

Warszawa, 12.05.2025

Recenzja rozprawy doktorskiej

Mgr inż. Katarzyny Wierzchowskiej

pt.: Badania nad pozyskiwaniem oleju mikrobiologicznego z komórek drożdży olejogennych i możliwością wykorzystania go jako dodatku do żywności

Wykonanej w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji

Instytutu Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Pod opieką promotora: dr hab. inż. Doroty Nowak

oraz promotora pomocniczego dr hab. inż. Agaty Fabiszewskiej

Niniejsza recenzja została przygotowana zgodnie z Uchwałą nr 28/TŻiŻ-2024/2025 Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 14.03.2025 o powołaniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Wierzchowskiej.

Doktorantka oświadczyła, że przedstawiona do oceny rozprawa nie była wcześniej podstawą żadnej procedury związanej z uzyskaniem stopnia naukowego doktora.

Biotechnologiczna waloryzacja odpadów przemysłu rolno-spożywczego stanowi współcześnie wyzwanie zarówno dla naukowców jak i dla przemysłu. *Yarrowia lipolytica* to gatunek drożdży zdolny do wykorzystania odpadów przemysłowych jako źródeł węgla, azotu, fosforu i innych niezbędnych do wzrostu składników, przekształcający je w produkty o tzw. wartości dodanej. Syntetyzowany olej mikrobiologiczny o cennych wartościach żywieniowych stanowi alternatywę dla tłuszczów roślinnych czy zwierzęcych. Stąd wybór tej tematyki przez Doktorantkę uważam za zasadny, szczególnie w kontekście zastosowania go jako dodatku do żywności zwiększającego jej wartość żywieniową.

Rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Wierzchowskiej, która stanowi podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie technologii żywności i żywienia, ma charakter zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie sześciu artykułów naukowych, co jest zgodne z Art. 187. 1. ust. 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późniejszymi zmianami). W przedstawionej do recenzji pracy pisemnej zbiór tych publikacji został opatrzonej 95 stronicowym komentarzem w języku polskim. Posiada on układ tradycyjny dla rozpraw doktorskich: streszczenie w języku polskim i angielskim, wstęp, przegląd piśmiennictwa, cel i hipotezy badawcze, materiały i metody badawcze, omówienie i dyskusja wyników, spostrzeżenia i wnioski, spis literatury. Ponadto zawiera opis dorobku naukowego Doktorantki, kopie publikacji stanowiących pracę doktorską wraz z oświadczeniami współautorów.

Przedłożony do oceny zbiór artykułów naukowych to pięć prac opublikowanych w latach 2021-2024 w indeksowanych czasopismach naukowych ujętych w liście JCR i w wykazach MEiN/MNiSW oraz jedna praca opublikowana w czasopiśmie nieindeksowanym. We wszystkich publikacjach stanowiących zbiór Doktorantka jest zarówno pierwszym autorem jak i autorem korespondencyjnym. Udział własny w opracowaniu przedstawionych do oceny artykułów naukowych, zgodnie z załączonymi oświadczeniami współautorów, nie budzi wątpliwości co do kluczowej roli Doktorantki w ich powstaniu. Stwierdzam, że przedłożona do recenzji praca spełnia wymagania formalne dotyczące osiągnięcia w przewodzie doktorskim.

Drobna uwaga do strony formalnej pracy:

W latach 2021-2023 działało MEiN; powrót do nazwy MNiSW nastąpił od roku 2024.

W 2023 roku IF czasopisma Applied Sciences wynosił 2,7 (informacje ze strony internetowej czasopisma).

W rozdziale **Przegląd Piśmiennictwa** Doktorantka scharakteryzowała mikroorganizmy olejogenne, w szczególności olejogenne drożdże z gatunku *Yarrowia lipolytica*. Przedstawiła mechanizmy wewnątrzkomórkowej biosyntezy lipidów w komórkach drożdży. Ponadto omówiła rodzaje hodowli i czynniki wpływające na wzrost biomasy. Przedstawiła także metody ekstrakcji oleju mikrobiologicznego z biomasy oraz koncepcje wykorzystania produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego w hodowli drożdży *Yarrowia lipolytica*. Rozdział ten stanowi zwięzły i obrazowy opis wszystkich aspektów poruszanych w pracy doktorskiej. Dzięki

czemu czytelnik jest wprowadzony w aktualny stan wiedzy odnośnie przeprowadzonych badań.

