriched with insect-derived products.

Frass fertilizer has been demonstrated to increase soil fertility and nutrient uptake, enhance soil microbes, reduce soil acidity, suppress pest and diseases, improved crop yields [7-135%] and nutritional quality [6-190%] with higher economic returns [29-232%] for smallholder farmers when compared to existing commercial and organic fertilizer sources. Over 15 diversified

zapewnia on również drobnym rolnikom wyższe korzyści ekonomiczne, wynoszące 29–232%. Opracowano i zwalidowano ponad 15 zróżnicowanych produktów nawozowych z frassu, odpowiadających na potrzeby rynku, które przetestowano na ponad 40 uprawach istotnych dla bezpieczeństwa żywnościowego. Ich zastosowanie przełożyło się na wzrost dochodu netto uzyskiwanego w gospodarstwach o 29–44%. Do innych produktów gospodarki o obiegu zamkniętym należą oleje owadzie, chityna i chitozan, biodiesel oraz nutraceutyki. We wrześniu 2025 roku International Centre of Insect Physiology and Ecology, we współpracy z Unią Afrykańską za pośrednictwem African Organisation for Standardisation, ogłosiło 15 zatwierdzonych, zharmonizowanych norm kontynentalnych dotyczących owadów jadalnych i produktów z nich otrzymywanych. Normy te mają wspierać skalowanie produkcji, handel międzynarodowy oraz handel wewnątrz kontynentu kluczowymi produktami. Przeprowadzono również działania z zakresu budowania kompetencji dla 30 delegatów z krajowych jednostek normalizacyjnych różnych państw członkowskich — w tym 43% kobiet i 57% mężczyzn. Ich celem było zapewnienie właściwych praktyk hodowli, zbioru, przetwarzania, kontroli jakości i bezpieczeństwa, dostępu do rynku oraz handlu zgodnie z nowo wprowadzonymi normami. Działania te odzwierciedlają również wysiłki na rzecz promowania inkluzywności płciowej.

Do zidentyfikowanych, wzajemnie powiązanych wyzwań należą ograniczone ramy regulacyjne i brak odpowiednich norm w poszczególnych krajach, utrudniony dostęp do rynków i finansowania, niewystarczające kompetencje techniczne i zaplecze badawcze, a także słabe systemy gromadzenia odpadów organicznych i odzysku zasobów. Ponadto luki infrastrukturalne — obejmujące energię, logistykę i zaplecze przetwórcze — oraz wysokie początkowe koszty inwestycyjne spowalniają rozwój sektora, mimo jego dużego potencjału na rynkach pasz, nawozów i gospodarki o obiegu zamkniętym.

Przyjęcie interdyscyplinarnych podejść wspierających przejście ku systemom cyrkularnym mogłoby sprawić, że sektor hodowli owadów będzie tworzył ponad 15 milionów nowych zielonych miejsc pracy rocznie, wzmacniał bezpieczeństwo żywnościowe i żywieniowe, ograniczał wpływ na środowisko oraz wspierał budowę bardziej odpornych, zasobooszczędnych i zrównoważonych systemów rolnospożywczych w Afryce.

market-driven frass fertilizer products have been developed and validated on over 40 food security crops with 29–44% higher net income generated on-farm. Other circular economy products included insect oils, chitin/chitosan, biodiesel and nutraceuticals. In September 2025, the International Centre of Insect Physiology and Ecology in partnership with African Union through African Organisation for Standardisation launched 15 approved continental harmonised standards on edible insects and their products to support scaling, international and intra Africa trade of essential commodities. Capacity building of 30 delegates [43% women and 57% men] from National Standard Bodies of different member states was conducted to ensure good farming, harvesting, processing, quality, safety, market access and trading practices in line with the newly launched standards, reflecting efforts to promote gender inclusivity.

Several interconnected challenges identified included limited regulatory frameworks and standards in each country, access to market and finance, limited technical capacity and research, weak organic waste aggregation and resource recovery systems. In addition, infrastructural gaps [energy, logistics, processing facilities] and high initial investment costs has slow expansion despite the strong potential in feed, fertilizer and circular economy markets.

Therefore, adopting interdisciplinary approaches that supports the transition toward circular systems, insect farming sector would create over 15 million new green jobs per year, enhance food and nutrition security, reduce environmental impacts, build more resilient, resource-efficient and sustainable agrifood systems in Africa.

Słowa kluczowe: zarządzanie odpadami rolno-spożywczymi, biokonwersja z wykorzystaniem owadów, pasze, nawóz frassowy, rynki gospodarki o obiegu zamkniętym, akceptacja społeczna.

Keywords: Agri-food waste management, insect-based bioconversion, feed, frass fertilizer, circular economy markets, social acceptance.
ctanga@icipe.org

Arya Rezaei Far DVM, DVSc, MSc

Wageningen Livestock Research, Wageningen University and Research, The Netherlands

Nie tylko białko: wartość funkcjonalna mączki i oleju z larw *Hermetia illucens* w żywieniu drobiu.

Składniki pochodzenia owadziego, zwłaszcza mączka (BSFM) i olej (BSFO) z larw gatunku *Hermetia illucens* (ang. black soldier fly, BSF), są coraz częściej postrzegane nie tylko jako zrównoważone alternatywy dla konwencjonalnych surowców paszowych, lecz także jako składniki funkcjonalne w żywieniu drobiu. Choć ich wartość pokarmowa jest porównywalna odpowiednio z śrutą sojową lub olejami roślinnymi, coraz wyraźniej koncentrują się obecne badania na ich szerszym oddziaływaniu biologicznym. Niniejsze opracowanie podsumowuje aktualny stan wiedzy na temat tych właściwości funkcjonalnych oraz wskazuje najważniejsze luki badawcze.

Mączka i olej z larw BSF stanowią złożone matryce zawierające szereg związków bioaktywnych, w tym średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe (MCFA), takie jak kwas laurynowy i mirystynowy, chitynę oraz peptydy przeciwdrobnoustrojowe (AMP). Kwas laurynowy, obecny w dużych ilościach w BSFO, wykazuje aktywność przeciwdrobnoustrojową, a także działanie immunomodulujące. Chityna, strukturalny składnik egzoszkieletu, tradycyjnie była uznawana za substancję niestrawną, obecnie jednak zwraca się uwagę na jej potencjalną rolę prebiotyczną i immunomodulującą, szczególnie za pośrednictwem jej pochodnej - chitozanu. U larw AMP są wydzielane do hemolimfy i macierzy perytroficznej w odpowiedzi na stresory mikrobiologiczne i fizyczne, wykazując szerokie spektrum aktywności przeciwdrobnoustrojowej. Łącznie składniki te

Beyond Protein: Functional Value of Black Soldier Fly Larvae Meal and Oil in Poultry Nutrition

Insect-derived ingredients, particularly black soldier fly larvae meal (BSFM) and oil (BSFO), are increasingly recognised not only as sustainable alternatives to conventional feed materials but also as functional ingredients in poultry nutrition. While their nutritional value is comparable to soybean meal or vegetable oils, current research is shifting toward their broader biological effects. This contribution summarizes current knowledge on these functional properties and highlights key research gaps.

BSF larvae meal and oil are complex matrices containing several bioactive compounds, including medium chain fatty acids (MCFA) such as lauric and myristic acid, chitin, and antimicrobial peptides (AMPs). Lauric acid, abundant in BSFO, exhibits antimicrobial activity as well as immunomodulatory effects. Chitin, a structural component of the exoskeleton, has traditionally been considered indigestible but is now recognised for its potential prebiotic and immunomodulatory roles, especially through its derivative chitosan. In larvae, AMPs are secreted into hemolymph and the peritrophic matrix in response to microbial and physical stressors showing broad-spectrum antimicrobial activity. Together, these components position BSFM and BSFO

sprawiają, że BSFM i BSFO należy traktować raczej jako funkcjonalne składniki paszowe, a nie wyłącznie jako źródła składników pokarmowych.

Profil kwasów tłuszczowych BSFO jest wysoce zmienny i w dużej mierze zależy od substratu stosowanego do odchowu larw. Chociaż kwas laurynowy zwykle dominuje, jego udział może wahać się od poniżej 30% do niemal 60% tłuszczu całkowitego, przy jednoczesnych zmianach proporcji kwasów tłuszczowych jedno- i wielonienasyconych. W zależności od stopnia odtłuszczenia, włączenie BSFM do diety może dostarczać biologicznie istotnych ilości kwasu laurynowego, porównywalnych z bezpośrednią suplementacją BSFO. Jednocześnie aktualna wiedza na temat trawienia BSFO oraz kinetyki jego wchłaniania u drobiu pozostaje ograniczona.

Funkcjonalność chityny zależy od jej właściwości fizykochemicznych, w tym wielkości cząstek, rozpuszczalności i stopnia acetylacji, które wpływają zarówno na podatność na fermentację, jak i na rozpoznawanie przez układ odpornościowy. Kury wykazują endogenną aktywność chitynolityczną, zwłaszcza dzięki kwaśnej chitynazie w żołądku gruczołowym, a ich mikrobiota jelitowa zapewnia dodatkowy potencjał degradacyjny. Wiadomo, że kilka taksonów bakteryjnych powszechnie występujących w jelitach ślepych koduje enzymy degradujące chitynę. Zakres degradacji chityny z BSFM u drobiu pozostaje jednak słabo określony ilościowo. Dane pochodzące od innych gatunków monogastrycznych wskazują na częściową degradację do chitoooligosacharydów i N-acetyloglukozaminy. Produkty te mogą oddziaływać z receptorami odpornościowymi, takimi jak TLR2, NOD2 i dektyna-1, oraz ulegać fermentacji do krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (SCFA). Stopień acetylacji chityny obecnej w BSFM, zależny od stadium rozwojowego larw i sposobu przetwarzania, dodatkowo warunkuje powstawanie chitozanu - bardziej rozpuszczalnej i biologicznie aktywnej pochodnej. Pomimo potencjalnego znaczenia, dalsze losy oraz funkcjonalna rola chityny i chitozanu pochodzących z BSFM u drobiu nadal pozostają kluczowymi lukami w wiedzy.

Oprócz wymienionych składników larwy BSF dysponują szerokim repertuarem AMP, obejmującym defensyny, cecropiny i attacyny. Związki te są wytwarzane w ramach odpowiedzi immunologicznej

as functional feed ingredients rather than simple nutrient sources.

The fatty acid profile of BSFO is highly variable and largely determined by the larval rearing substrate. While lauric acid is typically dominant, its concentration can range from below 30% to nearly 60% of total fat, alongside variations in the proportions of mono and poly unsaturated fatty acids. Depending on the degree of defatting, inclusion of BSFM can provide biologically relevant levels of lauric acid comparable to direct BSFO supplementation. Although current understanding of BSFO digestion and absorption kinetics in remains limited.

The functionality of chitin depends on its physicochemical properties, including particle size, solubility, and degree of acetylation, which influence both fermentability and immune recognition. Chickens possess endogenous chitinolytic activity, particularly through acidic chitinase in the proventriculus, and their gut microbiota provides additional degradation capacity. Several bacterial taxa commonly found in the caeca are known to encode chitin-degrading enzymes. However, the extent of BSFM chitin degradation in poultry remains poorly quantified. Evidence from other monogastric species suggests partial degradation into chitoooligosaccharides and N-acetylglucosamine. These products can interact with immune receptors such as TLR2, NOD2, and dectin-1, and be fermented into short-chain fatty acids. The degree of acetylation in BSFM chitin, influenced by larval developmental stage and processing, further determines the formation of chitosan, a more soluble and biologically active derivative. Despite its potential importance, the fate and functional relevance of chitin and chitosan from BSFM in poultry remain key knowledge gaps.

In addition to these components, BSF larvae possess an extensive repertoire of AMPs, including defensins, cecropins, and attacins. These are produced as part of the insect immune response and can be influenced by rearing conditions, particularly

owadów, a na ich obecność i aktywność mogą wpływać warunki odchowu, zwłaszcza mikrobiota substratu. Chociaż większość danych pochodzi z badań na larwach stymulowanych lub poddanych prowokacji, najnowsze badania wskazują, że aktywność przeciwdrobnoustrojowa występuje również w larwach nieimmunizowanych oraz w przetworzonej BSF. Dane dotyczące stabilności tych związków podczas trawienia oraz ich funkcjonalnego znaczenia *in vivo* pozostają jednak ograniczone, co wyznacza ważny kierunek dalszych badań.

Oprócz samej obecności związków bioaktywnych w BSFM i BSFO o ich potencjale funkcjonalnym świadczą badania *in vivo*, w których uzyskiwano wskaźniki wzrostu porównywalne z efektami antybiotykowych stymulatorów wzrostu. Mimo obiecującej aktywności przeciwdrobnoustrojowej obserwowanej *in vitro*, badania prowokacyjne *in vivo* u drobiu wskazują na działanie przeciwdrobnoustrojowe i prozdrowotne; odpowiedzi pozostają jednak zmienne i zależne od kontekstu. Niespójności te wynikają najprawdopodobniej z różnic we właściwościach produktów BSF oraz w projektach doświadczeń. Szczególnie istotne jest rzetelne oszacowanie wartości pokarmowej BSFM i BSFO, aby nie pogarszać wyników odchowu, a jednocześnie zapewnić skuteczną dawkę, biodostępność oraz aktywność związków bioaktywnych w miejscu docelowym. Ogólnie rzecz biorąc, BSFM i BSFO wydają się wspierać zdrowie poprzez powiązane mechanizmy obejmujące modulację mikrobioty jelitowej oraz odpowiedzi immunologicznej gospodarza.

Włączenie BSFM i BSFO do diety moduluje funkcjonowanie jelit poprzez powiązane mechanizmy wynikające nie tylko z obecności ich składników bioaktywnych, lecz także ze składników pokarmowych, które zastępują w diecie. Prowadzi to do zmian profilu kwasów tłuszczowych i wchłaniania lipidów, dynamiki włókna związanego z chityną oraz dostępności substratów dla fermentacji mikrobiologicznej w jelicie tylnym. BSFO pełni przede wszystkim funkcję wysoce strawnego źródła energii, szczególnie we wczesnym okresie życia, ponieważ zawarte w nim MCFA są szybko wchłaniane w jelicie cienkim i efektywnie wykorzystywane przez komórki jako źródło energii. Tak wysoki stopień wchłaniania może tłumaczyć niewielki wpływ lub brak wpływu na mikrobiom

substrate microbiota. While most evidence originates from stimulated or challenged larvae, recent studies indicate that antimicrobial activity is present in non-immunised larvae and processed BSFM. However, data on their stability during digestion and their functional relevance *in vivo* remain limited, representing an important area for further investigation.

Beyond the presence of bioactive compounds in BSFM and BSFO, *in vivo* studies demonstrating growth performance comparable to antibiotic growth promoters support their functional potential. Despite promising antimicrobial activity observed *in vitro*, *in vivo* challenge studies in poultry indicate antimicrobial and health-promoting effects; however, responses remain variable and context-dependent. Such inconsistencies likely arise from differences in BSF product characteristics and experimental design. In particular, accurate estimation of the nutritional value of BSFM and BSFO is essential to avoid compromising growth performance, while also ensuring adequate effective dose, bioavailability, and site-specific activity of bioactive compounds. Overall, BSFM and BSFO appear to promote health through interacting mechanisms involving modulation of the gut microbiota and host immune responses.

Dietary inclusion of BSFM and BSFO modulates gut function through interacting mechanisms driven not only by their bioactive components but also by the nutrients they displace in the diet, resulting in changes in fatty acid profile and lipid absorption, chitin-associated fibre dynamics and substrate availability for hindgut microbial fermentation. BSFO primarily functions as a highly digestible energy source, particularly at early age, as its MCFA is rapidly absorbed in the small intestine and efficiently used in cells as energy source. This high absorption can explain the subtle or no effects on gut microbiome in studies including BSFO in broiler diets. Inconsistencies in outcomes are likely driven by differences in fatty acid profile, which

jelitowy obserwowany w badaniach z udziałem BSFO w dietach dla brojlerów. Niespójności wyników są prawdopodobnie związane z różnicami w profilu kwasów tłuszczowych, które wpływają zarówno na kinetykę wchłaniania, jak i na zakres, w jakim kwasy tłuszczowe docierają do jelita tylnego. Strategie modyfikujące sposób dostarczania lipidów wzdłuż przewodu pokarmowego mogą zwiększyć funkcjonalne oddziaływanie BSFO poprzez zwiększenie dostępności kwasów tłuszczowych w dalszych odcinkach jelit.

W przeciwieństwie do tego BSFM wywiera wyraźniejszy wpływ na mikrobiotę jelitową. Przy umiarkowanych poziomach włączenia do diety (ok. 10%) BSFM sprzyja zróżnicowaniu mikrobioty oraz jej adaptacji funkcjonalnej bez naruszania integralności nabłonka. Przy wyższych poziomach (>15%) zwiększone spożycie chityny i obniżona strawność białka mogą jednak przesunąć fermentację w kierunku nadmiaru substratów azotowych, zmieniać profil SCFA w jelitach ślepych oraz pogarszać strukturę błony śluzowej. Co istotne, efekty te nie są determinowane wyłącznie przez poziom włączenia, lecz przez interakcję między składem składnika paszowego a recepturą diety, która określa ilość i rodzaj substratów docierających do jelita tylnego. Wiedza w tym zakresie nadal opiera się głównie na fermentacji w jelitach ślepych, natomiast dane dotyczące mikrobiomu jelita cienkiego są bardzo ograniczone. Łącznie wyniki te wskazują na potrzebę bardziej mechanistycznego zrozumienia sprzężenia trawienia i fermentacji, aby umożliwić przewidywalne oraz ukierunkowane stosowanie BSFM w żywieniu drobiu.

Pojawiające się dane wskazują, że BSFM i BSFO mogą modulować funkcje układu odpornościowego drobiu, przede wszystkim poprzez oddziaływanie na odporność wrodzoną. Zarówno u ssaków, jak i u drobiu, komórki odporności wrodzonej wykazują formę nieswoistej pamięci, określaną jako odporność nabyta, w której wcześniejsza ekspozycja na bodźce wzmacnia późniejszą odpowiedź immunologiczną. Koncepcja ta jest szczególnie istotna u drobiu, którego układ odpornościowy charakteryzuje się brakiem węzłów chłonnych oraz zależnością od tkanki limfatycznej związanej z jelitami, co zwiększa znaczenie strategii żywieniowych w rozwoju i adaptacji odporności. Choć dane są nadal ograniczone, badania u drobiu wykazały odpowiedzi

influence both absorption kinetics and the extent to which fatty acids reach the hindgut. Strategies that modify lipid delivery along the gastrointestinal tract may enhance its functional impact by increasing fatty acid availability in distal intestinal regions.

In contrast, BSFM exerts more pronounced effects on the gut microbiota. At moderate inclusion levels ($\approx 10\%$), BSFM supports microbial diversification and functional adaptation without compromising epithelial integrity. At higher inclusion levels ($>15\%$), however, increased chitin intake and reduced protein digestibility can shift fermentation toward excess nitrogenous substrates, alter caecal SCFA profiles, and impair mucosal structure. Importantly, these outcomes are not governed by inclusion levels alone but by the interaction between ingredient composition and diet formulation, which determines the quantity and type of substrates reaching the hindgut. Notably, knowledge remains largely restricted to caecal fermentation, with very limited data available for the small intestinal microbiome. Overall, these findings highlight the need for a more mechanistic understanding of digestion–fermentation coupling to enable predictable and targeted application of BSFM in poultry nutrition.

Emerging evidence indicates that BSFM and BSFO can modulate immune function in poultry, primarily through effects on the innate immune system. In both mammals and chickens, innate immune cells exhibit a form of non-specific memory known as trained immunity, whereby prior exposure to stimuli enhances subsequent immune responsiveness. This concept is particularly relevant in poultry, where the immune system is characterised by the absence of lymph nodes and the reliance on gut-associated lymphoid tissues increasing the importance of nutritional strategies in immune development and adaptation. Although still limited, studies in poultry have demonstrated trained-like responses following exposure to β -glucans and certain microbial-associated compounds, including yeast-derived

przypominające odporność trenowaną po ekspozycji na β -glukany oraz wybrane związki powiązane z drobnoustrojami, w tym produkty pochodzące z drożdży i probiotyki o mechanizmach działania porównywalnych z mechanizmami związków bioaktywnych obecnych w BSFM i BSFO.

Kilka składników BSFM i BSFO może oddziaływać ze szlakami immunologicznymi. Chityna i jej pochodne mogą wchodzić w interakcje z receptorami rozpoznającymi wzorce, wpływając na produkcję cytokin i aktywację odporności wrodzonej, jednak brakuje bezpośrednich dowodów dotyczących chityny z BSFM u drobiu. Rola AMP w modulacji odporności u drobiu pozostaje niedostatecznie określona. Pomimo ich bezpośredniej aktywności przeciwbakteryjnej oraz potencjału bezpośredniego oddziaływania immunomodulującego, ogólne dowody na ich znaczenie kliniczne u drobiu są ograniczone. Kwas laurynowy może bezpośrednio oddziaływać z komórkami odporności wrodzonej. Kwas laurynowy pochodzący z innych źródeł wbudowuje się w lipidowe domeny błonowe i moduluje sygnalizację receptorów rozpoznających wzorce, nasilając aktywację makrofagów spoczynkowych. W makrofagach aktywowanych kwas laurynowy i monolaurynian glicerolu hamują sygnalizację NF- κ B oraz ograniczają produkcję cytokin prozapalnych, nie prowadząc konsekwentnie do indukcji markerów przeciwzapalnych. Podobne efekty obserwowano dla BSFO w makrofagach po stymulacji receptorów TLR, co wspiera mechanizm ukierunkowanej kontroli sygnalizacji zapalnej.

Kwas laurynowy obecny w BSFO może zatem przyczyniać się do wzmocnienia odporności zarówno pośrednio, przez zmniejszanie obciążenia mikrobiologicznego i związaną z tym aktywację TLR, jak i bezpośrednio - poprzez modulację szlaków sygnalizacji immunologicznej.

BSFO bogaty w kwas laurynowy wykazuje silną aktywność przeciwdrobnoustrojową, szczególnie wobec bakterii Gram-dodatnich, takich jak *Clostridium perfringens* i *Staphylococcus aureus*, natomiast efekty wobec gatunków Gram-ujemnych (np. *Campylobacter spp.*, *E. coli*) są bardziej zmienne. Skuteczność przeciwdrobnoustrojowa zależy od składu kwasów tłuszczowych, klasy lipidów oraz zawartości wolnych kwasów tłuszczowych, na które wpływają warunki odchowu owadów i przetwarzanie. Co istotne, BSFO wykazał aktywność wobec

products and probiotics with mode of action comparable to the bioactive compounds in BSFM and BSFO.

Several components in BSFM and BSFO are capable of interacting with immune pathways. Chitin and its derivatives can interact with pattern recognition receptors, influencing cytokine production and innate immune activation, but direct evidence of BSFM chitin in poultry is lacking. Contributions of AMPs to immune modulation in poultry remain insufficiently defined. Despite their direct antibacterial activities and potential for direct immunomodulatory effects, overall evidence for their clinical relevance in poultry is limited. Lauric acid can directly interact with innate immune cells. Lauric acid from other sources incorporates into membrane lipid domains and modulates pattern-recognition receptor signalling, enhances activation in resting macrophages. In activated macrophages, lauric acid and glycerol monolaurate inhibit NF- κ B signalling and reduce pro-inflammatory cytokines without consistently inducing anti-inflammatory markers. Similar effects have been observed with BSFO in TLR-stimulated macrophages, supporting a mechanism of targeted control of inflammatory signalling. Therefore, lauric acid in BSFO can contribute to immune enhancement both indirectly by reducing microbial load and associated TLR activation, and directly through modulation of immune signalling pathways.

Lauric acid-rich BSFO shows strong antimicrobial activity, particularly against Gram positive bacteria such as *Clostridium perfringens* and *Staphylococcus aureus*, while effects against Gram negative species (e.g., *Campylobacter spp.*, *E. coli*) are more variable. Antimicrobial efficacy depends on fatty acid composition, lipid class, and free fatty acid content, which are influenced by insect rearing and processing. Notably, BSFO has shown activity against multidrug-resistant *Campylobacter*, suggesting membrane-targeting mechanisms that may bypass conventional resistance. Synergistic

wielolekoopornych szczepów *Campylobacter*, co sugeruje mechanizmy ukierunkowane na błonę komórkową, które mogą omijać konwencjonalne mechanizmy oporności. Działanie synergistyczne z innymi kwasami tłuszczowymi może dodatkowo poszerzać zakres aktywności. Efekty *in vivo* są jednak niespójne, prawdopodobnie z powodu szybkiego wchłaniania kwasów tłuszczowych w proksymalnym odcinku jelita, co ogranicza ich aktywność w dystalnych miejscach kolonizacji patogenów.

