Lublin, 8.11.2022 r.

Dr hab. Katarzyna Golan, prof. uczelni
Katedra Ochrony Roślin
Zakład Entomologii
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr inż. Anna Bordiean,
pt. „Biomass residue utilisation in insect rearing / Wykorzystanie pozostałości biomasowych w hodowli owadów"

Rozprawa doktorska wykonana została na Wydziale Rolnictwa i Leśnictwa w Katedrze Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców oraz na Wydziale Biologii i Biotechnologii w Katedrze Ekologii i Ochrony Środowiska pod kierunkiem dr hab. inż. Michała Zenona Krzyżaniaka, prof. UWM (dyscyplina rolnictwo i ogrodnictwo) oraz dr hab. Stanisława Czachorowskiego, prof. UWM z Katedry Ekologii i Ochrony Środowiska (dyscyplina biologia), Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja w przewodzie doktorskim mgr inż. Anny Bordiean została mi powierzona na zlecenie Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (pismo z dnia 3.10.2022 podpisane przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny, prof. dr hab. Agnieszkę Pszczółkowską).

Ocena celowości badań podjętych w rozprawie

Tematyka opiniowanej rozprawy doktorskiej dotyczy aktualnego zagadnienia związanego z problemem niedożywienia występującym na świecie. Pomimo, iż zjawisko to dotyka coraz większą część populacji ludzi, około jedna trzecia biomasy pochodzenia rolniczego, ważne źródło składników odżywczych, jest tracona z powodu nieefektywnego przechowywania lub ograniczeń technicznych. Jednym ze sposobów ograniczenia strat biomasy jest jej wykorzystanie jako paszy dla owadów. Wśród nich najczęściej hodowanym gatunkiem owadów w Europie jest *Tenebrio molitor* L. – mącznik młynarek, chrząszcz z rodziny Tenebrionidae. Ten polifagiczny i kosmopolityczny gatunek w siedliskach naturalnych występuje dosyć rzadko, zdecydowanie łatwiej znaleźć go można w przechowalniach produktów zbożowych i zbóż, gdzie jest typowym szkodnikiem. Jednakże, *T. molitor* może być wykorzystany jako żywy pokarm, suszony lub sproszkowany dla inwentarza żywego, zwierząt domowych oraz ryb. Owady to cenne źródło pokarmu dla ludzi, niedoceniane przez kulturę Zachodu, jednak od wieków znajdujące się w jadłospisie mieszkańców obu Ameryk (głownie Ameryki Południowej i Środkowej), Afryki i Azji. W swoim składzie posiadają wysoko przyswajalne białko i tłuszcze. Proteiny owadów są dobrym

źródłem aminokwasów. Mączki z owadów posiadają wysoką zawartość kwasów nienasyconych, tj. kwas oleinowy, linolowy i α-linolenowy. Doceniając walory owadów jako źródła pokarmu i ich znaczenie w biokonwersji składników odżywczych z biomasy różnego pochodzenia w maju 2021 roku Komisja Europejska (Komitet ds. Roślin, Zwierząt, Żywności i Pasz) wydała pozytywną opinię w sprawie projektu aktu prawnego zezwalającego na wprowadzenie do obrotu suszu mącznika młynarka jako nowej żywności „novel food". W lutym 2022 roku Rozporządzenie Wykonawcze Komisji Unii Europejskiej 2022/169 zezwoliło na wprowadzenie larw *T. molitor* jako nowej żywności. Po naukowej ocenie Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) jest to pierwsze zezwolenie na wprowadzenie owadów jako nowej żywności do obrotu w UE.

