

Prof. dr hab. inż. Jerzy Jan Pietkiewicz

Wydział Nauk o Zdrowiu i Kulturze Fizycznej
Collegium Witelona Uczelnia Państwowa
59-220 Legnica, ul. Sejmowa 5A

Recenzja rozprawy doktorskiej

Pani mgr inż. Katarzyny Wierzchowskiej pt. „Badania nad pozyskiwaniem oleju mikrobiologicznego z komórek drożdży olejogennych i możliwością wykorzystania go jako dodatku do żywności”

**wykonanej w Instytucie Nauk o Żywności
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
pod kierunkiem Pani dr hab. inż. Doroty Nowak (promotor)
i Pani dr hab. inż. Agaty Fabiszewskiej (promotor pomocniczy)**

1. Dobór i znaczenie tematu

Współczesne biotechnologie dostarczają nam wielu nowych technologii produkcji atrakcyjnych pod względem jakości i ceny naturalnych substancji stosowanych w produkcji żywności.

Drobnoustroje w czasie ich hodowli akumulują w swojej biomase lub wydzielają do środowiska hodowlanego wiele ważnych metabolitów, które można stosować jako składniki żywności. Zaliczamy do nich m.in.: barwniki, białka, enzymy, kwasy organiczne, lipidy, sacharydy i witaminy. Ich stosowanie rozszerza możliwości produkcji nowej i prozdrowotnej żywności.

Coraz szersze zastosowanie drobnoustrojów w produkcji różnych bioproduktów oraz dążenie do obniżania kosztów produkcji, skłania badaczy do stosowania pożywek zawierających tanie źródła węgla. Obiecujące są rozwiązania technologiczne wskazujące na stosowanie odpadów lub produktów ubocznych przemysłu spożywczego, takich jak np. serwatka, melasa lub porafinacyjne kwasy tłuszczowe.

Zainteresowanie biotechnologów syntezą lipidów przez drobnoustroje spowodowane jest między innymi korzystną ich zawartością w biomase, dochodzącą nawet do 70% s.m. Znanymi producentami lipidów są głównie drożdże, grzyby strzępkowe oraz mikroalgi.

Katedra Chemii i Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji działające w Instytucie Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie są wyposażone w odpowiednią aparaturę naukową do wykonywania tego rodzaju badań, a liczne grono wybitnych naukowców jest gwarantem wysokiego poziomu badań.

Należy zatem uznać za właściwy wybór nie tylko tematu, ale również miejsca wykonywania badań, a podjęta przez Panią mgr inż. Katarzynę Wierzchowską i współautorów tematyka badawcza mogła być z powodzeniem i na wysokim poziomie zrealizowana w tych Katedrach.



2. Ocena formalnej strony rozprawy

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr inż. Katarzyny Wierzchowskiej obejmuje 213 stron i zawiera: krótkie streszczenia w języku polskim i angielskim; „Spis treści”; „Wykaz publikacji stanowiących rozprawę doktorską”; część opisową (94 strony) zawierającą: „Wstęp”; „Przegląd piśmiennictwa” (11 stron); „Cel pracy i hipotezy badawcze” (1 strona); część metodyczną noszącą nazwę „Materiały i metody badawcze” (13 stron); „Omówienie i dyskusja wyników” (39 stron); „Spostrzeżenia i wnioski” (2 strony); „Spis literatury” - zawierający 116 pozycji literaturowych; „Dorobek naukowy Kandydatki” (4 strony) oraz kopie 6-ciu opublikowanych, powiązanych tematycznie, wieloautorskich artykułów naukowych (oznaczonych symbolami od [P1] do [P6]) stanowiących podstawową część rozprawy doktorskiej (83 strony):