Przyszłe badania powinny priorytetowo koncentrować się na pogłębionym, mechanistycznym zrozumieniu tego, w jaki sposób związki bioaktywne BSFM i BSFO oddziałują z osią jelitowo-immunologiczną u drobiu, w szczególności na ich wpływie na funkcję bariery jelitowej, mikrobiom, równowagę oksydacyjną i sygnalizację zapalną. Dane z zakresu immunologii żywieniowej drobiu wskazują, że związki te działają poprzez skoordynowane odpowiedzi, a nie pojedyncze punkty końcowe związane z odpornością. Dlatego lepsza standaryzacja powinna obejmować panele funkcjonalnych biomarkerów, a podejścia omiczne mogą wzmacniać związek między składem a odpowiedzią biologiczną. Równolegle kluczowe będzie opracowanie strategii frakcjonowania biomasy BSF oraz optymalizacji przetwarzania i dostarczania składników wzdłuż przewodu pokarmowego, aby poprawić powtarzalność efektów i ukierunkować aktywność na określone miejsce działania. Niezbędna jest rzetelna walidacja w warunkach produkcyjnych, która potwierdzi powtarzalną skuteczność i opłacalność ekonomiczną w praktyce komercyjnej. Ogólnie rzecz biorąc, przejście od wyników eksperymentalnych do przewidywalnych, ukierunkowanych zastosowań pozostaje jednym z głównych wyzwań w tej dziedzinie. Mączka i olej z BSF przekształcają się z alternatywnych źródeł białka i tłuszczu w wielofunkcyjne składniki paszowe. Ta zmiana jest nie tylko odzwierciedleniem rosnącego zrozumienia naukowego, lecz także konieczną adaptacją do obecnych realiów gospodarczych. Wykorzystanie tego potencjału będzie zależało od przełożenia mechanistycznych wniosków na standaryzowane i ukierunkowane zastosowania.

effects with other fatty acids may further broaden its spectrum. However, *in vivo* effects are inconsistent, likely due to rapid absorption of fatty acids in the proximal intestine, limiting activity at distal sites of pathogen colonisation.

Future research should prioritise a deeper mechanistic understanding of how BSFM and BSFO bioactive compounds interact with the poultry gut-immune axis, particularly effects on intestinal barrier function, microbiome, oxidative balance, and inflammatory signalling. Evidence from poultry nutritional immunology indicates that such compounds act through coordinated responses rather than single immune endpoints. Accordingly, improved standardisation should incorporate functional biomarker panels, while omics approaches can strengthen the link between composition and biological response. In parallel, strategies to fractionate BSF biomass and optimise processing and delivery along the gastrointestinal tract will be essential to improve consistency and target site-specific activity. Robust field validation is needed to demonstrate consistent efficacy and economic viability under commercial conditions. Overall, advancing from experimental findings to predictable, targeted applications remains a central challenge for the field. BSF meal and oil are evolving from alternative protein and fat sources into multifunctional feed ingredients. The transition is not only a reflection of increasing scientific understanding, but also a necessary adaptation to current economic realities. Realising this potential will depend on translating mechanistic insights into standardised and targeted applications.

arya.rezaeifar@wur.nl



Doniesienia / Reports

ID: 85880800248

Asma Aslam

University of Warmia and Mazury, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Plant Breeding and Bioresource Engineering.

„Czas trwania metamorfozy do stadium imago u *Tenebrio molitor* w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych”

Streszczenie:

Tenebrio molitor zyskuje coraz większe zainteresowanie na świecie jako zrównoważone źródło białka, jednak szczegółowa wiedza na temat jego rozwoju pozostaje kluczowa dla optymalizacji systemów chowu masowego. Celem niniejszych badań była analiza czasu trwania oraz charakterystyki stadium poczwarki i procesu metamorfozy do postaci dorosłej *T. molitor* w kontrolowanych warunkach ($26\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, $60\pm 5\%$ wilgotności względnej) w Katedrze Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców, na Wydziale Rolnictwa i Leśnictwa UWM w Olsztynie.

Sto larw w ostatnim stadium rozwojowym hodowano na otrębach pszennych w pięciu powtórzeniach. Larwy obserwowano codziennie pod kątem oznak przepoczwarczenia, rejestrowano indywidualną masę poczwarek, a płeć określano na podstawie obserwacji mikroskopowych. Spośród 500 larw 489 uległo przepoczwarczeniu (97,8%), przy czym proces ten trwał od 91 do 125 dnia hodowli. Stosunek płci wyniósł 225 samców (46%) do 264 samic (54%). Stadium poczwarki trwało około 8-15 dni, natomiast pojawianie się osobników dorosłych rozpoczęło się 99 dnia i zakończyło 133 dnia hodowli. Łącznie przepoczwarzyło się 477 osobników dorosłych (97,5%), z czego 369 (77,4%) miało prawidłową morfologię, a 106 (22,2%) wykazywało deformacje.

Wyniki wykazały, że *T. molitor* charakteryzuje się stabilnym rozwojem, wykazując wysoki odsetek metamorfozy do stadium poczwarki i imago. Podsumowując, badanie to dostarcza istotnych podstawowych danych rozwojowych, które mogą być wykorzystane do udoskonalenia i optymalizacji protokołów hodowli *T. molitor* na potrzeby komercyjnej produkcji owadów.

Badania zostały dofinansowane ze środków Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa, Katedra Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców (nr tematu 30.610.007-110).

„Metamorphosis Duration and Adult Emergence of *Tenebrio molitor* Under Controlled Laboratory Conditions”

Abstract:

Tenebrio molitor is gaining global attention as a sustainable protein source for food and feed, yet precise knowledge of its metamorphic development remains essential for optimizing mass-rearing systems. This study investigated the duration and characteristics of the pupal and adult

emergence stages in *T. molitor* under controlled conditions ($26\pm 1.0^{\circ}\text{C}$, $60\pm 5\%$ RH) Department of Plant Breeding and Bioresource Engineering, Faculty of Agriculture and forestry at the University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland. Five hundred final-instar larvae were distributed across five replicate boxes (100 larvae each) and reared on wheat bran supplemented with agar gel. Larvae were monitored daily for behavioral and morphological indicators of pupation, individual pupal weights were recorded, and sex was determined via microscopic examination. Of the 500 larvae, 489 pupated (97.8%), with pupation spanning from Day 91 to Day 125. The sex ratio was 225 males (46%) to 264 females (54%). The pupal stage lasted approximately 8-15 days, with adult emergence beginning on Day 99, and concluding on Day 133. Total of 477 adults enclosed (97.5%), of which 369 (77.4%) were morphologically normal and 106 (22.2%) showed deformities. These results indicate that *T. molitor* demonstrates reliable and predictable development under controlled rearing conditions, showing strong rates for both pupation and adult emergence. Overall, this study delivers essential baseline developmental data that can aid in refining and optimizing *T. molitor* rearing protocols for commercial insect production.

The results were financed by the University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Plant Breeding and Bioresource Engineering (no. 30.610.007-110).

ID: 96615900088

Przemysław Białoskórski, Michał Krzyżaniak, Ewelina Olba-Zięty, Mariusz Stolarski
Katedra Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

„Zasoby pozostałości z rolnictwa i przemysłu spożywczego w woj. warmińsko-mazurskim do wykorzystania w branży owadziej”

Streszczenie:

W obliczu rosnącego znaczenia gospodarki o obiegu zamkniętym oraz poszukiwania zrównoważonych źródeł białka, szczególnego znaczenia nabiera efektywne zagospodarowanie pozostałości organicznych pochodzących z rolnictwa i przemysłu spożywczego. Celem badań było oszacowanie dostępności substratów do wykorzystania w produkcji owadów na cele paszowe. Analizy dokonano z uwzględnieniem przestrzennego zróżnicowania na powiaty województwa warmińsko-mazurskiego.

W badaniach uwzględniono dane dotyczące ilości i struktury pozostałości organicznych generowanych przez sektor rolniczy oraz przemysł rolno-spożywczy. Dokonano ich podziału na potencjalnie dostępne substraty przydatne w hodowli owadów, takich jak *Hermetia illucens* czy *Tenebrio molitor*. Szczególną uwagę poświęcono analizie przestrzennej, umożliwiającej identyfikację powiatów o najwyższym potencjale surowcowym oraz wskazanie obszarów optymalnych do lokalizacji farm owadów.

Wstępne wyniki wskazują na istotne zróżnicowanie dostępności substratów, determinowane strukturą i koncentracją podmiotów przetwarzających biosurowce i zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego. Nasze szacunki wskazują, że największy potencjał

dostępności substratów mają powiaty południowo- zachodniej części województwa warmińsko-mazurskiego, gdzie znajdują się obszary intensywnej produkcji roślinnej z rozwiniętym przemysłem przetwórczym, co stwarza dogodne warunki do rozwoju sektora owadziego.

Badania zostały dofinansowane ze środków Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa, Katedra Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców (nr tematu 30.610.007-110) oraz w ramach programu Interreg Central Europe, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach projektu TeBiCE, nr CE0100433.

“Agricultural and food industry residues in the Warmia and Mazury Region as resources for insect production”

Abstract:

In the context of the growing importance of the circular economy and the search for sustainable protein sources, the efficient management of organic residues originating from agriculture and the food industry is gaining particular relevance. The aim of this study was to estimate the availability of substrates suitable for use in insect production for feed purposes. The analysis accounted for spatial differentiation at the county level within the Warmian-Masurian Voivodeship.

The research incorporated data on the quantity and structure of organic residues generated by the agricultural sector and the agri-food industry. These materials were classified according to their potential suitability as substrates for insect rearing, including species such as *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor*. Special emphasis was placed on spatial analysis, enabling the identification of counties with the highest resource potential and the indication of areas optimal for locating insect farms.

Preliminary results reveal substantial variation in substrate availability, determined by the structure and concentration of entities processing biological feedstocks and agri-food products. Our estimates indicate that the greatest substrate potential is found in the south-western counties of the voivodeship, where areas of intensive crop production coexist with a well-developed processing industry, creating favourable conditions for the development of the insect sector.

The results were financed by the University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Plant Breeding and Bioresource Engineering (no. 30.610.007-110), and by the Interreg Central Europe co-funded by the European Regional Development Fund under the project TeBiCE, no. CE0100433.

ID: 21470201048

Maciej Iwan

Moyers Arnaudow Świąder Kancelaria Adwokacko-Radcowska Sp.P.

„Prawne uwarunkowania oraz wyzwania dla hodowli owadów na cele żywieniowe i paszowe”

Streszczenie:

Wystąpienie stanowi przegląd wybranych zagadnień prawnych determinujących funkcjonowanie sektora hodowli owadów z przeznaczeniem na cele paszowe oraz żywieniowe. Autor analizuje ogólny kontekst regulacyjny, osadzony w przepisach prawa Unii Europejskiej oraz regulacjach krajowych, wskazując na kluczowe bariery i ograniczenia rynkowe wynikające z obowiązującego porządku prawnego.

W ramach prelekcji omówione zostaną następujące obszary:

1. Podstawowe ramy prawne hodowli: wymogi dotyczące utrzymywania owadów, zasady ich żywienia oraz standardy bezpieczeństwa produkcji
2. Wykorzystanie w sektorze paszowym: regulacje dopuszczające stosowanie żywych owadów oraz produktów pochodnych, w tym tłuszczów i przetworzonego białka zwierzęcego (PAP)
3. Owady jako żywność: procedury i ścieżki regulacyjne umożliwiające wprowadzenie owadów do obrotu jako produktów spożywczych dla ludzi
4. Gospodarka obiegu zamkniętego: aspekty prawne związane z zagospodarowaniem odchodów owadów i możliwością ich rolniczego wykorzystania

Wystąpienie ma na celu przybliżenie aktualnego stanu prawnego oraz zidentyfikowanie wyzwań, przed którymi stoi dynamicznie rozwijająca się branża entomofagii w Polsce i Europie.

Legal Framework and Challenges for Insect Farming for Food and Feed

Abstract:

The presentation provides an overview of selected legal issues determining the operation of the insect farming sector intended for feed and food applications. The author analyses the general regulatory framework established under European Union law and national regulations, identifying key barriers and market limitations arising from the current legal environment.

The lecture will address the following areas:

1. Basic legal framework for insect farming

Requirements concerning insect rearing, feeding rules, and production safety standards.

2. Use in the feed sector

Regulations permitting the use of live insects and derived products, including fats and processed animal protein (PAP).

3. Insects as food

Regulatory procedures and approval pathways enabling the placement of insects on the market as food products for human consumption.

4. Circular economy

Legal aspects related to the management of insect frass and the possibility of its agricultural use.

The presentation aims to provide an overview of the current legal landscape and identify the challenges faced by the rapidly developing entomophagy sector in Poland and Europe.

ID: 75145701146

Jerzy Jaroszewski¹, Remigiusz Gałęcki², Patrycja Pontus¹, Jakub Helbrecht¹, Paulina Markowska-Buńka¹, Hubert Ziółkowski¹

¹Katedra Farmakologii i Toksykologii, ²Katedra Prewencji Weterynaryjnej i Higieny Pasz, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Prawocheńskiego 13, 10-719 Olsztyn, Polska; * e-mail: jerzyj@uwm.edu.pl

„Farmakokinetyka doksycykliny u drewnojada (*Zophobas morio*) i jej wpływ na zawartość białka w hemolimfie po jedno- i pięciodniowej ekspozycji na różne dawki leku” Wprowadzenie

Dynamicznie wrastająca populacja ludzi wymaga poszukiwania alternatywnych źródeł białka, które zabezpieczą potrzeby żywieniowe ludzi i zwierząt. Owady jadalne są bogate w białko, witaminy, minerały i niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe i wymagają mniej zasobów niż tradycyjna hodowla zwierząt, co czyni je atrakcyjnym źródłem składników odżywczych (van Huis i Rumpold 2023; Al-Khalaifah i wsp. 2025). Owady należące do czarnuchowatych (*Tenebrionidae*) w tym *Zophobas morio* i *Tenebrio molitor* są szczególnie interesujące ze względu na liczne możliwości wykorzystania w żywieniu zwierząt i ludzi. Pomimo potencjalnych korzyści płynących z wykorzystywania owadów w łańcuchu pokarmowym, pojawiły się obawy dotyczące bezpieczeństwa spożywania owadów pod kątem zagrożeń chemicznych, biologicznych i fizycznych (EFSA 2015; Gałęcki i wsp. 2023).

Antybiotyki mogą przedostawać się do ferm owadów poprzez paszę (może ona zostać zanieczyszczona podczas przygotowywania paszy leczniczej (Barbosa Da Silva i wsp. 2019), co w konsekwencji może stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt oraz przyczyniać się do rozwoju oporności na środki przeciwdrobnoustrojowe (Turchi i wsp. 2024). Badania nad wpływem antybiotyków na fizjologię owadów zyskują coraz większą uwagę, zwłaszcza w kontekście ich wpływu na zdrowie owadów i zagrożenia dla bezpieczeństwa zwierząt i ludzi w odniesieniu do tego nowego źródła białka w łańcuchu pokarmowym (Bello Gonzalez i wsp. 2023). Doksycyklina (DOX), jeden z najczęściej stosowanych antybiotyków u drobiu i trzody chlewnej, wywiera znaczący wpływ na mikrobiom jelitowy u ludzi i zwierząt (Jaroszewski i wsp. 2023). Jednak wpływ tego antybiotyku na owady jadalne nie został zbadany. Hemolimfa u *Tenebrionidae*, podobnie jak u innych owadów, pełni kluczową funkcję fizjologiczną, w tym dystrybucję składników odżywczych i odpowiedź immunologiczną (Narzary i Brahma 2025).

Do tej pory w literaturze brakuje danych na temat farmakokinetyki DOX u *Tenebrionidae* i jej wpływu na poziom białka w hemolimfie. W związku z powyższym, celem badania było określenie farmakokinetyki DOX po jej włączeniu do diety *Z. morio* oraz wykazanie, czy ten antybiotyk wpływa na całkowitą zawartość białka w hemolimfie.

Material i metody

Larwy *Z. morio* podzielono na dwie grupy doświadczalne. Pierwsza grupa doświadczalna składała się z grupy kontrolnej (Kontrola I) i grupy badanej I (Grupa I), w której podawano DOX hyklan w dawkach 125, 250 i 500 mg/kg paszy przez 24 godziny. Próbkę hemolimfy, całych larw i tuszek (bez przewodu pokarmowego) do oznaczeń DOX pobierano w 0, 1, 2, 4, 8, 24, 48, 72, 96, 144, 192, 264 i 360 godzinie eksperymentu ($n = 3$ dla każdego punktu pobrania). Próbkę hemolimfy do oznaczania zawartości białka pobierano w 0, 24, 360 godzinie eksperymentu ($n = 20$ dla każdego punktu pobrania). Druga grupa doświadczalna składała się z grupy kontrolnej (Kontrola II) i grupy badanej II (Grupa II), w której podawano DOX hyklan w dawkach 125, 250 i 500 mg/kg paszy przez 5 dni. Próbkę hemolimfy, całych larw i tuszek do oznaczenia DOX pobierano w 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15 i 19 dniu eksperymentu ($n = 3$ dla każdego punktu pobrania). Próbkę hemolimfy do oznaczenia zawartości białka pobierano w 0, 1, 3, 5, 10 i 19 dniu eksperymentu ($n = 20$ dla każdego punktu pobrania). Stężenia DOX mierzono metodą ultrawysokosprawną chromatografią cieczową sprzężoną z tandemową spektrometrią mas (UPLC-MS/MS, Waters, Milford, USA) (Ziółkowski, 2023). Do oznaczenia całkowitej zawartości białka wykorzystano spektrofotometr Nanodrop ONE (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA).

Wyniki i wnioski

W Grupie I maksymalne stężenia (C_{max}) leku w badanych matrycach (hemolimfie, tuskach i całych larwach) obserwowano po 24-48 godz. od rozpoczęcia ekspozycji na lek po czym ulegały one stopniowemu obniżeniu w ciągu kilku kolejnych dni. C_{max} w hemolimfie były istotnie niższe ($P < 0.05$) w porównaniu do stężeń obserwowanych w tuskach i całych larwach; istotnie niższe ($P < 0.05$) stężenia obserwowano również w tuskach w porównaniu do całych larw.

Zawartość białka w hemolimfie po 24-godzinnej ekspozycji na DOX była niższa w porównaniu do grupy kontrolnej, przy czym różnice statystycznie istotne ($P < 0.05$) obserwowano po ekspozycji na najwyższą dawkę DOX w każdym dniu pobierania próbek.

W Grupie II C_{max} obserwowano w 3-4 dniu doświadczenia po czym dochodziło do stopniowego obniżenia stężenia DOX, zwłaszcza w ciągu dwóch dni po zaprzestaniu ekspozycji na lek. Istotnie wyższe stężenia ($P < 0.05$) DOX obserwowano w całych larwach w porównaniu do hemolimfy i tuszek.

W przypadku 5-dniowej ekspozycji na DOX istotnie niższą ($P < 0.05$) zawartość białka w hemolimfie w porównaniu do grupy kontrolnej stwierdzono w 3 dniu po zastosowaniu wszystkich dawek leku; pozostawała ona również obniżona w 5 dniu, ale różnica ta nie była istotna statystycznie.

Uzyskane wyniki po raz pierwszy wskazują, że:

- DOX wchłania się częściowo z przewodu pokarmowego *Z. morio*,
- wchłonięta DOX nie kumuluje się w tkankach larw *Z. morio*,
- DOX w niewielkim stopniu wpływa na zawartość białka w hemolimfie *Z. morio*.

Podziękowania: Badania zostały w całości sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki; numer grantu UMO-2025/57/B/NZ4/03461

“Pharmacokinetics of doxycycline in the superworm *Zophobas morio* and its effect on protein content in hemolymph after one-day and five-day exposure to different doses of the drug”

Introduction

The dynamically growing human population requires the search for alternative protein sources that can meet the nutritional needs of both humans and animals. Edible insects are rich in protein, vitamins, minerals, and essential unsaturated fatty acids, and they require fewer resources than conventional livestock farming, making them an attractive source of nutrients (van Huis and Rumpold 2023; Al-Khalaifah et al. 2025). Insects belonging to the family *Tenebrionidae*, including *Zophobas morio* and *Tenebrio molitor*, are of particular interest due to their numerous potential applications in animal and human nutrition.

Despite the potential benefits of using insects in the food chain, concerns have emerged regarding the safety of insect consumption in terms of chemical, biological, and physical hazards (EFSA 2015; Gałęcki et al. 2023). Antibiotics may enter insect farms through feed, which can become contaminated during the preparation of medicated feed (Barbosa Da Silva et al. 2019), potentially posing a threat to human and animal health and contributing to the development of antimicrobial resistance (Turchi et al. 2024). Studies on the effects of antibiotics on insect physiology are gaining increasing attention, particularly in the context of their impact on insect health and the risks they may pose to animal and human safety regarding this novel protein source in the food chain (Bello Gonzalez et al. 2023).

Doxycycline (DOX), one of the most commonly used antibiotics in poultry and swine production, has a significant impact on the gut microbiome in both humans and animals (Jaroszewski et al. 2023). However, the effects of this antibiotic on edible insects have not yet been investigated. Hemolymph in *Tenebrionidae*, as in other insects, plays a key physiological role, including nutrient distribution and immune response (Narzary and Brahma 2025). To date, the literature lacks data on the pharmacokinetics of DOX in *Tenebrionidae* and its effects on protein levels in hemolymph. Therefore, the aim of this study was to determine the pharmacokinetics of DOX following its incorporation into the diet of *Z. morio* and to assess whether this antibiotic affects the total protein content in hemolymph.

Materials and Methods

Z. morio larvae were divided into two experimental groups. The first experimental group consisted of a control group (Control I) and treatment group I (Group I), which were administered doxycycline hyclate (DOX) at doses of 125, 250, and 500 mg/kg of feed for 24 hours. Hemolymph, whole larvae, and carcass samples (without the digestive tract) for DOX determination were collected at 0, 1, 2, 4, 8, 24, 48, 72, 96, 144, 192, 264, and 360 hours of the experiment ($n = 3$ for each sampling point). Hemolymph samples for protein content determination were collected at 0, 24, and 360 hours of the experiment ($n = 20$ for each sampling point).

The second experimental group consisted of a control group (Control II) and treatment group II (Group II), which were administered DOX hyclate at doses of 125, 250, and 500 mg/kg of feed for 5 days. Hemolymph, whole larvae, and carcass samples for DOX determination were collected on days 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 15, and 19 of the experiment ($n = 3$ for each sampling point). Hemolymph samples for protein content determination were collected on days 0, 1, 3, 5, 10, and 19 of the experiment ($n = 20$ for each sampling point).

DOX concentrations were measured using ultra-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS, Waters, Milford, USA) (Ziółkowski, 2023). Total protein content was determined using a NanoDrop ONE spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA).

Results and Conclusions

In Group I, maximum concentrations (C_{max}) in the examined matrices (hemolymph, carcasses, and whole larvae) were observed 24–48 hours after the start of drug exposure, followed by a gradual decrease over the subsequent days. C_{max} values in hemolymph were significantly lower ($P < 0.05$) compared to those observed in carcasses and whole larvae; significantly lower ($P < 0.05$) concentrations were also observed in carcasses compared to whole larvae.

The protein content in hemolymph after 24-hour exposure to doxycycline was lower compared to the control group, with statistically significant differences ($P < 0.05$) observed following exposure to the highest DOX dose at each sampling point.

In Group II, C_{max} was observed on days 3–4 of the experiment, after which a gradual decline in DOX concentration occurred, particularly during the two days following cessation of drug exposure. Significantly higher ($P < 0.05$) DOX concentrations were observed in whole larvae compared to hemolymph and carcasses.

In the case of 5-day exposure to DOX, a significantly lower ($P < 0.05$) protein content in hemolymph compared to the control group was found on day 3 following administration of all drug doses; protein levels also remained reduced on day 5, although this difference was not statistically significant.

The obtained results indicate for the first time that:

- DOX is partially absorbed from the digestive tract of *Z. morio*,
- absorbed DOX does not accumulate in the tissues of *Z. morio* larvae,
- DOX has only a minor effect on protein content in the hemolymph of *Z. morio*.

Acknowledgement: This research was funded in whole by National Science Centre, Poland; Grant numer UMO-2025/57/B/NZ4/03461.

