Lublin, 07 listopada 2022 r.

Dr hab. Robert Stryjecki
Katedra Zoologii i Ekologii Zwierząt
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

O C E N A

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Bordiean

pt. „Wykorzystanie pozostałości biomasowych w hodowli owadów”

Podstawę do sporządzenia niniejszej recenzji stanowi pismo z dnia 03 października 2022 roku wystosowane przez Przewodniczącą Rady Naukowej Dyscypliny *rolnictwo i ogrodnictwo* w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim, prof. dr hab. Agnieszkę Pszczółkowską, informujące o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Bordiean. Recenzja została przygotowana na podstawie otrzymanej wersji drukowanej rozprawy.

1. Wstęp

Problem z niedoborami żywności jest jednym z najważniejszych we współczesnym świecie. Problem ten narasta w zawiązku z szybkim przyrostem populacji ludzkiej. Produkcja żywności w wielu rejonach świata jest niewystarczająca. Równoległym, i bardzo pilnym do rozwiązania problemem, jest właściwe wykorzystanie biomasy powstającej w procesie produkcji żywności. Odpady powstałe na różnych etapach produkcji żywności nie są w pełni wykorzystywane. Z takich odpadów można by odzyskać wiele składników pokarmowych, które są tak potrzebne w świetle kryzysu żywnościowego.

Poszukiwanie alternatywnych źródeł żywności staje się pilną potrzebą, wymuszoną aktualną sytuacją na rynku żywnościowym. Konieczne jest zwiększenie podaży biomasy, która mogłaby być wykorzystywana jako pasza dla zwierząt lub pokarm dla ludzi. Nadzieją na, chociażby częściowe, rozwiązanie problemów żywnościowych jest wykorzystanie owadów. Zagadnienie wykorzystanie owadów jako pokarmu nie jest nowe. Opracowania związane z tym tematem były prezentowane już w połowie XX w., jednak w ostatnich latach rozwijanie badań

przyczyniających się do wykorzystania owadów jako alternatywnego źródła białka wydaje się szczególnie istotne.

Recenzowana rozprawa doktorska dotyczy dwóch zarysowanych wyżej problemów, tj. racjonalnego wykorzystania biomasy powstałej w produkcji żywności oraz wykorzystania owadów jako źródła białka. Poruszana przez Doktorantkę tematyka jest bardzo aktualna w świetle wyzwań przed jakimi stoją producenci żywności.

Wskazane wyżej uwarunkowania w pełni uzasadniają potrzebę podjęcia badań prezentowanych w ocenianej w rozprawie doktorskiej.

2. Informacje o ocenianej rozprawie doktorskiej

2.1. Informacje ogólne

Praca doktorska powstała w ramach Interdyscyplinarnego Programu Doktoranckiego „Biogospodarka", finansowanego przez Unię Europejską w ramach programu Europejskiego Funduszu Społecznego (nr. POWR.03.03.00-00-M141/16). Praca została wykonana w Katedrze Genetyki Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, pod kierunkiem dr. hab. Michała Zenona Krzyżaniaka, prof. UWM, oraz dr. hab. Stanisława Czachorowskiego, prof. UWM, z Katedry Ekologii i Ochrony Środowiska.

Podstawę ocenianej pracy doktorskiej stanowi cykl czterech artykułów opublikowanych w latach 2020-2022. Wszystkie prace zostały opublikowane w czasopismach indeksowanych w JCR. Współczynnik wpływu (Impact Factor) czasopisma Agriculture-Basel, w którym opublikowano trzy z czterech prac, wynosi 3.408 (5-cio letni IF = 3.459), a punktacja wg listy MNiSW wynosi 100 punktów. Drugie czasopismo – Insects, ma przypisany IF = 3.141 (5-cio letni IF = 3.268), a punktacja wg listy MNiSW wynosi także 100 punktów. Sumaryczny IF prezentowanego cyklu prac wynosi 13,365, a sumaryczna liczba punktów za te publikacje wynosi 400, co jest wartością bardzo dobrą.

Ponieważ nie ma potrzeby ponownej oceny poszczególnych publikacji, które już przeszły wnikliwy proces recenzyjny, należy skupić się spójności całego zestawu i ocenie autoreferatu rozprawy doktorskiej.

2.2. Informacje i uwagi o poszczególnych częściach składowych rozprawy

Tytuł rozprawy

Tytuł rozprawy „Wykorzystanie pozostałości biomasowych w hodowli owadów", jest niepełny. W tytule brakuje określenia o jaką biomasę chodzi. W streszczeniu pojawia się termin „biomasa pochodzenie rolniczego". Takie właśnie określenie powinno znaleźć się w tytule

rozprawy. Użycie tego określenie podkreślałoby ponadto ukierunkowanie rozprawy na dyscyplinę naukową w której rozprawa ma się zawierać, czyli dyscyplinę „*rolnictwo i ogrodnictwo*".

