dr hab. inż. Michał Krzyżaniak, prof. UWM
Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

dr hab. Stanisław Czachorowski, prof. UWM
Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska
Wydział Biologii i Biotechnologii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Olsztyn, 19.09.2022 r.

Przewodnicząca Rady Naukowej
Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Pszczółkowska

OPINIA PROMOTORSKA
o rozprawie doktorskiej Pani mgr inż. Anny Bordiean
pt. Biomass residue utilisation in insect rearing / Wykorzystanie pozostałości biomasowych w hodowli owadów

Pani mgr inż. **Anna Bordiean** jest **studentką** czwartego roku dziennych studiów doktoranckich realizowanych w języku angielskim w ramach programu Interdisciplinary Doctoral Programme „Bioeconomy". Trzeba podkreślić, że praca doktorska miała charakter interdyscyplinarny i była realizowana w ramach badań dwóch katedr reprezentujących różne dyscyplinarny naukowe: (1) dyscyplina rolnictwo i ogrodnictwo – Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa oraz (2) dyscyplina biologia – Katedra Ekologii i Ochrony Środowiska, Wydział Biologii i Biotechnologii.

Na opiniowaną rozprawę składa się cykl czterech prac opublikowanych (1 przeglądowa i 3 naukowe) pod wspólnym wyżej wymienionym tytułem. Trzeba podkreślić, że wszystkie cztery prace zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR i posiadają współczynnik IF. Są to:

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.)**.

Praca doktorska zawiera wyniki badań laboratoryjnych, realizowanych w latach 2019-2022, nad wykorzystaniem pozostałości biomasowych w chowie i przetwarzaniu larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor* L.). Celem badań była ocena możliwości wykorzystania różnych rodzajów biomasy pochodzenia rolniczego i przemysłowego w hodowli mącznika młynarka, wraz z uwzględnieniem różnych mieszanek paszowych z pozostałości biomasowych. Ponadto celem badań było określenie wpływu różnych metod suszenia mącznika młynarka na jego cechy fizyko-chemiczne.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że:

1. Mącznik młynarek jest w stanie przetwarzać substraty pochodzenia rolniczego i przemysłu rolno-spożywczego w produkty spożywcze i paszowe o wysokiej wartości. W badaniach Pani Anny Bordiean wykorzystano pozostałości występujące na polskim rynku w znacznych ilościach (otręby pszenne z młynów oraz śruta rzepakowa poekstrakcyjna) oraz pozostałości z ekstrakcji nadkrytycznej słonecznika wierzbolistnego, wieloletniej rośliny przemysłowej. Co istotne wykorzystanie ww. pozostałości wpisuje się w strategię biogospodarki o obiegu zamkniętym, krótkich łańcuchów dostaw i kaskadowego wykorzystania biomasy, a co za tym idzie w strategię Unii Europejskiej „European Green Deal".
2. Wstępne, jak i pełne wyniki badań zastosowania różnych mieszanek paszowych, z produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego, w chowie mącznika młynarka wykazały, że miały one wpływ na badane cechy larw. Wykazano, że przeżywalność larw była wysoka i nie miały na nią wpływu badane pasze. Długość rozwoju stadium larwalnego wynosiła zwykle od 73 do 82 dni (odpowiednio dla paszy otręby pszenne 25%/pasza dla kurczaków 75% i słonecznik wierzbolistny 75%/pasza dla kurcząt 25%), z wyjątkiem larw karmionych tylko słonecznikiem wierzbolistnym (115 dni). Najwyższą końcową świeżą i suchą masę zebranych larw stwierdzono u osobników hodowanych na dietach z dodatkiem otrębów. Wyniki potwierdzają, że dieta oparta wyłącznie na słoneczniku wierzbolistnym nie była wystarczająca odżywcza dla efektywnego wzrostu larw i skutkowała długim stadium larwalnym, niską świeżą i suchą masą larw, powolnym przyrostem masy larw oraz niekorzystnymi wskaźnikami współczynnika konwersji paszy (FCR i ECI). Natomiast wszystkie badane pozostałości poprodukcyjne (w tym lignocelulozowa biomasa słonecznika wierzbolistnego) zmieszane z paszą dla kurcząt również dawały zadowalające wyniki pod względem efektywności wykorzystania pasz.
3. Badania wpływu metod suszenia mącznika młynarka (suszenie konwekcyjne i liofilizacja, z zastosowanym blanszowaniem lub bez, przy różnych temperaturach i czasach suszenia) na jego cechy fizyczne i chemiczne wykazały, że blanszowanie hamuje procesy enzymatyczne, które prowadzą do brązowienia larw, przez co mają one jaśniejszy kolor i są bardziej atrakcyjne wizualnie dla konsumentów. Sposób suszenia istotnie wpływał na wilgotność i aktywność wodną suszonych larw. Wykazano, że krótszy czas liofilizacji (16 h podczas suszenia głównego, 2 h podczas suszenia końcowego) skutkował wysoką wartością aktywności wody (a_w) (0,49–0,55), lecz nadal wystarczającą do zahamowania wzrostu drobnoustrojów ale niewystarczającą do zahamowania reakcji enzymatycznych. W przypadku wydłużenia czasu liofilizacji podczas suszenia zasadniczego do 24 h wartości a_w znacznie się obniżyły, zwłaszcza u larw blanszowanych przez 60 s. Badania składu podstawowego nie wykazały jednak istotnych zmian w zawartości białka, włókna czy tłuszczu surowego u owadów po

stosowaniu różnych metod i parametrów suszenia, co potwierdza ustalenia innych autorów. Zauważono jednak, że wiek owadów istotnie wpływa na cechy badanych larw, m in. zawartość tłuszczu i białka surowego.