References

1. Al-Khalaifah H, Ahmad Z, Ullah R, Islam Z, Sultan A, Islam Z, Abudabos A, Naz S, Khan RU, Alhidary IA. Effects of *Tenebrio molitor* and *Zophobas Morio* larvae meal supplementation on growth performance, carcass traits, and gut histomorphology in Japanese quails. Poultry Science 2025 104(11):105803.
2. Barbosa Da Silva, A., Back, M., Daguer, H., Palmeira, M., Antunes De Sá Ploêncio, L., Molognoni, L., Peripolli, V., and Bianchi, I. 2019. Carry-over and contamination of veterinary

drugs in feed production lines for poultry and pigs. Food Additives & Contaminants: Part A, 36(5), 740-751.

3. Bello Gonzalez, T.D.J., van Gelderen, B., Harders, F., Vloet, R., Voorbergen-Laarman, M., de Ruiter, B. and Haenen, O.L.M., 2023. Molecular characterization of *Serratia marcescens* strain isolated from yellow mealworms, *Tenebrio molitor*, in the Netherlands. Insects 14: 770.
4. EFSA Scientific Committee, 2015. Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. EFSA Journal 13: 4257.
5. Gałęcki, R., Bakula, T. and Gołaszewski, J., 2023. Foodborne diseases in the edible insect industry in Europe-New challenges and old problems. Foods 12: 770.
6. Jaroszewski, J., Mamun, N. and Czaja, K., 2023. Bidirectional interaction between tetracyclines and gut microbiome. Antibiotics (Basel) 12: 1438.
7. Narzary, F. and Brahma, D., 2025. The role of haemocytes in insect immunity: A review of advances in haemocyte research and modern approaches in insect immunology. Munis Entomology & Zoology, 20: 1774-1778.
8. Turchi, B., Mancini, S., Pedonese, F., Resci, I., Torracca, B., Marconi, F., Barone, C., Nuvoloni, R. and Fratini, F. 2024. Antibiotic resistance in Enterococci and Enterobacteriaceae from laboratory-reared fresh mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.) and their frass. Pathogens 13: 456.
9. van Huis, A. and Rumpold, B., 2023. Strategies to convince consumers to eat insects? A review. Food Quality and Preference 110: 104927.
10. Ziółkowski, H., 2023. Bioavailability of tetracyclines is substantially increased by administration of cyclosporine A, a non-specific efflux-pump blocker. Drug Metabolism and Pharmacokinetics 50: 100493.

ID: 64410600459

Michał Krzyżaniak

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa, Katedra Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców

„Przegląd badań nad owadami gospodarskimi prowadzonymi w Pracowni Biokonwersji Biomasy UWM w Olsztynie”

Streszczenie:

Od 2019 r. w Pracowni Biokonwersji Biomasy prowadzone są badania nad wykorzystaniem biomasy pochodzącej z rolnictwa lub przemysłu rolno-spożywczego w żywieniu owadów.

Jednym z głównych kierunków badawczych jest określenie przeżywalności, wzrostu i rozwoju owadów, a także opracowanie mieszanek paszowych zapewniających efektywny współczynnik konwersji paszy, optymalny rozwój owadów oraz niski koszt żywienia.

Równolegle w laboratorium prowadzone są badania dotyczące potrzeb wodnych owadów, ponieważ można w ten sposób nawet kilkukrotnie skrócić czas rozwoju stadium larwalnego. Badania obejmują dobór odpowiednich dawek wody oraz jej źródła (np. zagęstników, owoców, warzyw, samej wody) i ich wpływ na rozwój owadów.

Kolejnym obszarem badań jest dobór optymalnych warunków chowu mącznika młynarka. Badania obejmują cały cykl produkcyjny owadów, a także zagadnienia związane z odpowiednim dawkowaniem pasz oraz zarządzaniem stadem podstawowym. Uzyskane wyniki pozwoliły na optymalizację i utrzymanie stabilnej produkcji larw mącznika oraz ich zbiór na poziomie 2,5-3,0 kg w 10-11 tygodniu chowu.

Cześć wyników została wdrożona w ramach projektu TeBiCE, w komercyjnym chowie mącznika, co przyczyniło się do stabilizacji produkcji larw oraz zwiększenia wydajności chowu o 75%. Ponadto poprawa efektywności żywienia mącznika oraz zwiększenie wolumenów produkcji pozwoliły na obniżenie kosztów ogrzewania, co przełożyło się na poprawę wyniku finansowego.

Badania zostały dofinansowane przez Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa, Katedra Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców (nr tematu 30.610.007-110) oraz w ramach programu Interreg Central Europe, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (projektu TeBiCE, nr CE0100433).

“Overview of Research on Farmed Insects Conducted at the Biomass Bioconversion Laboratory of the University of Warmia and Mazury in Olsztyn”

Abstract:

Since 2019, research conducted at the Biomass Bioconversion Laboratory has focused on the use of biomass derived from agriculture and the agri-food industry for insect rearing. One of the main research directions is the assessment of insect growth and development, as well as the formulation of feed mixtures that ensure an efficient feed conversion ratio, and low feeding costs.

In parallel, the laboratory conducts studies on the water requirements, as appropriate water provision can reduce the duration of the larval stage severalfold. These studies include the selection of optimal water rates and sources (e.g. fruits, vegetables, water alone) and the evaluation of their impact on insect development.

Another research involves the optimization of rearing conditions for the yellow mealworm. The studies cover the entire production cycle, as well as issues related to appropriate feed dosing and the management of the breeding stock. The results obtained enabled the optimization of mealworm production, with harvest levels of 2.5-3.0 kg achieved in the 10-11th week of rearing.

Some of the results were implemented within the TeBiCE project in commercial mealworm farming, contributing to the stabilization of larval production and a 75% increase in rearing efficiency. Moreover, improvements in feeding efficiency and increased production volumes enabled reduction of heating costs, which translated into an improved financial performance.

The research was co-financed by the University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Plant Breeding and Bioresource Engineering (project no. 30.610.007-110), and under the Interreg Central Europe programme, co-funded by the European Regional Development Fund (TeBiCE project, no. CE0100433).

ID: 42940400364

Piotr Szymkowiak¹, Muhammad Rumman Aslam¹, Liliana Ciesielska¹, Bartosz Kierończyk¹, Marcin Hejdysz², Sebastian Andrzej Kaczmarek¹, Mateusz Rawski³, Damian Józefiak¹

¹Department of Animal Nutrition, University of Life Sciences Poznan, ul. Wołyńska 33, Poznań, 60-637, Polska

²Department of Animal Breeding and Product Quality, University of Life Sciences Poznan, ul. Wołyńska 33, Poznań, 60-637, Polska

³Department of Zoology, Division of Inland Fisheries and Aquaculture, Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań

„Określanie energii metabolicznej tłuszczu z larw *Hermetia illucens* w dietach kurcząt rzeźnych”

Streszczenie:

W badaniu zwalidowano model regresji energii metabolicznej (ME) dla tłuszczu z larw *Hermetia illucens* (BSFL), wykorzystywany w precyzyjnym żywieniu kurcząt rzeźnych oraz oceniono jego wpływ na odpowiedź fizjologiczną. Przeprowadzono 28-dniowe doświadczenie z udziałem 300 siedmiodniowych kogutków Ross 308, losowo przydzielonych do dwóch izoenergetycznych i izobiałkowych grup żywieniowych: diety kontrolnej z olejem sojowym (SO) lub diety, w której SO całkowicie zastąpiono tłuszczem BSFL jako jedynym źródłem tłuszczu. Wartości ME dla tłuszczu BSFL stosowano dynamicznie dla każdego okresu żywieniowego na podstawie wcześniej opracowanego modelu regresji.

Wyniki nie wykazały istotnych różnic w końcowej masie ciała, pobraniu paszy ani współczynniku wykorzystania paszy między grupami BSFL i SO. Jednak zastosowanie tłuszczu BSFL istotnie zwiększyło współczynniki pozornej strawności jelitowej (CAID) białka surowego oraz dostępność pozornej energii strawnej (AIDE). Odnotowano również wzrost aktywności lipazy trzustkowej w grupie BSFL.

Analiza surowicy wykazała, że tłuszcz BSFL istotnie obniżał stężenie immunoglobuliny G (IgG) i tyroksyny (T4) oraz wykazywał tendencję do obniżania poziomu aminotransferazy asparaginianowej (AST), wolnej T4 oraz interleukiny-6 (IL-6), co może sugerować korzystny wpływ na funkcję wątroby i modulację odporności. Morfometria narządów oraz pH przewodu pokarmowego pozostały w większości niezmienione.

Badanie wykazało, że zastosowany model regresji ME dla tłuszczu BSFL jest skuteczny, zapewniając porównywalne wyniki wzrostu przy jednoczesnej poprawie strawności białka i dostępności energii.

Praca została sfinansowana w ramach projektu OPUS-20 (NCN, Polska; 2020/39/B/NZ9/00237).

“Modeling the Metabolizable Energy of Black Soldier Fly Larvae Fat in Broiler Diets”

Abstract:

This study validated a metabolizable energy (ME) regression model for black soldier fly larvae (BSFL) fat in precision feeding for broilers and assessed its effects on physiological

responses. A 28-day trial was conducted with 300 seven-day-old male Ross 308 broilers randomly assigned to two isoenergetic and isonitrogenous dietary treatments: a control diet with soybean oil (SO) or a diet in which SO was fully replaced with BSFL fat as the sole lipid source. The ME values for BSFL fat were applied dynamically per feeding period via a previously established regression model.

The results revealed no significant differences in final body weight, feed intake, or feed conversion ratio between the BSFL and SO groups. However, BSFL treatment significantly increased the coefficients of apparent ileal digestibility (CAID) for crude protein and apparent ileal digestible energy (AIDE). Pancreatic lipase activity was also elevated in the BSFL group.

Serum analysis revealed that BSFL fat significantly reduced immunoglobulin G (IgG) and thyroxine (T4) concentrations and tended to decrease aspartate aminotransferase (AST), free T4, and interleukin-6 (IL-6) levels, suggesting potential benefits for liver function and immune modulation. Organ morphometry and gastrointestinal pH remained largely unaffected.

The study concludes that the applied ME regression model for BSFL fat is effective, supporting comparable growth performance while enhancing protein and energy digestibility.

This work was supported by an OPUS-20 grant titled “The role of *Hermetia illucens* larvae fat in poultry nutrition – from the nutritive value to the health status of broiler chickens” (no. 2020/39/B/NZ9/00237), which was financed by the National Science Center (Poland).

ID: 85880801197

Paweł Górczyński

Tenebria Sp z o.o.

„Innowacyjna technologia przetwarzania larw mącznika młynarka i wprowadzanie na rynek bezpiecznych produktów pochodzenia owadziego”

Streszczenie:

Podsumowanie operacji współfinansowanej jest ze środków Unii Europejskiej w ramach działania M 16 „Współpraca” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020.”

Celem operacji było opracowanie i wdrożenie innowacyjnej technologii przetwarzania larw mącznika młynarka i wprowadzenie na rynek bezpiecznych produktów pochodzenia owadziego.

Cel został osiągnięty poprzez wdrożenie innowacyjnego procesu przetwarzania biomasy larw owadów poprzez połączone techniki obróbki mechanicznej i temperaturowej.

Projekt mający na celu wprowadzenie na polski rynek białka owadziego i innych produktów powstających w procesie przetwarzania larw mącznika młynarka jest innowacyjny w skali Polski, a projektowana technologia zawierająca niestandardowe rozwiązania dająca możliwość uzyskania wysokiej jakości produktów białkowych o niskiej zawartości chityny i tłuszczu jest innowacyjna w skali międzynarodowej.

Projekt ma na celu wprowadzenie innowacyjnych produktów na rynek RP: białka owadziego (PAP owadzi) odtłuszczonego i o niskiej zawartości chityny (ang. low fat, low chitin); tłuszczu owadziego (oleju) zawierającego nienasycone kwasy tłuszczowe i chityny.

Efektem realizacji jest także zakład przetwórczy z prototypową linią technologiczną do przetwarzania mącznika młynarka. Kolejny efekt to opracowanie w gospodarstwie rolnika indywidualnej metody hodowlanej mącznika młynarka i dobranie optymalnych parametrów hodowlanych w celu dostarczenia do przetwarzania surowca o najwyższej jakości.

Efektem końcowym będzie produkcja oparta o indywidualną metodę przetwarzania biomasy larw owadów mącznika młynarka.

Innowacyjna, w pełni zrównoważona technologia przetwarzania larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) pozwala uzyskać pełnowartościowy produkt paszowy o wyjątkowej czystości mikrobiologicznej i optymalnym profilu odżywczym.

Najważniejsze korzyści

- Pełnowartościowe białko

Ponad 60 % białka w proszku, z profilem aminokwasowym spełniającym normy WHO (leucyna 53 mg/g, lizyna 40 mg/g)

- Optymalna frakcja tłuszczowa

olej owadzi o parametrach olejów roślinnych ~46 % SFA, ~37 % MUFA (palmitynowy, oleinowy) i ~17 % PUFA (linolowy)

- Maksymalna czystość mikrobiologiczna

Po suszeniu CFU 5×10^3 jtk/g (znacząco poniżej normy), brak *Salmonella* i *C. perfringens*

- Gotowe do pasz i karm

Zgodne z Rozp. (WE) 142/2011 dla materiałów paszowych pochodzenia zwierzęcego oraz wytycznymi EFSA (2015) dotyczącymi bezpieczeństwa owadów w paszach

Abstract:

“Innovative technology for processing yellow mealworm larvae and introducing safe insect-derived products to the market”

Summary of the project co-financed by the European Union under Measure M16 “Cooperation” of the Rural Development Programme for 2014–2020.

The objective of the operation was to develop and implement an innovative technology for processing yellow mealworm larvae and to introduce safe insect-derived products to the market.

The objective was achieved through the implementation of an innovative insect larvae biomass processing method combining mechanical and thermal treatment techniques.

The project aimed at introducing insect protein and other products obtained from the processing of yellow mealworm larvae to the Polish market. It is innovative on a national scale, while the designed technology, incorporating non-standard solutions enabling the production of high-quality protein products with low chitin and fat content, is innovative on an international scale.

Another outcome of the project is the establishment of a processing facility equipped with a prototype technological line for processing yellow mealworms. An additional result is the development, at the individual farmer’s holding, of a dedicated yellow mealworm breeding method and the selection of optimal breeding parameters in order to provide the highest-quality raw material for processing.

The final outcome will be production based on an individual method for processing yellow mealworm larvae biomass.

The innovative, fully sustainable processing technology for yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) enables the production of a complete feed material with exceptional microbiological purity and an optimal nutritional profile.

Key benefits

- **Complete protein**

More than 60% protein in powder form, with an amino acid profile meeting WHO standards (leucine 53 mg/g, lysine 40 mg/g)

- **Optimized fat fraction**

Insect oil with parameters comparable to vegetable oils: ~46% SFA, ~37% MUFA (palmitic, oleic), and ~17% PUFA (linoleic)

- **Maximum microbiological purity**

After drying: CFU < 5×10^3 cfu/g (significantly below the limit), absence of *Salmonella* and *C. perfringens*

- **Ready for feed and pet food applications**

Compliant with Regulation (EC) No 142/2011 for animal-origin feed materials and with EFSA guidelines (2015) regarding the safety of insects in feed.

ID: 75145701208

Paweł Jałowicz¹, Krzysztof Kondej²

¹Hodowla Owadów Karmowych "Imperator" Paweł Jałowicz

²EntoProFit Sp. z o.o.

„Bezpieczeństwo żywienia zwierząt egzotycznych owadami karmowymi i problem braku kontroli nad ich produkcją w Polsce”

Streszczenie:

Rynek owadów karmowych w Polsce rozwija się bardzo dynamicznie, jednak w dużej mierze funkcjonuje poza realnym nadzorem weterynaryjnym. Tymczasem owady stanowią podstawę diety wielu zwierząt egzotycznych — gadów, płazów i ptaków — dlatego powinny podlegać takim samym zasadom bezpieczeństwa jak inne komponenty paszowe.

Naturalność owadów jako pokarmu nie oznacza automatycznie bezpieczeństwa. Coraz większym problemem jest brak kontroli nad warunkami produkcji, sposobem karmienia owadów oraz pochodzeniem używanych surowców. Część hodowli działa bez rejestracji, nadzoru lekarza weterynarii i bez zachowania zasad identyfikowalności pasz. Zdarza się również stosowanie materiałów niewiadomego pochodzenia, odpadów organicznych, a nawet padliny jako źródła pokarmu dla owadów.

Takie praktyki mogą prowadzić do poważnych zagrożeń biologicznych. Owady karmione zanieczyszczonym materiałem mogą przenosić bakterie, pasożyty i toksyny. Problem dotyczy nie tylko zdrowia zwierząt egzotycznych, ale pośrednio również bezpieczeństwa ludzi i całego rynku zoologicznego.

Produkcja owadów karmowych powinna być traktowana jako działalność paszowa wymagająca rejestracji i nadzoru weterynaryjnego. Kluczowe są: stosowanie dopuszczonych

pasz, kontrola źródeł składników, odpowiednia higiena produkcji oraz eliminacja karmienia odpadami i padliną.

Największym problemem wydaje się dziś nie brak przepisów, lecz brak świadomości i ignorowanie istniejących regulacji. Potrzebna jest większa aktywność Inspekcji Weterynaryjnej oraz współpraca odpowiedzialnych hodowców z organami nadzoru.

“Safety of Feeding Exotic Animals with Feeder Insects and the Problem of Lack of Control Over Their Production in Poland”.

Abstract:

The feeder insect market in Poland is developing very dynamically; however, to a large extent it operates outside effective veterinary supervision. At the same time, insects constitute a fundamental part of the diet of many exotic animals — reptiles, amphibians, and birds — and therefore should be subject to the same safety standards as other feed components.

The fact that insects are a natural food source does not automatically guarantee safety. An increasing problem is the lack of control over production conditions, feeding practices, and the origin of raw materials used in insect farming. Some breeders operate without registration, veterinary supervision, or compliance with feed traceability requirements. There are also cases where insects are fed materials of unknown origin, organic waste, or even carrion.

Such practices may lead to serious biological risks. Insects fed contaminated material may carry bacteria, parasites, and toxins. The issue affects not only the health of exotic animals, but indirectly also human safety and the credibility of the entire pet industry market.

The production of feeder insects should be treated as a feed-related activity requiring registration and veterinary supervision. Key requirements include the use of approved feed materials, control of ingredient sources, proper production hygiene, and the elimination of feeding insects with waste or carrion.

Today, the greatest problem seems to be not the lack of regulations, but rather the lack of awareness and the disregard of existing rules. Greater involvement from the Veterinary Inspection authorities and cooperation between responsible breeders and supervisory bodies are essential.



POSTERY

ID: 85880800305

Mikołaj Bittner¹, Kazimierz Obremski², Ilaria Di Marco Pisciotto³, Marta Magdalena Sopol³, Sławomir Ciesielski¹, Paweł Brzuzan¹, Maciej Woźny¹

¹Department of Environmental Biotechnology, Institute of Environmental Engineering and Protection, Faculty of Geoengineering, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

²Department of Veterinary Prevention and Feed Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

³Wageningen Food Safety Research, Wageningen University & Research, The Netherlands

„Zintegrowana analiza chemiczna, mikrobiologiczna i histologiczna przemian deoksyniwalenolu i zearalenonu u larw *Tenebrio molitor*”

Streszczenie:

Owady jadalne, w tym larwy mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*), są coraz częściej rozpatrywane jako zrównoważone źródło białka w żywieniu zwierząt. Wciąż jednak niewiele wiadomo na temat przemian metabolicznych mikotoksyn zachodzących w ich organizmach.

W przeprowadzonym doświadczeniu larwy hodowano przez 35 dni na paszy kontrolnej lub paszy zawierającej deoksyniwalenol i zearalenon (po 10 mg/kg). Oceniono parametry wzrostu oraz efektywność wykorzystania paszy. Po zakończeniu eksperymentu larwy zamrożono bez etapu głodzenia i poddano dalszym analizom.

Do oznaczenia obecności mikotoksyn oraz ich potencjalnych metabolitów zastosowano chromatografię cieczową sprzężoną z wysokorozdzielczą spektrometrią mas (LC-HRMS). Ze względu na istotne efekty matrycowe analiza ilościowa była ograniczona, jednak uzyskane wyniki potwierdziły obecność badanych związków i wskazują na możliwość ich biotransformacji w organizmie owada.

W celu lepszego poznania mechanizmów przemian mikotoksyn przeprowadzono analizę mikrobiomu jelitowego z wykorzystaniem sekwencjonowania genu 16S rRNA (Oxford Nanopore Technologies). Wstępne wyniki wskazują na wyraźne różnice w strukturze społeczności drobnoustrojów pomiędzy grupą kontrolną a eksponowaną, co sugeruje udział mikrobioty jelitowej w metabolizmie mikotoksyn. Wykonano również analizy histologiczne przewodu pokarmowego, które pozwoliły ocenić odpowiedź tkanek na ekspozycję na mikotoksyny.

Uzyskane wyniki podkreślają złożoność przemian mikotoksyn u larw *T. molitor* oraz wskazują, że zarówno procesy zachodzące w organizmie gospodarza, jak i aktywność mikrobiomu mogą odgrywać istotną rolę w ich biotransformacji. Badania te stanowią istotny wkład w ocenę bezpieczeństwa oraz potencjału metabolicznego owadów wykorzystywanych w żywieniu zwierząt.

„ Integrated chemical, microbiome, and histological insights into deoxynivalenol and zearalenone fate in *Tenebrio molitor* larvae”.

Abstract:

Edible insects, including mealworm larvae (*Tenebrio molitor*), are increasingly recognized as sustainable protein sources for feed. However, the metabolic transformation of mycotoxins in their bodies remain poorly understood.

In this study, mealworm larvae were reared for 35 days on either control feed or feed containing deoxynivalenol and zearalenone at a nominal concentration of 10+10 mg/kg feed, and their growth performance and feeding efficiency were evaluated. After exposure, larvae were frozen without prior starvation and analyzed using multiple approaches.

Liquid chromatography coupled with high-resolution mass spectrometry (LC-HRMS) was used to assess the presence of parent mycotoxins and potential metabolites in the larvae. Although matrix effects limited accurate quantification, the analyses provided qualitative evidence of mycotoxin occurrence and suggested possible biotransformation within the insect matrix.

To further investigate the mechanisms of mycotoxin processing, the gut microbiome was characterised by 16S rRNA gene sequencing using Oxford Nanopore Technologies. Preliminary results indicated distinct shifts in microbial community composition between control and exposed groups, suggesting a possible role of gut microbiota in mycotoxin metabolism. Histological sections of the digestive tract were also prepared to evaluate tissue-level responses to mycotoxin exposure.

Together, the findings highlight the complexity of mycotoxin fate and mass balance in *T. molitor* larvae and suggest that both host- and microbiome-mediated processes may contribute to the mycotoxin biotransformation. These results support efforts to assess the safety and metabolic capacity of insects used in feed applications.

ID: 21470200084

Anna Draszanowska¹, Marta Czarnowska-Kujawska², Magdalena Anna Olszewska³

¹Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

²Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

³Katedra Mikrobiologii Żywności, Technologii i Chemii Mięsa, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

„Słona przekąska wzbogacona proszkiem ze świerszcza (*Acheta domestica*): wpływ na skład, właściwości fizykochemiczne i sensoryczne”

Streszczenie:

Współczesny konsument poszukuje słonych przekąsek o prostym składzie i lepszym profilu żywieniowym, wyróżniających się oryginalnym smakiem i mających zrównoważony wpływ na środowisko. Celem badań było określenie wpływu zastosowania proszku ze świerszcza domowego (*Acheta domestica*; AD) na skład chemiczny, właściwości fizykochemiczne i jakość sensoryczną paluszków chlebowych typu grissini. W badaniu

przeanalizowano paluszki chlebowe o następującej zawartości tego składnika: 7% (AD7), 14% (AD14) i 21% (AD21).

