



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 28
60-637 Poznań
tel. +48 61 848 70 01
e-mail: rektorat@up.poznan.pl

WYDZIAŁ ROLNICTWA,
OGRODNICTWA
I BIOTECHNOLOGII
Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii

Poznań, 08.09.2025

prof. dr hab. inż. Alicja Niewiadomska
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Katedra Gleboznawstwa i Mikrobiologii
ul. Szydlowska 50
60-656 Poznań

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej

mgr inż. Wiktorii Maj

pt. „ROLA WŁAŚCIWOŚCI METABOLICZNYCH, MORFOLOGICZNYCH I GENETYCZNYCH GRZYBÓW *NEOSARTORYA* SPP. (*ASPERGILLUS* SPP.) W KSZTAŁTOWANIU ICH ODPORNOŚCI NA ZWIĄZKI KONSERWUJĄCE, CHEMICZNE ORAZ NATURALNE EKSTRAKTY ROŚLINNE”.

1. Podstawa opracowania recenzji

Rozprawa doktorska mgr inż. Wiktorii Maj wykonana została w Zakładzie Badań Systemu Gleba – Roślina, w Instytucie Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego, Państwowej Akademii Nauk w Lublinie, pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Magdaleny Frąc i promotora pomocniczego dr Giorgii Pertile. Recenzję wykonano w związku z podjętą uchwałą Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN w Lublinie z dnia 11 lipca 2025 roku, sygnowaną przez Przewodniczącego w/w Rady prof. dr hab. Wiesława Oleszka, czł. koresp. PAN, powołującą na funkcję recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Wiktorii Maj oraz umowy na wykonanie recenzji z dnia 15 lipca 2025 roku, podpisanej przez Dyrektora Instytutu Agrofizyki prof. dr hab. Cezarego Sławińskiego, czł. koresp. PAN

2. Ogólna charakterystyka – zasadność podjęcia tematu

Uznaje się, że grzyby *Neosartorya* spp. należące do pleśni, reprezentują jedynie formy teleomorficzne niektórych gatunków *Aspergillus*, które wytwarzają odporne na działanie wysokiej temperatury struktury – zarodniki workowe (askospory). Są one w stanie przetrwać 75°C, 80°C, 95°C, a nawet 100°C przez kilka minut, a zaczynają kiełkować po ekspozycji na temperaturę 60-65°C. Te właściwości powodują, że grzyby te mogą utrzymywać się przy życiu po procesie pasteryzacji, co sprawia, że zanieczyszczone surowce rolnicze mogą być źródłem kontaminacji przetworzonych produktów owocowych. W warunkach naturalnych wskazane wyżej grzyby występują w glebie i resztkach roślinnych, ale opisane w literaturze występowanie *Neosartorya* spp. związane

jest również z owocami, głównie truskawkami (które są materiałem badań w przedstawionej dysertacji), winogronem i jabłkami, a także sokami i przetworami owocowymi, warzywami, liniami produkcyjnymi i opakowaniami.