Z licznych doniesień literaturowych wynika, że mącznik młynarek jest szeroko testowanym gatunkiem owada, zarówno jako pasza dla zwierząt gospodarskich, główny składnik żywności lub jeden ze składników produktów żywnościowych również w diecie człowieka. Jego szeroki polifagizm umożliwia biokonwersję składników z biomasy różnego pochodzenia, co ma istotne znaczenie dla środowiska naturalnego. Jak wykazano na parametry demograficzne m.in. behawior, płodność, śmiertelność, tempo rozwoju oraz długość trwania oraz wielkość ciała poszczególnych stadiów rozwojowych i zawartość składników odżywczych *T. molitor* w dużym w dużym stopniu wpływają warunki środowiskowe, w tym pokarm. Z tego powodu niezwykle aktualne wydają się są badania koncentrujące się na poszukiwaniu alternatywnych rodzajów pasz, które pozytywnie oddziaływałyby na rozwój i właściwości mącznika młynarka, a jednocześnie pomogłyby zredukować wyprodukowaną i niewykorzystaną biomasę pochodzenia rolniczego i przemysłowego.

Według mojej opinii, zagadnienia poruszane w przedstawionej do recenzji rozprawie doktorskiej, których celem jest między innymi poszukiwanie nowych źródeł wysokiej jakości pokarmu oraz troska o środowisko naturalne są aktualne, o dużym znaczeniu poznawczym jak i praktycznym, a temat uznaję za niezwykle trafny i interdyscyplinarny.

Ocena formalna rozprawy doktorskiej

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Anna Bordiean ma formę monotematycznego zbioru czterech artykułów naukowych. Wszystkie prace zostały opublikowane w renomowanych czasopismach indeksowanych w bazie Journal Citation Reports: trzy prace opublikowano w Agriculture (IF = 3.408 z 2021roku; IF z ostatnich 5 lat = 3,459), jedną pracę w Insects (IF = 3,139 z 2021roku; IF z ostatnich 5 lat = 3,285).

Na rozprawę doktorskiej mgr inż. Anny Bordiean składają się publikacje naukowe:

1. Bordiean A., Krzyżaniak M., Stolarski M.J., Czachorowski S., Peni D. 2020. Will yellow mealworm become a source of safe proteins for Europe? Agriculture 10, 233; https://doi.org/10.3390/agriculture10060233 (IF=3,408; 100 pkt.)
2. Bordiean A., Krzyżaniak M., Stolarski M.J., Peni D. 2020. Growth potential of yellow mealworm reared on industrial residues. Agriculture 10 (12), 599; https://doi.org/10.3390/agriculture10120599 (IF=3,408/ 100 pkt.).

3. Bordiean A., Krzyżaniak M., Stolarski M.J. 2022. Bioconversion potential of agro-industrial byproducts by *Tenebrio molitor* – long-term results. Insects 13 (9), 810; https://doi.org/10.3390/insects13090810 (IF 3,139/ 100 pkt.).
4. Krzyżaniak M., Aljewicz M., Bordiean A., Stolarski M.J. 2022. Yellow mealworm composition after convective and freeze drying - preliminary results. Agriculture 12, 149. https://doi.org/10.3390/agriculture12020149 (IF=3,408/100 pkt.).

W ujęciu numerycznym prace te posiadają łączny współczynnik oddziaływania IF = 13,363 co stanowi 400 punktów według listy czasopism MNiSW. Wskaźniki biometryczne czasopism, w których opublikowane są prace Doktorantki są wysokie, zarówno pod kątem wskaźnika IF, jak również liczby punktów z listy Ministerstwa. Czasopisma te mają również uznanie na arenie międzynarodowej. Jedyny zarzut może dotyczyć faktu, że wszystkie czasopisma należą do tego samego wydawnictwa (MDPI). Dodatkowo, należy podkreślić imponujące osiągnięcia mgr inż. Anna Bordiean. Jej dorobek publikacyjny to 9 artykułów naukowych, a współczynnik h-index dorobku naukowego Doktorantki wynosi: 6, liczba cytowań osiągnięć naukowych bez autocytowań wynosi: 63 wg bazy Scopus; 62 wg bazy Web of Science.