Wyniki wykazały, że zastosowanie proszku ze świerszcza miało istotny wpływ na skład oraz właściwości fizykochemiczne i sensoryczne paluszków chlebowych. Największy, 21% dodatek pozwolił uzyskać nawet 2-krotny wzrost białka, 2,5-krotny wzrost tłuszczu i 27% wzrost błonnika. Zaobserwowano istotny ($p<0,05$) wzrost całkowitej zawartości polifenoli (2,5-krotny) i 3-krotne zwiększenie aktywności antyoksydacyjnej. Dodatek AD istotnie ($p<0,05$) zwiększył zawartość wszystkich oznaczanych mikro i makroelementów, a w szczególności 5-krotny cynku i 2-krotny fosforu. Dodatek AD spowodował znaczące pociemnienie produktu (L^* ; ΔE^* , BI^*) o wyższym udziale czerwieni (a^*) i niższym żółci (b^*). Wyższe stężenia AD miały istotny ($p<0,05$) wpływ na zmniejszenie twardości z jednoczesną utratą chrupkości badanej przekąski. Grissini z najniższą zawartością proszku owadziego (AD7) otrzymały najwyższe noty za wszystkie badane wyróżniki. Ponadto, paluszki z najwyższym (21%) udziałem AD uzyskały wystarczająco wysokie oceny (>6 na 9) aby uznać je za atrakcyjne sensorycznie.

Wyniki niniejszego badania pokazują, że owady jadalne są atrakcyjnym dodatkiem, który w przyszłości może poszerzyć asortyment słonych przekąsek dostępnych na rynku, zwiększając ich korzyści odżywcze.

Abstract:

“Salty snack enriched with cricket (*Acheta domesticus*) powder: effect on composition, physicochemical and sensory properties”.

Modern consumers are seeking salty snacks that feature simple ingredients, improved nutritional profiles, distinctive flavors, and environmentally sustainable sourcing. The aim of this study was to determine the effect of using house cricket (*Acheta domesticus*; AD) powder on the chemical composition, physicochemical properties, and sensory quality of breadsticks known as grissini. The study analyzed breadsticks with the following concentrations of this ingredient: 7% (AD7), 14% (AD14), and 21% (AD21).

The results showed that the use of cricket powder had a significant impact on the composition, physicochemical, and sensory properties of the breadsticks. The highest concentration of 21% cricket powder resulted in up to a two-fold increase in protein, a 2.5-fold increase in fat, and a 27% increase in fiber. A significant ($p<0,05$) increase in total polyphenol content (2.5-fold) was observed, along with a three-fold increase in antioxidant activity. The addition of AD significantly ($p<0,05$) increased the content of all micro and macronutrients, particularly zinc by 5-fold and phosphorus by 2-fold. The addition of AD caused a significant darkening of the product (L^* ; ΔE^* , BI^*), with a higher proportion of red (a^*) and a lower proportion of yellow (b^*). Higher AD concentrations significantly ($p<0,05$) reduced the hardness and simultaneously reduced the crispiness of the tested snack. Grissini with the lowest insect powder content (AD7) received the highest scores for all tested characteristics. Furthermore, the breadsticks with the highest (21%) AD content received sufficiently high scores (>6 out of 9) to be considered sensory attractive.

Edible insects are an attractive addition that could expand the range of salty snacks available on the market.

ID: 64410600888

Zuzanna Mikołajczak, Damian Józefiak, Sylwia Kaczmarek
HiProMine S.A.

„Wpływ tłuszczu z *Hermetia illucens* na wzrost, strawność i histomorfologię jelit pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*)”.

Streszczenie:

Celem badań była ocena wpływu zastąpienia oleju rybnego tłuszczem z larw *Hermetia illucens* (HI) na wskaźniki odchowu oraz parametry fizjologiczne narybku pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*).

W 60-dniowym doświadczeniu olej rybny zastąpiono tłuszczem HI na poziomach: 0% (KON), 25% (HO25), 50% (HO50), 75% (HO75) oraz 100% (HO100). Metodą wskaźnikową oszacowano współczynniki strawności suchej masy, białka ogólnego oraz tłuszczu surowego. Wskaźniki BWG i SGR były numerycznie wyższe w grupach doświadczalnych (brak istotnych różnic).

Współczynnik FCR oscylował stabilnie między 0,80 a 0,83. Odnotowano istotne różnice w strawności białka ($P=0,03$) z najwyższymi wartościami w grupie HO75. Strawność tłuszczu i suchej masy uległa nieznacznemu obniżeniu przy substytucji 50% ($P<0,01$). Najwyższe kosmki jelitowe odnotowano w grupach HO25 i HO100 ($P<0,01$). Nie stwierdzono różnic w szerokości kosmków i głębokości krypt, natomiast grubość mięśniówki wzrosła w grupach HO25-HO75 ($P=0,03$).

Tłuszcz HI stanowi pełnowartościową alternatywę dla oleju rybnego, nie pogarszając wskaźników produkcyjnych i stymulując rozwój struktur przewodu pokarmowego.

Praca została zrealizowana dzięki wsparciu projektu „Opracowanie i weryfikacja w warunkach rzeczywistych innowacyjnych metod uboju, sterylizacji, suszenia i separacji tłuszczu z larw *Hermetia illucens*, jako droga do zmniejszenia kosztów produkcji funkcjonalnych materiałów paszowych o podwyższonych parametrach jakościowych”. Projekt współfinansowany z Funduszy Europejskich przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach działania 1.1 „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Abstract:

“The effect of *Hermetia illucens* fat on growth, digestibility, and intestinal histomorphology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)”

The study evaluated the impact of replacing fish oil with *Hermetia illucens* (HI) larval fat on the growth performance and physiological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry.

In a 60-day trial, fish oil was substituted with HI fat at levels of: 0% (CON), 25% (HO25), 50% (HO50), 75% (HO75), and 100% (HO100). The apparent digestibility

coefficients of dry matter, crude protein, and crude fat were estimated using the indicator method.

BWG and SGR values were numerically higher in the experimental groups, (no statistically significant differences). The FCR remained stable, ranging from 0.80 to 0.83. Significant differences were noted in protein digestibility ($P=0.03$), with the highest values recorded in the HO75 group. Fat and dry matter digestibility showed a slight decrease at substitution levels 50% ($P<0.01$). The highest villi were observed in the HO25 and HO100 groups ($P<0.01$). No differences were found in villus width or crypt depth, whereas tunica muscularis thickness increased in the HO25, HO50, and HO75 groups ($P=0.03$).

HI fat is a viable alternative to fish oil, maintaining production performance while stimulating the development of gastrointestinal structures.

This work was supported by the project Development and verification under real conditions of innovative methods for slaughtering, sterilization, drying and fat separation from *Hermetia illucens* larvae as a way to reduce the production costs of functional feed materials with enhanced quality parameters'. The project is co-financed by the European Funds through the National Centre for Research and Development, under Measure 1.1 'R&D projects of enterprises', Sub-measure 1.1.1 'Industrial research and development work implemented by enterprises' of the Smart Growth Operational Programme.

ID: 21470200564

Zuzanna Mikołajczak, Damian Józefiak, Sylwia Kaczmarek
HiProMine S.A.

„Optymalizacja i automatyzacja procesu tuczu przemysłowego larw *Hermetia illucens* z wykorzystaniem wizyjnych systemów pomiarowych”.

Streszczenie:

Przemysłowa hodowla *Hermetia illucens* wymaga precyzyjnego zarządzania procesami technologicznymi w celu produkcji zrównoważonych pasz. Kluczowym wyzwaniem jest brak rozwiązań pozwalających na dokładne ustalenie obsady larw przed etapem chowu właściwego.

Celem badań była optymalizacja i automatyzacja przygotowania wylęgu do produkcji biomasy.

W ramach prac opracowano system pomiarowy oparty na analizie obrazu RGB i sztucznych sieciach neuronowych. Zintegrowano go z mechanicznym modułem frakcjonowania, który przy użyciu przesiewaczy klasyfikuje biomasę na trzy grupy wielkościowe: małą (S), średnią (M) oraz dużą (L). Mimo obecności wylinek i resztek substratu, dzięki zaawansowanej obróbce danych treningowych, algorytm uzyskał wysoką precyzję. Błąd estymacji liczebności w warunkach rzeczywistych nie przekroczył 5%, wynosząc średnio: 2,25% dla frakcji S; 2,33% dla frakcji M oraz 1,21% dla frakcji L.

Technologia ta pozwala na zasiedlanie jednostek hodowlanych optymalną obsadą, co umożliwia maksymalizację przeżywalności larw, poprawę dynamiki przyrostu masy oraz optymalizację współczynnika konwersji paszy (FCR) w skali przemysłowej.

Praca została zrealizowana dzięki wsparciu projektu „InSmartFarm – Opracowanie i weryfikacja optymalnych parametrów oraz automatyzacji kluczowych czynności procesu tuczu

przemysłowego larw *Hermetia illucens* w celu zwiększenia jego efektywności”. Projekt współfinansowany z Funduszy Europejskich przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach działania 1.1 „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój.

Abstract:

“Optimization and automation of the industrial rearing process of *Hermetia illucens* larvae using vision-based measurement systems”.

Industrial farming of *Hermetia illucens* requires precise management to produce sustainable feed materials. A key challenge is the lack of effective solutions for determining larval stocking density prior to the primary rearing stage. This study aimed to optimize and automate neonate larvae preparation for biomass production.

An innovative measurement system was developed based on high-resolution RGB image analysis and artificial neural networks. It was integrated with a mechanical fractionation module using shakers to classify biomass into three size groups: small (S), medium (M), and large (L). Despite contaminants like exuviae and substrate residues, advanced training data processing enabled high precision. The estimation error in real-world conditions did not exceed 5%, with mean rates of 2.25% (S), 2.33% (M), and 1.21% (L).

This precision sorting and counting technology allows for the colonization of rearing units at optimal stocking densities. Such innovation enables the maximization of larval survival, significant improvement in weight gain dynamics, and optimization of the feed conversion ratio (FCR) on an industrial scale.

This work was supported by the project “InSmartFarm – Development and verification of optimal parameters and automation of key activities in the industrial rearing process of *Hermetia illucens* larvae to increase its efficiency”. The project is co-financed by the European Funds through the National Centre for Research and Development, under Measure 1.1 “R&D projects of enterprises”, Sub-measure 1.1.1 “Industrial research and development work implemented by enterprises” of the Smart Growth Operational Programme.

ID: 32205300605

Magdalena Olszewska¹, Aleksandra Zimińska¹, Izabela Lipska¹, Anna Draszanowska²

¹Katedra Mikrobiologii Żywności, Technologii i Chemii Mięsa, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

²Katedra Żywienia Człowieka, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

„Inaktywacja patogenów żywności w proszku ze świerszcza (*Acheta domestica*) przy użyciu łączonego naświetlania światłem niebieskim i łagodnej obróbki cieplnej”.

Streszczenie:

Owady są coraz częściej hodowane na cele żywieniowe, co budzi istotne obawy dotyczące bezpieczeństwa mikrobiologicznego. Zanieczyszczenie mikrobiologiczne matrycy owadzych wymaga skutecznych strategii dekontaminacji. Ponieważ tradycyjna sterylizacja termiczna może negatywnie wpływać na ich jakość, uzasadnione jest poszukiwanie alternatywnych rozwiązań.

W niniejszym badaniu oceniono skuteczność połączonego działania światła niebieskiego (BL) oraz łagodnego ogrzewania (MH) jako innowacyjnej metody inaktywacji patogenów, w szczególności *Escherichia coli* oraz *Listeria monocytogenes*, w proszku ze świerszcza domowego (*Acheta domestica*). Mieszaninę trzech szczepów każdego z patogenów naniesiono na sproszkowany materiał, a następnie poddano działaniu BL (65 mW/cm²) oraz MH (60°C) przez 10 min. Zastosowanie samego BL spowodowało redukcję liczby *E. coli* i *L. monocytogenes* odpowiednio o 0,48 i 0,29 log CFU/g, natomiast MH o 0,77 i 0,46 log CFU/g. Największą skuteczność uzyskano przy zastosowaniu kombinacji BL–MH, która obniżyła liczbę komórek odpowiednio o 2,74 i 1,19 log CFU/g, wskazując na wyraźny efekt synergistyczny, szczególnie wobec pierwszego patogenu. Zawartość wody istotnie zmniejszyła się ($P < 0,05$) w kolejności BL < MH < BL–MH, co można przypisać efektowi obsuszania podczas zabiegów. Choć BL istotnie wpływało ($P < 0,05$) na parametry barwy CIE proszku, całkowita różnica barwy (ΔE) dla zabiegu łączonego nie przekroczyła 2,73, czyli progu percepcji wzrokowej człowieka. Ponadto, mimo wpływu BL na stan oksydacyjny proszku, poziom malondialdehydu (MDA) nie różnił się istotnie ($P > 0,05$) między kontrolą, obróbką cieplną a obróbką kombinowaną.

Ostatecznie, połączenie BL i MH stanowi obiecującą metodę dekontaminacji matrycy owadzych, szczególnie w odniesieniu do *E. coli*.

“Inactivation of foodborne pathogens in cricket powder (*Acheta domestica*) using combined blue light irradiation and mild heat treatment”.

Abstract:

Insects are increasingly being cultivated for use in human nutrition, raising important concerns regarding microbial safety. The microbial contamination of insect matrices requires effective decontamination strategies. As traditional thermal sterilization may negatively impact insect quality, alternative decontamination methods need to be developed and evaluated.

This study investigates the effectiveness of a combined blue light (BL) and mild heating (MH) treatment as an innovative method for inactivating foodborne pathogens, specifically *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*, in house cricket powder (*Acheta domestica*). A three-strain cocktail of each pathogen was inoculated into powdered crickets and subjected to BL (65 mW/cm²) and MH (60 °C) for 10 min. The results demonstrated that BL alone reduced *E. coli* and *L. monocytogenes* by 0.48 and 0.29 log CFU/g, respectively, while MH resulted in reductions of 0.77 and 0.46 log CFU/g. Notably, the combined BL–MH treatment reduced each pathogen by 2.74 and 1.19 log CFU/g, suggesting a pronounced synergistic effect against the Gram-negative bacterium. The moisture content significantly decreased ($P < 0.05$) in the order of BL, MH, and BL–MH due to sample drying during treatments. Although the BL significantly ($P < 0.05$) altered the CIE color values of cricket powder, the overall color difference (ΔE) did not exceed 2.73 for the combined treatment, a level not perceptible to the human eye. Moreover,

while BL influenced oxidative status, malondialdehyde (MDA) levels did not differ significantly ($P > 0.05$) between non-treated, heat-treated, and combination-treated samples.

In conclusion, the combined BL–MH approach shows promise for effectively decontaminating insect matrices, particularly from *E. coli*.

ID: 85880800966

Janusz F. Pomianowski¹, Renata Pietrzak-Fiećko², Elżbieta Terech-Majewska³, Joanna Pajdak-Czaus⁴, Mariusz Szmyt⁵, Dawid Brzostek²

¹Katedra Mikrobiologii Żywności, Technologii i Chemii Mięsa, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

²Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

³Katedra Chorób Zakaźnych i Inwazyjnych oraz Administracji Weterynaryjnej, Instytut Medycyny Weterynaryjnej, Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

⁴Katedra Epizootiologii, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

⁵Katedra Ichtiologii i Akwakultury, Wydział Bioinżynierii Zwierząt, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

„Profil kwasów tłuszczowych mięsa pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*) żywionych paszą z udziałem mączki z owadów”.

Streszczenie:

Pstrąg należy do najpopularniejszych ryb w Polsce. W jego chowie jak u drapieżników, stosuje się paszę z udziałem białka zwierzęcego. Zgodnie z prawem w żywieniu ryb można stosować mączkę z owadów karmowych. Stąd celem badań była ocena udziału w paszy mączki z owadów na profil kwasów tłuszczowych mięsa pstrągów tęczowych.

Materiałem badań były ryby o masie ciała 400–700 g, z trzech grup doświadczalnych: I otrzymywała standardową paszę, II i III grupa paszę z 3% i 6% udziale nieodtłuszczonej mączki z larw mącznika młynarka. W tłuszczu uzyskanym z mięsa ryb metodą Folcha po metylacji metodą Peiskera, określono profil kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej. Wyniki opracowano statystycznie jednoczynnikową analizą wariancji i testem Duncana, używając program Statistica 13. We wszystkich grupach pstrągów stwierdzono kwasy tłuszczowe o długości łańcucha węglowego od C12 do C22. Profil kwasów tłuszczowych ryb cechowało niewielkie różnicowanie. Najwięcej kwasów nasyconych było w grupie III (20,31%), najmniej zaś w I (18,21%), różnice nie były istotne statystycznie ($p \leq 0,05$). Ilość kwasów polienowych była najmniejsza w grupie III (24,82%). W pozostałych grupach kwasów tej grupy było więcej: 25,52% (grupa II) oraz 27,15% (grupa I). Różnice również nie były istotne statystycznie ($p \leq 0,05$). Ilość kwasów monoenuowych wahała się od 54,44% (grupa II) do 54,87% (grupa III). Nie wykazano tu także różnicowania istotnego statystycznie ($p \leq 0,05$). Dominujący udział kwasów nienasyconych w badanych rybach wynikał z obecności kwasu oleinowego. Jego ilości wahały się od 45,52% (grupy: I, II) do 45,78% (grupa III). Dodatkowo

stwierdzono, że badane ryby cechuje korzystny żywieniowo stosunek kwasów tłuszczowych nienasyconych do nasyconych (4:1) i mogą być rekomendowane w diecie.

“Fatty acid profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with insect meal”.

Abstract:

Trout are among the most popular fish in Poland. Like predators, they are raised on a feed containing animal protein. Legally, insect meal can be used in fish diets. Therefore, the aim of the study was to assess the contribution of insect meal to the fatty acid profile of rainbow trout meat.

The study involved fish weighing 400–700 g from three experimental groups: Groups I received a standard feed, and Groups II and III received feed containing 3% and 6% non-defatted mealworm meal. The fatty acid profile of the fat obtained from the fish meat using the Folch method after Peisker methylation was determined using gas chromatography. The results were statistically analyzed using one-way analysis of variance and Duncan's test using Statistica 13 software. Fatty acids with carbon chain lengths ranging from C12 to C22 were detected in all trout groups. The fatty acid profile of the fish was characterized by little variation. Saturated fatty acids were highest in group III (20.31%), and lowest in group I (18.21%); the differences were not statistically significant ($p \leq 0.05$). The amount of polyenoic acids was lowest in group III (24.82%). The remaining groups contained more of this group: 25.52% (group II) and 27.15% (group I). These differences were not statistically significant ($p \leq 0.05$). The amount of monoenoic acids ranged from 54.44% (group II) to 54.87% (group III). No statistically significant variation was found ($p \leq 0.05$). The predominant share of unsaturated fatty acids in the tested fish resulted from the presence of oleic acid. Its amounts ranged from 45.52% (groups: I, II) to 45.78% (group III). It was also shown that the tested fish are characterized by a nutritionally favorable ratio of unsaturated to saturated fatty acids (4:1) and can be recommended in the diet.

SuID: 21470200164

Wiesław Sobotka¹, Daria Murawska², Zofia Antoszkiewicz¹, Joanna Kaliniewicz¹, Tadeusz Bakula³

¹Uniwersytet Warmińsko -Mazurski w Olsztynie, Wydział Bioinżynierii, Katedra Żywienia Zwierząt, Paszoznawstwa i Hodowli Bydła

²Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Bioinżynierii, Katedra Dobrostanu Zwierząt i Doświadczalnictwa

³Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Katedra Prewencji Weterynaryjnej i Higieny Pasz

„Wpływ udziału pełnotłustej mączki z larw muchy czarnej (*Hermetia illucens* L.) w dietach kurcząt brojlerów na rozwój przewodu pokarmowego i natężenie procesów fermentacyjnych w jelicie ślepym”.

Streszczenie:

Celem badań było określenie wpływu częściowego (50 i 75%) i całkowitego (100%) zastąpienia genetycznie modyfikowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej (GM-PSS) pełnotłustą mączką owadzią *Hermetia illucens* (HI) w dietach kurcząt brojlerów na wskaźniki morfometryczne rozwoju i funkcjonowania przewodu pokarmowego oraz na natężenie procesów fermentacyjnych w jelicie ślepym.

Badanie żywieniowe przeprowadzono na 384 kurczętach brojlerach, kogutkach rasy Ross 308, w 4 grupach doświadczalnych: HI-0, HI-50, HI-75, H-100. Zastosowano diety starter (1-14 d), grower (15-35 d), finisz (36-42 d). Dieta H-0 zawierała GM-PSS, jako jedyne źródło białka roślinnego. W dietach HI-50, HI-75, HI-100 białko GM-PSS zastąpiono białkiem mączki z larw HI w układzie 50, 75 i 100%. Po uboju kurcząt, od 10 sztuk z każdej grupy pobrano przewód pokarmowy: wole, żołądek, jelito cienkie i ślepe oraz treść pokarmową do badań dotyczących określenia wskaźników rozwoju i funkcjonowania przewodu pokarmowego oraz natężenia procesów fermentacyjnych.

Końcowe masy ciała kurcząt brojlerów były istotnie niższe w grupach HI-50, HI-75 i HI-100% niż w grupie HI-0%, odpowiednio o: 10,5; 17,8 i 21,9%. Stwierdzono, że wraz ze zwiększeniem udziału mączki HI w dietach kurcząt nastąpiło zwiększenie masy wola, żołądka mięśniowego ($P \leq 0,22$) i masy jelita cienkiego i jego długości ($P \leq 0,05$). Kurczaki żywione dietami od HI-50 do HI-100 miały niższe wartości pH treści pokarmowej żołądka i jelita cienkiego, ale tylko przy zastosowaniu diety HI-50 i HI-75. Stwierdzono, że przy zastosowaniu diety HI-75 i HI-100 następował wzrost koncentracji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w jelicie ślepym ($P \leq 0,01$), głównie propionowego, masłowego, izomasłowego, walerianowego i izowalerianowego

“The effect of full-fat black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in broiler chicken diets on digestive tract development and the intensity of fermentation processes in the caecum”.

Abstract:

The aim of the study was to determine the effect of partial (50% and 75%) and complete (100%) replacement of genetically modified soybean extraction meal (GM-PSS) with full-fat *Hermetia illucens* (HI) insect meal in broiler chicken diets on morphometric indicators of gastrointestinal development and function, as well as on the intensity of fermentation processes in the cecum.

The feeding study was conducted on 384 broiler chickens, Ross 308 males, in four experimental groups: HI-0, HI-50, HI-75, and H-100. The diets used were starter (1-14 days), grower (15-35 days), and finisher (36-42 days). The H-0 diet contained GM-PSS as the sole source of plant protein. In the HI-50, HI-75, and HI-100 diets, the GM-PSS protein was replaced with HI larvae meal protein at 50, 75, and 100%. After slaughter, the gastrointestinal tract (crop, stomach, small intestine, and cecum) and digesta were collected from 10 chickens in each group for analysis to determine indicators of gastrointestinal development and function, as well as the intensity of fermentation processes.

The final body weights of broiler chickens were significantly lower in the HI-50, HI-75, and HI-100% groups than in the HI-0% group, by 10.5%, 17.8%, and 21.9%, respectively. It was found that with increasing the share of HI meal in the chicken diets, the weight of the crop,

gizzard ($P \leq 0.22$), and the weight and length of the small intestine ($P \leq 0.05$) increased. Chickens fed the HI-50 to HI-100 diets had lower pH values in the chyme of the stomach and small intestine, but only with the HI-50 and HI-75 diets. It was found that with the HI-75 and HI-100 diets, the concentration of short-chain fatty acids in the caecum increased ($P \leq 0.01$), mainly propionic, butyric, isobutyric, valeric, and isovaleric acids.

ID: 64410600355

Muhammad Rumman Aslam¹, Bartosz Kierończyk¹, Piotr Szymkowiak¹, Liliana Ciesielska¹, Mateusz Rawski², Damian Józefiak¹

¹Department of Animal Nutrition, Poznań University of Life Sciences, ul. Wołyńska 33, Poznań, 60-637, Poland

²Department of Zoology, Division of Inland Fisheries and Aquaculture, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 71c, Poznań 60-625, Poland

„Zastąpienie powszechnie stosowanych tłuszczów paszowych tłuszczem owadzi: wpływ na wyniki odchovu kurcząt rzeźnych i mikrobiotę jelitową”.

Streszczenie:

W badaniu oceniono wpływ zastąpienia powszechnie stosowanych tłuszczów paszowych tłuszczem z larw *Hermetia illucens* (BSFL) na wyniki odchovu oraz mikrobiotę jelita ślepego kurcząt rzeźnych. Łącznie 800 jednodniowych piskląt Ross 308 losowo przydzielono do ośmiu grup żywieniowych, z których każda zawierała inne źródło tłuszczu: olej sojowy (SO), olej rzepakowy (RO), olej palmowy (PO), destylat kwasów tłuszczowych z nasion palmy oleistej (PKFD), tłuszcz drobiowy (PF), smalec (PL), łój wołowy (BT) oraz tłuszcz BSFL jako grupę referencyjną. Ptaki były żywione *ad libitum* przez 35 dni.

