



Łódź, 9.03.2026 r.

Politechnika Łódzka

Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii

Prof. dr hab. inż. Elżbieta Klewicka

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Instytut technologii Fermentacji i Mikrobiologii

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr Marceliny Natalii Karbowiak
z tytułowanej „Zastosowanie metabolitów bakterii fermentacji mlekowej (LAB)
oraz bakterii kwasu octowego (AAB) do biokonserwacji mięsa i przetworów
mięsnych”, wykonanej pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Doroty Zielińskiej,
prof. SGGW oraz promotora pomocniczego dra inż. Piotra Szymańskiego
w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie**

Dane o Kandydatce i dorobku naukowym

Pani mgr Marcelina Natalia Karbowiak tytuł zawodowy licencjata dietetyki a później magistra dietetyki uzyskała odpowiednio w 2013 i 2016 roku na Wydziale Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. W latach 2021-2025 Kandydatka do stopnia doktora kształciła się w Szkole Doktorskiej Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Na podkreślenie zasługuje bardzo duży dorobek naukowy Kandydatki: 19 artykułów naukowych w czasopismach głównie zagranicznych z listy JCR, współautorstwo 2 rozdziałów w monografiach, udział w 16 konferencjach naukowych, 5 staży krótko- i długoterminowych w tym 3 zagraniczne, 2 depozyty sekwencji nukleotydowych. Jest beneficjentką licznych nagród i wyróżnień.

Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii
90-530 Łódź ul. Wólczajska 171/173, budynek A4
tel. 42 631-34-79, w5i53@adm.p.lodz.pl
www.binoz.p.lodz.pl

Adres do korespondencji:

90-924 Łódź ul. Żeromskiego 116



Ocena formalna pracy

Z oświadczenia mgr Marceliny Natalii Karbowskiak załączonego do rozprawy doktorskiej wynika, iż Kandydatka nie ubiegała się wcześniej o stopień doktora w oparciu o przedłożoną rozprawę w dyscyplinie Technologia Żywności i Żywienia.

Przedłożona do oceny praca doktorska składa się z 4 publikacji opublikowanych w czasopismach z listy JCR – jedna praca przeglądowa typu metaanaliza oraz 3 prace oryginalne. Prace zostały opublikowane w latach 2023-2025 w czasopismach: Foods (140 pkt.), Annals of Agricultural and Environmental Medicine (100 pkt.), LWT (100 pkt.) i Foods (100 pkt.). Wymienione czasopisma są znaczącymi czasopismami dla dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia. Jest to monotematyczny zbiór publikacji, który został opatrzony tytułem „Zastosowanie metabolitów bakterii fermentacji mlekowej (LAB) oraz bakterii kwasu octowego (AAB) do biokonserwacji mięsa i przetworów mięsnych”. Dodatkowo, cykl publikacji został opatrzony opisem-komentarzem o strukturze typowej pracy naukowej zawierającej wprowadzenie literaturowe przedstawiające genezę zainteresowania Doktorantki tą tematyką, hipotezy badawcze, metodykę, omówienie wyników, dyskusję wyników, stwierdzenia i wnioski oraz literaturę. Dodatkowo Kandydatka zamieściła swój dorobek naukowy.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w aspekcie aplikacyjnym.

W przypadku publikacji wieloautorskich wchodzących w skład rozprawy doktorskiej wymagane są oświadczenia o wkładzie zaangażowanych osób. W tym przypadku wszystkie oświadczenia są jasne i jednoznacznie wynika z nich, iż Doktorantka miała wiodący wkład pracy a w szczególności w koncepcję badań, wykonanie, napisanie manuskryptu i przeprowadzenie go przez cały proces publikacyjny.

Zatem z przekonaniem mogę stwierdzić, że przedłożona do oceny przez mgr Marcelinę Natalię Karbowskiak rozprawa doktorska spełnia wymagania formalne i ustawowe.