Głównym celem badań opisanych w ramach niniejszej pracy doktorskiej było badanie warunków biosyntezy oleju mikrobiologicznego przez gatunek drożdży olejogennych *Yarrowia lipolytica* w celu pozyskania, z wysoką wydajnością, oleju o pożądanych parametrach jakościowych, z jednoczesną utylizacją wybranych odpadów przemysłowych oraz opracowanie koncepcji wykorzystania otrzymanego oleju mikrobiologicznego w produkcie spożywczym. Cel ten realizowano w oparciu o **pięć hipotez badawczych**.

W rozdziale **Materiały i Metody badawcze** Doktorantka scharakteryzowała wszystkie materiały niezbędne do wykonania badań. Opisała sposób prowadzenia różnych wariantów hodowli drożdży *Y. lipolytica*. Ponadto przedstawiła szeroki zakres metod i technik badawczych niezbędnych do wykonania badań w pracy doktorskiej. Rozpoczynając od oznaczania zawartości suchej masy, zawartości azotu, zawartości cukrów redukujących poprzez przeprowadzenie ekstrakcji lipidów i obróbkę biomasy, aż do analizy składu pierwiastkowego biomasy drożdży, oznaczania składu kwasów tłuszczowych i steroli w oleju mikrobiologicznym, oznaczania stabilności oksydacyjnej wyekstrahowanych lipidów. Ponadto Doktorantka zaprezentowała metodykę związaną z wytworzeniem i charakterystyką roślinnych analogów serów dojrzewających. W rozdziale tym znalazły się drobne nieścisłości, mianowicie na str. 25 z danych w Tabeli 1 nie wynika czy stosowano dodatek Na_2HPO_4 do hodowli wytrząsanych, a jeżeli tak to w jakiej ilości; str. 26 Tabela 2 podano że składnikiem podłoża jest melasa ale najprawdopodobniej zastosowano rozcieńczoną i zhydrolizowaną melasę; str. 31 p. 3.10 brak nr normy; Pewne wątpliwości budzi też sposób wyznaczenia parametrów kinetycznych hodowli (szczegóły przy omówieniu publikacji). Analiza mikrobiologiczna roślinnych analogów sera powinna być wykonana metodami znormalizowanymi. Zastosowane metody są ich modyfikacjami.

Rozdział **Omówienie i dyskusja wyników** został poświęcony usystematyzowaniu i powiązaniu wyników prac przedstawionych w sześciu publikacjach stanowiących oceniany zbiór. Omówiony zakres badań przeprowadzonych przez Doktorantkę obejmował: badanie stymulacji biosyntezy *ex novo* lipidów metodą limitacji źródeł azotu oraz fosforu, analizę wydajności wybranych metod ekstrakcji lipidów komórkowych, hodowle drożdży w podłożach zawierających wybrane odpady przemysłu rolno-spożywczego, analizy biomasy i wyekstrahowanych z niej olejów mikrobiologicznych oraz wykorzystanie biomasy drożdży olejogennych, jak i wyekstrahowanego z niej oleju w roli dodatku do produktu spożywczego.

W rozdziale tym znalazły się drobne nieścisłości, przykładowo w Tabeli 8 zabrakło wyników profilu kwasów tłuszczowych w hodowli O1-fb z Publikacji 4 - a tytuł tabeli podaje, że powinny być w niej zamieszczone; Brak również danych dotyczących hodowli CPO-0 z Publikacji 5. W Tabeli 9 podano niepełne oznakowanie pożywek (brak -b lub -fb). W Tabeli 14 brak informacji, że wyniki analiz mikrobiologicznych są podane w log.

Kolejny rozdział to **Wnioski i spostrzeżenia** zawierający 10 pozycji zwięźle podsumowujących wykonane badania

Dysertację kończy obszerny **Spis literatury** zawierający 116 pozycji, głównie angielskojęzycznych. Dobór literatury oceniam wysoko. Cytowane prace ściśle wiążą się z tematyką pracy doktorskiej i reprezentują najważniejsze osiągnięcia naukowe w obszarze badań Doktorantki.