Wyniki wykazały, że dodatek tłuszczu BSFL nie miał istotnego wpływu na przyrost masy ciała ani pobranie paszy. Jednak w grupie BSFL odnotowano istotnie niższy współczynnik wykorzystania paszy niż w grupach PO, PF i BT. Nie zaobserwowano istotnych różnic w masie wybranych narządów, wskaźnikach narządów odpornościowych ani w długości większości odcinków przewodu pokarmowego, z wyjątkiem niższej masy jelita czczego w grupie PKFD niż w BSFL. Analiza mikrobioty jelita ślepego nie wykazała istotnych zmian w kluczowych grupach bakterii między tłuszczem BSFL a innymi grupami. Całkowita liczba mikroorganizmów była wyższa w grupach PF i PL niż w BSFL. Podsumowując, tłuszcz BSFL zapewniał porównywalne wyniki wzrostu i stabilność mikrobiologiczną jelit, wykazując większe podobieństwo do olejów roślinnych niż do tłuszczów zwierzęcych stanowiąc obiecujące, zrównoważone źródło energii w żywieniu kurcząt brojlerów.

Praca została sfinansowana w ramach projektu OPUS-20 pt. „Rola tłuszczu z larw *Hermetia illucens* w żywieniu drobiu – od wartości odżywczej do stanu zdrowia kurcząt brojlerów” (nr 2020/39/B/NZ9/00237), finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

“Replacing common dietary fats with insect fat: Effects on broiler growth performance and the gut microbiota”.

Abstract:

This study evaluated the effects of replacing selected conventional dietary fats with black soldier fly larvae (BSFL) fat on the growth performance and cecal microbiota of broiler chickens. A total of 800 one-day-old Ross 308 chicks were randomly allotted to eight dietary treatments, each containing a different fat source: soybean oil (SO), rapeseed oil (RO), palm oil (PO), palm kernel fatty acid distillate (PKFD), poultry fat (PF), pig lard (PL), beef tallow (BT), and BSFL fat, which were used as a reference group. The birds were fed *ad libitum* over a 35-day trial.

The results showed that BSFL fat inclusion did not significantly affect body weight gain or feed intake. However, the BSFL group presented a significantly improved feed conversion ratio than the PO, PF, and BT groups did. No significant differences were observed in organ weights, immune organ indices, or most gastrointestinal tract segment lengths, except for a lower jejunal weight in the PKFD group than in the BSFL group. Analysis of the cecal microbiota revealed no significant shifts in key bacterial groups between BSFL fat and other dietary treatments. The total microbial counts were greater in the PF and PL groups than in the BSFL group. In conclusion, BSFL fat supported comparable growth performance and gut microbial stability, performing more similarly to plant oils than to animal fats, and thus represents a viable and sustainable alternative lipid source in broiler nutrition.

This work was supported by an OPUS-20 grant titled “The role of *Hermetia illucens* larvae fat in poultry nutrition – from the nutritive value to the health status of broiler chickens” (no. 2020/39/B/NZ9/00237), which was financed by the National Science Center (Poland).

ID: 64410600405

Muhammad Rumman Aslam¹, Piotr Szymkowiak¹, Liliana Ciesielska¹, Mateusz Rawski², Bartosz Kierończyk¹, Damian Józefiak¹

¹Department of Animal Nutrition, Poznań University of Life Sciences, ul. Wołyńska 33, Poznań, 60-637, Poland

²Department of Zoology, Division of Inland Fisheries and Aquaculture, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 71c, Poznań 60-625, Poland

“Modulacja mikrobioty jelita ślepego u kurcząt rzeźnych żywionych dietami z udziałem wybranych tłuszczów paszowych”.

Streszczenie:

Celem pracy było porównanie oddziaływania tłuszczu z larw *Hermetia illucens* (HI) z powszechnie stosowanymi tłuszczami paszowymi w dietach kurcząt rzeźnych na pH treści pokarmowej i mikrobiotę jelita ślepego. Łącznie 800 kurcząt brojlerów Ross 308 (10 powtórzeń po 10 ptaków) żywiono przez 35 dni dietami z jednakowym udziałem wybranych tłuszczów paszowych: HI, olej sojowy (SO), olej rzepakowy (RO), olej palmowy (PO), destylat kwasów tłuszczowych z nasion palmy oleistej (PKFD), tłuszcz drobiowy (PF), smalec (PL) i łój wołowy

(BT). Na końcu doświadczenia pobrano treść z wola, żołądka mięśniowego, jelita czczego i ślepego do dalszych analiz.

W porównaniu z PKFD, PF i BT dieta HI obniżała pH wola i podwyższała pH treści żołądka mięśniowego. Analiza mikrobioty jelita ślepego (16S rRNA) nie wykazała różnic w różnorodności, co wskazuje na podobne bogactwo gatunkowe i równomierność bakterii. Różnorodność ujawniła istotną różnicę jedynie między HI a PKFD, bez wyraźnych różnic względem pozostałych tłuszczów.

Dieta HI, w porównaniu z PKFD, zmniejszała udział *Proteobacteria*, *Enterobacteriaceae* i *Escherichia–Shigella*. Analiza LEfSe wykazała wzrost korzystnych taksonów, takich jak *Rikenellaceae*, *Peptococcaceae*, *Alistipes* oraz grupa *Eubacterium coprostanoligenes*, związanych z produkcją krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych i zdrowiem jelit. Podsumowując, tłuszcz HI modulował pH przewodu pokarmowego i wspierał mikrobiotę jelita ślepego na poziomie porównywalnym z powszechnie stosowanymi tłuszczami, jednocześnie ograniczając liczebność patogenów względem PKFD.

Wyniki potwierdzają potencjał HI jako funkcjonalnego i zrównoważonego źródła energii w żywieniu kurcząt brojlerów. Badanie sfinansowano w ramach OPUS-20 (NCN, Polska; 2020/39/B/NZ9/00237).

“Cecal Microbiota Responses to Insect-Based and Conventional Fat Sources in Broilers”

Abstract:

The effects of dietary *Hermetia illucens* (HI) larvae fat on gut pH and cecal microbiota of broiler chickens were evaluated using next-generation sequencing and compared with common plant and animal fats. A total of 800 Ross 308 broilers (10 replicates of 10 birds) were fed non-isoenergetic diets containing one of eight lipid sources as the sole added fat for 35 days: HI fat, soybean oil (SO), rapeseed oil (RO), palm oil (PO), palm kernel fatty acid distillate (PKFD), poultry fat (PF), pig lard (PL), or beef tallow (BT). At the end of the trial, digesta from the crop, gizzard, jejunum, and ceca were collected for analysis.

Compared with PKFD, PF, and BT, the HI diet significantly lowered crop pH and increased gizzard pH. Cecal microbiota analysis (16S rRNA sequencing) showed no differences in alpha diversity among treatments, indicating similar microbial richness and evenness. Beta diversity analysis revealed a significant compositional difference only between HI and PKFD, while no clear differences were observed between HI and the other fat sources.

Notably, compared with PKFD, the HI diet reduced the relative abundance of *Proteobacteria*, *Enterobacteriaceae*, and *Escherichia–Shigella*. LEfSe analysis showed that HI fat promoted beneficial microbial taxa such as *Rikenellaceae*, *Peptococcaceae*, *Alistipes*, and the *Eubacterium coprostanoligenes* group, associated with short-chain fatty acid production and gut health.

In summary, HI fat modulated gastrointestinal pH and supported a cecal microbiota profile comparable to conventional fats, while selectively suppressing potential pathogens relative to PKFD. These findings support HI fat as a functional and sustainable lipid source in broiler nutrition. The study was funded by OPUS-20 (NCN, Poland; 2020/39/B/NZ9/00237).

ID: 32205300404

Muhammad Rumman Aslam¹, Piotr Szymkowiak¹, Liliana Ciesielska¹, Bartosz Kierończyk¹, Mateusz Rawski², Damian Józefiak¹

¹Department of Animal Nutrition, Poznań University of Life Sciences, ul. Wołyńska 33, Poznań, 60-637, Poland

²Department of Zoology, Division of Inland Fisheries and Aquaculture, Wojska Polskiego 71c, 60-625 Poznań, Poland.

„Odpowiedź immunologiczna i strawność składników pokarmowych u kurcząt rzeźnych żywionych dietami z udziałem tłuszczu z larw *H. illucens* i powszechnie stosowanymi tłuszczami paszowymi”.

Streszczenie:

Badanie oceniało oddziaływanie wybranych tłuszczów paszowych stosowanych w dietach kurcząt rzeźnych na odpowiedź immunologiczną i fizjologiczną oraz strawność składników pokarmowych. W 35-dniowym doświadczeniu 800 jednodniowych kogutków Ross 308 losowo przydzielono do ośmiu grup żywieniowych, z których każda otrzymywała inne źródło tłuszczu w dietach: tłuszcz z larw *H. illucens* (BSFL; grupa referencyjna), destylat kwasów tłuszczowych z nasion palmy oleistej (PKFD), olej sojowy (SO), tłuszcz drobiowy (PF), olej palmowy (PO), olej rzepakowy (RO), łój wołowy (BT) lub smalec (PL). Wszystkie diety były izoenergetyczne i izobiałkowe.

Wykazano, że diety zawierające PL i BT charakteryzowały się istotnie niższą dostępnością energii (AMEN) niż grupa BSFL w 14. i 28. dniu. Jednak w 35. dniu nie stwierdzono istotnych różnic w współczynnikach strawności składników pokarmowych między grupami.

Analiza surowicy krwi wykazała, że ptaki żywione tłuszczem BSFL miały wyższe stężenia immunoglobuliny A (IgA) niż grupy SO, PO i PL, wyższe IgG niż grupa PO oraz podwyższone poziomy IgY i interleukiny-6 (IL-6) w porównaniu z grupą PL. Ponadto stężenie wolnej trójiodotyroniny (FT3) było istotnie wyższe w grupie BSFL niż we wszystkich pozostałych grupach. Nie stwierdzono różnic w histomorfologii wątroby ani kluczowych wskaźnikach biochemicznych surowicy krwi.

Podsumowując, tłuszcz BSFL poprawiał wybrane parametry odpornościowe i endokrynne bez pogorszenia wykorzystania składników pokarmowych ani odpowiedzi fizjologicznej, co potwierdza jego potencjał jako zrównoważonego źródła energii w żywieniu drobiu.

Badanie sfinansowano ze środków projektu OPUS-20 Narodowego Centrum Nauki (Polska; 2020/39/B/NZ9/00237).

“Immunophysiological and nutrient digestibility responses of broilers to diets containing black soldier fly larvae fat and common dietary fats”.

Abstract:

This study evaluated the immunological and physiological effects, as well as nutrient digestibility, of feeding broiler chickens a diet containing fat from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*, BSFL) compared with conventional plant oils and animal fats. In a 35-day

experiment, 800 one-day-old male Ross 308 broilers were randomly allocated to eight dietary groups, each receiving a different fat source: BSFL fat (reference), palm kernel fatty acid distillate (PKFD), soybean oil (SO), poultry fat (PF), palm oil (PO), rapeseed oil (RO), beef tallow (BT), or pig lard (PL). All diets were isoenergetic and isonitrogenous.

Nutritional analysis showed that diets containing PL and BT had significantly lower apparent metabolizable energy corrected for nitrogen balance (AMEN) than the BSFL group on days 14 and 28. However, by day 35, no significant differences were observed in nutrient digestibility coefficients across treatments.

Serum analysis revealed that birds fed BSFL fat had higher immunoglobulin A (IgA) levels compared with SO, PO, and PL groups, higher immunoglobulin G (IgG) than the PO group, and increased immunoglobulin Y (IgY) and interleukin-6 (IL-6) compared with the PL group. Additionally, serum free triiodothyronine (FT3) levels were significantly higher in the BSFL group than in all other dietary treatments. Liver histomorphology and key serum biochemical markers showed no variation among groups.

Overall, BSFL fat enhanced selected immune and endocrine parameters without impairing nutrient utilization or physiological stability, supporting its use as a sustainable lipid source in poultry nutrition.

The study was supported by the OPUS-20 grant from the National Science Center (Poland; 2020/39/B/NZ9/00237).

ID: 32205300724

Justyna Błażejak, Emilia Ziarek

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

Wpływ białka owadziego na smakowitość i wartość żywieniową diety kota domowego (*Felis catus*),

Streszczenie:

Żywnienie kota domowego (*Felis catus*) odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu zdrowia i dobrostanu zwierząt. W związku ze wzrastającą liczbą alergii i nietolerancji pokarmowych poszukuje się alternatywnych źródeł białka stosowanych w żywieniu zwierząt towarzyszących. Białko owadzie uznawane jest za wartościowe źródło aminokwasów, składników mineralnych oraz witamin z grupy B. Celem pracy był przegląd literatury dotyczącej zastosowania białka owadziego w żywieniu kotów, ze szczególnym uwzględnieniem smakowitości karm, strawności składników pokarmowych oraz wartości odżywczej diet. Analizowane badania wskazują, że koty dobrze akceptują diety zawierające białko owadzie, a w części doświadczeń obserwowano wyższe pobranie karmy w porównaniu z dietami opartymi na białku drobiowym. Diety z udziałem białka owadziego zapewniały odpowiedni poziom aminokwasów egzogennych oraz prawidłowe stężenie tauryny. U kociąt odnotowano korzystniejsze tempo wzrostu oraz lepszą ocenę jakości kału.

Uzyskane wyniki wskazują, że białko owadzie może stanowić wartościowy komponent diet przeznaczonych dla kotów domowych.

Słowa kluczowe: białko owadzie, kot domowy, smakowitość, żywienie, tauryna

“Impact of Insect Protein on the Palatability and Nutritional Value of Domestic Cat (*Felis catus*) Diets”

Abstract:

Nutrition plays a crucial role in maintaining the health and welfare of domestic cats (*Felis catus*). Due to the increasing prevalence of food allergies and intolerances, alternative protein sources for companion animal nutrition are being intensively explored. Insect protein is considered a valuable source of amino acids, minerals, and B-group vitamins. The aim of this study was to review the available literature on the use of insect protein in feline nutrition, with particular emphasis on feed palatability, nutrient digestibility, and the nutritional value of diets containing insect-derived protein.

The analyzed studies indicate that cats readily accept diets containing insect protein, and some experiments demonstrated higher feed intake compared to poultry-based diets. Diets containing insect protein provided adequate levels of essential amino acids and maintained proper taurine concentrations. In kittens, improved growth performance and better fecal quality scores were observed.

The obtained results suggest that insect protein may serve as a valuable dietary component in nutrition for domestic cats.

Funded by the Minister of Science under the Regional Initiative of Excellence Program.



Inactivation of foodborne pathogens in cricket powder (*Acheta domesticus*) using combined blue light irradiation and mild heat treatment

Magdalena Olszewska¹, Aleksandra Zimińska¹
Izabela Lipska¹, Anna Draszanowska²

¹Department of Food Microbiology, Meat Technology and Chemistry

²Department of Human Nutrition

The Faculty of Food Science

University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

Introduction

Insects are increasingly being cultivated for use in human nutrition, raising important concerns regarding microbial safety. The microbial contamination of insect matrices requires effective decontamination strategies. As traditional thermal sterilization may negatively impact insect quality, alternative decontamination methods need to be developed and evaluated.

Purpose

This study investigates the effectiveness of a combined blue light (BL) and mild heating (MH) treatment as an innovative method for inactivating foodborne pathogens, specifically *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes*, in house cricket powder (*Acheta domesticus*).

Methods

- Pathogens' viability was measured through the plate count method.
- Moisture was determined by the AOAC method.
- Color was determined through instrumental analysis using the CIE L*a*b* system.
- Lipid peroxidation was assessed with the thiobarbituric acid (TBA) assay.

Results

- The results demonstrated that BL reduced *E. coli* and *L. monocytogenes* by 0.48 and 0.29 log CFU/g, respectively, while MH resulted in reductions of 0.77 and 0.46 log CFU/g.
- The combined BL-MH treatment reduced each pathogen by 2.74 and 1.19 log CFU/g, suggesting a pronounced synergistic effect against the Gram-negative bacterium.
- The moisture content significantly decreased ($P < 0.05$) in the order of BL, MH, and BL-MH due to sample drying during treatments.
- Although the BL significantly ($P < 0.05$) altered the CIE color values of cricket powder, the overall color difference (ΔE) did not exceed 2.73 for the combined treatment, a level not perceptible to the human eye.
- While BL influenced oxidative status, malondialdehyde (MDA) levels did not differ significantly ($P > 0.05$) between non-treated, heat-treated, and combination-treated samples.

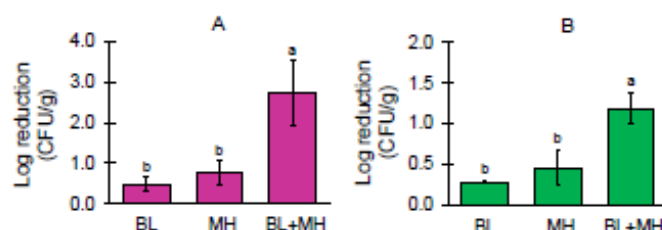


Figure 1. Reduction levels of *Escherichia coli* (A) and *Listeria monocytogenes* (B) in cricket powder following blue light (BL) irradiation from 410-460 nm (65 mW/cm²) and mild heating (MH) at 60 °C for 10 min. *E. coli* (ATCC 25922, ATCC 8793, ATCC 23848). *L. monocytogenes* (ATCC 19115, ATCC 15313, and 18).

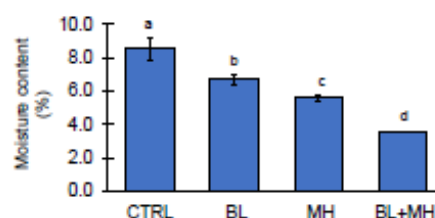


Figure 2. Moisture content in cricket powder following each treatment, including blue light (BL), mild heating (MH), and a combination of the two (BL+MH).

Table 1. Color and malondialdehyde (MDA) measurements in cricket powder.

Treatment	L*	C*	h°	ΔE	MDA (μg/g)
CTRL	52.09 ± 1.59 a	19.42 ± 0.71 a	77.52 ± 0.31 a		1.45 ± 0.09 b
BL	51.13 ± 1.36 b	18.23 ± 0.57 b	75.77 ± 0.67 b	2.23 ± 0.99	1.82 ± 0.13 a
MH	50.76 ± 0.87 b	19.75 ± 0.71 a	77.27 ± 0.67 a	1.74 ± 1.49	1.56 ± 0.11 b
BL+MH	50.02 ± 1.12 c	18.50 ± 0.60 b	75.79 ± 0.63 b	2.73 ± 1.23	1.54 ± 0.09 b

All data presented in this study are mean values ± SD.
a, b, c, d – different letters are statistically different at $P < 0.05$.

Significance

In conclusion, the combined BL-MH approach shows promise for effectively decontaminating insect matrices, particularly from *E. coli*.

This research was funded in whole by the National Science Centre, Poland [Grant number 2022/45/B/NZ9/00299 (OPUS-23)].



Figure 3. A color model in which red, green, and blue are added to reproduce the colors of the cricket powder following each treatment.

Integrated chemical, microbiome, and histological insights into deoxynivalenol and zearalenone fate in *Tenebrio molitor* larvae

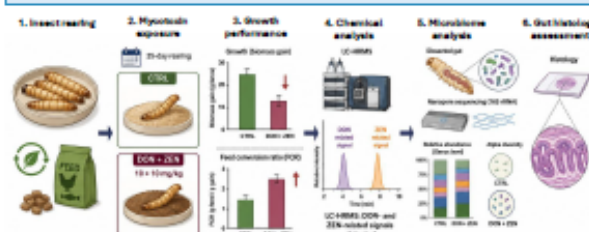
Mikołaj BITTNER¹, Kazimierz OBREMSKI², Ilaria Di MARCO PISCOTTANO³, Marta Magdalena SOPEL³, Sławomir CIESIELSKI¹, Paweł BRZUZAN¹, Maciej WOŹNY¹

¹Department of Environmental Biotechnology, Institute of Environmental Engineering and Protection, Faculty of Geoengineering, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

²Department of Veterinary Prevention and Feed Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

³Wageningen Food Safety Research, Wageningen University & Research, The Netherlands

The study aimed to assess how dietary exposure to deoxynivalenol and zearalenone affects growth performance, mycotoxin occurrence, gut microbiome structure, and digestive tract condition in *Tenebrio molitor* larvae.



Methods:

Tenebrio molitor larvae were reared for 35 days at 28°C and 70% relative humidity on control or mycotoxin-contaminated broiler feed, with carrot as a water source. Each tray initially contained 500 g of larvae. The experimental feed contained DON and ZEN at a nominal concentration of 10 mg/kg feed. Growth performance was assessed using biomass gain and feed conversion ratio (FCR). Larval extracts were analyzed by LC-HRMS/MS after simplified QuEChERS-based extraction. The screening targeted DON, ZEN and selected metabolites. Due to matrix effects, chemical results were interpreted qualitatively. Gut-associated microbial DNA was extracted and analyzed by full-length 16S rRNA sequencing using Oxford Nanopore Technologies. Reads were processed with the ONT wr-16s workflow. Rarefied abundance tables were used to compare bacterial composition at the phylum and genus levels. Alpha diversity was assessed using Shannon, Pielou and Berger-Parker Indices. Genus-level differences were evaluated with Mann-Whitney U tests and FDR correction. For histological assessment, digestive tract sections, including the midgut region, were prepared, stained with hematoxylin and eosin, and evaluated qualitatively for major tissue-level alterations.

Results:

- DON and ZEN exposure reduced larval biomass gain from 915.7 g in CTRL to 784.0 g in MTX, corresponding to an approximately 14.7% decrease.
- FCR increased from 3.22 in CTRL to 3.79 in MTX, suggesting that exposed larvae required more feed input to produce comparable biomass.
- LC-based analyses detected DON- and ZEN-related chromatographic signals in larval extracts from both control and experimental feed groups; however, these data should be interpreted qualitatively rather than quantitatively due to matrix effect.
- Available histological sections showed preserved gut architecture and did not indicate obvious major tissue disruption.
- Microbiome sequencing showed that DON and ZEN exposure did not strongly alter broad phylum-level composition, which remained dominated by Proteobacteria and Firmicutes.
- The main microbiome response occurred at genus level: *Tenebrionibacter* decreased from 57.5% in CTRL to 33.8% in MTX.
- MTX larvae showed higher Shannon diversity and Pielou evenness, together with lower Berger-Parker dominance, indicating a less dominated and more even bacterial community.
- Several taxa, including *Intestinibacter*, *Citrobacter*, *Mitsu* and other *Enterobacteriaceae*-related genera, were enriched in MTX larvae and may represent candidate microbial responders to DON and ZEN exposure.

Group	Tray	Initial larval biomass (g)	Final larval biomass (g)	Biomass gain (g)	Dry feed supplied (g)	Carrot supplied (g)	FCR (feed + carrot / biomass gain)
CTRL	1	500	1412	912	2450	500	3.23
CTRL	2	500	1487	987	2450	500	2.99
CTRL	3	500	1367	867	2450	500	3.44
CTRL mean	-	500	1415.7	915.7	2450	500	3.22
MTX	6	500	1366	866	2450	500	3.41
MTX	7	500	1275	775	2450	500	3.81
MTX	8	500	1211	711	2450	500	4.15
MTX mean	-	500	1284.0	784.0	2450	500	3.79

Fig. 1. Growth performance and feed conversion efficiency of *Tenebrio molitor* larvae reared on control and mycotoxin-contaminated feed. Abbreviations: CTRL, control feed; MTX, DON+ZEN-contaminated feed; FCR, feed conversion ratio calculated as (dry feed + carrot supplied) / biomass gain.



Fig. 2. Qualitative LC-HRMS detection of DON- and ZEN-related signals in larval and frass extracts.

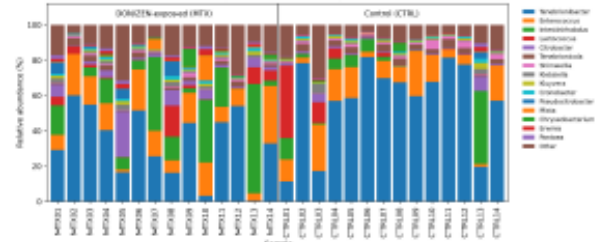


Fig. 3. Genus-level relative abundance profiles of gut bacterial communities in CTRL and MTX larvae.