W trzech publikacjach wchodzących w skład dysertacji Doktorantka jest pierwszym autorem, w tym w jednej autorem korespondencyjnym, w czwartej jest wykazana jako trzeci autor. Dołączone oświadczenia Doktorantki oraz współautorów wskazują na jej wiodącą rolę w opracowaniu koncepcji i hipotezy badawczej. zaplanowaniu i realizacji części badawczej i eksperymentalnej, analizie uzyskanych wyników oraz w przygotowaniu i edycji manuskryptu do publikacji.

Zebrane publikacje poprzedzone są spisem treści, streszczeniem w języku angielskim i polskim, wstępem połączonym z przeglądem literatury, w którym Autorka uzasadnia celowość podjętego tematu, opisuje badany materiał i stosowane metody oraz zwięźle przedstawia otrzymane wyniki połączone z dyskusją, a następnie kończy tę część rozprawy w postaci wniosków. Jako ostatni rozdział załączone jest piśmiennictwo w ilości 47 cytowanych odnośników literaturowych, kopie prac naukowych składających się na rozprawę doktorską oraz oświadczenia współautorów prac stanowiących podstawę recenzowanego doktoratu. Należy podkreślić, że wszystkie części opiniowanej dysertacji doktorskiej są przygotowane starannie, pod względem językowym, jak i graficznym, a tematyka przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej w pełni reprezentuje dyscyplinę rolnictwo i ogrodnictwo.

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia wymogi formalne określone w art. 187 ust. 3 oraz ust. 4 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668 z późn. zm.).

Merytoryczna ocena rozprawy doktorskiej

Autorka dysertacji dobrze zaplanowała i zrealizowała postawione cele jakimi była ocena możliwości wykorzystania różnych rodzajów biomasy pochodzenia rolniczego i przemysłowego w hodowli mącznika młynarka, wraz z uwzględnieniem różnych mieszanek paszowych z pozostałości

biomasowych, jak również określenie wpływu różnych metod suszenia mącznika młynarka na jego cechy fizyko-chemiczne. Artykuły, które wchodzą w skład pracy doktorskiej stanowią cykl powiązanych tematycznie badań rozwiązujących problem naukowy. Rezultaty badań wnoszą istotny wkład do postępu dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo w zakresie badań nad wykorzystaniem pozostałości biomasowych w chowie i przetwarzaniu larw mącznika młynarka. Owad ten jest w stanie przetwarzać substraty pochodzenia rolniczego i przemysłu rolno-spożywczego w produkty spożywcze i paszowe o wysokiej wartości. Uzyskane przez Doktorantkę wyniki badań oprócz wartości poznawczych mają też aspekt aplikacyjny, o niezwykle aktualnych przesłaniach, wpisują się w strategię Unii Europejskiej „European Green Deal" czyli m.in. biogospodarkę o obiegu zamkniętym, krótkie łańcuchy dostaw oraz biokonwersję składników odżywczych z biomasy.

Układ publikacji tworzących dysertację jest przemyślany i zazwyczaj konsekwentny. Rozpoczyna się artykułem przeglądowym, który przedstawia aktualny stan i kierunki wiedzy dotyczący hodowli, wykorzystania i znaczenia mącznika młynarka w Europie. Kolejne dwie publikacje z cyklu, to prace oceniające przydatność mieszanek paszowych na bazie produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego w hodowli *T. molitor* i ich wpływ na badane cechy demograficzne i populacyjne. Trzy pierwsze prace charakteryzują się przemyślanym układem i konsekwentnym rozwijaniem głównego tematu rozprawy. Ostatnia publikacja to analiza i ocena metod i parametrów suszenia mącznika pod kątem przygotowania tych owadów jako pokarmu dla ludzi. Wyniki przeprowadzonych badań mogą być w praktyce wykorzystane w hodowli i przetwarzaniu larw mączlika, jednak według mojej opinii tematyka czwartej publikacji nie jest w pełni związana z głównym tematem dysertacji.