Zatem, tytuł rozprawy powinien brzmieć:

„Wykorzystanie pozostałości biomasowych pochodzenie rolniczego w hodowli owadów".

W tytule angielskim znalazł się błąd literowy – w słowie „utilsation" brakuje litery „i" (powinno być „utilisation").

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Przedłożona do recenzji drukowana wersja rozprawy składa się z 41 stron numerowanych oraz stron nienumerowanych.

Struktura numerowanej części pracy jest następująca: streszczenie w języku angielskim, streszczenie w języku polskim, wykaz publikacji składających się na pracę doktorską. Następnie tekst jest podzielony na cztery numerowane rozdziały: 1. Wstęp, 2. Cel badań, 3. Materiał i metody, 4. Wyniki i dyskusja. Po numerowanych rozdziałach znajdują się nienumerowane rozdziały: „Konkluzje", sekcja „Podziękowania", informacja o finansowaniu badań oraz rozdział „Piśmiennictwo".

Do otrzymanej wersji drukowanej rozprawy zostały dołączone cztery publikacje wchodzące w skład cyklu, a także oświadczenia Doktorantki i współautorów o wkładzie procentowym poszczególnych autorów w powstanie poszczególnych publikacji (strony nienumerowane).

Układ rozprawy jest prawidłowy i zawiera wszystkie niezbędne elementy (rozdziały) zazwyczaj stosowane w rozprawach doktorskich.

Streszczenie w języku angielskim i polskim

Streszczenie w sposób syntetyczny informuje czego dotyczy rozprawa. Przedstawia tło problemu uzasadniające potrzebę podjęcia badań, cel badań, oraz najważniejsze wyniki i wnioski.

Uwagi do tekstu:

1. Oczywiście, streszczenie nie może być za długie ale powinno być zrozumiałe samo w sobie w największym możliwym stopniu. W zaprezentowanym streszczeniu zabrakło wyjaśnienia skrótów używanych w tekście: WB, WS, CF, RM. Brak pełnych nazw utrudnia przyswojenie treści.

2. Można znaleźć zdania np. „Wyniki doświadczenia z wykorzystaniem rożnych produktów ubocznych w żywieniu larw mącznika wykazały…" albo „Prowadzonych jest wiele badań

dotyczących wpływu różnych pasz i produktów ubocznych na jakość odżywczą mącznika i jego rozwój". Jakich różnych produktów ubocznych? Należałoby zawsze precyzyjnie określać o jakie produkty chodzi.

3. Zdanie „Mącznik młynarek to chrząszcz z rodziny Coleoptera: Tenebrionidae" powinno brzmieć „Mącznik młynarek to chrząszcz z rodziny Tenebrionidae".

4. Brak konsekwencji w podawaniu wartości parametru „aktywności wody" – czasami (a_w 0,49–0,55), a innym razem tylko (0,06–0,55).

Wstęp

Rozdział zajmuje dwie strony maszynopisu. Jest oparty na dobrze dobranym piśmiennictwie specjalistycznym i w sposób logiczny prowadzi czytelnika do celów badań i dalszych części rozprawy. Niewątpliwie wskazuje również na szeroką znajomość tematyki badawczej.

Uwagi do tekstu:

1. W tekście pojawia się zdanie „W świecie o rosnącej populacji rozwiązaniem może być również entomofagia".

Termin „entomofagia jest użyty niewłaściwie. Entomofagia oznacza, owszem, spożywanie owadów przez ludzi, ale w kontekście kulturowym i biologicznym, a nie jako produkcję i wykorzystanie białka z owadów na skalę przemysłową.

2. Zdanie „Szacuje się, że na świecie entomofagię praktykuje ponad 2 miliardy ludzi [11], w tym ponad 2000 gatunków owadów [12]" powinno brzmieć: „Szacuje się, że na świecie entomofagię praktykuje ponad 2 miliardy ludzi [11], a jako pokarm jest wykorzystywanych ponad 2000 gatunków owadów [12]".

3. Zdanie „Alternatywnie, stosowanie składników (tłuszczu) z owadów jest dopuszczalne w akwakulturze kilku gatunków (świerszcz pospolity, świerszcz pasmowy, świerszcz polny, mącznik pospolity, mącznik pospolity, mucha czarna i mucha pospolita), choć z pewnymi ograniczeniami, z uwzględnieniem przepisów [14]" powinno brzmieć: „Alternatywnie, stosowanie składników (tłuszczu) z kilku gatunków owadów (świerszcz pospolity, świerszcz pasmowy, świerszcz polny, mącznik pospolity, mącznik pospolity, mucha czarna i mucha pospolita), jest dopuszczalne w akwakulturze, choć z pewnymi ograniczeniami, z uwzględnieniem przepisów [14]".