Znalazła się w nim pewna nieścisłość, a mianowicie znajduje się w nim jedna publikacja Doktorantki (Wierzchowska i wsp. 2021 – publikacja 1 z ocenianego cyklu), natomiast w rozdziale Przegląd Piśmiennictwa Doktorantka przywołuje trzy swoje publikacje (str. 13 Wierzchowska i wsp. 2021; str. 14 Wierzchowska i wsp. 2022; str. 22 Wierzchowska i wsp. 2023).

Oceniany zbiór artykułów otwiera publikacja przeglądowa (Use of non-conventional yeast *Yarrowia lipolytica* in treatment or upgradation of hydrophobic industry wastes. *Waste and Biomass Valorization*, 2022, 13:757–779, <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01516-9>), w której dokonano przeglądu aktualnej wiedzy na temat możliwości wykorzystania niekonwencjonalnych gatunków drożdży *Yarrowia lipolytica* w oczyszczaniu i waloryzacji odpadów przemysłowych. W artykule szczególny nacisk położono na mikrobiologiczne przetwarzanie odpadów przemysłu spożywczego, w tym wykorzystanie odpadów rybnych i zwierzęcych. Przeanalizowano przetwarzanie odpadów oleju spożywczego lub ścieków z roślin oleistych, takich jak ścieki z tłoczni oleju palmowego lub ścieki z tłoczni oliwy, z wykorzystaniem drożdży *Yarrowia*. Dodatkowo omówiono postępy w biosyntezie cennych metabolitów np. lipaz lub oleju mikrobiologicznego.

Wkład Doktorantki w postanie tej pracy był istotny i polegał na:

- opracowaniu ogólnej koncepcji publikacji,
- dokonaniu przeglądu dostępnej literatury,
- przygotowaniu i analizie danych,
- napisaniu publikacji i jej edycji,
- przygotowaniu odpowiedzi dla recenzentów publikacji.

W publikacji tej zaprezentowano bardzo szeroką wiedzę teoretyczną autorów w obszarze możliwości wykorzystania niekonwencjonalnych gatunków drożdży *Yarrowia lipolytica* w oczyszczaniu i waloryzacji odpadów przemysłowych i stanowi ona wprowadzenie do badań zaprezentowanych w kolejnych publikacjach.

Druga publikacja w zbiorze (Phosphorus and Nitrogen Limitation as a Part of the Strategy to Stimulate Microbial Lipid Biosynthesis. *Applied Sciences*, 2021, 11, 11819. <https://doi.org/10.3390/app112411819>) została poświęcona zbadaniu wpływu ograniczenia nieorganicznych źródeł fosforu (KH_2PO_4) i azotu ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) w bogatym w lipidy podłożu hodowlanym, na wydajność biosyntezy lipidów komórkowych przez drożdże *Y. lipolytica*. W prowadzonych hodowlach źródłem węgla był posmażalny olej rzepakowy. Wykazano

istotny związek między stężeniem KH_2PO_4 a ilością nagromadzonych lipidów. W hodowlach wytrząsanych w kolbach wydajność lipidów magazynowych była skorelowana z niższymi dawkami źródła fosforu w podłożu.

W hodowlach w bioreaktorze jednoczesne ograniczenie zarówno źródeł fosforu, jak i azotu sprzyjało akumulacji lipidów w komórkach, ale jednocześnie tworzyło niekorzystne warunki dla wzrostu biomasy. Zwiększona dostępność fosforu przy ograniczonym dostępie komórek do azotu skutkowała wyższymi plonami biomasy niż w przypadku ograniczenia fosforu w bogatym w azot podłożu, przy porównywalnych plonach lipidów. Niezależnie od składu podłoża, drożdże akumulowały kwasy oleinowy i linolowy, a także kwas linolenowy.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że ograniczenie azotu w podłożach hodowlanych jest kluczowe, ale dodatkowe ograniczenie fosforu może jeszcze bardziej poprawić efektywność biosyntezy lipidów mikrobiologicznych.