W konkluzji stwierdzamy, że opiniowana rozprawa Pani mgr inż. Anny Bordiean została ukończona i spełnia formalne oraz merytoryczne wymogi stawiane dysertacji doktorskiej. Ponadto stwierdzamy, że przeprowadzone badania w ramach Interdisciplinary Doctoral Programme „Bioeconomy" przyniosły wymierne efekty naukowe oraz praktyczne. W związku z powyższym zwracamy się z uprzejmą prośbą o dalszą realizację procedury postepowania w sprawie nadania stopnia doktora i wysłanie pracy do recenzji.

Promotor

dr hab. inż. Michał Krzyżaniak, prof. UWM

Promotor

dr hab. Stanisław Czachorowski, prof. UWM

dr hab. inż. Michał Krzyżaniak, prof. UWM
Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineering
Faculty of Agriculture and Forestry
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

dr hab. Stanisław Czachorowski, prof. UWM
Department of Ecology and Environmental Protection
Faculty of Biology and Biotechnology
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Olsztyn, 19.09.2022 r.

Chairwoman of the Scientific Council
Discipline of Agriculture and Horticulture
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Pszczółkowska

SUPERVISORS' OPINION
about the doctoral dissertation of Ms. Anna Bordiean, MSc eng. entitled "Biomass residue utilisation in insect rearing"

Ms. Anna Bordiean is a fourth-year full-time doctoral student of the Interdisciplinary Doctoral Program "Bioeconomy" carried out in English language. It should be emphasized that her doctoral dissertation was interdisciplinary and was carried out as part of the research of two departments representing various scientific disciplines: (1) the discipline of agriculture and horticulture - Department of Genetics, Plant Breeding and Biobased Engineering, Faculty of Agriculture and Forestry and (2) the discipline of biology - Department of Ecology and Environmental Protection, Faculty of Biology and Biotechnology.

The reviewed dissertation consists of a series of four published papers (1 review and 3 scientific papers) under the same title mentioned above. It should be emphasized that all four papers were published in journals from the JCR list and have an IF index. These are:

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 points)**
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 points)**.
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 points)**.
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 points)**.

The doctoral thesis contains the results of laboratory experiments carried out in 2019-2022 on the use of biomass residues in rearing and processing of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). The aim of the research was to assess 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. Moreover, the aim of the research was to determine the influence of various methods of mealworm drying on its physical and chemical properties.

Based on the obtained results, it was found that:

1. The yellow mealworm is able to transform substrates of agricultural and agri-food industry into high-value food and feed products. In the research of Ms. Anna Bordiean, significant amounts of residues available on the Polish market (wheat bran from mills and rapeseed meal) and residues from supercritical extraction of willowleaf sunflower, a perennial industrial plant, were used. Importantly, the use of the above-mentioned residues are part of the circular bioeconomy strategy, short supply chains and cascade use of biomass, and thus the European Union's "European Green Deal" strategy.
2. 2. The preliminary and the final results of the research on the application of various feed mixtures, from the by-products of the agri-food industry, in the rearing of yellow mealworm, showed that they had an impact on the examined traits of the larvae. It was shown that the survival of the larvae was high and it was not affected by the tested feeds. The length of development of the larval stage was typically 73 to 82 days (feed wheat bran 25%/chicken feed 75% and willowleaf sunflower 75%/chicken feed 25%, respectively), except for larvae fed only willowleaf sunflower (115 days). The highest final fresh and dry weight of the collected larvae was found in individuals reared on wheat bran diets. The results confirm that the diet based solely on the willowleaf sunflower was not sufficiently nutritious for effective larval growth and resulted in a long larval stage, low fresh and dry larvae weight, slow larval weight gain, and poor feed conversion rates (FCR and ECI). On the other hand, all the tested production residues (including lignocellulosic biomass of willowleaf sunflower) mixed with chicken feed also gave satisfactory results in terms of the feed use efficiency.
3. Research on the impact of the mealworm drying methods (convective drying and freeze-drying, with or without blanching applied, at different drying temperatures and times) on its physical and chemical properties have shown that blanching inhibits the enzymatic processes that lead to browning of the larvae, thus they have a lighter color and are more visually appealing to consumers. The drying method had a significant effect on the moisture content and water activity of the dried larvae. It was shown that the shorter freeze-drying time (16 h during the main drying, 2 h during the final drying) resulted in a high value of water activity (a_w) (0.49–0.55), but still sufficient to inhibit the growth of microorganisms but insufficient to inhibit enzymatic reactions. In the case of extending the freeze-drying time during the main drying to 24 h, the a_w values dropped significantly, especially in the larvae blanched for 60 s. The study of the basic composition, however, did not show any significant changes in the crude content of protein, fiber or fat in insects after using various methods and drying parameters. which confirms the findings of other authors. However, it was noticed that the age of insects significantly influenced the features of the examined larvae, e.g. crude fat and protein content.

In conclusion, we state that the dissertation reviewed by Ms. Anna Bordiean has been completed and meets the formal and substantive requirements for a doctoral dissertation. Moreover, we state that the research carried out under the Interdisciplinary Doctoral Program "Bioeconomy" brought measurable scientific and practical effects. In connection with the above, we proclaim to continue the procedure for awarding the doctoral degree and send the thesis for review.

Supervisor

dr hab. inż. Michał Krzyżaniak, prof. UWM

Supervisor

dr hab. Stanisław Czachorowski, prof. UWM