Dobór i znaczenie tematyki

Podjęcie tematyki dotyczącej zastosowania metabolitów bakterii fermentacji mlekowej (LAB) oraz bakterii kwasu octowego (AAB) w biokonserwacji mięsa i przetworów mięsnych jest w pełni uzasadnione ze względu na rosnące znaczenie naturalnych metod utrwalania żywności oraz potrzebę ograniczania stosowania

syntetycznych dodatków o działaniu przeciwdrobnoustrojowym. Produkty mięsne należą do żywności szczególnie podatnej na psucie mikrobiologiczne, dlatego poszukiwanie alternatywnych, biologicznych strategii zapewnienia ich bezpieczeństwa ma istotne znaczenie zarówno dla nauki, jak i praktyki przemysłowej. Metabolity LAB i AAB, takie jak kwasy organiczne, bakteriocyny, nadtlenuk wodoru czy związki o właściwościach antyoksydacyjnych, wykazują udokumentowaną aktywność antagonistyczną wobec drobnoustrojów odpowiedzialnych za psucie mięsa oraz zagrożenia mikrobiologiczne. Wykorzystanie ich w formie biopreparatów wpisuje się w aktualne kierunki badań z zakresu biotechnologii żywności, technologii fermentacyjnych i mikrobiologii żywności, a jednocześnie odpowiada na potrzeby przemysłu poszukującego rozwiązań zgodnych z koncepcją „clean label” oraz zasadami zrównoważonej produkcji. Podjęta tematyka ma zatem zarówno wysoką wartość poznawczą, jak i istotny potencjał aplikacyjny dla sektora produkcji mięsa i przetworów mięsnych. Dodatkowo wypełnia lukę poznawczą w literaturze na temat antagonizmu połączonych metabolitów bakterii LAB i AAB.

Ocena merytoryczna pracy

Wyniki przedstawione w publikacjach stanowiących rozprawę doktorską wskazują na **wysoką skuteczność i kompleksowe działanie biopreparatów** opartych na metabolitach bakterii LAB i AAB. Analiza rezultatów eksperymentalnych ujawnia wiele aspektów świadczących o nowatorskim i aplikacyjnym charakterze pracy. Doktorantka wykazała, że uzyskane ekstrakty bezkomórkowe (CFEs) charakteryzują się bogatym składem bioaktywnym. W przypadku CFEs pochodzenia LAB zawierały głównie kwasy mlekowy, octowy i glukonowy, natomiast ekstrakty AAB cechowały się obecnością kwasu glukonowego, octowego i cytrynowego. Tak szeroki profil kwasów organicznych tłumaczy ich zróżnicowany mechanizm działania — od zakwaszania środowiska, poprzez destabilizację błon komórkowych drobnoustrojów, po hamowanie procesów metabolicznych patogenów. Dodatkowo wykazana obecność związków fenolowych i wysoka aktywność antyoksydacyjna (testy DPPH i ABTS) świadczą o podwójnym potencjale funkcjonalnym preparatów — przeciwdrobnoustrojowym i przeciwutleniającym. **I tutaj chciałbym przedyskutować z Doktorantką użycie terminu polifenoli w odniesieniu do metabolitów bakterii.** Polifenole (w dużym uproszczeniu) wg literatury definiowane są jako wtórne metabolity roślinne

charakteryzujące się przynajmniej jednym pierścieniem aromatycznym i przynajmniej dwiema grupami hydroksylowymi (Ye i et.al., *Phytomedicine* 128, 2024: 155589). Wiadomo również, że bakterie jelitowe a w szczególności LAB i *Bifidobacterium* dzięki swoim uzdolnieniom enzymatycznym mogą degradować wysokocząsteczkowe polifenole do mniejszych związków np. w kwasy fenolowe nadając im inne lub zupełnie nowe cechy biologicznej aktywności. **Zatem moje pytanie czy zasadne jest tutaj użycie terminu „polifenole” i czy takowe były identyfikowane w stosowanych cieczach?**