Cel badań

Rozdział obejmuje pięć punktów z odniesieniami do poszczególnych publikacji wykorzystanych w rozprawie doktorskiej. Przedstawione cele są jasne i wynikają z zarysowania

problematyki przedstawionej we wstępie. Szkoda, że w tym rozdziale zabrakło jakieś hipotezy badawczej (lub hipotez).

Materiał i metody

Rozdział jest podzielony na kilka podrozdziałów opisujących zróżnicowaną metodykę, wynikającą z charakteru opracowywanego materiału (praca przeglądowa, praca badawcza).
Metodologia pracy przeglądowej (Publikacja 1) jest jasna i zrozumiała.
Metodologie eksperymentów w zakresie hodowli owadów (Publikacja 2 i 3) oraz eksperymentu z suszeniem owadów (Publikacja 4) są opisane bardzo dokładnie, z wszelkimi szczegółami pozwalającymi zapoznać się z procedurą przeprowadzonych badań.
Uwagi do tekstu:
Na tle dość długiego opisu metodyki (sześć stron maszynopisu wraz z tabelami i rycinami) zaskakuje dość skąpy opis zastosowanych metod (testów) statystycznych (sekcja 3.4. Analizy statystyczne). To tylko 6 wierszy tekstu. Nie ma podanych ważnych informacji: czy dane wyjściowe były testowane pod kątem normalności rozkładów oraz jednorodności wariancji? Czy testy były parametryczne czy nieparametryczne? Zastosowanie testu Tukey'a jako testu post-hoc sugeruje, iż dane miały rozkład normalny i zastosowano testy parametryczne, ale należałoby to wyraźnie zaznaczyć w metodyce.

Wyniki i dyskusja

To najdłuższy rozdział w rozprawie, zajmujący 14 stron (wraz z tabelami i rycinami). Rozdział jest podzielony na cztery podrozdziały, zgodne z tematyką prezentowaną w czterech publikacjach będących podstawą rozprawy doktorskiej.

W podrozdziale „4.1. Badania nad mącznikiem młynarkiem w Europie" Doktorantka prezentuje przegląd publikacji związanych z *Tenebrio molitor* (Publikacja 1). Analizy wykazały, że liczba artykułów związanych z tą tematyką znacząco wzrosła po roku 2015, co wskazuje na zwiększone zainteresowanie tym gatunkiem owada jako źródłem białka.

W podrozdziale 4.2. są przedstawione wyniki badań dotyczących zastosowania różnych produktów powstających w produkcji rolniczej i przemysłowej wykorzystywanych do karmienia larw mącznika i ich wpływu na przyrost masy larw (Publikacja 2). Do opracowania wyników zastosowano dwa wskaźniki: współczynnik konwersji paszy (FCR) oraz efektywność konwersji paszy spożytej (ECI). Przedstawione badania miały charakter wstępny. Eksperyment wykazał, że masa larw mącznika najszybciej wzrastała w przypadku hodowli owadów na otrębach pszennych. Stwierdzono także, że owady mają lepszy współczynnik wykorzystania paszy w porównaniu z innymi (dużymi) zwierzętami hodowlanymi.

Podrozdział 4.3 dotyczy podobnych zagadnień, jednak wyniki opierają się na dłuższym okresie badań i większym materiale badawczym (Publikacja 3). Oceniane były takie parametry jak: przeżywalność larw, okres potrzebny do przepoczwarczenia, masa końcowa larw. Oceniane były także, podobnie jak w poprzednim podrozdziale, wskaźniki FCR i ECI. Głównymi konkluzjami były stwierdzenia że: 1) FCR larw hodowanych na dietach o najwyższej zawartości białka był najniższy w porównaniu z larwami hodowanymi na dietach o mniejszej zawartości białka, 2) nieodpowiednia lub niewystarczająco pożywna dieta jest spożywana przez owady w większej ilości, ale z mniejszą wydajnością.

Podrozdział 4.4. dotyczy wpływu różnych metod suszenia na cechy larw mącznika. Stosowano dwie metody suszenia (suszenie konwekcyjne i liofilizacja), z różnymi modyfikacjami temperatury oraz czasu blanszowania i suszenia. Oceniano następujące parametry: wilgotność, aktywność wody, białko, tłuszcz surowy, włókno surowe i popiół. Stwierdzono statystycznie istotne różnice we wszystkich analizowanych laboratoryjnie parametrach w zależności od wariantu doświadczenia.

