Prof. dr hab. Krzysztof Kwiatek
Dział Badań Mikrobiologicznych Żywności i Pasz
Państwowy Instytut Weterynaryjny
- Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach

Puławy, dnia 14 lipca 2026

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Marcina Grzegorza Wróbla

pt. „Ocena możliwości i efektywności biodegradacji deoksyniwalenolu w materiałach paszowych zastosowanych w procesie produkcji biomasy mącznika młynarka"

wykonanej w Katedrze Prewencji Weterynaryjnej i Higieny Pasz Wydziału Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie pod kierunkiem naukowym dr hab. Tadeusza Bakuły, prof. UWM (promotor).

Badania wykonano w ramach programu finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Doktorat Wdrożeniowy" (edycja IV) nr umowy DWD/4/80/2020. Ponadto badania były finansowane przez firmę ChemProf Doradztwo Chemiczne s.c. Katarzyna Łuczyńska i Michał Łuczyński w ramach działalności badawczo-rozwojowej.

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowi pismo Dziekana Wydziału Medycyny Weterynaryjnej UWM z dnia 29.05.2026 roku nr WMW-DZ.5201.8.2026, zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej Dyscypliny Weterynaria Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego z dnia 15.05.2026 r.

1. Wstęp

Jednym z wielu parametrów jakościowych i ilościowych rzutujących na bezpieczeństwo pasz jest obecność i zawartość mykotoksyn, które w prawie paszowym zalicza się do substancji niepożądanych posiadających określone dopuszczalne lub rekomendowane maksymalne poziomy zawartości. Spośród ponad 400 poznanych mykotoksyn to właśnie deoksyniwalenol (DON), wytwarzany przez grzyby z rodzaju *Fusarium* należy w naszej strefie klimatycznej do

najbardziej istotnych z punktu zapewnienia bezpieczeństwa pasz z przeważającym udziałem zbożowych materiałów paszowych. Podwyższona zawartość DON w paszach stanowi czynnik ryzyka dla zdrowia zwierząt i bezpieczeństwa surowców żywnościowych wytwarzanych przez zwierzęta gospodarskie.

W tym kontekście podjęte przez Doktoranta badania eksperymentalne w zakresie możliwości i efektywności biologicznej biodegradacji DON w materiałach paszowych (paszach) kontaminowanych tą mykotoksyną należy uznać za trafne i celowe.

2) Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych

Rozprawę doktorską mgr Marcina Grzegorza Wróbla stanowi spójny tematycznie cykl dwóch oryginalnych publikacji naukowych dotyczących badań nad biokonwersją deoksyniwalenolu przez larwy mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*) i wpływ tej mykotoksyny na bezpieczeństwo oraz wartość odżywczą uzyskiwanej biomasy owadziej opatrzony wspólnym tytułem „Ocena możliwości i efektywności biodegradacji deoksyniwalenolu w materiałach paszowych zastosowanych w procesie produkcji biomasy mącznika młynarka".

W skład cyklu publikacji wchodzą następujące prace oryginalne:

1. P1: Wróbel M., Dąbrowski M., Łuszczyński M., Bakuła T., Gruchała N., Zielonka Ł. (2025). Bioconversion of Deoxynivalenol- Contaminated Feed by Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Larvae in the Production of Biomass Intended for Feed Purposes. Toxins, 17(8), 420. https://10.3390/toxins17080420

2. P2: Wróbel M., Dąbrowski M., Łuszczyński M., Waśkiewicz K., Bakuła T., Nowicki Ł., Zielonka Ł. (2025). Bioconversion of Deoxynivalenol by Mealworm (*Tenebrio molitor*) Larvae: Imlications for Feed Safety and Nutritional Value. Toxins, 17(10), 478. https://10.3390/toxins17100478.

Powyższe prace zostały opublikowane w j. angielskim w czasopiśmie zagranicznym **Toxins** znajdującym się w bazie JCR. Sumaryczny wskaźnik wpływu powyższych prac wynosi IF = 8,0, a łączna liczba punktów według listy MNiSW – 200. Obie publikacje są opracowaniami zbiorowymi, w których Doktorant jest pierwszym autorem, a jego wkład pracy twórczej polegał na opracowaniu koncepcji badań, wykonaniu części eksperymentalnej, przeprowadzeniu analiz laboratoryjnych, opracowaniu i interpretacji uzyskanych wyników, przygotowaniu manuskryptu, udzieleniu odpowiedzi na otrzymane recenzje oraz przygotowaniu zgłoszenia patentowego na podstawie uzyskanych wyników, co znalazło potwierdzenie w stosownych oświadczeniach współautorów. Stanowi to dowód wiodącego wkładu Doktoranta w opracowaniu koncepcji tematu i wykonaniu badań, a następnie publikacji prac.