Jednym z najważniejszych wyników ocenianej pracy jest obserwowany synergizm pomiędzy metabolitami LAB i AAB, potwierdzony: testami dyfuzji w agarze, oznaczeniami MIC, badaniami metodą *checkerboard*. Synergia nie tylko wzmocniła efekt przeciwbakteryjny, ale również znacząco obniżyła wymagane dawki poszczególnych ekstraktów, co ma kluczowe znaczenie dla technologii żywności. Efekt synergistyczny uzyskany w wielu kombinacjach świadczy o dobrze przemyślanym doborze szczepów oraz o wysokim poziomie innowacyjności projektu. Warto podkreślić, że aktywność metaboliczna preparatów obejmowała zarówno bakterie Gram-dodatnie, jak i Gram-ujemne — w tym *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 oraz *Salmonella* Enteritidis. Tak szerokie spektrum działania jest niezwykle trudne do osiągnięcia w przypadku biopreparatów opartych na pojedynczych kulturach.

Ciekawym i ważnym elementem pracy są wyniki analizy genomów szczepów LAB (B1 i O24) w których stwierdzono obecność licznych regionów genowych kodujących bakteriocyny, takich jak: lactococciny, plantariciny, enterolysin A. Dopełnieniem badań jest część proteomiczna, w której: degradacja enzymatyczna potwierdziła białkowy charakter aktywnych substancji, SDS-PAGE ujawnił prążki o masie ok. 10 i 15 kDa, a analizy LC-MS/MS wykazały częściową homologiczność z bakteriocynami opisanymi w literaturze, co sugeruje możliwość odkrycia nowych bądź nie do końca scharakteryzowanych peptydów przeciwdrobnoustrojowych. Są to wyniki o dużej wartości naukowej, wykraczające poza aplikacje w żywności — potencjalnie przydatne również w biotechnologii i medycynie.

Wyniki badań przeprowadzonych na mięsie kurczaka zakażonym *Salmonella* Enteritidis wskazują, że zastosowanie CFEs: obniżyło liczbę patogenu poniżej limitu wykrywalności, a ponadto zmniejszyło ogólną liczbę drobnoustrojów o ponad 1 log CFU/g (po 7 dniach). Są to wyniki imponujące, szczególnie biorąc pod uwagę trudności

związane z kontrolą wzrostu *Salmonella* spp. oraz fakt, że mowa tu o preparatach naturalnych, nie chemicznych.

W przypadku mięsa wieprzowego wyniki również były jednoznacznie pozytywne: pH, ORP i barwa zostały utrzymane na stabilnym poziomie przez 9 dni, utlenianie lipidów (TBARS) było istotnie niższe niż w kontroli (0,34–0,37 mg MDA/kg vs 0,43 mg MDA/kg), wzrost drobnoustrojów został skutecznie ograniczony — liczba ogólna nie przekroczyła 3.2 log CFU/g, podczas gdy w kontroli dochodziła do 4.6 log CFU/g. Wyniki te wyraźnie pokazują, że biopreparaty nie tylko hamują rozwój mikroflory, ale również spowalniają procesy oksydacyjne, istotne dla trwałości barwy, zapachu i jakości mięsa.

Włączenie do badań wielowymiarowych analiz statystycznych (EFA i FPCA) umożliwiło: identyfikację kluczowych czynników wpływających na jakość mięsa (w tym dominującą rolę rozwoju mikroflory), graficzną i numeryczną ocenę różnic między próbkami, potwierdzenie, że kombinacja *L. plantarum* O24 + *G. oxydans* KNS32 była najskuteczniejszą strategią biokonserwacji w badanych wariantach. Dzięki tym analizom wyniki są nie tylko dobrze udokumentowane, ale również głęboko zinterpretowane, co zwiększa wartość pracy.