Uwagi do tekstu:

Informacje przedstawione w podrozdziale 4.1. stanowią dobre uzasadnienie podjęcia tematu ocenianej rozprawy doktorskiej. Jednocześnie są bardzo dobrym wprowadzeniem do kolejnych podrozdziałów, prezentujących wyniki przeprowadzonych badań.

Podrozdziały 4.2-4.4 stanowiące część badawczą pracy są dobrze opracowane. Uzupełnieniem obszernego tekstu są czytelne tabele i ryciny. Wyniki własne są dyskutowane z dobrze dobraną i aktualną literaturą. Na uwagę zasługuje fakt, iż wyniki uzyskane przez Doktorantkę nie zawsze pokrywają się z wynikami innych autorów, zatem wnoszą nową wiedzę do omawianego zagadnienia.

Wnioski

Rozdział „Wnioski” zajmuje 1,5 strony maszynopisu, jest więc dość obszerny. W rozdziale znajdują się cztery akapity, odpowiadające zagadnieniom poruszanym w czterech publikacjach stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej.

Doktorantka w sposób zwięzły, precyzyjny i bardzo informacyjny przedstawia najważniejsze elementy ujęte w publikacjach i tekście rozprawy. Zwraca zatem uwagę na wzrost zainteresowania mącznikiem młynarkiem, co wynika ze stosunkowo łatwej hodowli tego gatunku owada, ale także zdolności do przetwarzania produktów (pasz) niskoenergetycznych w produkty spożywcze o wysokiej wartości (Publikacja 1).

Głównym wnioskiem z pierwszej pracy badawczej (Publikacja 2) jest stwierdzenie, że najlepszą pożywką dla larw mączników były otręby pszenne – larwy karmione otrębami osiągały największą suchą masę. Najmniej korzystna była pożywka z wykorzystaniem słonecznika wierzbowego. To stwierdzenie wskazuje, że najlepszą pożywką dla mączników, pochodzącą z produkcji rolniczej, jest biomasa powstała w trakcie przetwarzania zbóż.

Badania długoterminowe (Publikacja 3) potwierdziły przydatność wykorzystania otrąb pszennych w hodowli larw mącznika – na tej diecie larwy uzyskiwały najwyższą końcową świeżą i suchą masę. Badania długoterminowe wykazały również, że pożywka ze słonecznika wierzbowego nie była wystarczająca pod względem odżywczym i skutkowała długim okresem stadium larwalnego, niską świeżą i suchą masą larw, a także powolnym przyrostem masy larw.

Głównym wnioskiem z badań nad sposobami obróbki larw mącznika (Publikacja 4) było stwierdzenie, że blanszowanie hamuje procesy enzymatyczne, które prowadzą do brązowienia, co sprawia, że larwy mają jaśniejszy kolor, a takie właśnie larwy są wybierane przez konsumentów.

Piśmiennictwo

Spis literatury obejmuje 47 pozycji. Wszystkie pozycje to prace anglojęzyczne. Prace cytowane w rozprawie to artykuły opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych. Na uwagę zasługuje fakt, że w wykorzystanym piśmiennictwie przeważają najnowsze publikacje – prace z lat 2017-2022. Literatura jest dobrze dobrana, ściśle związana z tematyką rozprawy. Dobór prac świadczy o szerokim rozeznaniu Doktorantki w prezentowanej tematyce.

2.3. Pozostałe informacje i uwagi o ocenianej rozprawie doktorskiej

Podstawą ocenianej rozprawy doktorskiej są cztery publikacje. Trzy prace zostały opublikowane w piśmie Agriculture-Basel, a czwarta – w piśmie Insects. Według załącznika do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych z dnia 1 grudnia 2021 r., oba tytuły czasopism przyporządkowane są m.in. do dyscypliny naukowej *rolnictwo i ogrodnictwo*. Niezależnie od profilu wymienionych czasopism, w mojej własnej ocenie treść rozprawy doktorskiej kwalifikuje Panią mgr inż. Annę Bordiean do ubiegania się o stopień doktora nauk rolniczych w zakresie dyscypliny naukowej *rolnictwo i ogrodnictwo*.