Należy zwrócić uwagę, że sektor owoców miękkich, a w szczególności produkcja truskawek, pełni bardzo ważną rolę w światowej produkcji rolniczej i ogrodniczej. Polska należy do czołowych producentów truskawek w Unii Europejskiej, zajmując drugie miejsce, po Hiszpanii. Według danych Krajowego Ośrodka Wsparcia Rolnictwa, w 2024 r. produkcja tych owoców wyniosła 159 tyś. ton. Ze względu na wysokie walory smakowe, bogactwo składników odżywczych oraz szerokie zastosowanie w przetwórstwie, owoce te stanowią kluczowy element krajowego sektora rolno-spożywczego. **Jednak znaczna podatność truskawek na zakażenia mikrobiologiczne stanowi poważne wyzwanie i zagrożenie zarówno dla producentów, jak i konsumentów.** Szczególne ryzyko w tym kontekście stwarzają między innymi wskazane wyżej grzyby z rodzaju *Neosartorya* spp., charakteryzujące się wyjątkową odpornością na niekorzystne czynniki środowiskowe, w tym wysoką temperaturę oraz obecność środków konserwujących. **Stąd też badania pleśni ciepłoopornych, które mogą znaleźć się w uprawach, rozpatrywane w kontekście bezpieczeństwa i jakości surowców rolniczych, przyczyniające się do strat ekonomicznych, jak i zagrożenia dla zdrowia konsumentów z powodu wytwarzania niebezpiecznych mykotoksyn, są jak najbardziej zasadne i istotne dla dziedziny rolnictwa, dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo.** Należy podkreślić, że w ostatnich latach obserwowany jest wzrost występowania zakażeń grzybiczych, związany ze zmieniającymi się warunkami klimatycznymi oraz wytworzeniem oporności grzybów na fungicydy, ze względu na ich nadmierne stosowanie w rolnictwie. Istotną kwestią podkreślaną podczas studiowania literatury jest fakt, że grzyby *Neosartorya* spp. wykazują niewielką wrażliwość na związki chemiczne, co sprawia, że trudno je kontrolować. Dotychczas w literaturze dostępne są jedynie fragmentaryczne informacje dotyczące wrażliwości grzybów z rodzaju *Neosartorya* na działanie konserwantów i ekstraktów roślinnych, w tym kwasu cytrynowego i winowego, które powodują destrukcję askospor, oraz sorbinianu potasu i benzoesanu sodu, hamujących rozwój tych grzybów. Brakuje również danych opisujących zmiany metaboliczne i morfologiczne grzybów z rodzaju *Neosartorya* pod wpływem działania związków chemicznych, konserwantów i ekstraktów roślinnych. **Stąd przedstawione przez Doktorantkę w dysertacji wyniki badań, zwiększające dostępną wiedzę na temat roli właściwości metabolicznych, genetycznych i morfologicznych w kształtowaniu wrażliwości grzybów z rodzaju *Neosartorya* na wybrane konserwanty i ekstrakty roślinne są bardzo ważne i uzasadnione.** Innym ważnym aspektem wynikającym z przeprowadzonych badań przez Doktorantkę jest uzyskanie wiedzy na temat genomu i transkryptomu grzybów z rodzaju *Neosartorya*, różniących się wrażliwością na zastosowane wybrane konserwanty i ekstrakty roślinne oraz zmian metataksonomicznych owoców truskawek kontaminowanych tymi mikroorganizmami w rzeczywistych warunkach przechowywania produktów. Tak obszerne wyniki innowacyjnych badań oraz zgromadzona wiedza, pozwalająca na kontrolowanie grzybów z rodzaju *Neosartorya* w rolnictwie i przemyśle rolno-spożywczym, zwłaszcza w przetwórstwie owoców, w dłuższej perspektywie mają istotne znaczenie i wpisują się w dziedzinę nauk rolniczych, dyscyplinę rolnictwa i ogrodnictwa.

3. Formalna ocena rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska została przygotowana w formie opracowania naukowego, składającego się z cyklu trzech artykułów powiązanych z tematem dysertacji, którymi są:

P.1: **Maj, W.**, Pertile, G., Frąc, M. 2023. Soil-Borne *Neosartorya* spp.: A Heat-Resistant Fungal Threat to Horticulture and Food Production –An Important Component of the Root-Associated Microbial Community. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1543. <https://doi.org/10.3390/ijms24021543> (MNiSzW 140pkt, IF₂₀₂₃=4.9)

P.2: **Maj, W.**, Pertile, G., Różalska, S., Skic, K., Frąc, M. 2024. Comprehensive antifungal investigation of natural plant extracts against *Neosartorya* spp. (*Aspergillus* spp.) of agriculturally significant microbiological contaminants and shaping their metabolic profile. *Scientific Reports*, 14, 8399. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58791-4> (MNiSzW 140pkt, IF₂₀₂₃=3,8)