Doceniając wysoką wartość naukową ocenianej pracy chciałabym podzielić się nielicznymi uwagami dotyczącymi opracowania. Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anna Bordiean jest przygotowana z dbałością o stronę językową i edytorską. W całej pracy Doktorantka posługuje się precyzyjnym językiem naukowym oraz swobodnie porusza się w terminologii dotyczącej prezentowanych zagadnień. Jednak, według mojej opinii w pracy powinien zostać wyraźnie zaznaczony cel główny, stanowiący problem do rozwiązania (w oparciu o temat dysertacji), a następnie wyodrębnione cele szczegółowe, które bardzo dobrze wpisywałyby się w kolejne publikacje wchodzące w skład opracowania. W przedstawionym mi do oceny opracowaniu ten fragment pracy nie jest wyraźnie podkreślony.

Z żalem zauważam, iż najsłabszą stroną dysertacji są wnioski, które podobnie jak cel badań odnoszą się do poszczególnych publikacji. W mojej opinii powinny zostać uszczegółowione i wyodrębnione jako oddzielne punkty oraz odnosić się do wyników dysertacji jako komplementarnych badań, co czyniłoby je znacznie bardziej czytelnymi i podkreśliłoby wagę uzyskanych przez Doktorantkę efektów badań naukowych. Jednakże, uwagi te nie umniejszają osiągnieć naukowych Doktorantki i wartości merytorycznej dysertacji, stanowią jedynie moją osobistą opinię.

Po lekturze przedłożonej mi do recenzji rozprawy nasunęły mi się pytania powiązane z praktyczną stroną eksperymentu, a mianowicie: czy i jakie problemy napotykała Doktorantka w trakcie hodowli *T. molitor* oraz jakiego rodzaju mieszanki paszowe mają najlepszą perspektywę do zastosowania na skalę komercyjną?

Podsumowując, przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Anny Bordiean, pt. „Biomass residue utilisation in insect rearing / Wykorzystanie pozostałości biomasowych w hodowli owadów" jest interesującym, oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, cechuje się również interdyscyplinarnością oraz znaczącą wartością praktyczną uzyskanych wyników. Włączone do dysertacji publikacje naukowe stanowią opracowanie powiązane tematycznie. Doktorantka na podstawie precyzyjnie zaplanowanych oraz starannie przeprowadzonych analizy literatury oraz eksperymentów dotyczących larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor* L.) oceniła i umiejętnie podsumowała możliwości wykorzystania różnych rodzajów biomasy pochodzenia rolniczego i przemysłowego w hodowli mącznika młynarka, wraz z uwzględnieniem różnych mieszanek paszowych z pozostałości biomasowych oraz wpływ różnych metod suszenia mącznika młynarka na jego cechy fizyko-chemiczne. Sposób przeprowadzenia dyskusji otrzymanych rezultatów przez mgr inż. Annę Bordiean, dowodzi jej szerokiej wiedzy i dogłębnego opanowania tematu w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo oraz potwierdza umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. Tym samym rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ust. 1 oraz ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.).

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Anny Bordiean, pt. „Biomass residue utilisation in insect rearing / Wykorzystanie pozostałości biomasowych w hodowli owadów" wykonana na Wydziale Rolnictwa i Leśnictwa w Katedrze Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców oraz na Wydziale Biologii i Biotechnologii w Katedrze Ekologii i Ochrony Środowiska pod kierunkiem dr hab. inż. Michała Zenona Krzyżaniaka, prof. UWM (dyscyplina rolnictwo i ogrodnictwo) oraz dr hab. Stanisława Czachorowskiego, prof. UWM z Katedry Ekologii i Ochrony Środowiska (dyscyplina biologia) jest oryginalnym i wartościowym osiągnięciem naukowym, w pełni mieści się w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo oraz spełnia wymagania określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.). Wnioskuję do Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Bordiean i dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. Katarzyna Golan, prof. uczelni