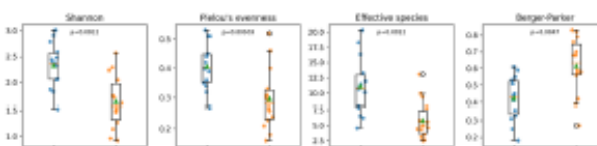


Fig. 4. Alpha-diversity metrics of the gut microbiome.

Conclusions:

- Exposure to DON and ZEN impaired larval performance, reducing biomass gain and increasing FCR, which suggests lower feed conversion efficiency under mycotoxin stress.
- LC-HRMS/LC-MS analyses confirmed the presence of DON/ZEN-related signals in larval extracts, but the current chemical dataset should be interpreted qualitatively because of matrix-related limitations.
- Histological assessment did not indicate obvious major disruption of gut tissue architecture; therefore, tissue-level effects appear less pronounced than microbiome-level changes in the current dataset.
- Oxford Nanopore 16S sequencing revealed that the strongest biological response was genus-level microbiome restructuring rather than a broad phylum-level shift.
- DON and ZEN exposure reduced the dominance of *Tenebrionibacter* and increased microbial evenness, with enrichment of several *Enterobacteriaceae*-related candidate responder taxa.

Overall, these results suggest that DON and ZEN-contaminated feed affects both production performance and gut microbial ecology in *T. molitor* larvae. The microbiome data provide the strongest mechanistic signal and support the hypothesis that gut bacteria may participate in adaptation to mycotoxin-contaminated substrates. Future work should integrate targeted metabolite confirmation, bacterial isolation and functional assays to test whether the identified taxa directly contribute to DON/ZEN transformation.

Słona przekąska wzbogacona proszkiem ze świerszcza (*Acheta domestica*): wpływ na skład chemiczny, właściwości fizykochemiczne i sensoryczne

Anna Draszanowska^{1*}, Marta Czarnowska-Kujawska², Magdalena A. Olszewska³

¹ Katedra Żywności Człowieka, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Słoneczna 45 f, 10-718 Olsztyn, Polska

² Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Heweliusza 5, 10-726 Olsztyn, Polska

³ Katedra Mikrobiologii Żywności, Technologii i Chemii Mięsa, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Plac Cieszyński 1, 10-726 Olsztyn, Polska

*anna.draszanowska@uwm.edu.pl

Współczesny konsument poszukuje słonych przekąsek o prostym składzie i lepszym profilu żywieniowym, wyróżniających się oryginalnym smakiem i mających zrównoważony wpływ na środowisko.

Celem badań było określenie wpływu zastosowania proszku ze świerszcza domowego (*Acheta domestica*; AD) na skład chemiczny, właściwości fizykochemiczne i jakość sensoryczną paluszków chlebowych typu grissini. W badaniu przeanalizowano paluszki chlebowe o następującej zawartości tego składnika: 7% (AD7), 14% (AD14) i 21% (AD21).



Rysunek 1. Wygląd paluszków chlebowych z różnym udziałem proszku ze świerszcza.

Wyniki wykazały, że zastosowanie proszku ze świerszcza miało istotny wpływ na skład oraz właściwości fizykochemiczne i sensoryczne paluszków chlebowych. Największy, 21% dodatek pozwolił uzyskać nawet 2-krotny wzrost białka, 2,5-krotny wzrost tłuszczu i 27% wzrost błonnika. Zaobserwowano istotny ($p < 0,05$) wzrost całkowitej zawartości polifenoli (2,5-krotnie) i 3-krotne zwiększenie aktywności antyoksydacyjnej.

Tabela 1. Skład chemiczny i właściwości antyoksydacyjne paluszków chlebowych wzbogaconych proszkiem ze świerszcza.

	Kontrolna	AD7	AD14	AD21
Skład chemiczny (%)				
Białko	10,70±0,16 ^a	14,58±0,40 ^b	18,28±0,39 ^b	21,17±0,70 ^b
Tłuszcz	2,18±0,03 ^a	2,48±0,06 ^b	4,26±0,03 ^b	5,30±0,03 ^b
Błonnik	10,22±0,33 ^a	10,69±0,52 ^a	11,94±0,60 ^a	12,96±0,65 ^a
Właściwości antyoksydacyjne				
TPC (mg/100 g GAE)	37,94±6,55 ^a	59,21±2,90 ^b	81,87±10,29 ^b	93,31±6,74 ^b
DPPH (μmol/100 g TE)	255,56±13,96 ^a	477,09±12,80 ^b	727,25±22,02 ^b	856,98±32,90 ^b

Skłoty: AD – *Acheta domestica*; AD7, AD14, AD21 – próbki paluszków chlebowych przygotowane z 7%, 14% i 21% proszku ze świerszcza. Wartości wyrażono jako średnie (n = 3) ± odchylenie standardowe. Wartości średnie oznaczone różnymi literami (a, b, c) w wierszu różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$).

Dodatek AD istotnie ($p < 0,05$) zwiększył zawartość wszystkich oznaczanych mikro i makroelementów, a w szczególności 5-krotnie cynku i 2-krotnie fosforu. Dodatek AD spowodował znaczące pociemnienie produktu (L^* ; ΔE^* , BI^*) o wyższym udziale czerwieni (a^*) i niższym żółci (b^*). Wyższe stężenia AD miały istotny ($p < 0,05$) wpływ na zmniejszenie twardości z jednoczesną utratą chrupkości badanej przekąski.

Tabela 2. Skład mineralny paluszków chlebowych wzbogaconych proszkiem ze świerszcza.

	Kontrolna	AD7	AD14	AD21
Składniki mineralne (mg/100 g)				
Mikroelementy				
Cu	0,22±0,01 ^a	0,36±0,02 ^b	0,55±0,03 ^b	0,75±0,01 ^b
Mn	0,37±0,03 ^a	0,55±0,03 ^b	0,74±0,03 ^b	0,97±0,01 ^b
Fe	1,07±0,03 ^a	1,34±0,02 ^b	1,79±0,02 ^b	2,17±0,03 ^b
Zn	1,04±0,03 ^a	2,43±0,03 ^b	4,01±0,04 ^b	5,20±0,07 ^b
Makroelementy				
Mg	20,64±0,58 ^a	22,71±1,09 ^b	27,24±0,09 ^b	30,92±0,24 ^b
Ca	26,18±0,52 ^a	30,84±0,20 ^b	41,80±0,97 ^b	47,73±0,72 ^b
Na	746,49±2,83 ^a	643,26±3,01 ^a	705,05±4,25 ^a	832,36±2,79 ^a
K	198,49±0,28 ^a	235,09±4,26 ^b	287,47±3,55 ^b	328,29±6,62 ^b
P	106,14±3,44 ^a	144,86±4,23 ^b	207,93±1,19 ^b	242,56±1,04 ^b

Skłoty: AD – *Acheta domestica*; AD7, AD14, AD21 – próbki paluszków chlebowych przygotowane z 7%, 14% i 21% proszku ze świerszcza. Wartości wyrażono jako średnie (n = 3) ± odchylenie standardowe. Wartości średnie oznaczone różnymi literami (a, b, c) w wierszu różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$).

Tabela 3. Właściwości fizyczne paluszków chlebowych wzbogaconych proszkiem ze świerszcza.

	Kontrolna	AD7	AD14	AD21
Parametry barwy				
L^*	71,33±0,90 ^a	60,91±0,50 ^b	55,76±0,50 ^b	49,66±0,59 ^b
a^*	3,46±0,63 ^a	4,80±0,17 ^b	5,95±0,17 ^b	6,41±0,19 ^b
b^*	32,36±1,19 ^a	28,29±0,48 ^b	25,61±0,19 ^b	23,67±0,26 ^b
BI	61,51±3,87 ^a	65,65±1,40 ^b	66,90±0,99 ^b	71,63±1,74 ^b
ΔE^*	-	11,37±0,90 ^a	17,20±0,78 ^b	23,57±1,04 ^b
Parametry tekstury				
Twardość (N)	193,71±16,27 ^a	133,05±18,04 ^b	92,66±11,46 ^b	87,46±13,16 ^b

Skłoty: AD – *Acheta domestica*; AD7, AD14, AD21 – próbki paluszków chlebowych przygotowane z 7%, 14% i 21% proszku ze świerszcza. Wartości wyrażono jako średnie (n = 12) ± odchylenie standardowe. Wartości średnie oznaczone różnymi literami (a, b, c) w wierszu różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$).

Grissini z najniższą zawartością proszku owadziego (AD7) otrzymały najwyższe noty za wszystkie badane wyróżniki jakości sensorycznej. Ponadto, paluszki z najwyższym (21%) udziałem AD uzyskały wystarczająco wysokie oceny (>8 na 9) aby uznać je za atrakcyjne sensorycznie.

Tabela 4. Analiza akceptacji konsumentów paluszków chlebowych wzbogaconych proszkiem ze świerszcza: wyniki testu hedonistycznego.

Próba	Wygląd	Aromat	Smak	Tekstura	Ogólna akceptowalność
Kontrolna	7,96±0,81 ^a	7,64±1,05 ^a	7,66±1,00 ^a	7,04±1,01 ^a	7,60±0,73 ^a
AD7	8,10±1,39 ^a	8,08±0,80 ^a	8,10±0,68 ^a	7,96±0,73 ^b	7,92±0,75 ^b
AD14	7,70±0,89 ^a	7,60±0,86 ^a	7,00±0,93 ^a	6,96±1,09 ^a	7,14±0,99 ^a
AD21	6,88±1,19 ^a	6,92±1,31 ^a	6,00±1,95 ^a	6,36±1,41 ^a	6,38±1,40 ^a

Skłoty: AD – *Acheta domestica*; AD7, AD14, AD21 – próbki paluszków chlebowych przygotowane z 7%, 14% i 21% proszku ze świerszcza. Wartości wyrażono jako średnie (n = 50) ± odchylenie standardowe. Wartości średnie oznaczone różnymi literami (a, b, c) w kolumnie różnią się istotnie statystycznie ($p < 0,05$).

Wyniki niniejszego badania pokazują, że owady jadalne są atrakcyjnym dodatkiem, który w przyszłości może poszerzyć asortyment słonych przekąsek dostępnych na rynku, zwiększając ich korzyści odżywcze.

WPŁYW UDZIAŁU PEŁNOTŁUSTEJ MĄCZKI Z LARW MUCHY CZARNEJ (*Hermetia illucens* L.) W DIETACH KURCZĄT BROJLERÓW NA ROZWÓJ PRZEWODU POKARMOWEGO I NATĘŻENIE PROCESÓW FERMENTACYJNYCH W JELICIE ŚLĘPYM

Wiesław Sobotka^{1*}, Daria Murawska², Zofia Antoszkiewicz¹, Joanna Kaliniewicz¹,
Tadeusz Bakula³

¹ Katedra Żywienia Zwierząt, Paszoznawstwa i Hodowli Bydła, ² Katedra Dobrostanu i Doświadczalnictwa, ³ Katedra Prewencji Weterynaryjnej i Higieny Pasz
Uniwersytet Warmiński - Mazurski w Olsztynie
*wieslaw.sobotka@uwm.edu.pl

SŁOWA KLUCZOWE:

brojery kurce, mączka z larw *Hermetia illucens*, poekstrakcyjna śruta sojowa, wskaźniki rozwoju i funkcjonowania przewodu pokarmowego

WSTĘP

W poszukiwaniu nowych, alternatywnych źródeł białka paszowego zmierzających do poprawy jego ujemnego bilansu w żywieniu drobiu oraz ograniczenia importu genetycznie modyfikowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej, coraz większą uwagę zwraca się na przetworzone białko pochodzące z larw owadów. Celem badań było określenie wpływu częściowego (50 i 75%) i całkowitego (100%) zastąpienia genetycznie modyfikowanej poekstrakcyjnej śruty sojowej pełnotłustą mączką owadzi *Hermetia illucens* w mieszaninach paszowych na wskaźniki morfometryczne rozwoju i funkcjonowania przewodu pokarmowego kurcząt brojlerów oraz na natężenie procesów fermentacyjnych w jelicie ślepym.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie żywieniowe przeprowadzono na kurczętach rzeźnych, kogutkach rasy Ross 308 hodowanych od 1 do 42 dnia odchowu. Wykonano je w 4 grupach doświadczalnych (HI-0, HI-50, HI-75 i HI-100), po 8 powtórzeń, w każdym po 12 ptaków. W żywieniu kurcząt brojlerów zastosowano pełnoporcjową dietę starter (1-14 d), grower (15-35 d) i finisher (36-42 d). Dieta kontrolna HI-0 zawierała w swoim składzie genetycznie modyfikowaną poekstrakcyjną śrutę sojową (BM-SBM), jako jedyne źródło białka roślinnego. W dietach eksperymentalnych (HI-50, HI-75, HI-100) białko BM-SBM zostało częściowo i całkowicie zastąpione białkiem mączki z larw HI w układzie 50-75 i 100%. Po uboju, w 42 dniu odchowu kurcząt, od 10 sztuk z każdej grupy doświadczalnej pobrano przewód pokarmowy (wołę, żołądek, jelito cienkie i ślepe) oraz treść pokarmową do określenia wskaźników rozwoju i funkcjonowania przewodu pokarmowego (tab. 1) i natężenia procesów fermentacyjnych w jelicie ślepym kurcząt brojlerów (tab. 2).

WYNIKI

Końcowe masy ciała kurcząt brojlerów były istotnie niższe w grupach HI-50, HI-75 i HI-100 niż w grupie HI-0, odpowiednio o: 10,5; 17,8 i 21,9%. Stwierdzono, że wraz ze zwiększeniem udziału mączki HI w dietach kurcząt (tab. 1) nastąpiło zwiększenie masy woła, żołądka mięśniowego (P<0,02) i masy jelita cienkiego oraz jego długości (P<0,05). Kurczaki żywione dietami od HI-50 do HI-100 miały niższe wartości pH treści pokarmowej żołądka i jelita cienkiego, ale tylko przy zastosowaniu diety HI-50 i HI-75. Stwierdzono, że przy zastosowaniu diety HI-75 i HI-100 następował wzrost koncentracji krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w jelicie ślepym (P<0,01), głównie propionowego, masłowego, izomasłowego, walerianowego i izowalerianowego (tab. 2).

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki badań wskazują, że substitucja białka soi na poziomie 50% przetworzonym białkiem z larw HI nie wpływa istotnie na wskaźniki morfometryczne rozwoju i funkcjonowania przewodu pokarmowego kurcząt brojlerów oraz na natężenie procesów fermentacyjnych w jelicie ślepym. Zwiększenie zastąpienia białka soi do 75 i 100% białkiem larw HI wpłynęło statystycznie istotnie na zmiany w rozwoju i funkcjonowaniu przewodu pokarmowego kurcząt brojlerów i na natężenie procesów fermentacyjnych w jelicie ślepym.

Badanie przeprowadzono w ramach Strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” GOSPOSTRATEB I/385141/16/NCBR/2018.

Tabela 1. Parametry rozwoju przewodu pokarmowego kurcząt brojlerów

Wyszczególnienie	Grupy doświadczalne ¹					
	HI-0	HI-50	HI-75	HI-100	SEM	p-value
Wole:						
- masa bez treści, g/kg m.c	3,95	5,11	4,89	4,39	0,212	0,221
- pH treści	3,63	3,90	4,62	4,64	0,196	0,166
Żołądek gruczołowy:						
- masa bez treści, g/kg m.c	3,04 ^a	3,36 ^{ab}	3,95 ^b	3,65 ^b	0,126	0,050
- pH treści	4,42 ^a	3,97 ^{ab}	3,70 ^b	3,83 ^b	0,092	0,026
Żołądek mięśniowy:						
- masa bez treści, g/kg m.c	8,70	8,28	9,44	9,43	0,289	0,416
- pH treści	4,20 ^a	3,76 ^{ab}	3,61 ^b	3,82 ^{ab}	0,090	0,050
Jelito cienkie:						
- długość jelita, cm/kg m.c	67,23 ^A	75,90 ^{AB}	81,07 ^{AB}	85,32 ^{BC}	1,357	0,000
- masa bez treści, g/kg m.c	17,98 ^A	18,39 ^A	20,56 ^A	23,48 ^B	0,553	0,000
- pH treści	5,98 ^A	5,61 ^B	5,94 ^A	6,22 ^A	0,058	0,001
Jelito ślepe:						
- długość jelita, cm/kg m.c	16,08 ^A	15,60 ^A	14,86 ^{AB}	17,15 ^{AB}	0,269	0,017
- masa bez treści, g/kg m.c	2,62	2,32	1,87	2,60	0,129	0,143
- pH treści	6,33	6,35	6,30	6,28	0,349	0,973

¹ udział mączki owadziej *Hermetia illucens*: HI0-0%, HI50-50%, HI75-75%, HI100-100%; ² SEM- błąd standardowy średniej ³ a, b - P ≤ 0,05; A, B - P ≤ 0,01

Tabela 2. Koncentracja krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (μmol/g) w jelicie ślepym kurcząt brojlerów

Wyszczególnienie	Grupy doświadczalne ¹					
	HI-0	HI-50	HI-75	HI-100	SEM	p-value
C2- kwas octowy	107,21	112,89	104,38	105,52	2,729	0,712
C3 – kwas propionowy	12,70 ^A	11,23 ^{AB}	19,44 ^B	16,69 ^{AB}	0,956	0,005
C4i – kwas izomasłowy	1,67 ^A	1,85 ^A	2,86 ^B	2,98 ^B	0,146	0,000
C4 – kwas masłowy	31,22	31,49	30,14	36,50	1,621	0,530
C5i – kwas izowalerianowy	2,52 ^A	3,06 ^A	4,90 ^B	5,06 ^B	0,280	0,000
C5 – kwas walerianowy	4,08	4,23	4,96	4,95	0,182	0,174

¹ patrz tabela 1



Profil kwasów tłuszczowych mięsa pstrągów tęczowych (*Oncorhynchus mykiss*) żywionych paszą z udziałem mączki z owadów

Janusz F. Pomianowski¹, Renata Pietrzak-Fiečko², Elżbieta Terech-Majewska³, Joanna Pajdak-Czaus⁴, Mariusz Szmyt⁵, Dawid Brzostek²

1. Katedra Mikrobiologii żywności, Technologii i Chemii Mięsa, Wydział Nauki o Żywności, UWM w Olsztynie
2. Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Wydział Nauki o Żywności, UWM w Olsztynie
3. Katedra Chorób Zakaźnych i Inwazyjnych oraz Administracji Weterynaryjnej, Instytut Medycyny Weterynaryjnej, Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych, UMK w Toruniu
4. Katedra Epizootologii, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, UWM w Olsztynie
5. Katedra Ichtiologii i Akwakultury, Wydział Bioinżynierii Zwierząt, UWM w Olsztynie



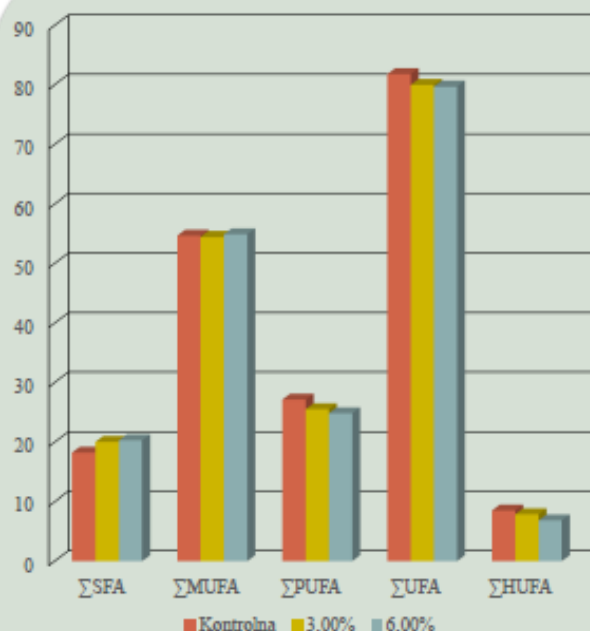
CEL BADAŃ

Ocena udziału w paszy mączki z owadów na profil kwasów tłuszczowych mięsa pstrągów tęczowych.

MATERIAŁ BADAŃ

Materiałem badań były ryby o masie ciała 400–700 g, z trzech grup doświadczalnych: I otrzymywała standardową paszę, II i III grupa paszę z 3% i 6% udziału nieodtłuszczonej mączki z larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*). W tłuszczu uzyskanym z mięsa ryb metodą Folcha po metylacji metodą Peiskera, określono profil kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej. Wyniki opracowano statystycznie jednoczynnikową analizą wariancji i testem Duncana, używając program Statistica 13.

Wykres Kwasy tłuszczowe mięsa pstrągów tęczowych (wartości średnie)



PODSUMOWANIE

We wszystkich grupach pstrągów stwierdzono kwasy tłuszczowe o długości łańcucha węglowego od C12 do C22. Profil kwasów tłuszczowych ryb cechowało niewielkie zróżnicowanie. Najwięcej kwasów nasyconych było w grupie III (20,31%), najmniej zaś w I (18,21%), różnice nie były istotne statystycznie ($p \leq 0,05$). Ilość kwasów polienowych była najmniejsza w grupie III (24,82%). W pozostałych grupach kwasów tej grupy było więcej: 25,52% (grupa II) oraz 27,15% (grupa I). Różnice również nie były istotne statystycznie ($p \leq 0,05$). Ilość kwasów monoenoowych wahała się od 54,44% (grupa II) do 54,87% (grupa III). Nie wykazano tu także zróżnicowania istotnego statystycznie ($p \leq 0,05$). Dominujący udział kwasów nienasyconych w badanych rybach wynikał z obecności kwasu oleinowego. Jego ilości wahały się od 45,52% (grupy: I, II) do 45,78% (grupa III). Dodatkowo stwierdzono, że badane ryby cechuje korzystny żywieniowo stosunek kwasów tłuszczowych nienasyconych do nasyconych (4:1) i mogą być rekomendowane w diecie.

Immunophysiological and nutrient digestibility responses of broilers to Black soldier fly larvae fat and common dietary fats

Muhammad Rumman Aslam¹, Piotr Szymkowiak¹, Zofia Klinger¹, Liliana Ciesielska¹, Bartosz Kieronićzyk¹, Mateusz Rawski², Damian Józefiak¹



POZNAŃ
UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES

¹ Department of Animal Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science,

Poznań University of Life Sciences, Wołyńska 33, Poznań 60-637, Poland

² Laboratory of Inland Fisheries and Aquaculture, Department of Zoology, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 71c, Poznań 60-625, Poland



THE AIM

This study evaluated the immunological and physiological effects and nutrient digestibility of feeding broiler chickens a diet containing fat from black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*; BSFL) fat in comparison with conventional plant oils and animal fats.



MATERIALS & METHODS

- 35-day experiment;
- 800 male chicks (Ross 308);
- 8 experimental treatments:
 - 10 replicates;
 - 10 birds per replicate;
- Diets: isoprotein and isoenergetic;
- Parameters measured: nutritional assessment, nutrient digestibility coefficients, serum biochemistry, liver histomorphology.

Dietary fat sources used in the experimental diets

Black soldier fly larva fat	BSFL
Soybean oil	SO
Rapeseed oil	RO
Palm oil	PO
Palm kernel fat distillers	PKFD
Poultry fat	PF
Pig lard	PL
Beef tallow	BT

Table 1. Composition (%) of the experimental diets.