P3. **Maj, W.**, Pertile, G., Różalska, S., Skic, K., Frąc, M. 2024. The role of food preservatives in shaping metabolic profile and chemical sensitivity of fungi-an extensive study on crucial mycological food contaminants from the genus *Neosartorya* (*Aspergillus* spp.). *Food Chemistry*, 453, 139583. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139583> (MNiSzW 200pkt, IF₂₀₂₃= 8,5)

Uzupełnieniem wyników badań wyżej wskazanych prac są dodatkowo przygotowane dwie nieopublikowane publikacje:

P4: **Maj, W.**, Pertile, G., Panek, J., Różalska, S., Skic, K., Kozub-Pędrak, A., Wielgosz, A., Fornal, E., Frąc, M., Genome-Wide Analysis, Metabolomic Profiling and Microscopic Evaluation of *Neosartorya* spp. (*Aspergillus* spp.) Diversity and Adaptations to Natural and Synthetic Antimicrobials.

P5: **Maj, W.**, Pertile, G., Panek, J., Frąc, M., Antifungal Agents Alter Strawberry Microbial and Metabolic Profiles During *Neosartorya* spp. (*Aspergillus* spp.) Contamination.

W publikacji P4 przedstawione rezultaty badań w wyniku zastosowania nowoczesnych metod, pozwoliły na dokonanie kompleksowej oceny mechanizmów odporności *Neosartorya* spp., obejmując odpowiednio analizę genomów oraz odpowiedzi metabolicznych i morfologicznych na działanie naturalnych ekstraktów roślinnych i konserwantów żywności. Kolejnym uzupełnieniem są wyniki zawarte w publikacji P5, które wskazują, że badany naturalny ekstrakt roślinny (ekstrakt z nagietka) oraz konserwant żywności (pirosiarczyn sodu) wpływały różnicująco na zbiorowiska bakterii i grzybów w owocach truskawki, przy czym zbiorowiska grzybów wykazywały większą wrażliwość na testowane środki. Przeprowadzone badania wykazały, że efekt działania zależał nie tylko od zastosowanego środka (ekstrakt roślinny, konserwant), ale także cech

czynnika zanieczyszczenia mikrobiologicznego (izolaty grzybów z rodzaju *Neosartorya* o różnej wrażliwości na ekstrakty roślinne i konserwanty).

Podkreślić należy, że zaprezentowane w przedstawionej do recenzji dysertacji badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu PRELUDIUM BIS 2 (nr. umowy 2020/39/O/NZ9/03421), tytuł projektu: „ROLA WŁAŚCIWOŚCI METABOLICZNYCH, MORFOLOGICZNYCH I GENETYCZNYCH GRZYBÓW NEOSARTORYA SPP. W KSZTAŁTOWANIU ICH ODPORNOŚCI NA ZWIĄZKI KONSERWUJĄCE, CHEMICZNE ORAZ NATURALNE EKSTRAKTY ROŚLINNE” oraz przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej w ramach NAWA PRELUDIUM BIS 2 (nr. umowy BPN/PRE/2022/1/00083/U/00001)

Wszystkie artykuły stanowiące podstawę osiągnięcia naukowego, opublikowano w czasopismach o zasięgu międzynarodowym takich jak: International Journal of Molecular Sciences, Scientific Reports i Food Chemistry.