Rozprawa doktorska zawierająca ww. cykl publikacji z elementami pomocniczymi liczy 86 stron i obejmuje: spis treści, wykaz i kopie 2 publikacji składajacych się na rozprawę doktorską. W części opisowej zawarto rozdziały tj.: streszczenie w j. polskim i angielskim, wstęp, hipotezy, cele badawcze oraz zakres badań, następnie materiał i metody, wyniki, podsumowanie, wnioski oraz spis literatury, tabel i rysunków. Ponadto podano źródła finansowania badań oraz oświadczenia promotora, autora rozprawy i współautorów publikacji.

W części opisowej rozprawy Doktorant, w obszernym 6. stronnicowym wstępie nakreślił rolę i znaczenie owadów gospodarskich jako źródła białka w żywieniu zwierząt i związane z tym zagrożenia ze strony mykotoksyn na przykładzie deoksyniwalenolu (DON). Przedstawiona analiza zagadnienia badawczego oraz aktualny stan wiedzy dotyczącej zanieczyszczenia pasz mykotoksynami, biologii i hodowli mącznika młynarka oraz jego tolerancji na DON skłoniły Autora do podjęcia przedmiotowego wyzwania badawczego.

W rozdziale materiał i metody opisano, podobnie jak w publikacjach stanowiących rozprawę doktorską, materiał biologiczny, przebieg eksperymentu i zastosowane metody badawcze. Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej przy użyciu oprogramowania Statistica 13.3. Poza podsumowaniem z wykonanych badań Doktorant wyciągnął 5 wniosków, które świadczą o głębokim wniknięciu w problem badawczy i osiągnięciu założonych celów badawczych.

Opracowanie w części opisowej kończy rozdział przedstawiający 71 pozycji (poza piśmiennictwem w pracach stanowiących cykl) starannie dobranych prac i przedmiotowych przepisów, które zostały opublikowane w latach 2007 – 2025, w większości w przedziale 2019 – 2025. Wskazane w wykazie prace stanowią właściwy przegląd piśmiennictwa dotyczącego przeprowadzonych badań i dowodzą znajomości przedmiotowego zagadnienia. Jednocześnie spis ten wskazuje na brak w tym obszarze opublikowanych w przeszłości prac badawczych pochodzących z Polski, a rozprawa doktorska i cykl opublikowanych prac stanowią uzupełnienie tej luki.

3. Cele i hipotezy rozprawy doktorskiej – wskazanie i ocena

Celem głównym przeprowadzonych badań w ramach rozprawy doktorskiej było określenie możliwości i efektywności biodegradacji deoksyniwalenolu (DON) w paszach skontaminowanych tą mikotoksyną przy wykorzystaniu larw mącznika młynarka (*Tenebrio molitor*), z uwzględnieniem bezpieczeństwa uzyskiwanej biomasy owadziej.

Do określenia i realizacji celów badawczych sformułowano 4 hipotezy badawcze (H1 – H4) rozprawy doktorskiej, które zakładały, że:

H1: - Larwy *T. molitor*. tolerują obecność DON w paszy bez istotnego wpływu na przeżywalność i tempo wzrostu.

H2: - DON nie kumuluje się w biomasie larw w ilościach przekraczających dopuszczalne limity bezpieczeństwa dla pasz i żywności.

H3: - Detoksykacja DON w larwach *T. molitor* zachodzi wieloma szlakami biotransformacji, prowadząc do powstania mniej toksycznych metabolitów.

H4: - Proces detoksykacji DON powoduje zmiany w metabolizmie larw, w tym w profilu aminokwasowym i kwasów tłuszczowych.

W związku z tak postawionymi hipotezami określono, że celem głównym rozprawy doktorskiej będzie zbadanie możliwości i efektywności biodegradacji DON w paszach kontaminowanych tą mykotoksyną przy wykorzystaniu larw mącznika młynarka.

Następnie w ramach sprecyzowanego głównego celu badawczego wyodrębnione zostały 4 szczegółowe cele realizacyjne (C1 – C4), a mianowicie:

C1: - Ocena wpływu różnych stężeń DON w diecie na przeżywalność i przyrost masy larw *T. molitor*.

C2: - Określenie poziomu akumulacji DON w biomasie larw oraz w odchodach.

C3: - Identyfikacja metabolitów DON w larwach i charakterystyka głównych szlaków detoksykacji.