K. Golan

UNIWERSYTET PRZYRODNICZY w Lublinie
WYDZIAŁ OGRODNICTWA I ARCHITEKTURY KRAJOBRAZU

Lublin, November 8, 2022

Dr hab. Katarzyna Golan, prof. uczelni
Department of Plant Protection
Subdepartment of Entomology
University of Life Sciences in Lublin

Review

of the doctoral dissertation written by mgr inż. Anna Bordiean entitled

"Biomass residue utilization in insect rearing"

The doctoral dissertation was conducted at the Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Genetics, Plant Breeding and Biobased Engineering and at the Faculty of Biology and Biotechnology, Department of Ecology and Environmental Protection under the supervision of dr hab. inż. Michał Zenon Krzyżaniak, prof. UWM (representing agriculture and horticulture discipline) and dr hab. Stanisław Czachorowski, prof. UWM (representing biology discipline) of the University of Warmia and Mazury in Olsztyn.

Formal basis for the preparation of the review

Review in the doctoral dissertation of mgr. Anna Bordiean was entrusted to me by the Agriculture and Horticulture Discipline Council of the University of Warmia and Mazury in Olsztyn (based on the correspondence from 3 October 2022 signed by the Chairwoman of the Scientific Council Discipline of Agriculture and Horticulture, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Prof. dr hab. inż. Agnieszka Pszczółkowska).

Assessment of the rationale behind the undertaken research

Topics of the doctoral dissertation mgr inż Anny Bordiean concerns the current issue related to the global problem of undernutrition. Although this problem affects an increasing proportion of the human population, around one third of agricultural biomass, an important source of nutrients, is lost due to inefficient storage or technical constraints.

One way to reduce biomass losses is to use it as insec t diet. The yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) from the order Coleoptera and family Tenebrionidae is the most widely reared and traded insect species in Europe. Among them, the most commonly farmed insect species in Europe is *Tenebrio molitor* L. This cosmopolitan and omnivorous species is quite rare in natural habitats, and it is much easier to find in storages of grain products, flour, grains and food, where it is a common pest. However, *T. molitor* can be used as live food, dried or powdered for livestock, pets and fish. Insects are a valuable source of food for humans, underestimated by Western culture, but for centuries they have been included on the diet of the Americas (mainly South and Central), Africa and Asia.

Insects are a valuable source of protein, lipid, fat and vitamin. Their proteins are a good source of amino acids. Dried or powdered insect have a high content of unsaturated fatty acids, i.e.

oleic, linoleic and α-linolenic acids. Appreciating the value of insects as a food source and their importance in the bioconversion of nutrients from biomass of various origins, in May 2021, the European Commission (Committee for Plants, Animals, Food and Feed) issued a positive opinion on the draft legal act authorizing the marketing of dried mealworm mill as novel food. In February 2022, the Implementing Regulation of the European Union Commission 2022/169 allowed the introduction of *T. molitor* larvae as a novel food. After scientific evaluation by the European Food Safety Authority (EFSA), this is the first authorization for insects to be placed on the EU market as novel food. Numerous reports in the literature data show that the yellow mealworm is a widely tested insect species, both as sources of feed and food for animals, the main food ingredient or one of the ingredients of food products also in the human diet. Its wide polyphagism enables the bioconversion of components from biomass of various origins, which is important for the natural environment.

As demonstrated, the behavior, fertility, mortality, rate and duration of development and body size of the various developmental stages and the nutrient content of *T. molitor*, ranges depending on various factors mainly environmental condition and insects food. For this reason, research focusing on the search for alternative types of feed that would positively affect the development and properties of the yellow mealworm as well as help reduce the produced and unused biomass of agricultural and industrial origin and minimizing environmental pollution seems to be extremely timely.

In my opinion, the subject of the discussed doctoral dissertation is extremely topical, valuable and interdisciplinary with its theoretical scope and practical application.

Formal evaluation of the doctoral dissertation

The doctoral dissertation of mgr inż. Anna Bordiean has the form of a monothematic compilation of four scientific articles. All papers have been published in reputable international journals indexed in the Journal database Citation Reports: three papers were published in Agriculture (IF = 3.408 in 2021; 5-Year Impact Factor= 3.459), one in Insects (IF = 3.139 in 2021 ; 5-Year Impact Factor= 3.285).