Parametry naukometryczne przedstawionego przez Panią mgr inż. Wiktorię Maj osiągnięcia naukowego są bardzo wysokie. Łączny sumarycznym Impact Factor wynosi 17,2, a liczba punktów wg wykazu MEiSzW równa się 480 (zgodnie z rokiem wydania). Na uwagę zasługuje fakt, że mgr inż. Wiktoria Maj we wszystkich publikacjach naukowych jest pierwszym autorem. Z załączonych oświadczeń dotyczących współautorstwa wynika, że indywidulany wkład Doktorantki w powstanie prac był bardzo znaczący. W trakcie przygotowywania prac naukowych brała udział w: opracowywaniu koncepcji manuskryptu, szczegółowej analizie danych literaturowych, przygotowaniu graficznym wyników (tabele i wykresy), projektowaniu i wykonaniu eksperymentów, opracowaniu wyników badań statystycznych, jak również napisaniu manuskryptów, a także ustosunkowaniu się do uwag recenzentów. Publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej objęto prawidłowo sformułowanym tytułem „ROLA WŁAŚCIWOŚCI METABOLICZNYCH, MORFOLOGICZNYCH I GENETYCZNYCH GRZYBÓW *NEOSARTORYA* SPP. (*ASPERGILLUS* SPP.) W KSZTAŁTOWANIU ICH ODPORNOŚCI NA ZWIĄZKI KONSERWUJĄCE, CHEMICZNE ORAZ NATURALNE EKSTRAKTY ROŚLINNE” i przedstawiono w postaci 400 - stronicowego opracowania, obejmującego 9 rozdziałów, zaprezentowanych w następującej kolejności: Wprowadzenie, Hipotezy badawcze i cel rozprawy doktorskiej, Materiały i metody, Omówienie wyników publikacji oraz badań uzupełniających. Kolejne rozdziały stanowią: Podsumowanie i wnioski, Bibliografia, następnie załączono kopie prac wchodzących w skład osiągnięcia oraz oświadczenia dotyczące wkładu w przygotowanie opublikowanych prac naukowych. Ponadto na początku opracowania zamieszczono oświadczenie promotora rozprawy doktorskiej, dotyczące spełniania warunków dysertacji do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego, streszczenie w języku polskim i angielskim. Natomiast na jego końcu załączono „Życiorys naukowy” Doktorantki, z którego dowiadujemy się, że mgr inż. Wiktoria Maj była wykonawcą w dwóch projektach badawczych. Ponadto była uczestniczką w Projekcie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz wolontariuszką w Projekcie pt. „Ochrona czynna aldrowandy pęcherzykowatej (*Aldrovanda vesiculosa*) na terenie Lubelszczyzny”, Wydziału Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu - Zakładu Roślin Ozdobnych i Dendrologii, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Pani mgr inż. Wiktoria Maj odbyła dwa staże w krajowych Instytucjach Naukowych oraz jeden staż w Japonii

w Medical Mycological Research Center of Chiba University. Ponadto Doktorantka od 2019 roku do 2024 była ośmiokrotnie nagradzana i wyróżniona podczas różnych wydarzeń naukowych. W dorobku naukowym na podkreślenie zasługuje także Jej znaczna aktywność na konferencjach międzynarodowych i krajowych potwierdzona liczbą wystąpień (odpowiednio 5 i 6), a także prezentacją posterów (4 konferencje międzynarodowe i 9 konferencji krajowych).

Stwierdzam, że układ przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej nie budzi zastrzeżeń pod względem formalnym. **Została ona przygotowana bardzo starannie i precyzyjnie oraz charakteryzuje się czytelną strukturą oraz atrakcyjną szatą graficzną.**

4. Merytoryczna ocena pracy

W przedłożonej dysertacji Autorka porusza niezwykle istotną z punktu widzenia rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego, a w dalszej perspektywie także zdrowia konsumentów tematykę dotyczącą oddziaływania na grzyby z rodzaju *Neosartorya*, wybranych, 7 naturalnych ekstraktów roślinnych (tj. suchy ekstrakt z nagietka i lawendy oraz olejki eteryczne: eukaliptusowy, lawendowy, rozmarynowy, goździkowy, drzewa herbacianego) i 4 konserwantów chemicznych (pirosiarczyn sodu, sorbinian potasu, wodorosiarczyny sodu i kwas sorbowy). Zaproponowane przez Doktorantkę substancje mogą znaleźć zastosowanie w rolnictwie jako aktywne substancje aplikowane w kontrolowaniu występowania grzybów z rodzaju *Neosartorya* w uprawach roślin, ograniczając tym samym zagrożenia związane z zakażeniami w/w grzybami, do których należą: psucie produktów, przyczyniające się do znacznych strat ekonomicznych oraz wytwarzanie mykotosyn (fumitremorgina C, werrukulogen, aflatoksyna czy gliotoksyn), mogących wykazywać działanie immunosupresyjne i cytotoksyczne, przyczyniając się do destrukcyjnego funkcjonowania organizmów wyższych (np. ptaków i ssaków). **Przedstawione wyniki badań są bardzo istotne w kontekście najnowszych założeń Unii Europejskiej, prezentowanych w ramach Europejskiego Zielonego Ładu i Strategii na rzecz Bioróżnorodności do 2030 roku, które zakładają zwiększenie upraw ekologicznych oraz zmniejszenia chemizacji rolnictwa.**