Wkład Doktorantki w postanie tej pracy był zasadniczy i polegał na:

- opracowaniu ogólnej koncepcji badań,
- opracowaniu metodyki wspólnie z pozostałymi autorami,
- przeprowadzeniu części prac doświadczalnych,
- przygotowaniu danych do dalszych analiz,
- analizie danych,
- wizualizacji danych,
- analizie formalnej,
- napisaniu publikacji i jej edycji,
- przygotowaniu odpowiedzi dla recenzentów publikacji.

Po przeczytaniu tej publikacji nasuwają mi się pewne wątpliwości - proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do nich:

1. Czy podłoże mineralne do hodowli wytrząsanych zawierało Na_2HPO_4 ? Jeżeli nie, to proszę o wyjaśnienie dlaczego zastosowano dodatek tej soli tylko do hodowli w bioreaktorze?
2. Przy omawianiu wyników z hodowli w bioreaktorze jako źródło fosforu wymieniany jest KH_2PO_4 , a kwestia zawartości Na_2HPO_4 jest w zasadzie pominięta, zarówno w tej jak i w kolejnych publikacjach – a był on dodawany w dwóch dawkach.
3. W jaki sposób wyznaczono zawartość węgla w posmażalniczym oleju rzepakowym do obliczenia stosunku molowego C/N/P w podłożach hodowlanych?

Celem badań przedstawionych w **publikacji trzeciej z ocenianego zbioru** (Is There Any Possibility to Use Ultrasounds, High-Pressure Homogenization or Pulsed Electric Field in Single Cell Oil Release from Oleaginous Yeast Cells?. *Biology and Life Sciences Forum*, 2022, 18, 56. <https://doi.org/10.3390/Foods2022-12959>), była ocena skuteczności niekonwencjonalnych metod ekstrakcji oleju mikrobiologicznego z komórek drożdży *Yarrowia lipolytica*. Zastosowano pulsacyjne pole elektryczne (PEF), dezintegrację komórek za pomocą fal ultradźwiękowych (US) i homogenizację wysokociśnieniową (HPH). Zastosowanie

niekonwencjonalnych metod okazało się nieskuteczne w ekstrakcji wewnątrzkomórkowych lipidów drożdży w porównaniu z metodami wykorzystującymi rozpuszczalniki organiczne, takie jak chloroform, metanol i heksan. Niemniej jednak zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego lub homogenizacji wysokociśnieniowej okazało się skuteczne jako techniki wstępnej obróbki komórek drożdży *Y. lipolytica* (permeabilizacja komórek) w celu wysokiej ekstrakcji lipidów wewnątrzkomórkowych przy użyciu metody ekstrakcji rozpuszczalnikami organicznymi.

Wkład Doktorantki w postanie tej pracy był znaczący i polegał na:

- opracowaniu ogólnej koncepcji badań wspólnie ze współautorami,
- opracowaniu metodyki wspólnie ze współautorami,
- przeprowadzeniu części prac doświadczalnych,
- przygotowaniu danych do dalszych analiz,
- analizie danych,
- wizualizacji danych,
- analizie formalnej,
- napisaniu publikacji i jej edycji,
- przygotowaniu odpowiedzi dla recenzentów publikacji.

W artykule czwartym (Concept of batch and fed-batch cultures of *Yarrowia lipolytica* as a valuable source of sterols with simultaneous valorization of molasses and post-frying rapeseed oil. *Applied Sciences*, 2022, 12, 12877. <https://doi.org/10.3390/app122412877>) zbadano wpływ warunków hodowli *Y. lipolytica* w podłożach zawierających jako źródło węgla wybrane odpady przemysłu rolno-spożywczego na wydajność akumulacji lipidów, skład kwasów tłuszczowych, obecność wybranych steroli, wydajność i skład pierwiastkowy biomasy oraz stabilność oksydacyjną wyekstrahowanych lipidów. Hodowle okresowe, okresowe z zasilaniem i okresowe z wymianą części podłoża hodowlanego prowadzono w bioreaktorze w podłożach z hydrolizatem melasy (MH) i posmażalniczym olejem rzepakowym. Wyniki eksperymentu wykazały, że wydajnością akumulacji lipidów komórkowych drożdży *Y. lipolytica* i zawartością steroli w błonie komórkowej można sterować poprzez dobór substratów odpadowych i trybu hodowli. Wykazano ponadto, że biomasa hodowana w MH zawierała więcej minerałów niż hodowana w podłożu z posmażalniczym olejem rzepakowym.