The doctoral dissertation consists of scientific publications:

1. Bordiean A., Krzyżaniak M., Stolarski MJ, Czachorowski S., Peni D. 2020. Will yellow mealworm become a source of safe proteins for Europe? Agriculture 10, 233; https://doi.org/10.3390/agriculture10060233 (IF = 3.408; 100 p.)
2. Bordiean A. , Krzyżaniak M., Stolarski MJ, Peni D. 2020. Growth potential of yellow mealworm reared on industrial residues. Agriculture 10 (12), 599; https://doi.org/10.3390/agriculture10120599 (IF = 3.408 / 100 points).
3. Bordiean A. , Krzyżaniak M., Stolarski MJ 2022. Bioconversion potential of agro -industrial byproducts by *Tenebrio molitor* - long-term results. Insects 13 (9), 810; https://doi.org/10.3390/insects13090810 (IF 3.139 / 100 points).
4. Krzyżaniak M., Aljewicz M., Bordiean A. , Stolarski MJ 2022. Yellow mealworm composition after convective and freeze drying - preliminary results. Agriculture 12, 149. https://doi.org/10.3390/agriculture12020149 (IF = 3.408 / 100 points).

In numerical terms, these works have a total impact factor IF = 13.363, and 400 points according to the list of journals of the Ministry of Science and Higher Education. The biometric indicators of the journals in which the PhD student's works are published are high, both in terms of the IF index and the number of points from the Ministry of Education and Science list. These journals are also internationally recognized. However, in my only objection may be related to the fact that all of them belong to the same publishing house (MDPI). Additionally, I would like highlight the impressive achievements of mgr inż. Anna Bordiean, in general. She has published nine papers, the H-index = six, the number of citations without self-citations is: 63 according to the Scopus database and 62 according to the Web of Science. In three papers included in this dissertation, the PhD student is the first author, and the corresponding author in one article, and in the fourth she is listed as the third author. The attached statements of the PhD student and co-authors indicate her leading role in conceptualization, data curation, methodology, validation, formal analysis, investigation, visualization, writing - review and editing.

In the submitted dissertation, in addition to the series of published papers there are a Table of contents, a Summary in English and Polish, an Introduction combined with a Literature review, in which the author justifies the purposefulness of the topic, describes the material and methods used, and briefly presents the obtained results combined with the discussion. The dissertation ends with Conclusions. The last section includes References (in the amount of 47), copies of four papers included in this dissertation and statements of all co-authors constituting on their contribution to these papers.

All section of the reviewed doctoral dissertation are prepared carefully and the subject of the doctoral dissertation presented for evaluation is fully in the scope of the agriculture and horticulture discipline.

In conclusion, I declare that the doctoral dissertation submitted for review meets the formal requirements specified in Art. 187 paragraphs 3 and 4 of the Act of July 20, 2018 - Law on Higher Education and Science (Journal of Laws 2018, item 1668, as amended).

Substantive evaluation of the doctoral dissertation

The author of the dissertation well planned and implemented the aim of the research, which was the assessment of the possibility of using various types of biomass of agricultural and industrial origin in the rearing of yellow mealworm, including various feed mixtures from biomass residues, as well as determining the impact of various methods of drying yellow mealworm on its physico-chemical characteristics. The scientific articles included in the doctoral dissertation constitute a series of thematically related research solving a scientific problem. The results of this study make a significant contribution to the progress of the agriculture and horticulture discipline in research on the use of biomass residues in the rearing and processing of mealworm larvae. This insect is able to transform substrates of agricultural and agri-food industry into high-value food and feed products. The research results obtained by the PhD student, in addition to cognitive values, also have an application aspect, with extremely up-to-date messages, are in line with the European

Union's " European Green Deal" strategy, i.e. a circular bioeconomy, short supply chains and the bioconversion of nutrients from biomass .