W pierwszym rozdziale opracowania, które stanowi 17 – stronicowe „Wprowadzenie”, podzielone na 5 podrozdziałów, Doktoranta początkowo porusza tematykę dotyczącą produkcji owoców w Polsce i Unii Europejskiej ich skalę, trendy i regulacje środowiskowe, następnie wskazuje na zagrożenia wynikające z mikrobiologicznego skażenia owoców. Mgr inż. Wiktoria Maj opisuje metody ochrony owoców przed psuciem mikrobiologicznym uwzględniając skuteczność i kierunki badań. Bardzo szeroko przybliży czytelnikowi grzyby z rodzaju *Nosartorya* (*Aspergillus*), jako czynnik m.in. psucia żywności, ale także istotnego zagrożenia dla konsumenta. Całość zamyka podrozdział, w którym Doktorantka obszernie prezentuje strategie badawcze w analizie odpowiedzi grzybów *Neosartorya* spp. na stres środowiskowy wskazując, że połączenie metod tradycyjnych i nowoczesnych, w tym metod mikroskopowych, omiczych oraz biologii funkcjonalnej umożliwia kompleksowe zrozumienie strategii przystosowawczych mikroorganizmów i ich interakcji z otoczeniem. Podkreśla, że uzyskane w ten sposób dane mogą przyczynić się do opracowania skuteczniejszych strategii kontroli grzybów w środowisku żywnościowym oraz minimalizacji strat wynikających z ich odporności na czynniki konserwujące. Należy podkreślić, że

informacje zawarte w tej części dysertacji, szczegółowo zostały przedstawione w publikacji (P1) wchodzącej w skład osiągnięcia

Układ treści w rozdziale uważam za bardzo logiczny, a poszczególne zagadnienia ułożone są w prawidłowej kolejności. **Jest to część interesująca i zajmująca. Doktorantka właściwie omówiła problematykę podjętych badań i bardzo trafnie przybliżyła znaczenie podjętego problemu badawczego oraz dobrze wprowadziła odbiorcę w zagadnienia przedstawione w dysertacji.**

Drugi 3 stronicowy rozdział dysertacji przedstawia jasno i precyzyjnie sformułowaną główną hipotezę badawczą, dziewięć szczegółowych hipotez oraz cel główny rozprawy doktorskiej i pięć szczegółowych celów badawczych, zmierzających do określenia roli właściwości metabolicznych, morfologicznych i genetycznych grzybów z rodzaju *Neosartorya* w kształtowaniu ich odporności na konserwanty, substancje chemiczne i naturalne ekstrakty roślinne, obejmując również testy *in vivo* nad wpływem tych czynników na profil metaboliczny i mikrobiom owoców truskawki.