Tematyka rozprawy doktorskiej jest przedstawiona w sposób kompleksowy i wielowątkowy. Wyniki badań własnych i dobrze poprowadzona dyskusja z wykorzystaniem najnowszej literatury świadczy o dużej ogólnej wiedzy teoretycznej Doktorantki w zakresie

dyscypliny naukowej *rolnictwo i ogrodnictwo* oraz kompetencjach do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki stanowią rozwiązanie problem naukowego dotyczącego wykorzystania rolno-przemysłowych produktów ubocznych w żywieniu mącznika młynarka. Badania przedstawione w rozprawie doktorskiej nie tylko wnoszą wkład w wiedzę na temat wykorzystania odpadów pochodzenia rolniczego w hodowli owadów, ale mają także charakter aplikacyjny. Przykładem praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań może być opracowanie technologii przetwarzania larw mącznika w taki sposób, aby zawierały one najwięcej składników pokarmowych oraz były atrakcyjne dla konsumenta. Zatem, przedstawioną rozprawę można uznać także za oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej.

3. Ocena indywidualnego wkładu kandydata w powstanie rozprawy doktorskiej

Wszystkie prace będące podstawą ocenianej rozprawy doktorskiej zostały zrealizowane w zespołach kilku autorów. W trzech publikacjach Doktorantka jest pierwszym autorem, w tym w jednej z tych prac – także autorem korespondencyjnym. W czwartej pracy doktorantka jest trzecim autorem (na czworo autorów).

Według informacji zamieszczonych w artykułach w sekcjach „Author Contributions", a także deklaracji złożonych przez samą Panią mgr inż. Annę Bordiean, Doktorantka była odpowiedzialna lub współodpowiedzialna za następujące elementy cząstkowe składające się na efekt finalny w postaci publikacji:

Praca nr 1: metodologia, przeprowadzenie badań, opracowanie danych, przygotowanie manuskryptu, jego edycja i korekta, przygotowanie rycin (udział całkowity w przygotowaniu publikacji 55%).

Praca nr 2: opracowanie danych, analizy, przeprowadzenie badań, przygotowanie rycin, przygotowanie manuskryptu, jego edycja i korekta, (udział całkowity w przygotowaniu publikacji 70%).

Praca nr 3: koncepcja pracy, metodologia, walidacja, analizy, przeprowadzenie badań, przygotowanie manuskryptu, jego edycja i korekta, (udział całkowity w przygotowaniu publikacji 70%).

Praca nr 4: opracowanie danych, analizy, przeprowadzenie badań, przygotowanie manuskryptu i jego edycja (udział całkowity w przygotowaniu publikacji 30%).

Na podstawie powyższego zestawienia należy stwierdzić, że udział Doktorantki w przygotowaniu publikacji był znaczący. Ten wysoki udział w powstaniu prac uprawnia Panią

mgr inż. Annę Bordiean do przedstawienia cyklu czterech publikacji jako swojej rozprawy doktorskiej.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując, uważam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Bordiean jest wartościowym wkładem w poznanie zagadnienia wykorzystania odpadów pochodzenia rolniczego w hodowli owadów. Należy podkreślić fakt opublikowania artykułów składających się na niniejszą rozprawę doktorską w wysoko indeksowanych czasopismach naukowych, co niewątpliwie zwiększa zasięg uzyskanej wiedzy. Świadczy to także bardzo dobrze o możliwościach i kompetencjach naukowych Doktorantki.

Stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 marca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (tekst jednolity: Dz. U. z 2022 r. poz. 547 ze zm.) stawiane rozprawom doktorskim. Wnioskuję zatem o dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Bordiean do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Robert Stryjecki

Dr hab. Robert Stryjecki

Lublin, November 7, 2022

Dr hab. Robert Stryjecki
Department of Zoology and Animal Ecology
University of Life Sciences in Lublin

R E V I E W

PhD dissertation by Mrs. Anna Bordiean, M.Eng.
entitled „Biomass residue utilisation in insect rearing”

The basis for this review was a letter of October 3, 2022 sent by Chairperson of the Scientific Council of the Discipline *Agriculture and Horticulture* at the University of Warmia and Mazury, prof. dr hab. Agnieszka Pszczółkowska, informing about the appointment of me as the reviewer of the doctoral dissertation of Mrs. Anna Bordiean, M.Eng.
The review was prepared on the basis of the received hard copy of the dissertation.

1. Introduction

The problem with food shortages is one of the most important in contemporary world. This problem is growing in connection with the rapid growth of the human population. Food production in many parts of the world is insufficient. A parallel, and very urgent problem to solve, is the proper use of biomass generated in the food production process. Waste generated at various stages of food production is not fully used. Such waste could recover many of the nutrients that are needed in the light of the food crisis.

The search for alternative sources of food becomes an urgent need, forced by the current situation on the food market. It is necessary to increase the supply of biomass that could be used as animal feed or food for humans. The use of insects is the hope for, at least partially, solving food problems. The issue of using insects as food is not new. Studies related to this topic were presented as early as the mid-twentieth century, but in recent years, the development of research contributing to the use of insects as an alternative source of protein seems to be particularly important.