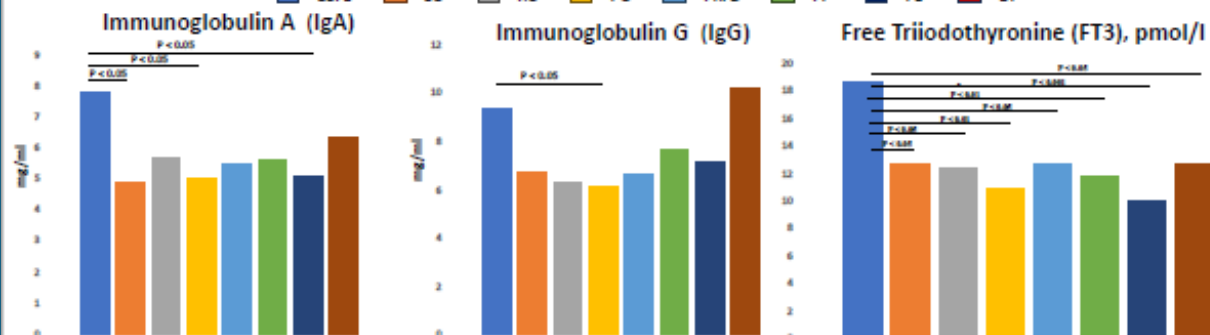
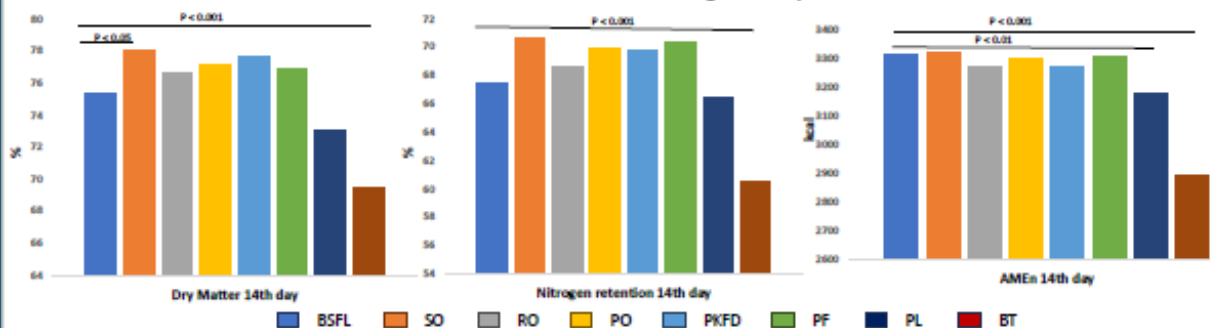
Components (%)	BSFL	SO	RO	PO	PKFD	PF	PL	BT
Com	60.92	60.92	60.92	60.92	60.92	60.92	60.92	60.92
Soybean meal 46.0%	28.58	28.58	28.58	28.58	28.58	28.58	28.58	28.58
Dietary fat	9.13	9.13	9.13	9.13	9.13	9.13	9.13	9.13
Vitamin premix	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Dicalcium phosphate	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Urea	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Salt (NaCl)	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
Sodium Sulfate	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112
L-LYSINE	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
L-METHIONINE	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
L-THREONINE	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
L-VALINE	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Crude Protein	18.92	18.92	18.92	18.92	18.92	18.92	18.92	18.92
Crude Fat	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88	7.88
Crude Fiber	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68	2.68
Calcium Ca	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Urea	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Methionine-Cysteine	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
AMEn	9288	9288	9288	9288	9288	9288	9288	9288



RESULTS

By day 35, no significant differences were observed in the nutrient digestibility coefficients. Liver histomorphology and key serum biochemistry markers remained significantly unaffected across groups relative to BSFL.

Coefficients of nutrient digestibility



CONCLUSION

Dietary inclusion of BSFL fat can enhance specific immune and endocrine parameters in broilers compared with several conventional fat sources, suggesting functional advantages that extend beyond basic nutrition. The observed nutrient digestibility and immunophysiological improvements support the potential of BSFL fat as a bioactive and sustainable lipid ingredient in poultry feed.

Scan to read the full article



This work was supported by an OPUS-20 grant titled "The role of *Hermetia illucens* larvae fat in poultry nutrition—from the nutritive value to the health status of broiler chickens" (no. 2020/39/B/N29/00237)—which was financed by the National Science Center (Poland).

Cecal Microbiota Responses to Insect-Based and Conventional Fat Sources in Broilers

Muhammad Rumman Aslam¹, Piotr Szymkowiak¹, Liliana Ciesielska¹, Zofia Klinger¹, Bartosz Kierończyk¹, Mateusz Rawski², Damian Józefiak¹



POZNAŃ
UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES

¹Department of Animal Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznan University of Life Sciences, Wolynska 33, Poznan 60-637, Poland

²Laboratory of Inland Fisheries and Aquaculture, Department of Zoology, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 71c, Poznań 60-625, Poland

 **THE AIM**

The aim of this study was to evaluate the effects of dietary Black soldier fly larvae fat on gut pH and cecal microbiota in broiler chickens, compared with conventional plant and animal fats using next-generation sequencing.

MATERIAL & METHODS

- 800 male chicks (Ross 308) were used in eight experimental treatments, with ten replicates per treatment and ten birds per replicate.
- Diets were non-isoenergetic.
- Digesta from the crop, gizzard, jejunum, and ceca were collected for pH analysis.
- Cecal samples were analyzed using next generation sequencing.

Dietary fat type	Abbreviation	Starter, %	Grower, %
Black soldier fly larva fat	BSFL	3.5	5
Soybean oil	SO	3.5	5
Rapeseed oil	RO	3.5	5
Palm oil	PO	3.5	5
Palm kernel fat distillers	PKFD	3.5	5
Poultry fat	PF	3.5	5
Pig lard	PL	3.5	5
Beef tallow	BT	3.5	5

- Depending on data distribution, one-way ANOVA followed by Dunnett's test or the Kruskal-Wallis test followed by Dunn's post hoc test with Benjamini-Hochberg correction was applied ($P < 0.05$).
- Alpha diversity indices (Shannon, Simpson, richness, and evenness) were calculated, while beta diversity was assessed using Bray-Curtis dissimilarity and evaluated by PERMANOVA, with results visualized using NMDS. Differentially abundant taxa were identified using LEfSe with an LDA score threshold of 2.0.

RESULTS

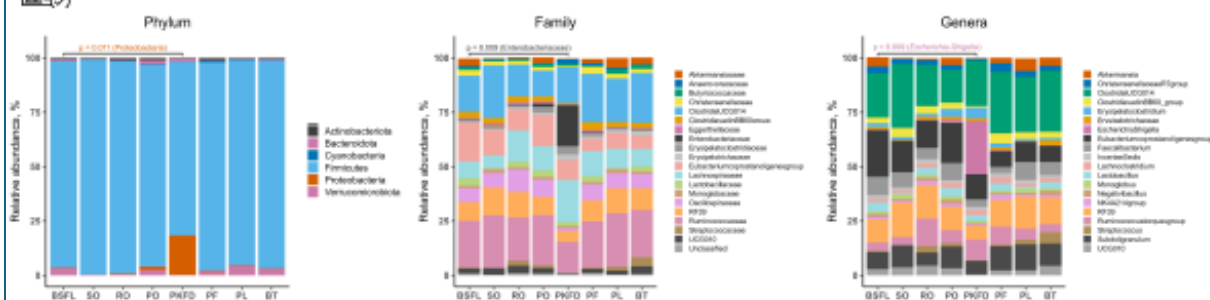


Figure 1. Distribution of fecal bacterial abundance at different taxonomic levels (phylum, family, and genus) among various fat types, including the top 20 families and genera. BSFL = basal diet with 100% black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval fat; plant oils (SO = basal diet with 100% soybean oil; RO = basal diet with 100% rapeseed oil; PO = basal diet with 100% palm oil; PKFO = basal diet with 100% palm kernel fat distillate); animal fats (PF = basal diet with 100% poultry fat; PI = basal diet with 100% pig lard; BT = basal diet with 100% beef tallow).

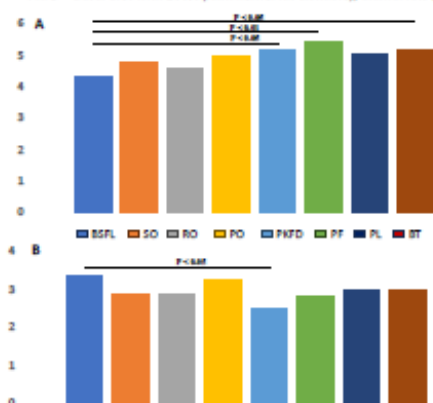


Figure 2. Gastrointestinal tract pH for broiler chickens fed different dietary fats. [A] Crop; [B] Gizzard; [C] SI; [D] SI+I; [E] SI+II; [F] SI+III; [G] SI+IV; [H] SI+V; [I] SI+VI; [J] SI+VII; [K] SI+VIII; [L] SI+IX; [M] SI+X; [N] SI+XI; [O] SI+XII; [P] SI+XIII; [Q] SI+XIV; [R] SI+XV; [S] SI+XVI; [T] SI+XVII; [U] SI+XVIII; [V] SI+XIX; [W] SI+XX; [X] SI+XXI; [Y] SI+XXII; [Z] SI+XXIII; [AA] SI+XXIV; [AB] SI+XXV; [AC] SI+XXVI; [AD] SI+XXVII; [AE] SI+XXVIII; [AF] SI+XXIX; [AG] SI+XXX; [AH] SI+XXXI; [AI] SI+XXXII; [AJ] SI+XXXIII; [AK] SI+XXXIV; [AL] SI+XXXV; [AM] SI+XXXVI; [AN] SI+XXXVII; [AO] SI+XXXVIII; [AP] SI+XXXIX; [AQ] SI+XXXX; [AR] SI+XXXXI; [AS] SI+XXXXII; [AT] SI+XXXXIII; [AU] SI+XXXXIV; [AV] SI+XXXXV; [AW] SI+XXXXVI; [AX] SI+XXXXVII; [AY] SI+XXXXVIII; [AZ] SI+XXXXIX; [BA] SI+XXXXX; [BB] SI+XXXXXI; [BC] SI+XXXXXII; [BD] SI+XXXXXIII; [BE] SI+XXXXXIV; [BF] SI+XXXXXV; [BG] SI+XXXXXVI; [BH] SI+XXXXXVII; [BI] SI+XXXXXVIII; [BJ] SI+XXXXXIX; [BK] SI+XXXXXX; [BL] SI+XXXXXXI; [BM] SI+XXXXXXII; [BN] SI+XXXXXXIII; [BO] SI+XXXXXXIV; [BP] SI+XXXXXXV; [BQ] SI+XXXXXXVI; [BR] SI+XXXXXXVII; [BS] SI+XXXXXXVIII; [BT] SI+XXXXXXIX; [BU] SI+XXXXXXX; [BV] SI+XXXXXXXI; [BW] SI+XXXXXXXII; [BX] SI+XXXXXXXIII; [BY] SI+XXXXXXXIV; [BZ] SI+XXXXXXXV; [CA] SI+XXXXXXXVI; [CB] SI+XXXXXXXVII; [CC] SI+XXXXXXXVIII; [CD] SI+XXXXXXXIX; [CE] SI+XXXXXXX; [CF] SI+XXXXXXXI; [CG] SI+XXXXXXXII; [CH] SI+XXXXXXXIII; [CI] SI+XXXXXXXIV; [CJ] SI+XXXXXXXV; [CK] SI+XXXXXXXVI; [CL] SI+XXXXXXXVII; [CM] SI+XXXXXXXVIII; [CN] SI+XXXXXXXIX; [CO] SI+XXXXXXX; [CP] SI+XXXXXXXI; [CQ] SI+XXXXXXXII; [CR] SI+XXXXXXXIII; [CS] SI+XXXXXXXIV; [CT] SI+XXXXXXXV; [CU] SI+XXXXXXXVI; [CV] SI+XXXXXXXVII; [CW] SI+XXXXXXXVIII; [CX] SI+XXXXXXXIX; [CY] SI+XXXXXXX; [CZ] SI+XXXXXXXI; [DA] SI+XXXXXXXII; [DB] SI+XXXXXXXIII; [DC] SI+XXXXXXXIV; [DD] SI+XXXXXXXV; [DE] SI+XXXXXXXVI; [DF] SI+XXXXXXXVII; [DG] SI+XXXXXXXVIII; [DH] SI+XXXXXXXIX; [DI] SI+XXXXXXX; [DJ] SI+XXXXXXXI; [DK] SI+XXXXXXXII; [DL] SI+XXXXXXXIII; [DM] SI+XXXXXXXIV; [DN] SI+XXXXXXXV; [DO] SI+XXXXXXXVI; [DP] SI+XXXXXXXVII; [DQ] SI+XXXXXXXVIII; [DR] SI+XXXXXXXIX; [DS] SI+XXXXXXX; [DT] SI+XXXXXXXI; [DU] SI+XXXXXXXII; [DV] SI+XXXXXXXIII; [DW] SI+XXXXXXXIV; [DX] SI+XXXXXXXV; [DY] SI+XXXXXXXVI; [DZ] SI+XXXXXXXVII; [EA] SI+XXXXXXXVIII; [EB] SI+XXXXXXXIX; [EC] SI+XXXXXXX; [ED] SI+XXXXXXXI; [EE] SI+XXXXXXXII; [EF] SI+XXXXXXXIII; [EG] SI+XXXXXXXIV; [EH] SI+XXXXXXXV; [EI] SI+XXXXXXXVI; [EJ] SI+XXXXXXXVII; [EK] SI+XXXXXXXVIII; [EL] SI+XXXXXXXIX; [EM] SI+XXXXXXX; [EN] SI+XXXXXXXI; [EO] SI+XXXXXXXII; [EP] SI+XXXXXXXIII; [EQ] SI+XXXXXXXIV; [ER] SI+XXXXXXXV; [ES] SI+XXXXXXXVI; [ET] SI+XXXXXXXVII; [EU] SI+XXXXXXXVIII; [EV] SI+XXXXXXXIX; [EW] SI+XXXXXXX; [EX] SI+XXXXXXXI; [EY] SI+XXXXXXXII; [EZ] SI+XXXXXXXIII; [FA] SI+XXXXXXXIV; [FB] SI+XXXXXXXV; [FC] SI+XXXXXXXVI; [FD] SI+XXXXXXXVII; [FE] SI+XXXXXXXVIII; [FF] SI+XXXXXXXIX; [FG] SI+XXXXXXX; [FH] SI+XXXXXXXI; [FI] SI+XXXXXXXII; [FJ] SI+XXXXXXXIII; [FK] SI+XXXXXXXIV; [FL] SI+XXXXXXXV; [FM] SI+XXXXXXXVI; [FN] SI+XXXXXXXVII; [FO] SI+XXXXXXXVIII; [FP] SI+XXXXXXXIX; [FQ] SI+XXXXXXX; [FR] SI+XXXXXXXI; [FS] SI+XXXXXXXII; [FT] SI+XXXXXXXIII; [FU] SI+XXXXXXXIV; [FV] SI+XXXXXXXV; [FW] SI+XXXXXXXVI; [FX] SI+XXXXXXXVII; [FY] SI+XXXXXXXVIII; [FZ] SI+XXXXXXXIX; [GA] SI+XXXXXXX; [GB] SI+XXXXXXXI; [GC] SI+XXXXXXXII; [GD] SI+XXXXXXXIII; [GE] SI+XXXXXXXIV; [GF] SI+XXXXXXXV; [GG] SI+XXXXXXXVI; [GH] SI+XXXXXXXVII; [GI] SI+XXXXXXXVIII; [GJ] SI+XXXXXXXIX; [GK] SI+XXXXXXX; [GL] SI+XXXXXXXI; [GM] SI+XXXXXXXII; [GN] SI+XXXXXXXIII; [GO] SI+XXXXXXXIV; [GP] SI+XXXXXXXV; [GQ] SI+XXXXXXXVI; [GR] SI+XXXXXXXVII; [GS] SI+XXXXXXXVIII; [GT] SI+XXXXXXXIX; [GU] SI+XXXXXXX; [GV] SI+XXXXXXXI; [GW] SI+XXXXXXXII; [GX] SI+XXXXXXXIII; [GY] SI+XXXXXXXIV; [GZ] SI+XXXXXXXV; [HA] SI+XXXXXXXVI; [HB] SI+XXXXXXXVII; [HC] SI+XXXXXXXVIII; [HD] SI+XXXXXXXIX; [HE] SI+XXXXXXX; [HF] SI+XXXXXXXI; [HG] SI+XXXXXXXII; [HH] SI+XXXXXXXIII; [HI] SI+XXXXXXXIV; [HJ] SI+XXXXXXXV; [HK] SI+XXXXXXXVI; [HL] SI+XXXXXXXVII; [HM] SI+XXXXXXXVIII; [HN] SI+XXXXXXXIX; [HO] SI+XXXXXXX; [HP] SI+XXXXXXXI; [HQ] SI+XXXXXXXII; [HR] SI+XXXXXXXIII; [HS] SI+XXXXXXXIV; [HT] SI+XXXXXXXV; [HU] SI+XXXXXXXVI; [HV] SI+XXXXXXXVII; [HW] SI+XXXXXXXVIII; [HX] SI+XXXXXXXIX; [HY] SI+XXXXXXX; [HZ] SI+XXXXXXXI; [IA] SI+XXXXXXXII; [IB] SI+XXXXXXXIII; [IC] SI+XXXXXXXIV; [ID] SI+XXXXXXXV; [IE] SI+XXXXXXXVI; [IF] SI+XXXXXXXVII; [IG] SI+XXXXXXXVIII; [IH] SI+XXXXXXXIX; [II] SI+XXXXXXX; [IJ] SI+XXXXXXXI; [IK] SI+XXXXXXXII; [IL] SI+XXXXXXXIII; [IM] SI+XXXXXXXIV; [IN] SI+XXXXXXXV; [IO] SI+XXXXXXXVI; [IP] SI+XXXXXXXVII; [IQ] SI+XXXXXXXVIII; [IR] SI+XXXXXXXIX; [IS] SI+XXXXXXX; [IT] SI+XXXXXXXI; [IU] SI+XXXXXXXII; [IV] SI+XXXXXXXIII; [IW] SI+XXXXXXXIV; [IX] SI+XXXXXXXV; [IY] SI+XXXXXXXVI; [IZ] SI+XXXXXXXVII; [JA] SI+XXXXXXXVIII; [JB] SI+XXXXXXXIX; [JC] SI+XXXXXXX; [JD] SI+XXXXXXXI; [JE] SI+XXXXXXXII; [JF] SI+XXXXXXXIII; [JG] SI+XXXXXXXIV; [JH] SI+XXXXXXXV; [JI] SI+XXXXXXXVI; [JJ] SI+XXXXXXXVII; [JK] SI+XXXXXXXVIII; [JL] SI+XXXXXXXIX; [JM] SI+XXXXXXX; [JN] SI+XXXXXXXI; [JO] SI+XXXXXXXII; [JP] SI+XXXXXXXIII; [JQ] SI+XXXXXXXIV; [JR] SI+XXXXXXXV; [JS] SI+XXXXXXXVI; [JT] SI+XXXXXXXVII; [JU] SI+XXXXXXXVIII; [JV] SI+XXXXXXXIX; [JW] SI+XXXXXXX; [JX] SI+XXXXXXXI; [JY] SI+XXXXXXXII; [JZ] SI+XXXXXXXIII; [KA] SI+XXXXXXXIV; [KB] SI+XXXXXXXV; [KC] SI+XXXXXXXVI; [KD] SI+XXXXXXXVII; [KE] SI+XXXXXXXVIII; [KF] SI+XXXXXXXIX; [KG] SI+XXXXXXX; [KH] SI+XXXXXXXI; [KI] SI+XXXXXXXII; [KL] SI+XXXXXXXIII; [KM] SI+XXXXXXXIV; [KN] SI+XXXXXXXV; [KO] SI+XXXXXXXVI; [KP] SI+XXXXXXXVII; [KQ] SI+XXXXXXXVIII; [KR] SI+XXXXXXXIX; [KS] SI+XXXXXXX; [KT] SI+XXXXXXXI; [KU] SI+XXXXXXXII; [KV] SI+XXXXXXXIII; [KW] SI+XXXXXXXIV; [KX] SI+XXXXXXXV; [KY] SI+XXXXXXXVI; [KZ] SI+XXXXXXXVII; [LA] SI+XXXXXXXVIII; [LB] SI+XXXXXXXIX; [LC] SI+XXXXXXX; [LD] SI+XXXXXXXI; [LE] SI+XXXXXXXII; [LF] SI+XXXXXXXIII; [LG] SI+XXXXXXXIV; [LH] SI+XXXXXXXV; [LI] SI+XXXXXXXVI; [LJ] SI+XXXXXXXVII; [LK] SI+XXXXXXXVIII; [LL] SI+XXXXXXXIX; [LM] SI+XXXXXXX; [LN] SI+XXXXXXXI; [LO] SI+XXXXXXXII; [LP] SI+XXXXXXXIII; [LQ] SI+XXXXXXXIV; [LR] SI+XXXXXXXV; [LS] SI+XXXXXXXVI; [LT] SI+XXXXXXXVII; [LU] SI+XXXXXXXVIII; [LV] SI+XXXXXXXIX; [LW] SI+XXXXXXX; [LX] SI+XXXXXXXI; [LY] SI+XXXXXXXII; [LZ] SI+XXXXXXXIII; [MA] SI+XXXXXXXIV; [MB] SI+XXXXXXXV; [MC] SI+XXXXXXXVI; [MD] SI+XXXXXXXVII; [ME] SI+XXXXXXXVIII; [MF] SI+XXXXXXXIX; [MG] SI+XXXXXXX; [MH] SI+XXXXXXXI; [MI] SI+XXXXXXXII; [MJ] SI+XXXXXXXIII; [MK] SI+XXXXXXXIV; [ML] SI+XXXXXXXV; [MO] SI+XXXXXXXVI; [MP] SI+XXXXXXXVII; [MQ] SI+XXXXXXXVIII; [MR] SI+XXXXXXXIX; [MS] SI+XXXXXXX; [MT] SI+XXXXXXXI; [MU] SI+XXXXXXXII; [MV] SI+XXXXXXXIII; [MW] SI+XXXXXXXIV; [MX] SI+XXXXXXXV; [MY] SI+XXXXXXXVI; [MZ] SI+XXXXXXXVII; [NA] SI+XXXXXXXVIII; [NB] SI+XXXXXXXIX; [NC] SI+XXXXXXX; [ND] SI+XXXXXXXI; [NE] SI+XXXXXXXII; [NF] SI+XXXXXXXIII; [NG] SI+XXXXXXXIV; [NH] SI+XXXXXXXV; [NI] SI+XXXXXXXVI; [NJ] SI+XXXXXXXVII; [NK] SI+XXXXXXXVIII; [NL] SI+XXXXXXXIX; [NM] SI+XXXXXXX; [NO] SI+XXXXXXXI; [NP] SI+XXXXXXXII; [NQ] SI+XXXXXXXIII; [NR] SI+XXXXXXXIV; [NS] SI+XXXXXXXV; [NT] SI+XXXXXXXVI; [NU] SI+XXXXXXXVII; [NV] SI+XXXXXXXVIII; [NW] SI+XXXXXXXIX; [NX] SI+XXXXXXX; [NY] SI+XXXXXXXI; [NZ] SI+XXXXXXXII; [OA] SI+XXXXXXXIII; [OB] SI+XXXXXXXIV; [OC] SI+XXXXXXXV; [OD] SI+XXXXXXXVI; [OE] SI+XXXXXXXVII; [OF] SI+XXXXXXXVIII; [OG] SI+XXXXXXXIX; [OH] SI+XXXXXXX; [OI] SI+XXXXXXXI; [OJ] SI+XXXXXXXII; [OK] SI+XXXXXXXIII; [OL] SI+XXXXXXXIV; [OM] SI+XXXXXXXV; [ON] SI+XXXXXXXVI; [OO] SI+XXXXXXXVII; [OP] SI+XXXXXXXVIII; [OQ] SI+XXXXXXXIX; [OR] SI+XXXXXXX; [OS] SI+XXXXXXXI; [OT] SI+XXXXXXXII; [OU] SI+XXXXXXXIII; [OV] SI+XXXXXXXIV; [OW] SI+XXXXXXXV; [OX] SI+XXXXXXXVI; [OY] SI+XXXXXXXVII; [OZ] SI+XXXXXXXVIII; [PA] SI+XXXXXXXIX; [PB] SI+XXXXXXX; [PC] SI+XXXXXXXI; [PD] SI+XXXXXXXII; [PE] SI+XXXXXXXIII; [PF] SI+XXXXXXXIV; [PG] SI+XXXXXXXV; [PH] SI+XXXXXXXVI; [PI] SI+XXXXXXXVII; [PJ] SI+XXXXXXXVIII; [PK] SI+XXXXXXXIX; [PL] SI+XXXXXXX; [PM] SI+XXXXXXXI; [PN] SI+XXXXXXXII; [PO] SI+XXXXXXXIII; [PP] SI+XXXXXXXIV; [PQ] SI+XXXXXXXV; [PR] SI+XXXXXXXVI; [PS] SI+XXXXXXXVII; [PT] SI+XXXXXXXVIII; [PU] SI+XXXXXXXIX; [PV] SI+XXXXXXX; [PW] SI+XXXXXXXI; [PX] SI+XXXXXXXII; [PY] SI+XXXXXXXIII; [PZ] SI+XXXXXXXIV; [QA] SI+XXXXXXXV; [QB] SI+XXXXXXXVI; [QC] SI+XXXXXXXVII; [QD] SI+XXXXXXXVIII; [QE] SI+XXXXXXXIX; [QF] SI+XXXXXXX; [QG] SI+XXXXXXXI; [QH] SI+XXXXXXXII; [QI] SI+XXXXXXXIII; [QJ] SI+XXXXXXXIV; [QK] SI+XXXXXXXV; [QL] SI+XXXXXXXVI; [QM] SI+XXXXXXXVII; [QN] SI+XXXXXXXVIII; [QO] SI+XXXXXXXIX; [QP] SI+XXXXXXX; [QQ] SI+XXXXXXXI; [QR] SI+XXXXXXXII; [QS] SI+XXXXXXXIII; [QT] SI+XXXXXXXIV; [QU] SI+XXXXXXXV; [QV] SI+XXXXXXXVI; [QW] SI+XXXX

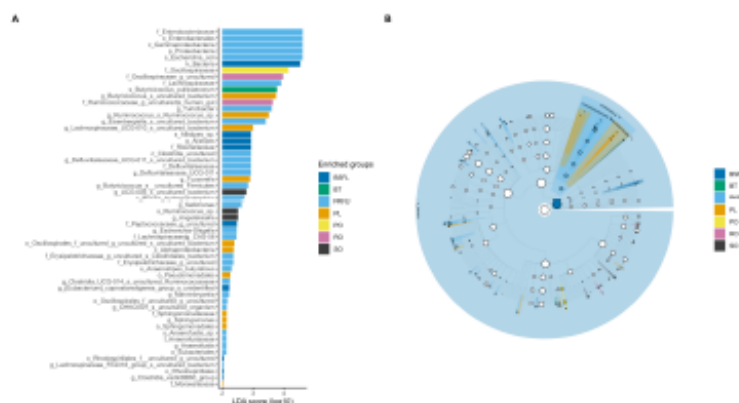


Figure 3. Linear discriminant analysis effect size (LDA) at various taxonomic levels (kingdom (k), phylum (p), class (c), order (o), family (f), genus (g), and species (s)) for broiler chickens fed diets containing fats of plant, animal, and insect origin. (a) bar graph of LDA score for individual fats, representing log10-transformed values for differentially abundant taxa; (b) cladogram illustrating phylogenetic relationships between taxa with significant differences in abundance across different diets. BSFL = basal diet with 100% black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval fat; SO = basal diet with 100% soybean oil; RO = basal diet with 100% rapeseed oil; PO = basal diet with 100% palm oil; PKFD = basal diet with 100% palm kernel fat distillate; PL = basal diet with 100% pig lard; BT = basal diet with 100% beef tallow.