Podsumowując, wyniki ocenianej rozprawy doktorskiej są: **kompleksowe, spójne, wysoce innowacyjne, oparte na solidnych i różnorodnych metodach** oraz **wykazują duży potencjał aplikacyjny**. Badania obejmują wszystkie poziomy — od molekularnego i biochemicznego, przez mikrobiologiczny, aż po rzeczywiste modele żywności. Kandydatka do stopnia doktora nie tylko potwierdziła skuteczność biopreparatów, lecz także wykazała ich przewagę nad standardowymi podejściami, podkreślając rolę synergii LAB–AAB jako nowoczesnej platformy biokonserwacji.

Wniosek końcowy

Przedstawiony cykl 4 publikacji opatrzony wspólnym tytułem "Zastosowanie metabolitów bakterii fermentacji mlekowej (LAB) oraz bakterii kwasu octowego (AAB) do biokonserwacji mięsa i przetworów mięsnych" spełnia wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. 2024, poz. 1571 z późn. zm.). Założone cele badawcze zostały zrealizowane, a postawione hipotezy pozytywnie zweryfikowane. Przedstawione w pracy wyniki wpisują się nurt zagadnień badawczych prowadzonych w dyscyplinie Technologia Żywności i Żywnienia.

W oparciu o powyższe przesłanki wnoszę do Rady Dyscypliny Technologii Żywności i Żywnienia SGGW w Warszawie o **przyjęcie rozprawy doktorskiej Pani mgr Marceliny Natalii Karbowiak i dopuszczenie Jej do dalszych etapów postępowania.**

Wniosek o wyróżnienie

Zwracam się do Rady Dyscypliny Technologii Żywności i Żywnienia Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z wnioskiem o wyróżnienie rozprawy doktorskiej zatytułowanej „Zastosowanie metabolitów bakterii fermentacji mlekowej (LAB) oraz bakterii kwasu octowego (AAB) do biokonserwacji mięsa i przetworów mięsnych” złożonej w przewodzie doktorskim przez mgr Marcelinę Natalię Karbowiak. Przedłożona rozprawa doktorska stanowi wyjątkowo wartościowe, kompleksowe i nowatorskie opracowanie, znacząco wykraczające poza standardowy poziom prac doktorskich.

Doktorantka wykazała się imponującą interdyscyplinarną wiedzą oraz umiejętnością prowadzenia zaawansowanych badań z zakresu chemii analitycznej, mikrobiologii ogólnej, mikrobiologii żywności, a także analizy statystycznej. Zawarte w rozprawie badania obejmują pełne spektrum poziomów poznawczych — od szczegółowych analiz metabolitów, poprzez badania mikrobiologiczne i genetyczne, aż po modele aplikacyjne w rzeczywistej matrycy żywności. Uzyskane wyniki są spójne, głęboko przemyślane oraz prezentują wysoki poziom innowacyjności, szczególnie w obszarze synergistycznego działania metabolitów LAB i AAB jako nowej platformy biokonserwacji.

Cykl czterech publikacji o zasięgu międzynarodowym świadczy o dużej aktywności naukowej i umiejętności prowadzenia badań na poziomie odpowiadającym globalnym standardom. Opracowany w rozprawie innowacyjny biopreparat wykazuje realny potencjał aplikacyjny dla przemysłu mięsnego, wpisując się w aktualne potrzeby gospodarki opartej na rozwiązaniach „clean label” oraz biotechnologicznych metodach utrwalania żywności. Tym samym praca ta stanowi przykład efektywnego łączenia badań podstawowych z praktycznymi zastosowaniami, co jest szczególnie istotne w kontekście współczesnych wyzwań technologii żywności. **W świetle przedstawionych argumentów rozprawa mgr Marceliny Natalii Karbowiak bez wątpienia zasługuje na wyróżnienie.**



Elzbieta Klewicka

PRIRYTET
PRIORITAIRE

KANCELARIA GŁÓWNA SGGW
2026 -03- 13
WPL YNEŁO DNIA -3-

Biurow Obsługi Nauki
Szkoła Główna Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 166
02787 Warszawa



R
(00)859007734845262350

(00)859007734845262350

Poczta Polska
Opłata pobrana M zł 00 gr



RPW/6458/2026 N
Data.: 2026-03-13