C4: - Analiza zmian w metabolizmie larw narażonych na DON, obejmująca m.in., profil aminokwasowy i profil kwasów tłuszczowych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że sformułowania dotyczące hipotez, celów do osiągnięcia oraz planowanego zakresu pracy są prawidłowe i zgodne z dalszą badawczą oraz dyskusyjną częścią rozprawy. Uzyskane wyniki w pełni potwierdzają trafność przyjętych celów badawczych oraz weryfikują wszystkie sformułowane hipotezy.

4. Ocena rozprawy doktorskiej w zakresie zastosowanych metod badawczych

W publikacjach składających się na rozprawę doktorskiej w rozdziale materiały i metody przedstawiono materiał badawczy, przebieg eksperymentu i zastosowane nowoczesne chromatograficzne metody analityczne. Obejmowały one użycie chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS) do oznaczania zawartości DON, chromatografii cieczowej ze spektrometria mas typu czas-przelotu z analizatorem kwadropulowym (LC-QTOF) do oznaczania profili metabolitów DON i wolnych aminokwasów oraz chromatografii gazowej z detekcją jonizacji płomieniowej (GC-FID) w celu określenia profili kwasów tłuszczowych. Poza tym dokonywano pomiarów hodowlanych, które dotyczyły rozwoju i przeżywalności larw, a więc parametrów bardzo istotnych z punktu widzenia przebiegu eksperymentu. Na podstawie zebranych danych z pomiarów hodowlanych i analiz chromatograficznych przeprowadzono całościową interpretację otrzymanych wyników, a następnie sformułowano wnioski i zweryfikowano hipotezy badawcze. Zastosowanie takiego podejścia umożliwiło realizację wskazanych wcześniej w recenzji celów rozprawy doktorskiej przy jednoczesnym zapewnieniu wiarygodności i rzetelności uzyskiwanych wyników.

5. Ocena cyklu publikacyjnego rozprawy doktorskiej w części dotyczącej omówienia wyników badań i cytowanego piśmiennictwa

W pierwszej publikacji (P1) oceniano wpływ różnych stężeń DON w diecie na przeżywalność i przyrosty masy larw *T. molitor* oraz akumulację DON w biomasie larw mącznika oraz w powstałych odchodach. Wykonywano pomiary masy larw, zliczano ilości poczwarek, osobników dorosłych oraz martwych, a także określano poziom bioakumulacji DON w biomasie larw *T. molitor* oraz w odchodach przy użyciu wysoko specjalistycznej metody analitycznej, a mianowicie wysokosprawnej chromatografii cieczowej sprzężonej z tandemową spektrometrią mas (LC-MS/MS). W eksperymencie wykazano, że deoksyniwalenol niezależnie od poziomu fortyfikacji paszy, nie miał istotnego wpływu na przeżywalność i wzost larw, jak również nie akumulował się w biomasie larw i był wydalany wraz z odchodami.

W drugiej publikacji (P2) prowadzono badania identyfikacyjne metabolitów DON w larwach w połączeniu z charakterystyką głównych szlaków detoksykacji, które obejmowały także analizę zmian w metabolizmie larw narażonych na oddziaływanie DON w zakresie profilu aminokwasowego i profilu kwasów tłuszczowych. Wykorzystując chromatografię cieczową ze spektrometrią mas typu czas-przelotu z analizatorem kwadropulowym (LC-QTOF) przeprowadzono identyfikację i oznaczanie profilu metabolitów DON oraz analizę profilu wolnych aminokwasów w biomasie larw z użyciem LC-QTOF. Natomiast analizę profilu kwasów tłuszczowych w larwach wykonywano z wykorzystaniem chromatografii gazowej sprzężonej z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (GC-FID). Wykazano wielościeżkową biotransformację DON w organizmach larw, powstawanie metabolitów będących wynikiem zarówno reakcji koniugacji jak i redukcji, które prowadziły do powstania mniej toksycznych form tj.: DON -sulfonian, DON-3-glukoronid, DON-3-siarczan, DON-3-glukozyd oraz deepoksy-DON.

Na podstawie zebranych danych z pomiarów hodowlanych i analiz laboratoryjnych przeprowadzono kompleksową interpretację wyników. Zebrane informacje pozwoliły na sformułowanie wniosków i zweryfikowanie hipotez badawczych. Analizy statystyczne przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Statistica 13.3., co pozwoliło na uwiarygodnienie wyników badań i wysnucie wniosków.