The reviewed doctoral dissertation concerns the two problems outlined above, i.e. the rational use of biomass generated in food production and the use of insects as source of protein. The issues discussed by the PhD Candidate are very topical in the light of the challenges faced by food producers.

The above-mentioned conditions fully justify the need to undertake the research presented in the reviewed doctoral dissertation.

2. Information about the reviewed doctoral dissertation

2.1. General information

The doctoral thesis was created as part of the Interdisciplinary Doctoral Program „Bioeconomy" Financed by European Union under European Social Fund scheme (nr. POWR.03.03.00-00-M141/16). The work was carried out at the Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineeringat the University of Warmia and Mazury, under the supervision of Dr. hab. Michał Zenon Krzyżaniak, prof. UWM, and dr. hab. Stanisław Czachorowski, prof. UWM, from the Department of Ecology and Environmental Protection.

The reviewed doctoral dissertation is based on a series of four articles published in 2020-2022. All papers have been published in JCR indexed journals. The Impact Factor of the Agriculture-Basel journal, in which three out of four papers were published, is 3.408 (5-year IF = 3.459), and according to the MNiSW list the journal has 100 points. The IF for the second journal - Insects, is 3.141 (5-year IF = 3.268), and the journal has also 100 points according to the MNiSW list. The total IF of the presented series of papers is 13.365, and the total number of points for these publications is 400, which is a very good score.

As there is no need to reassess individual publications that have already undergone an in-depth review process, the focus should be on the consistency of the entire set and the reviewing of the doctoral dissertation itself.

2.2. Information and comments on individual parts of the dissertation

The title of the dissertation

The title of the dissertation "Biomass residue utilisation in insect rearing" is incomplete. The title does not specify what kind of biomass is meant. In Summary, the Author uses the term "biomass of agricultural origin". This term should have been used in the title of the dissertation. The using of this term would also emphasize the scientific discipline in which the dissertation is included, i.e. the discipline of "agriculture and horticulture".

Therefore, the title of the dissertation should be:
"The use of biomass residues of agricultural origin in insect rearing".
There was a typo in the English title - the letter "i" is missing in the word "utilsation" (it should be "utilisation").

Assessment of the layout of the dissertation

The printed version of the doctoral dissertation submitted for the review consists of 41 numbered pages and unnumbered pages.

The structure of the numbered part of the thesis is as follows: English summary in English, Polish summary, list of publications making up the doctoral dissertation. Then the text is divided into four numbered chapters: 1. Introduction, 2. The aim of the study, 3. Material and methods, 4. Results and discussion. The numbered chapters are followed by unnumbered chapters: "Conclusions", the "Acknowledgments" section, information on funding the research, and the "References" chapter.

The received printed version of the dissertation was accompanied by four publications included in the series, as well as the statements of the PhD Candidate and co-authors on the percentage contribution of individual authors to the creation of individual publications (unnumbered pages).

The layout of the dissertation is correct and contains all the necessary elements (chapters) usually used in doctoral dissertations.

English and Polish Summary

"Summary" informs in a synthetic way what the dissertation is about. It presents the background of the problem justifying the need to undertake the research, the purpose of the research, and the most important results and conclusions.
Remarks to the text:
1. Obviously, the summary cannot be too long, but it should be self-explanatory as much as possible. There is no explanation of the abbreviations used in the text in the summary presented: WB, WS, CF, RM. The lack of full names makes it difficult to understand fully some parts of the text.
2. You can find sentences such as "The result on feeding experiment of mealworm larvae on various tested diets showed..." or "Many studies are carried out on the influence of different feed and byproducts...". It should always be precisely defined what products are meant. Words "different" or "various" are not precise.

3. The sentence "Yellow mealworm is a beetle from Coleoptera: Tenebrionidae" should be "Yellow mealworm is a beetle from Tenebrionidae family".
4. There is no consistency in providing the value of the "water activity" parameter – sometimes (a_w 0.49–0.55), and other times only (0.06–0.55).

Introduction

The chapter covers two typescript pages. It is based on a well-chosen specialist literature and logically guides the reader to the aims of the study and further parts of the dissertation. Undoubtedly, it indicates a wide knowledge of the PhD Candidate in research topic.
Remarks to the text:
1. In the text we can find the sentence "In the growing population world, the entomophagy could be also a solution".
The term "entomophagy is used here in wrong meaning. Entomophagy does mean human consumption of insects indeed, but in a cultural and biological context, not as the production and use of protein from insects in a large scale.
2. The sentence "It is estimated that globally entomophagy is practiced by over 2 billion people [11], including over 2000 insect species [12]" should be "It is estimated that globally entomophagy is practiced by over 2 billion people [11], and more than 2,000 species of insects are used as food [12]".
3. The sentence "Alternatively, the use of components (fat) from insects is accepted in aquaculture of few species (the house cricket, banded cricket, field cricket, yellow mealworm, lesser mealworm, black soldier fly, and the common house fly), although with some limitations, taking into account the regulations [14]" should be "Alternatively, the use of components (fat) from a few insect species (the house cricket, banded cricket, field cricket, yellow mealworm, lesser mealworm, black soldier fly, and the common house fly) is accepted in aquaculture, although with some limitations, taking into account the regulations [14]".