Wkład Doktorantki w postanie tej pracy był istotny i polegał na:

- opracowaniu ogólnej koncepcji badań,
- opracowaniu metodyki wspólnie z pozostałymi autorami,
- przeprowadzeniu części prac doświadczalnych,
- przygotowaniu danych do dalszych analiz,
- analizie danych,
- wizualizacji danych,
- analizie formalnej,
- napisaniu publikacji i jej edycji,

- przygotowaniu odpowiedzi dla recenzentów publikacji.

Pewne zapisy w tym artykule i nie są precyzyjne. Proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do poniższych uwag.

1. Dotyczy obliczania wydajności konwersji oleju w przeliczeniu na masę źródła węgla. Wydajność ta jest wyliczona na 50 g oleju posmażalniczego lub 50 g zhydrolizowanej melasy - Tabela 1. Te dwa źródła węgla różnią się zdecydowanie co do jego rzeczywistej zawartości. Do czego jest wykorzystywany tak obliczony parametr?
2. W punkcie 4.2 artykułu dyskutowana jest kwestia stosunku molowego C/N. W jaki sposób wyliczono tę wartość. Pojawia się ona nagle bez żadnych wcześniejszych informacji, a mogła być podana np. w metodyce przy opisie pożywek. Ponadto cytuje Pani literaturę wskazującą że stosunek ten powinien wynosić >20 aby zwiększyć kumulację tłuszczu. Dlaczego zatem w zastosowanych pożywkach stosunek ten wynosi 18,3.
3. Tytuł tabeli 3 nie oddaje precyzyjnie przedstawionych w niej danych, w szczególności dotyczy to procentowego udziału poszczególnych steroli w sumie steroli podczas gdy tytuł tabeli to zawartość głównych steroli w oleju mikrobiologicznym. Podanie w nagłówku tabeli tylko „%” wydaje mi się niewystarczające. W publikacji 5 dane te zaprezentowano w osobnych tabelach.

Badania przedstawione **w publikacji piątej z ocenianego zbioru** (Whey and post-frying oil as substrates in the process of microbial lipids obtaining: a value-added product with nutritional benefits. European Food Research and Technology, 2023, 249:2675–2688 <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04322-w>) dotyczyły możliwości wykorzystania przemysłowych produktów ubocznych do hodowli drożdży *Y. lipolytica* i produkcji lipidów mikrobiologicznych o potencjalnym zastosowaniu w przemyśle chemicznym i spożywczym. Hodowle okresowe przeprowadzono w podłożach z olejem tłoczonym na zimno, posmażalniczym olejem rzepakowym i produktem ubocznym produkcji sera twarogowego — kwaśną serwatką, jako źródłami węgla. Aby ocenić potencjał *Yarrowia* jako nutraceutyku, przeprowadzono ilościowe i jakościowe analizy steroli mikrobiologicznych wraz z oceną składu mineralnego biomasy. Wskazano, że skład i zawartość steroli różniły się w zależności od fazy wzrostu komórek w hodowli okresowej. Ponadto, skład źródeł węgla i azotu w podłożu wpłynął na zawartość wybranych pierwiastków w biomacie, wskazując, że modyfikacja substratu może być narzędziem do sterowania składem komórek drożdży. Wyniki badania wykazały, że dobór substratów odpadowych jest ważnym czynnikiem w regulacji wydajności akumulacji lipidów komórkowych, a także zawartości niektórych steroli.

Po raz kolejny udowodniono, że w hodowli, w której możliwe jest uzyskanie wysokiego stężenia biomasy, nie jest możliwe uzyskanie wysokiej wydajności oleju mikrobiologicznego. Podczas podziału komórek niezbędny jest nieograniczony dostęp do źródła azotu, którego ograniczenie sprzyja gromadzeniu się lipidów zapasowych.