Doktorantka przez dobrze postawione cele szczegółowe, a następnie odpowiednio dobrane metody badawcze (przedstawione na 11 stronach dysertacji) dąży m.in. do zweryfikowania wrażliwości w pierwszym etapie 20 izolatów *Neosartorya* spp. na różne stężenia naturalnych ekstraktów roślinnych (tj. suchy ekstrakt z nagietka i lawendy oraz olejki eteryczne: lawendowy, rozmarynowy, goździkowy, drzewa herbacianego) i syntetycznych środków konserwujących (pirosiarczyny sodu, sorbinian potasu, wodorosiarczyny sodu i kwas sorbowy) - metodą dyfuzyjno-krażkową (P2 i P3). Następnie dla 10 wybranych izolatów w ramach pierwszego etapu badania, Doktorantka dokonuje dokładniejszej walidacji wrażliwości *Neosartorya* spp. na różne stężenia zastosowanych środków z użyciem mikropłytek MT2 systemu Biolog™ (P2 i P3). W kolejnym kroku, Autorka dysertacji realizując cele szczegółowe, sięga w badaniach po test mikromacierzy fenotypowych z wykorzystaniem mikropłytek Biolog™ FF, który umożliwia jej scharakteryzować potencjał metaboliczny wybranych izolatów *Neosartorya* spp. w warunkach optymalnego wzrostu oraz po ekspozycji na wybrane ekstrakty roślinne i konserwanty żywności (P2 i P3). Z kolei zastosowanie mikropłytek PM 21–25 z wykorzystaniem systemu Biolog™ pozwalają określić Doktorantce wrażliwość chemiczną badanych grzybów, analizując reakcje metaboliczne na 120 związkach chemicznych (P3). W realizacji kolejnego celu szczegółowego z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM – Scanning Electron Microscopy) oraz konfokalnej mikroskopii fluorescencyjnej, Autorka dokonuje oceny fenotypowej odpowiedzi izolatów *Neosartorya* spp. już tylko na wybrane środki przeciwgrzybicze (nagietka jako potencjalnej alternatywy dla chemicznych konserwantów oraz pirosiarczyny sodu), w kontekście ich potencjalnych mechanizmów przystosowawczych i podatności na działanie ekstraktów roślinnych oraz konserwantów żywności, istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa żywności (P4). Badania te mgr inż. Wiktoria Maj dodatkowo uzupełnia o niecelowaną analizę metabolomiczną metodą LC-QTOF MS w celu charakterystyki profili metabolicznych wybranych 5 izolatów grzybów pod wpływem działania substancji o właściwościach antymikrobiologicznych. Ponadto w ramach tych badań, realizując kolejny cel szczegółowy wybiera analizę genomową metodą sekwencjonowania całogenomowego (WGS – Whole Genome Sequencing), pozwalającą na identyfikację genów potencjalnie związanych z termotolerancją, detoksykacją związków chemicznych oraz syntezą metabolitów wtórnych. Ostatni cel szczegółowy Doktorantka realizuje w warunkach rzeczywistych przez kontaminację

owoców truskawki wybranymi izolatami *Neosartorya* spp, gdzie określa ich odporność na wybrane konserwanty i ekstrakty roślinne (P5), poprzez analizę profilu metabolicznego używając mikroplatek EcoPlates (Biolog™) i badanie mikrobiomu owoców przechowywanych w warunkach chłodniczych stosując metodą sekwencjonowania następnej generacji (NGS – Next Generation Sequencing)

Uważam, że sposób sformułowania, a następnie walidacji założeń nie budzi żadnych zastrzeżeń i świadczy o dużej dojrzałości naukowej Autorki dysertacji, która w sposób świadomy i przemyślany, krok po kroku realizowała postawione szczegółowe cele badawcze.

Na uznanie zasługuje złożony, na bardzo wysokim poziomie naukowym warsztat badawczy Doktorantki, który został powyżej przeze mnie przedstawiony przy opisie realizacji celów szczegółowych. Zastosowana metodyka badań jest adekwatna do realizacji postawionych celów szczegółowych i kompatybilna z wynikami zaprezentowanymi w artykułach stanowiących osiągnięcie naukowe. Doktorantka wykorzystuje standardowe metody mikrobiologiczne tj. np. metoda dyfuzyjno-krażkowa, ale na wyróżnienie zasługuje w przedstawionej dysertacji opanowanie i zastosowanie przez Nią nowoczesnych, zaawansowanych technik biologii molekularnej, pozwalających na uzyskanie bardzo dobrych i wiarygodnych rezultatów badań. Wykorzystanie przez Doktorantkę takiego warsztatu badawczego wskazuje na Jej bardzo dobre przygotowanie metodyczne do dalszej pracy naukowej, nie tylko w zespołach krajowych, ale także międzynarodowych.