 CONCLUSION

BSFL fat acts as a functional and sustainable dietary lipid that modulates gut environment and microbiota in broilers, with outcomes comparable to conventional fats and improved suppression of potential pathogens relative to PKFD.

This work was supported by an OPUS-20 grant titled "The role of *Hermetia illucens* larvae fat in poultry nutrition—from the nutritive value to the health status

of bicular chalcane² ions. H1H1-6H1/6H2/H12-4H— which were borrowed by the National Science Foundation



Replacing Common Dietary Fats with Insect Fat: Effects on Broiler Growth Performance and Gut Microbiota

Muhammad Rumman Adam¹, Bartosz Kierociński¹, Piotr Szymkowiak¹, Liliana Giesielska¹, Zofia Klinger¹, Mateusz Rawski², Damian Józefiak¹



POZNAŃ
UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES

¹Department of Animal Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznań University of Life Sciences, Wołyńska 33, Poznań 60-637, Poland
²Laboratory of Inland Fisheries and Aquaculture, Department of Zoology, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 71c, Poznań 60-625, Poland



THE AIM

The study aimed to evaluate the effects of substituting conventional dietary fats with black soldier fly larvae (BSFL) fat on growth performance and the cecal microbiota of broiler chickens.



MATERIAL & METHODS

- 800 male chicks (Ross 308) were used in eight experimental treatments, with ten replicates per treatment and ten birds per replicate.
- Diets were isonitrogenous and isoenergetic;
- Selected organs were measured (GIT, heart, pancreas, liver, spleen, thymus, bursa of Fabricius)
- Fluorescence in situ hybridization was used to analyze the cecal microbiota.

Dietary fat source used in the experimental diets	
Black soldier fly larva fat	BSFL
Soybean oil	SO
Rapeseed oil	RO
Palm oil	PO
Palm kernel fat distillers	PKFD
Poultry fat	PF
Pig lard	PL
Beef tallow	BT

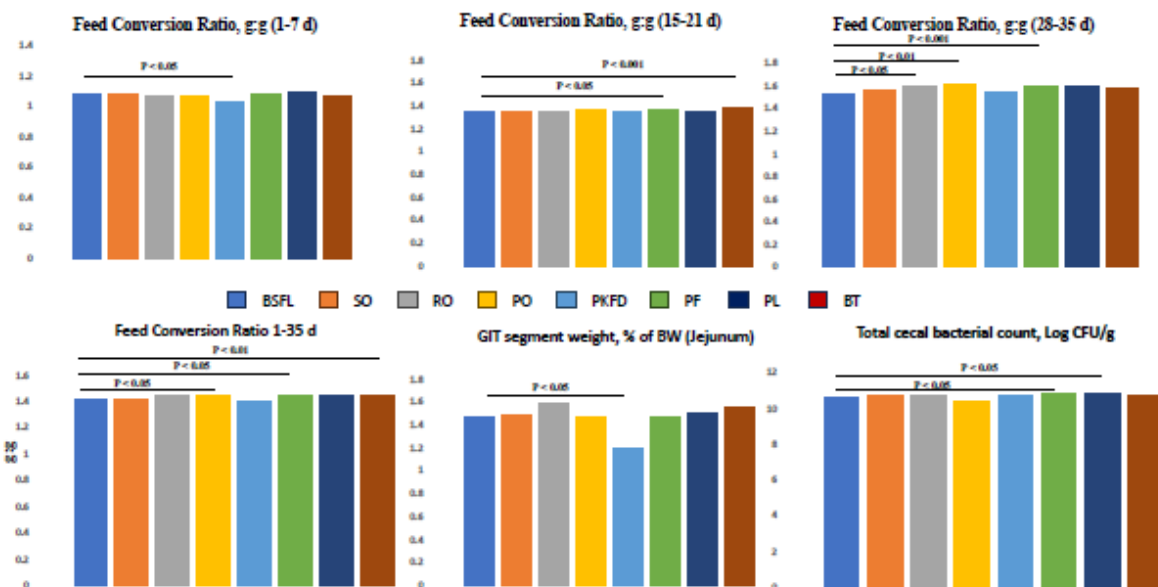
Table 1. Composition (in percentages) of the experimental diets

Components (%)	BSFL	SO	RO	PO	PKFD	PF	PL	BT
Core	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00	92.00
Systemic insecticide	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dietary fat	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Vitamin premix	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Choline phosphate	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cholesterol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Salt (NaCl)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sodium sulfate	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L-LYSINE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L-METHIONINE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L-THREONINE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L-VALINE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Crude Protein	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Crude Fat	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Crude Fiber	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Calcium Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Phosphorus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Antibiotic-free system	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Water	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RStudio was used to conduct the statistical analyses. The effects of BSFL fat administration (as the reference group) compared with selected plant or animal dietary fats were evaluated using one-way ANOVA followed by Dunnett's post hoc test for multiple comparisons against the reference group. For non-normally distributed data, the Kruskal-Wallis test followed by Dunn's test with Benjamini-Hochberg adjustment was applied. Differences were considered significant at $P < 0.05$.



RESULTS



CONCLUSION

This study confirmed that Black Soldier Fly Larva (BSFL) fat supported comparable growth performance and gut microbial stability, performing more similarly to plant oils than to animal fats, and thus represents a viable and sustainable alternative lipid source in broiler nutrition.

Scan to read
this full article



This work was supported by an OPUS-20 grant titled "The role of *Hermetia illucens* larvae fat in poultry nutrition—from the nutritive value to the health status of broiler chickens" (no. 2020/20/B/N01/00237) which was financed by the National Science Center (Poland).

Modeling Metabolizable Energy of Black Soldier Fly Larvae Fat in Broiler Diets

Piotr Szynkowiak¹, Muhammad Runman Aslam¹, Zofia Klinger¹,

Mateusz Rawski², Marcin Hejdysz³, Sebastian Kaczmarek¹, Bartosz Kierociński¹, Damian Józefiak¹

¹ Department of Animal Nutrition, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznań University of Life Sciences, Wołyńska 33, Poznań 60-637, Poland

² Laboratory of Inland Fisheries and Aquaculture, Department of Zoology, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznań University of Life Sciences, Wojska Polskiego 71b, Poznań 60-625, Poland

³ Department of Animal Breeding and Product Quality Assessment, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Poznań University of Life Sciences, Żłotnicka 1, 62-002 Szachy Las, Poland

Aim of study

This study aimed to evaluate the validity of estimated apparent metabolizable Energy (AME) regression models for *Hermetia illucens* (HI) larval fat in broiler chicken diets during various feeding periods. Additionally, it investigated the effects of HI larval fat on selected serum biochemical, immunological, and humoral indices.

Hypothesis

We hypothesized that regression models for *Hermetia illucens* larval fat content could be used in broiler chicken diets without negatively affecting growth performance, liver function, immunity, or thyroid hormones.

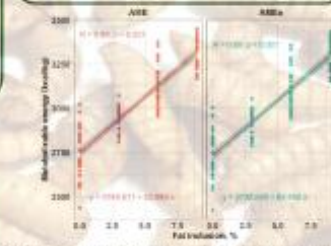
Materials and methods

- *In vivo* Experiment
- 300 seven-day-old Ross 308 chickens
- 2 experimental groups
 - (15 replicates, 10 birds per group)
- *Ad libitum* feeding
- Biological samples were collected post-mortem, including:
 - Crop, jejunal, and cecal digesta
 - Duodenal digesta
 - Blood samples

Table 1. Arrangement of experimental groups.

	SO, MJ/kg	HI, MJ/kg
7-14 days	34.2	37.54
15-28 days	38.4	37.72
29-35 days	37.1	37.7

The AME values for soybean oil were adapted from Ravindran et al. (2016). The AME values for *Hermetia illucens* larval fat were calculated in accordance with Kierociński et al. (2022).



Patterson P.H., et al. The impact of dietary Black Soldier Fly larvae oil and meal on laying hen performance and egg quality. *Poult. Sci.* 100, 101272. Kierociński B., et al. (2022). First report of the apparent metabolizable energy value of black soldier fly larvae fat used in broiler chicken diets. *animal*. 16, 100656.

Table 2. Composition and nutritional value of the experimental diets

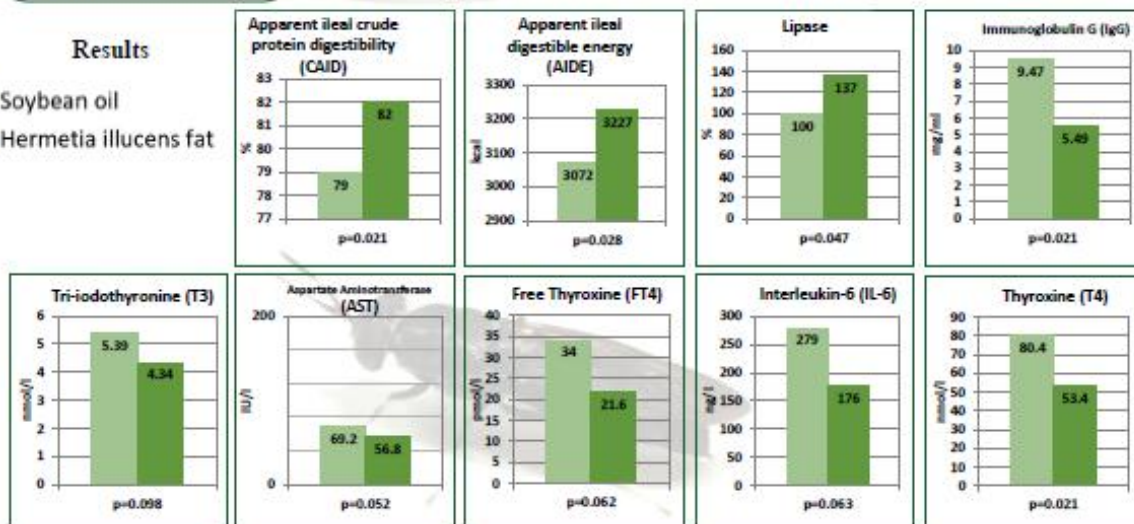
Ingredients, g/kg	Starter, 7-14 days		Grower, 15-28 days		Finisher, 29-35 days	
	SO	HI	SO	HI	SO	HI
Maize	504	500	640	640	638	640
Soybean meal	338	363	285	284	271	270
Soybean oil	30.0	0	28.5	0	46.5	0
<i>Hermetia illucens</i> larvae fat	0.00	30.0	0.00	30.0	0.00	45.2
Monocalcium phosphate	14.6	14.3	12.8	12.9	13.9	13.9
Vitamin-mineral premix	10.0	10.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Ureastone	7.80	7.70	15.10	15.1	12.7	12.7
DL-methionine	3.50	3.50	3.60	3.60	3.00	3.00
DL-histidine	3.30	2.50	3.30	3.40	2.50	2.50
L-valine	2.90	2.40	3.20	3.20	2.50	2.50
Sodium bicarbonate (NaHCO ₃)	2.40	2.40	2.50	2.50	4.00	4.00
Salt (NaCl)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
L-threonine	1.80	1.40	1.70	1.70	1.10	1.10
L-lysine	0.60	0.00	1.40	1.50	0.40	0.40
L-tryptophan	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00
Dietary marker	-	-	-	-	3.00	3.00

Statistical analysis

The normality of the data distribution was assessed using the Shapiro-Wilk test. To evaluate the significance of differences between treatments, either the t-test or Mann-Whitney test was applied, with a significance level set at $P < 0.05$. All analyses were conducted using RStudio. (2024.08.0+353; RStudio, Inc., Boston, MA, USA) and the stats (4.2.2) package.

Results

- Soybean oil
- *Hermetia illucens* fat



Conclusions

In conclusion, the regression models for HI larval fat used in broiler diets proved to be effective. Additionally, insect fat demonstrated superiority over SO in promoting favorable CAID of crude protein and AIDE. Furthermore, HI may contribute to improved liver function and immune status of birds, and affect thyroid hormone metabolism.



This work was supported by an OPUS-20 grant titled "The role of *Hermetia illucens* larvae fat in poultry nutrition – from the nutritive value to the health status of broiler chickens" (no. 2020/39/B/NZ9/00237), which was financed by the National Science Center (Poland).

Wpływ tłuszczu z *Hermetia illucens* na wzrost, strawność i histomorfologię jelit pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*)

Zuzanna Mikołajczak, Damian Józefiak, Sylwia Kaczmarek

HiProMine S.A., Poznańska 12F, 62-023 Robakowo

Poszukiwanie składników paszowych, które są bezpieczne dla bioróżnorodności środowiska, zapewniają stabilny skład i stanowią zrównoważone, krajowe źródło białka i energii, co ma kluczowe znaczenie dla obniżenia kosztów produkcji żywności przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości (Faccenda i in., 2026).

Badania pokazują, że obiecującym rozwiązaniem w tym obszarze jest wykorzystanie owadów, a tłuszcz larw *Hermetia illucens* (HI) może być realną alternatywą dla tradycyjnie stosowanego oleju rybnego. (Dumas et al., 2018; Fawole et al., 20210).



CEL DOŚWIADCZENIA

Badanie miało na celu ocenę wpływu zastąpienia oleju rybnego tłuszczem z larw *Hermetia illucens* na wskaźniki odchowu i parametry fizjologiczne narybku pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*).

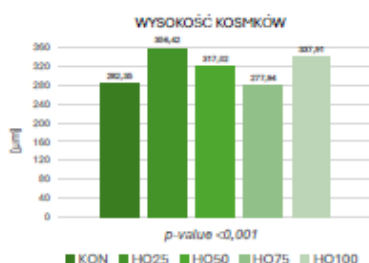
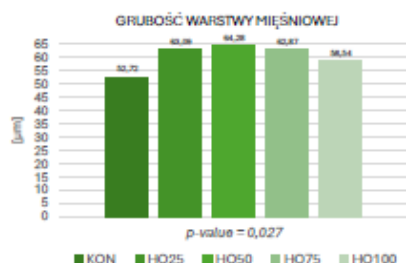
MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie trwało 60 dni, a olej rybny był zastępowany w każdej grupie odpowiednio w:

- KON – 0 %,
- HO25 – 25%,
- HO50 – 50%,
- HO75 – 75%,
- HO100 – 100%

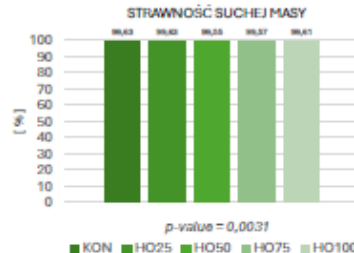
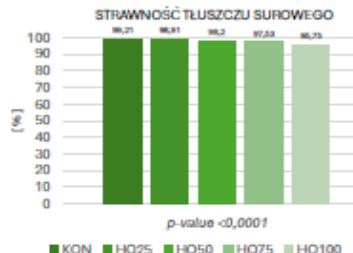
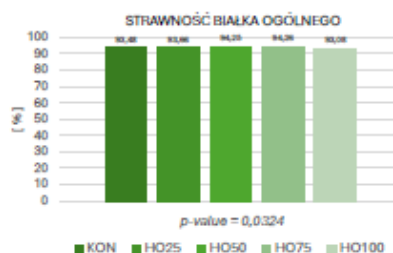
Wskaźniki strawności suchej masy, białka ogólnego i tłuszczu surowego zostały oznaczone metodą wskaźnikową.

WYNIKI



POZOSTAŁE

Wartości BWG i SGR były liczbowo wyższe w grupach eksperymentalnych, natomiast bez różnic statystycznych. Szerokość kosmków, głębokości krypt oraz FCR, również nie były statystycznie istotne.



Tłuszcz HI stanowi pełnowartościową alternatywę dla oleju rybnego, nie pogarszając wskaźników produkcyjnych i stymulując rozwój struktur przewodu pokarmowego.

„Praca została zrealizowana dzięki wsparciu projektu „Opracowanie i weryfikacja w warunkach rzeczywistych innowacyjnych metod uboju, sterylizacji, suszenia i separacji tłuszczu z larw *Hermetia illucens*, jako droga do zmniejszenia kosztów produkcji funkcjonalnych materiałów paszowych o podwyższonych parametrach jakościowych”. Projekt współfinansowany z Funduszy Europejskich przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach działania 1.1 „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.”

Optymalizacja i automatyzacja procesu tuczu przemysłowego larw *Hermetia illucens* z wykorzystaniem wizyjnych systemów pomiarowych

Zuzanna Mikołajczak, Damian Józefiak, Sylwia Kaczmarek

HiProMine S.A., Poznańska 12F, 62-023 Robakowo

Przemysłowa hodowla larw *Hermetia illucens* wymaga precyzyjnego zarządzania nie tylko stadem, ale również procesami technologicznymi w celu osiągnięcia zrównoważonej produkcji wysokiej jakości materiałów paszowych.

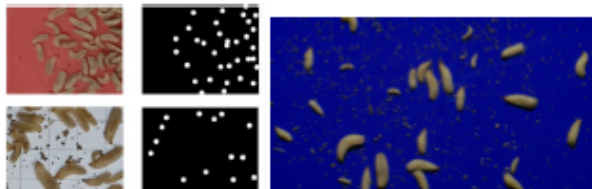
Wyzwanie z jakim mierzy się dzisiejsza branża jest brak rozwiązań pozwalających na dokładne ustalenie obsady larw przed etapem chowu właściwego.

CEL DOŚWIADCZENIA

Celem badań było opracowanie systemu umożliwiającego precyzyjne określenie liczebności i jakości larw przeznaczonych na cele paszowe oraz usprawnienie procesu ich przygotowania do chowu przemysłowego.

MATERIAŁY I METODY

- **Analiza rynku:** Dostępne urządzenia nie zapewniały wymaganej dokładności przy różnej wielkości wyłęgów.
- **Testy kamer liniowych:** Pojedyncza kamera z algorytmem zliczającym i klasyfikującym również zawiódła przez zanieczyszczenia oraz różny rozmiar larw.
- **Rozwiązanie:** Zastosowano przesiewacz dzielący larwy na grupy wielkościowe (co rozwiązało też problem różnej prędkości ich spadku) oraz odsiano zanieczyszczenia.
- **Efekt:** Dla każdej grupy użyto dedykowanej kamery, dzięki czemu algorytm zaczął poprawnie oznaczać i liczyć obiekty.



Zdjęcie 2. Wizualizacja pracy algorytmu.

Zdjęcie 1. Obraz RGB analizowany przez sieci neuronowe.

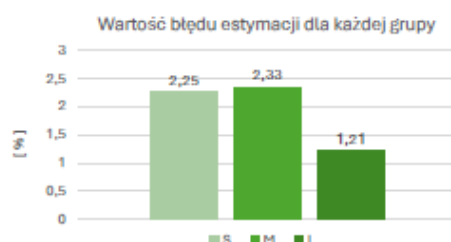
- **Podawanie (3 tory):** Trzy podajniki odpowiednie dla klas wielkości: small (S), medium (M) i large (L) – zwiększenie dokładności doboru obsady.
- **Przetwarzanie:** Zdjęcia RGB w rozmiarze 4000x3000px są kafelkowane do formatu 400x300px (Zdjęcie 1.) dla przyspieszenia analizy.
- **Algorytm:** Sieć segmentacyjna, mapująca owady jako rozmyte koła (Zdjęcie 2.).
- **Zliczanie:** Wynik to całkowita jasność pikseli podzielona przez jasność wzorcowego koła – podejście to jest odporne na drobne błędy sieci.
- **Trening:** Model nauczono na rzeczywistych zdjęciach (tysiące owadów na obraz), na których ręcznie oznaczono pozycje larw.



Zdjęcie 3. Grupy wielkościowe po podziale, gdzie od lewej pokazano grupy: S, M, L, zanieczyszczenia.

W ramach kontynuacji przeprowadzono prace w zakresie opracowania systemu pomiarowego oceniającego ilościowo i wielkościowo biomasa larw wykorzystywanych do analiz po procesie tuczu.

W skład systemu konfekcjonowania włączono przesiewacz klasyfikujący, który dzieli wyłęg na grupy wielkościowe zakładane w projekcie z dokładnością błędów estymacyjnego do 5% (Zdjęcie 3.).



WNIOSKI

- Opracowany system pozwala na zasiedlanie jednostek hodowlanych optymalną obsadą larw przed rozpoczęciem chowu w odpowiedniej grupie technologicznej i dostosowanie klasy wielkości do założonych planów produkcyjnych.
- Algorytm działa precyzyjnie, nie mylić wyłęg i resztek podłoża z larwami dzięki dokładnej obróbce danych treningowych.
- Umożliwia to zwiększenie przeżywalności, poprawę dynamiki przyrostu masy oraz optymalizację współczynnika konwersji paszy kluczowych w odchowie poprawiając efektywność w skali przemysłowej.

Praca została zrealizowana dzięki wsparciu projektu „InSmartFarm – Opracowanie i weryfikacja optymalnych parametrów oraz automatyzacji kluczowych czynności procesu tuczu przemysłowego larw *Hermetia illucens* w celu zwiększenia jego efektywności”. Projekt współfinansowany z Funduszy Europejskich przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w ramach działania 1.1 „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałania 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój.

Patronat honorowy



WOJEWODA
 WARMIŃSKO-MAZURSKI
 Radosław Król



Marszałek
 Województwa Warmińsko-Mazurskiego
 Marcin Kuchciński



PATRONAT HONOROWY
 Prezydent Olsztyna
 Robert Szewczyk

PATRONAT HONOROWY



REKTOR UNIwersYTETU
 WARMIŃSKO-MAZURSKIEGO W OLSZTYNIE
 Jerzy A. Przyborowski



Centrum Doradztwa Rolniczego
 w Brwinowie

Partnerzy



Państwowy Instytut Weterynaryjny
 Państwowy Instytut Badawczego w Puławach



Warmińsko-Mazurska Izba
 Lekarsko - Weterynaryjna



Warmińsko-Mazurski
 Ośrodek Doradztwa Rolniczego
 z siedzibą w Olsztynie



POLSKIE STOWARZYSZENIE
 HODOWCÓW I PRZETWÓRCÓW OWADÓW

Patronat medialny



Obsługa medialna



Łukasz Pączkowski