Wkład Doktorantki w postanie tej pracy był istotny i polegał na:

- opracowaniu ogólnej koncepcji badań,

- opracowaniu metodyki wspólnie z pozostałymi autorami,
- przeprowadzeniu części prac doświadczalnych,
- przygotowaniu danych do dalszych analiz,
- analizie danych,
- wizualizacji danych,
- analizie formalnej,
- napisaniu publikacji i jej edycji,
- przygotowaniu odpowiedzi dla recenzentów publikacji.

Do tej publikacji mam następujące pytanie: w jakim celu zastosowano podłoże z dodatkiem oleju rzepakowego tłoczonego na zimno? Brakuje mi natomiast do porównania wyników z podłoża z posmażalniczym olejem rzepakowym bez dodatku serwatki.

W publikacji szóstej z ocenianego zbioru (Yeast lipids as a sustainable source of nutrients in dairy products analogs. Food Bioscience, Volume 62, 2024, 105321, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105321>) przedstawiono koncepcję wykorzystania oleistej biomasy *Yarrowia lipolytica* i oleju mikrobiologicznego jako składników żywności wegańskiej. Drożdże hodowano w pożywkach zawierających glukozę, tłoczony na zimno olej rzepakowy i ekonomiczne źródła węgla, takie jak melasa i posmażalniczy olej rzepakowy. Przeprowadzono analizę biomasy metodą mikroskopii konfokalnej, szczegółową analizę składu kwasów tłuszczowych i steroli oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w wyekstrahowanych lipidach. Wybór substratów pozwolił na uzyskanie oleju mikrobiologicznego z pożywki zawierającej posmażalniczy olej rzepakowy, z pożądaną wydajnością, składem i wysoką stabilnością oksydacyjną. Wszystkie oleje mikrobiologiczne z *Y. lipolytica* spełniały wymogi Komisji Europejskiej dotyczące wprowadzanych do obrotu olejów i tłuszczów w zakresie maksymalnych poziomów benzo[α]pirenu oraz sumy benzo[a]pirenu, benzo[a]antracenu, benzo[b]fluorantenu i chryzenu. Oceniono także pozostałość heksanu jako rozpuszczalnika ekstrakcyjnego, która również spełniała wymogi prawne. Biomasa drożdży oleistych została następnie zastosowana jako dodatek wzbogacający w roślinnych analogach sera typu Camambert. Omówiono także jej potencjał do wykorzystania w bogatych w tłuszcz produktach wegańskich.

Wkład Doktorantki w postanie tej pracy był istotny i polegał na:

- opracowaniu ogólnej koncepcji badań,
- opracowaniu metodyki wspólnie z pozostałymi autorami,
- przeprowadzeniu części prac doświadczalnych,
- przygotowaniu danych do dalszych analiz,
- analizie danych,
- wizualizacji danych,
- analizie formalnej,
- napisaniu publikacji i jej edycji,
- przygotowaniu odpowiedzi dla recenzentów publikacji.



Do tej publikacji mam pytania:

1. Czy oznaczano zawartość WWA w mediach hodowlanych?
2. Czy dokonano oceny sensorycznej otrzymanych analogów sera ?
3. W jakim celu na tym etapie badań wprowadzono pożywkę z glukozą jako źródłem węgla? Wydaje się, że powinno to być wykonane na etapie początkowym pracy doktorskiej.

W swojej pracy Doktorantka postawiła pięć hipotez badawczych, które zweryfikowała na podstawie swoich oryginalnych badań. Potwierdziła, że limitacja źródeł fosforu i/lub azotu w podłożach hodowlanych z hydrofobowym źródłem węgla, jest skuteczną metodą stymulacji biosyntezy mikrobiologicznych lipidów w komórkach olejogennych drożdży *Y. lipolytica* (**Hipoteza 1**).

Przeprowadzone przez Doktorantkę badania wykazały, że dezintegracja komórek biomasy z wykorzystaniem US, PEF i HPH może wspomagać ekstrakcję lipidów z komórek drożdży prowadzoną metodami klasycznymi (**Hipoteza 2**).