Po zapoznaniu się z tą częścią metodyczną dysertacji nasuwają mi się pytania.

1. W rozdziale materiały i metody, w przedłożonym do recenzji opracowaniu, wspomina Pani o użyciu olejku eukaliptusowego (str. 35) obok wszystkich innych, które były zastosowane. W pracach opublikowanych także wymienia Pani ten olejek w materiałach i metodach (P2). Nie widzę jednak wyników dla wskazanej substancji. Proszę o krótki komentarz.
2. Czy oprócz badanych w recenzowanej dysertacji naturalnych ekstraktów roślinnych mogłaby Pani wskazać inne, które mogłyby być potencjalnie zastosowane do ograniczenia rozwoju badanych przez Panią patogenów? A może już były przebadane takie ekstrakty i dlatego Pani ich nie ujęła w swoich badaniach?
3. W testach inhibicji metodą dyfuzyjno-krażkową stosowała Pani ekstrakty roślinne rozcieńczane do stężeń: 1000, 250, 150, 100, 50 i 5 $\mu\text{g mL}^{-1}$, a konserwanty żywności rozpuszczano w wodzie do stężeń 6.25 mg mL^{-1} , 12.5 mg mL^{-1} , 25 mg mL^{-1} , 50 mg mL^{-1} , 75 mg mL^{-1} i 100 mg mL^{-1} . Czy może mi Pani powiedzieć czym Pani się kierowała wybierając takie stężenia? To samo dotyczy wyboru zredukowanej liczby rozcieńczeń w przypadku przeprowadzanych testów inhibicji z użyciem mikroplatek MT2.

W kolejnym rozdziale „Omówienie wyników publikacji oraz badań uzupełniających”, mgr inż. Wiktoria Maj w sposób syntetyczny opisała rezultaty badań przedstawione w poszczególnych publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia naukowego (P2 i P3), ale także badań uzupełniających przedstawionych w publikacjach P4 i P5, odnosząc się do osiągnięć innych badaczy. **Jest to część dysertacji napisana**

w sposób zrozumiały, odpowiednio podzielona, co pozwoliło na uzyskanie istotnych informacji dotyczących wyników badań.

Stwierdzam, że Doktorantka w ramach przeprowadzonych obszernych badań dokonała charakterystyki grzybów z rodzaju *Neosartorya*, koncentrując się w szczególności na rozpoznaniu ich potencjalnych mechanizmów oporności i zdolności przetrwania w warunkach zbliżonych do stosowanych w praktyce przechowalniczej. Przeprowadzone badania pozwoliły Pani mgr inż. Wiktorii Maj na kompleksowe określenie morfologii, zdolności metabolicznych, a także scharakteryzowania genomu i wrażliwości na ekstrakty roślinne, konserwanty żywności i związki chemiczne izolatów grzybów z rodzaju *Neosartorya* wyizolowanych uprzednio z gleby i owoców truskawki. Uwzględniła Ona, zarówno właściwości fenotypowe, jak i różnorodne odpowiedzi izolatów na działanie związków konserwujących oraz wybranych ekstraktów roślinnych. W toku prowadzonych eksperymentów zaobserwowała istotne zróżnicowanie izolatów blisko spokrewnionych, które pozwoliło jej na wyróżnienie grup charakteryzujących się wzrastającą tolerancją na czynniki stresowe. Uzyskane przez Doktorantkę wyniki wskazują, że nawet blisko spokrewnione izolaty mogą wykazywać istotne różnice w zakresie fizjologii, metabolizmu i odpowiedzi na działanie wybranych związków chemicznych o właściwościach konserwujących. Jednocześnie wyjaśniła, że różnorodność ta przejawia się zarówno w zróżnicowanej gęstości mycelium, jak i w odmiennym wykorzystaniu źródeł węgla oraz oporności na ekstrakty roślinne i konserwanty. Autorka dysertacji obserwowane zmiany w strukturze mikrobiomu oraz ogólnej aktywności metabolicznej zbiorowisk mikroorganizmów w kontaminowanym grzybami *Neosartorya* spp. owocach truskawki wytłumaczyła faktem, że zastosowane zabiegi – zarówno chemiczne (konserwant żywności – pirosiarczyn sodu), jak i ekstrakty naturalne (ekstrakt z nagietka) – mogą mieć nie tylko bezpośredni wpływ na grzyby wprowadzone do owoców, ale również mogą prowadzić do reorganizacji struktury i aktywności zbiorowisk mikroorganizmów towarzyszących.