The aim of the study

The chapter includes five points with references to individual publications used in the doctoral dissertation. The presented goals are clear and result from the outline of the issues presented in the introduction. It is a pity that this chapter lacks some research hypothesis (or hypotheses).

Material and methods

The chapter is divided into several subsections describing the different methodology, resulting from the character of the material (review work, research work).

The methodology of review study (Publication 1) is clear and understandable.

The methodologies of experiments regarding insect rearing (Publication 2 and 3) and the experiment with insect drying (Publication 4) are described very precisely, with all the details allowing to familiarize with the procedure of the conducted research.

Remarks to the text:

On the background of a rather long description of the methodology (as many as six pages of typescript with tables and figures), a very limited description of the statistical methods (tests) used (section 3.4. Statistical analysis) is surprising. It is only 6 lines of text. Important information is not provided: were the output data tested for the normality of the distribution and the homogeneity of variance? Were the tests parametric or nonparametric? The use of Tukey's test as a post-hoc test suggests that the data had a normal distribution and parametric tests were used, but this should be clearly stated in the methodology.

Results and discussion

This is the longest chapter in the dissertation, covering 14 pages (with tables and figures). The chapter is divided into four subchapters, in line with the topics presented in the four publications being the basis of the doctoral dissertation.

In subchapter "4.1. Research on yellow mealworm in Europe", the PhD Candidate presents an overview of publications related to *Tenebrio molitor* (Publication 1). Analyses showed that the number of articles related to this topic increased significantly after 2015, which indicates an increased interest in this insect species as a source of protein.

In subchapter 4.2. the results of research on the using of various products arising in agricultural and industrial production that were used for feeding mealworm larvae as well as their impact on the weight gain of larvae are presented (Publication 2). Two indicators were used to work with the results: the feed conversion ratio (FCR) and the efficiency of conversion of ingested feed (ECI). The presented research was of a preliminary nature. The experiment showed that the weight of mealworm larvae increased most rapidly when insects were grown on wheat bran. The research showed also that insects have a better feed conversion ratio compared to other (large) farm animals.

Subchapter 4.3 deals with similar issues, but the results are based on a longer research period and broader research material (Publication 3). The following parameters were assessed:

larvae survival, pupation period and final larvae weight . The FCR and ECI indicators were also assessed, as in the previous subchapter. The main conclusions were that: 1) the FCR of larvae reared on diets with the highest protein content was the lowest compared to larvae reared on diets with lower protein content, 2) an inadequate or insufficiently nutritious diet is ingested by insects in a larger amount but with lower efficiency.

Subchapter 4.4. concerns the influence of various drying methods on the characteristics of mealworm larvae. Two methods of drying were used (convective drying and freeze drying), with different modifications of temperature as well as blanching and drying time. The following parameters were assessed: humidity, water activity, protein, crude fat, crude fiber and ash. Statistically significant differences were found in all parameters analysed in the laboratory depending on the variant of the experiment.

Remarks to the text:

Information presented in subchapter 4.1. provide good justification for taking up the topic of the reviewed doctoral dissertation. At the same time, they are a very good introduction to the following subchapters, presenting the results of the research.

Subchapters 4.2-4.4 constituting the research part of the thesis are well worked out. The extensive text is complemented by well-designed tables and figures. The own results are discussed with well-selected and up-to-date literature. It is worth noting that the results obtained by the PhD Candidate not always coincide with the results of other authors, therefore they bring new knowledge to the discussed issue.

Conclusions

The chapter "Conclusions" covers 1.5 typed pages, so it is quite extensive. There are four paragraphs in the chapter, corresponding to the issues discussed in the four publications constituting the basis of the doctoral dissertation.

The PhD Candidate presents the most important elements included in the publications and the text of the doctoral dissertation in a concise, precise and very informative manner. Therefore, she draws attention to the growing interest in mealworm, which results from the relatively easy breeding of this insect species, but also the ability to convert low-energy feeds into food products with a high value (Publication 1).