Oceniając dyskusję wyników w odniesieniu do prac cyklu publikacyjnego należy podkreślić, że zostały one opracowane z wykorzystaniem obszernego, aktualnego i umiejętnie cytowanego piśmiennictwa naukowego, co świadczy o dobrym przygotowaniu teoretycznym Doktoranta. Prezentowaną dyskusję własnych rezultatów badań z danymi innych autorów oceniam jako wartościowe i wnoszące szereg istotnych danych do nauki krajowej. Podkreślić należy bogaty materiał dokumentacyjny prezentowanych wyników badań, na który składają się liczne tabele i rysunki zamieszczone w tekstach publikacji.

Podsumowując, uzyskane przez Doktoranta wyniki potwierdzają, że *T. molitor* może być skutecznym narzędziem biokonwersji i detoksykacji pasz zanieczyszczonych deoksyniwalenolem, przy jednoczesnym zachowaniu bezpieczeństwa biomasy przeznaczonej

na cele paszowe. Ponadto wykazano, że proces ten nie jest neutralny metabolicznie, co wymaga uwzględnienia w ocenie jakości odżywczej uzyskiwanej biomasy owadziej. Wyniki badań stanowią podstawę do opracowania technologii wykorzystania owadów w systemach zrównoważonej produkcji pasz, wpisując się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym i bezpieczeństwa żywnościowego. Dodatkowo, opracowana koncepcja umożliwia zagospodarowanie pasz niskiej jakości oraz materiałów zanieczyszczonych mykotoksynami, które dotychczas były wyłączane z obrotu jako niebezpieczne, przekształcając je w wartościowe źródło białka i tłuszczu owadziego dla przemysłu paszowego.

6. Ocena rozprawy doktorskiej w zakresie oryginalności rozwiązania problemu naukowego

Doktorant wykonał nowatorskie badania dotyczące poznania przemian metabolicznych DON w organizmie larw owadzich mające na względzie bezpieczeństwo wytwarzanej biomasy owadziej pod kątem wykorzystania jako metody przetwarzania mało przydatnych i niebezpiecznych paszowych materiałów roślinnych do produkcji bezpiecznego i wartościowego owadziego białka paszowego. Na szczególne podkreślenie zasługuje wykonanie bardzo szczegółowej i kompleksowej oceny możliwości wykorzystania larw mącznika młynarka (*T. molitor*) do biokonwersji pasz zanieczyszczonych DON oraz poznanie mechanizmów detoksykacji tej mykotoksyny. Oznacza to, że recenzowana rozprawa doktorska wnosi nowe elementy do naukowego dorobku międzynarodowego. Ponadto na podkreślenie zasługuje fakt, że nikt wcześniej tego rodzaju badań w naszym kraju dotychczas nie prowadził.

W związku z powyższym pozwala to na stwierdzenie, że oceniana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w zakresie możliwości wykorzystania hodowli larw *T. molitoris* jako środka biologicznego do uzdatniania na drodze detoksykacji roślinnych materiałów paszowych zanieczyszczonych DON, które mogą być bezpiecznie przetworzone, a następnie jako biomasa owadzia spożytkowane w żywieniu zwierząt. Jednocześnie wykazano, że proces ten nie jest neutralny metabolicznie, co wymaga uwzględnienia w ocenie wartości odżywczej uzyskanej biomasy larw.

7. Aspekty praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań w sferze gospodarczej

Recenzowana rozprawa doktorska ma nie tylko charakter naukowo-badawczy, ale również posiada również cechy pracy wdrożeniowej. Wyniki badań stanowią dobrą podstawę do opracowania technologii wykorzystania owadów w systemach zrównoważonej produkcji pasz, wpisując się w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym i bezpieczeństwa żywnościowego. Dodatkowo, opracowana koncepcja umożliwia zagospodarowanie roślinnych materiałów paszowych o obniżonej jakości, zanieczyszczonych mykotoksynami, które dotychczas były uznawane za nieużyteczne odpady, przekształcając je w wartościowe źródło białka i tłuszczu owadziego do wykorzystania w produkcji pasz. Rezultatem prac badawczych i uzyskanych wyników było zgłoszenie wniosku patentowego, zatytułowanego *„Sposób wytwarzania owadziej biomasy paszowej na bazie pasz skażonych mikotoksynami”* (zgłoszenie

nr P.452947, Urząd Patentowy RP, 18.08.2025). Fakt ten podkreśla także praktyczny charakter projektu realizowanego w ramach doktoratu wdrożeniowego i jego potencjał aplikacyjny w sektorze paszowym.