The subject and arrangement of papers included in the dissertation is well thought out and usually consistent. The reviewed dissertation consists of a series of four published papers – the first is a review article presents the analyse the progress and directions of research on yellow mealworm in Europe. The next two publications of the series are complementary studies on the application of various feed mixtures from biomass residues in the rearing of *T. molitor* and their impact on the examined traits of the larvae. The first three articles are complementary and characterized by a well-thought-out arrangement and consistent development of the main topic of the dissertation. The fourth paper of the series, contains the analysis and evaluation of the methods and parameters of mealworm drying on its physical and chemical properties as proposal food for human. The results of the conducted research should be used in practice in the rearing and processing of yellow mealworm, however, in my opinion, the subject of the fourth publication is not fully related to the main title of the dissertation.

Appreciate the high scientific value of the doctoral thesis, I would like to share some comments. Doctoral dissertation of mgr inż. Anna Bordiean is written with attention to the linguistic and editorial part. Throughout the dissertation, the PhD student uses a precise scientific language and is comfortable with the terminology related to the presented issues.

However, in my opinion, the main aim of the dissertation should be more clearly presented (based on the dissertation topic) as well as specific objectives (based on the papers included in the dissertation). In this doctoral dissertation, this fragment of studies is not clearly emphasized. Similarly, the Conclusions section is not precisely enough. In this part of dissertation Author should clearly summarize the results of the study and emphasize their value. I have the impression that compiling conclusions in the form of points successively referring to the entirety of the results obtained would better emphasize the substantive value of this dissertation. However, these comments do not undermine the high value of the achievements presented in the dissertation, they only constitute my personal opinion.

At this point, after studying the dissertation submitted to me for review, I would like to ask a question related to the practical part of the experiment, namely: what kind of problems was observed during the yellow mealworm rearing and what types of compound feed, in your opinion, would have the best prospects for commercial use?

Summarizing, the doctoral dissertation submitted for the review written by mgr inż. Anna Bordiean and entitled: "Biomass residue utilization in insect rearing" is an interesting, original solution to a scientific problem also characterized by interdisciplinarity and brought measurable scientific and practical effects in the discipline of agriculture and horticulture. The scientific publications comprised in the dissertation constitute a thematically related series. PhD student on the basis of carefully planned and conducted analysis of the literature and experiments on the larvae of the yellow mealworm assessed and skillfully summarized the possibility of using various types of biomass of agricultural and industrial origin in the cultivation of mealworm, including various feed mixtures from biomass residues and the influence of various methods of mealworm drying on its physical and chemical properties and

confirmed her ability to conduct scientific research independently. Thus, the dissertation meets the requirements established in art. 187, paragraphs 1 and 2 of the Act of July 20, 2018: Law on Higher Education and Science (uniform text: Journal of Laws of 2022, item 1668, as amended).

Final conclusion

I conclude that the doctoral dissertation entitled "Biomass residue utilization in insect rearing" written by mgr inż. Anna Bordiean compiled at the Faculty of Agriculture and Forestry and at the Faculty of Biology and Biotechnology under the supervision of dr hab. inż. Michał Zenon Krzyżaniak, prof. UWM from Department of Genetics, Plant Breeding and Biobased Engineering and dr hab. Stanisław Czachorowski, prof. UWM from the Department of Ecology and Environmental Protection is an original and valuable scientific achievement fully in the scope of agriculture and horticulture discipline and meets the requirements set out in Art. 187 of the Act of July 20, 2018 Law on Higher Education and Science (uniform text: Journal of Laws of 2018, item 1668, as amended).

I am applying to the Scientific Council Discipline of Agriculture and Horticulture, University of Warmia and Mazury in Olsztyn to accept the doctoral dissertation of mgr inż. Anna Bordiean and admitting her for the subsequent stages of the doctoral proceedings.

Dr hab. Katarzyna Golan, prof. uczelni

K. Golan