- [P1] Wierzchowska K., Zieniuk B., Fabiszewska A. (2022). Use of non-conventional yeast *Yarrowia lipolytica* in treatment or upgradation of hydrophobic industry wastes. Waste and Biomass Valorization, 13, s. 757-779. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01516-9>. IF: 3,1; MNiSW₂₀₂₁ =70 pkt.
- [P2] Wierzchowska K., Zieniuk B., Nowak D., Fabiszewska A. (2021). Phosphorus and nitrogen limitation as a part of the strategy to simulate microbial lipid biosynthesis. Applied Sciences, 11(24), 11819, s. 1-15. doi.org/10.3390/app112411819. IF: 2,838; MNiSW₂₀₂₁ =100 pkt.
- [P3] Wierzchowska K., Musiałek A., Zieniuk B., Jasińska K., Nowak D., Fabiszewska A. (2022). Is there any possibility to use ultrasounds, high-pressure homogenization or pulsed electric field in single cell oil release from oleaginous yeast cells? In: Biology and Life Sciences Forum, vol. 18, no. 56, s. 1-6. doi.org/10.3390/Foods2022-12959.
- [P4] Wierzchowska K., Pakulska A., Derewiaka D., Piasecka I., Zieniuk B., Nowak D., Fabiszewska A. (2022). Concept of batch and fed-batch cultures of *Yarrowia lipolytica* as a valuable source of sterols with simultaneous valorization of molasses and post-frying repeseed oil. Applied Sciences, 12, 12877, s. 1-14. doi.org/10.3390/app122412877. IF: 2,838; MNiSW₂₀₂₂ =100 pkt.
- [P5] Wierzchowska K., Derewiaka D., Zieniuk B., Nowak D., Fabiszewska A. (2023). 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, 249, s. 2675-2688. doi.org/10.1007/s00217-023-04322-w. IF: 3,3; MNiSW₂₀₂₃ =70 pkt.
- [P6] Wierzchowska K., Roszko M., Derewiaka D., Szulc K., Zieniuk B., Nowak D., Fabiszewska A. (2024). Yeast lipids as a sustainable source of nutrients in dairy products



analog. Food Bioscience, 62, 105321, s. 1-13. doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105321.

IF: 4,8; MNiSW₂₀₂₄ = 70 pkt.

W końcowej części rozprawy Kandydatka przedstawiła 32 oświadczenia 11-stu współautorów 6-ciu artykułów naukowych stanowiących podstawową część rozprawy doktorskiej.

Tytuł rozprawy odzwierciedla jej treść, cel i zakres przeprowadzonych badań oraz otrzymane wyniki. Układ pracy jest logiczny i odpowiedni dla tego rodzaju rozpraw doktorskich. Rozprawa została napisana poprawnym językiem, zawiera spisy i odsyłacze do piśmiennictwa.

W rozprawie nie zamieszczono spisu rysunków i spisu tabel. Kandydatka w treści pracy bardzo często używa wielu symboli, skrótów i akronimów. W „Wykazie skrótów i oznaczeń” przedstawionym na początku rozprawy zamieszczono tylko niektóre z nich. Częste stosowanie skrótów oraz brak pełnego ich wykazu znacznie utrudnia czytanie i analizowanie treści rozprawy doktorskiej.

Stwierdzam, że Kandydatka wykazała się opanowaniem techniki pisania rozpraw naukowych i przedłożona do oceny praca spełnia wymagania formalne stawiane rozprawom doktorskim oraz osobom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora w dziedzinie Nauk rolniczych w dyscyplinie Technologia żywności i żywienia.

3. Ocena rozprawy pod względem merytorycznym

Pani mgr inż. Katarzyna Wierzchowska jako rozprawę doktorską pt. „Badania nad pozyskiwaniem oleju mikrobiologicznego z komórek drożdży olejogennych i możliwością wykorzystania go jako dodatku do żywności”, stanowiącą podstawę ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie Technologia żywności i żywienia, przedstawiła cykl 6-ciu oryginalnych, spójnych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w latach 2021 - 2024. Są to publikacje wieloautorskie (od 4 do 7 autorów), przedstawiające wyniki badań eksperymentalnych, stanowiące zwartą całość, którą ujmuje tytuł rozprawy doktorskiej. W mojej ocenie tematyka publikacji jest spójna. Wykonane i zaprezentowane prace badawcze są powiązane ze sobą tematycznie i metodycznie, wzajemnie się uzupełniają. We wszystkich publikacjach Kandydatka jest pierwszym autorem.

Twórczy wkład Kandydatki w powstanie tych artykułów naukowych polegał na współtworzeniu koncepcji badań i wiodącym udziale w: przeglądzie piśmiennictwa, doborze metodyki badań i wykonaniu części badawczej, zestawieniu i interpretacji wyników badań oraz w pisaniu publikacji.



Wkład Kandydatki w powstanie tych publikacji był dominujący. Załączone oświadczenia współautorów potwierdzają, że była Ona wiodącym badaczem we wszystkich publikacjach wchodzących w skład ocenianej rozprawy doktorskiej.

Pięć publikacji wchodzących w skład rozprawy zostało opublikowanych w renomowanych, punktowanych czasopismach naukowych o światowym zasięgu, wymienionych w wykazie czasopism naukowych ogłaszanych przez ministra właściwego do spraw nauki.

Impact Factor (IF) tych czasopism jest dość wysoki i wynosi od 2,838 do 4,8, a sumaryczny IF = 16,876. Sumaryczna liczba punktów obliczona zgodnie z wykazem czasopism naukowych ogłoszonym przez ministra właściwego do spraw nauki wynosi 410.