The main conclusion from the first research paper (Publication 2) is that wheat bran was the best food for mealworm larvae - bran fed larvae achieved the highest dry weight. The least favorable was the medium with willow sunflower. This conclusion indicates that the best

nutrient for mealworms from agricultural production is the biomass produced during the processing of cereals.

Long-term studies (Publication 3) confirmed the usefulness of using wheat bran in the rearing of mealworm larvae - on this diet the larvae obtained the highest final fresh and dry weight. Long-term studies also showed that the willow sunflower medium was not nutritionally sufficient and resulted in a long larval stage, low fresh and dry weight of the larvae, and slow weight gain of the larvae.

The main finding of a study on treatments for mealworm larvae (Publication 4) was that blanching inhibits the enzymatic processes that lead to browning, making the larvae lighter in color, and such larvae are the choice of consumers.

References

The list of literature includes 47 items. All items are English-language. The works cited in the doctoral dissertation are articles published in reputable scientific journals. It is worth noting that the literature used is dominated by the latest publications - from 2017-2022. The literature is well-chosen and closely related to the subject of the doctoral dissertation. The selection of literature proves the PhD Candidate broad understanding of the subject matter presented.

2.3. Other information and comments about the reviewed doctoral dissertation

The basis of the reviewed doctoral dissertation are four publications. Three articles were published in Agriculture-Basel journal and the fourth in Insects journal. According to the appendix to the communication of the Minister of Education and Science on the list of scientific journals and reviewed materials from international conferences of December 1, 2021, both journal titles are assigned to the scientific discipline of *agriculture and horticulture*. Regardless of the profile of the journals mentioned, in my own opinion, the content of the doctoral dissertation is qualified by Mrs. Anna Bordiean, M. Eng to apply for a PhD degree in agricultural sciences in the scientific discipline of *agriculture and horticulture*.

The subject of the doctoral dissertation is presented in a comprehensive and multi-threaded manner. The results of own research and a well-conducted discussion with the use of the latest literature testify to the general theoretical knowledge of the PhD Candidate in the field of the scientific discipline of *agriculture and horticulture* as well as competences to conduct independent scientific work.

The carried out research and obtained results solve the scientific problem concerning the use of agro-industrial by-products in mealworm feeding. The research presented in the

dissertation not only contributes to the knowledge on the use of agricultural waste in insect rearing, but is also of an application nature. An example of the practical application of the obtained research results may be the development of specific technologies for processing mealworm larvae in such a way that they contain the most nutrients and are attractive to the consumer. Therefore, the presented dissertation can also be considered as an original solution in the field of applying the results of own scientific research in the economic sphere.

3. Assessment of the PhD Candidate's individual contribution to the doctoral dissertation

All the articles being the basis for the reviewed doctoral dissertation were carried out in the teams of several authors. In three publications, the PhD Candidate is the first author, including one of these papers - also a corresponding author. In the fourth paper, the PhD Candidate is the third author (out of four authors).

According to the information contained in the articles in the sections "Author Contributions", as well as declarations submitted by Mrs. Anna Bordiean, M. Eng, PhD Candidate was responsible or co-responsible for the following partial elements making up the final result of the publication:

Publication 1: methodology, investigation, data curation, writing – original draft preparation, writing – review and editing, visualization, correction after review process (total contribution to the publication 55%).

Publication 2: data curation, formal analysis, investigation, visualization, writing – original draft preparation, writing – review and editing (total contribution to the publication 70%).

Publication 3: conceptualization, methodology, validation, formal analysis, investigation, writing – original draft preparation, writing – review and editing (total contribution to the publication 70%).

Publication 4: data curation, formal analysis, investigation, writing – original draft preparation, writing – review and editing (total contribution to the publication 30%).

Based on the above information, it should be stated that the PhD Candidate's participation in the preparation of the publications was significant. This high participation in making up these articles entitles Mrs. Anna Bordiean, M. Eng, to present a series of four publications as her doctoral dissertation.

4. Summary and final conclusion

Summing up, I think that the doctoral dissertation of Mrs. Anna Bordiean, M. Eng, is a valuable contribution to research the use of agricultural waste in insect rearing. It should be emphasized that the articles that make up this dissertation have been published in highly

indexed scientific journals, which undoubtedly increases the reach of the obtained knowledge. It also proves very well the possibilities and scientific competences of the PhD Candidate.

I state that the doctoral dissertation given to me for the review meets the requirements set out in Art. 187 of the Act of March 20, 2018, *Law on Higher Education and Science* (uniform text: Journal of Laws of 2022, item 547 as amended) for doctoral dissertations. Therefore, I apply to allow Mrs. Anna Bordiean, M. Eng, to participate in the next stages of the doctoral procedure.

Robert Stryjecki

Dr hab. Robert Stryjecki