W rozdziale „Podsumowanie i wnioski” Pani mgr inż. Wiktoria Maj wskazała, że wielopoziomowa analiza obejmująca testy inhibicji, profile metaboliczne, obserwacje mikroskopowe oraz analizy genetyczne pozwoliły na kompleksowe ujęcie fenotypowej i genotypowej zmienności badanych izolatów. Podkreśliła, że integracja danych molekularnych z obserwacjami biologicznymi i ekologicznymi umożliwia lepsze zrozumienie potencjału adaptacyjnego *Neosartorya* spp., a także ocenę skuteczności wybranych strategii przeciwdziałania rozwojowi tych grzybów w owocach truskawki.

W mojej opinii uzyskane rezultaty badań przez Doktorantkę potwierdzają, że właściwości metaboliczne, morfologiczne oraz genetyczne izolatów grzybów z rodzaju *Neosartorya* mają istotny wpływ na kształtowanie ich wrażliwości na ekstrakty roślinne i konserwanty, a także na zdolność adaptacyjną do działania tych czynników, wynikającą z różnic w profilu metabolicznym i cechach morfologicznych. Zróżnicowanie tych cech warunkuje zarówno efektywność środków antymikrobiologicznych, jak i mechanizmy obronne poszczególnych izolatów, co potwierdza postawioną przez Doktorantkę główną hipotezę badawczą. Zaznaczam również, że wyniki niniejszych badań podkreślają także potencjał naturalnych substancji roślinnych jako uzupełnienia tradycyjnych metod konserwacji oraz wskazują kierunki dalszych badań nad zrównoważonymi metodami ochrony żywności.

Proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do następujących pytań:

- Czy według Pani zastosowane ewentualne ekstrakty naturalne (z goździków, rozmarynu, lawendy etc.) mogą wpłynąć na właściwości organoleptyczne, smak i zapach spożywanych truskawek jak również innych owoców? Czy istnieje takie zagrożenie wskutek długotrwałego działania tymi czynnikami, szczególnie podczas przechowywania produktów?
- Czy przyszłościowo mogą występować jakiegokolwiek ograniczenia związane z zastosowaniem naturalnych ekstraktów roślinnych działających antagonistycznie na patogeny grzybowe?

4. Wniosek końcowy

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Wiktorii Maj stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego i wnosi cenny wkład w rozwój nauk rolniczych w obrębie dyscypliny rolnictwo i ogrodnictwo.

Wskazuje ponadto na rozległą wiedzę Doktorantki nie tylko z zakresu rolnictwa, ale również biotechnologii, technologii żywności i ochrony zdrowia. W trakcie jej realizacji Pani mgr inż. Wiktoria Maj opanowała najnowsze metody, niezbędne do prowadzenia badań oraz zdobyła duże umiejętności w interpretacji i dyskusji wyników. W świetle powyższej oceny recenzowana dysertacja spełnia wszystkie warunki określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571), dlatego wnioskuję o jej dopuszczenie do kolejnych etapów postępowania doktorskiego.

Jednocześnie biorąc pod uwagę wysoką wartość merytoryczną i aplikacyjną dysertacji, jej nowatorstwo, bogaty warsztat badawczy oraz dorobek naukowy Doktorantki wnioskuję o wyróżnienie niniejszej rozprawy doktorskiej stosowną nagrodą.

prof. dr hab. inż. Alicja Niewiadomska

Poznań. 08.09.2025