W toku swoich badań Doktorantka potwierdziła, że wybrane odpady przemysłu rolno-spożywczego mogą być wykorzystane jako składniki podłoża w hodowli drożdży olejogennych mającej na celu pozyskanie mikrobiologicznych lipidów o korzystnym składzie chemicznym (**Hipoteza 3**).

Hipoteza 4 mówiąca o tym, że oleje mikrobiologiczne pozyskane w hodowli drożdży *Y. lipolytica* w podłożach odpadowych nie zawierają metali ciężkich ani wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w ilościach przekraczających limity nałożone odpowiednimi rozporządzeniami została potwierdzona w toku badań Doktorantki.

Doktorantka wykazała, że olej mikrobiologiczny pozyskany w hodowli drożdży olejogennych w podłożach zawierających wybrane odpady przemysłu rolno-spożywczego może znaleźć zastosowanie jako dodatek do żywności zwiększający jej wartość żywieniową (**Hipoteza 5**).

Podsumowanie

Przedłożoną do recenzji rozprawę mgr inż. Katarzyny Wierzchowskiej przeczytałam z dużym zainteresowaniem. Rozprawa prezentuje zarówno ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki jak i jej umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej potwierdzonej publikacjami wyników w czasopismach naukowych o znaczącym współczynniku wpływu. Jest ona opracowaniem oryginalnym i przedstawia wyniki dokumentujące realizację założonych celów i weryfikujące postawione hipotezy badawcze. Na szczególną uwagę zasługuje bardzo rozbudowany warsztat analityczny Doktorantki. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na jej umiejętność analizy i interpretacji uzyskanych w toku pracy bardzo wielu i bardzo różnorodnych wyników oraz ich dyskusji w odniesieniu do danych literaturowych. Poza istotną

wartością naukową praca ta posiada duże walory aplikacyjne, a uzyskane wyniki stanowią bezpośrednie wskazówki dla potencjalnych producentów olejów mikrobiologicznych czy też produktów spożywczych z ich udziałem.

Rozprawa doktorska napisana jest poprawnym językiem z użyciem prawidłowej stylistyki i terminologii. Edycja pracy nie budzi zastrzeżeń.

Wszystkie wymienione wcześniej uwagi w żaden sposób nie umniejszają wartości pracy, a mają na celu wywołanie dyskusji i możliwość zaprezentowania pełnej wiedzy Doktorantki.

Stwierdzam, że zbiór artykułów pod wspólnym tytułem: **Badania nad pozyskiwaniem oleju mikrobiologicznego z komórek drożdży olejogennych i możliwością wykorzystania go jako dodatku do żywności**, przedstawiony przez Panią mgr inż. Katarzynę Wierzchowską posiada elementy nowości i ma znaczący wkład w dyscyplinę naukową technologia żywności i żywienia. Uważam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom dyplomowym na stopień doktora określone w Art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późniejszymi zmianami). W związku z tym wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr inż. Katarzyny Wierzchowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Ło12 627/serw/aww

INSTYTUT BIOTECHNOLOGII
PRZEMYSŁU ROLNO-SPOŻYWCZEGO
im. prof. Władysława Dąbrowskiego
PANGTWOVY INSTYTUT BADAWCZY
02-532 Warszawa, ul. Rakowiecka 36
NIP: 525-606-62-62, REGON: 000039835, KRS: 0000126823
tel. 22 806 36 00, e-mail: oprs@oprs.pl, <https://www.oprs.pl>

R

(00)659007734237062335

Poczta Polska
Opłata pobrana _____ zł _____ gr

2024



BON

KANCELARIA GŁÓWNA SGGW
2025-05-14
WPLYNĘŁO DNIA-8-

PRIORYTET
PRIORITAIRE

RPL/12633/2025 N
Data: 2025-05-14

OPŁATA POBRANA
TAXE PERÇUE - POLOGNE
Umowa z Poczta Polska S.A. ID nr 558736W

Biurowo Obsługi Nauki

Sekcja Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
ul. Nowoursynowska 166
02-787 Warszawa

połączony/łączący

1