8. Ocena rozprawy doktorskiej w zakresie umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz prezentacji ogólnej wiedzy teoretycznej Doktoranta w dziedzinie Nauki Weterynaryjne Dyscyplinie Weterynaria

Przedmiotowa rozprawa stanowi oryginalny dorobek, w którym Doktorant ma dominujący, cechujący się dużą samodzielnością udział w opracowaniu koncepcji badań oraz zdefiniowaniu głównych celów i zakresu zrealizowanych badań jednocześnie współpracując z wieloma współautorami. Wykazał się umiejętnością wykorzystania biologicznego materiału badawczego i wielu nowoczesnych chromatograficznych metod badawczych, a następnie dokonał interpretacji uzyskanych wyników oraz przeprowadził dyskusję z danymi innych badaczy co wskazuje na posiadanie dużego zasobu wiedzy teoretycznej oraz umiejętności do samodzielnej analizy naukowej. Opracowanie graficzne, tabele i rysunki także przemawiają za profesjonalnym podejściem, zapewniając czytelność i przejrzystość uzyskanych rezultatów. Ponadto przygotowywanie manuskryptu, redakcja prac, uczestnictwo w korektach autorskich aż do ostatecznego zatwierdzenia z sukcesem 2 publikacji jako pierwszy Autor świadczy o dobrym przygotowaniu do samodzielnej pracy naukowej. Właściwie zaplanowane, dobrze wykonane oraz udokumentowane wyniki przeprowadzonych badań przemawiają za dużym doświadczeniem, rzetelnością danych, systematycznością i dobrym opanowaniem warsztatu badawczego przez Doktoranta. Uzyskane wyniki badań w pełni odpowiadają założonym celom pracy, są oryginalne i wnoszą istotną wiedzę w dziedzinie Nauki Weterynaryjne Dyscyplinie Weterynaria.

Z „niewdzięcznego" przywileju i obowiązku Recenzenta chciałbym przedstawić w formie dyskusyjnej dwie uwagi, a mianowicie:

- tytuł rozprawy w języku polskim (angielskim) zawiera określenie „materiały paszowe" (feed materials) podczas gdy w pracach cyklu publikacyjnego jest mowa o paszy (feed) lub diecie (diet). W części opisowej rozprawy oraz w pracach cyklu publikacyjnego też jest odniesienie do pasz, a nie do materiału paszowego. W publikacjach podano skład podstawowy trzech pasz eksperymentalnych natomiast brakuje określenia jakie rodzaje materiałów paszowych zostały użyte do sporządzania przedmiotowych pasz;
- dyskusyjna jest polska pisownia słowa: mikotoksyna czy mykotoksyna. W opinii Recenzenta bardziej poprawnym i aktualnie stosowanym terminem jest „mykotoksyny", natomiast „mikotoksyny" to starsze określenie tych samych toksyn wytwarzanych przez grzyby pleśniowe.

Przytoczone powyżej uwagi o charakterze porządkowym, wyjaśniającym czy może polemicznym, które w związku z faktem, że prace stanowiące rozprawę doktorską zostały już wydrukowane, nie mają większego znaczenia i nie umniejszają wartości recenzowanej rozprawy, a także nie mają wpływu na jej pozytywną ocenę.

9. Wnioski końcowe

Doktorant wykazał się wysoką umiejętnością formułowania i rozwiązywania istotnego problemu naukowo-badawczego, uzyskał oryginalne i wartościowe wyniki oraz zaprezentował bardzo dobrą znajomość problematyki prowadzonych badań i analiz. Osiągnięcie nakreślonych celów stanowi dowód umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych i rozwiązywania problemów w zakresie bezpieczeństwa pasz.

W podsumowaniu mogę więc stwierdzić, że recenzowana rozprawa doktorska mgr Marcina Grzegorza Wróbla pt. „Ocena możliwości i efektywności biodegradacji deoksyniwalenolu w materiałach paszowych zastosowanych w procesie produkcji biomasy mącznika młynarka" jest oryginalnym dorobkiem Autora i spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024, poz. 1571, z późn. zm., w tym Dz.U. 2025 poz. 1662; dalej zwana „ustawą").

W oparciu o przedstawioną powyżej pozytywną opinię, przedkładam Radzie Naukowej Dyscypliny Weterynaria Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie – wniosek o dopuszczenie mgr Marcina Grzegorza Wróbla do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Biorąc pod uwagę oryginalność wykonanej pracy o charakterze naukowo-badawczym i wdrożeniowym, zastosowany szeroki wachlarz chromatograficznych metod badawczych, wysoką wartość naukową i wdrożeniową uzyskanych wyników badań wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej stosowną nagrodą.

K. Kwiatek

Prof. dr hab. Krzysztof Kwiatek