W pierwszej „opisowej” części rozprawy doktorskiej poprzedzającej zamieszczone kopie 6-ciu artykułów naukowych stanowiących zasadniczą część tej rozprawy Kandydatka przedstawiła:

- przegląd piśmiennictwa,
- cel pracy i hipotezy badawcze,
- materiały i metody badawcze,
- omówienie i dyskusję wyników,
- spostrzeżenia i wnioski,
- spis literatury.

W rozdziale pt. „Przegląd piśmiennictwa” Kandydatka przedstawiła przegląd literatury dotyczącej:

- mikroorganizmów syntezujących lipidy,
- zastosowania olejogennych drożdży z gatunku *Yarrowia lipolytica*,
- przebiegu biosyntezy lipidów w komórkach drożdży,
- metod i warunków prowadzenia hodowli olejogennych drożdży *Yarrowia lipolytica*,
- metod ekstrakcji oleju mikrobiologicznego z biomasy drożdży,
- koncepcji wykorzystania produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego w hodowli olejogennych drożdży *Yarrowia lipolytica*.

W przeglądzie piśmiennictwa brakuje informacji na temat badań dotyczących sposobów wykorzystania biomasy drożdży oleistych i tłuszczów drożdżowych jako suplementów, jako dodatków wzbogacających nowe lub istniejące produkty żywnościowe.

Przedstawiony przegląd stanu wiedzy, poparty cytowaniem 116 prac z ostatnich 25 lat, dobrze wprowadza czytelnika w doświadczalną część rozprawy i jednocześnie uzasadnia cel i zakres podjętych badań eksperymentalnych opisanych w dalszych częściach ocenianej rozprawy. Przegląd literatury przedstawiony w tej części rozprawy potwierdza trafność wyboru tematu badań i jego oryginalność.



W rozdziale zatytułowanym „Cel pracy i hipotezy badawcze” Kandydatka określiła cel prowadzonych badań w ramach zaprezentowanej rozprawy doktorskiej i przedstawiła pięć cząstkowych hipotez badawczych.

Dwie pierwsze hipotezy badawcze (**H1** i **H2**):

H1: 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*.

H2: Dezintegracja komórek biomasy z wykorzystaniem US, PEF, HPH może wspomagać ekstrakcję lipidów z komórek drożdży prowadzoną metodami klasycznymi.

Te hipotezy badawcze zostały już wcześniej potwierdzone przez innych badaczy, co wynika z analizy przedstawionego przez Kandydatkę przeglądu piśmiennictwa, a w badaniach przeprowadzonych w ramach tej rozprawy dodatkowo je potwierdzono.

Pozostałe trzy hipotezy badawcze (**H3**, **H4**, **H5**):

H3: 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.

H4: Oleje mikrobiologiczne pozyskane w hodowli drożdży *Y. lipolytica* w podłożach odpadowych nie zawierają metali ciężkich ani pierścieniowych węglowodorów aromatycznych w ilościach przekraczających limity nałożone odpowiednimi rozporządzeniami.

H5: 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.

Te hipotezy wymagały przeprowadzenia badań w ramach tej rozprawy w celu ich weryfikacji.

W rozdziale pt. „Materiały i metody badawcze”, Kandydatka informuje o pochodzeniu szczepu olejogennych drożdży *Y. lipolytica* KKP 379, który stosowała w badaniach. Nie powołuje się ani na źródła katalogowe, ani literaturowe dotyczące tego szczepu oraz nie podaje uzasadnienia, dlaczego akurat ten szczep wybrano. Ważnym wstępnym etapem w opracowywaniu procesu biotechnologicznego jest dobór rodzaju, gatunku, a nawet szczepu drobnoustrojów predysponowanego do wydajnej biokonwersji składników podłoża hodowlanego w składniki biomasy.

A zatem mam pytania: Skąd Kandydatka miała informacje, że jest to szczep olejogeny; dlaczego Pani nie brała pod uwagę innych rodzajów drożdży?



Prof. W. Bednarski w książce pt. „Biotechnologia żywności dla dietetyków” podaje informację, że „... niektóre gatunki olejodajnych drożdży np. *Rhodosporidium* sp., *Rhodosporula* sp., *Lipomyces* sp., akumulują więcej niż 70% tłuszczu w s.m. biomasy”.

W dalszej części tego rozdziału Kandydatka podaje informacje o użytych w trakcie badań materiałach. Brakuje pełnego opisu składu surowców używanych do sporządzania podłoży hodowlanych, m.in. informacji dotyczących sposobu klarowania melasy, a także dawki kwasu siarkowego podczas hydrolizy roztworu melasy i jego neutralizacji. Opisy zastosowanych metod badawczych i analitycznych są dokładne i na ich podstawie będzie można odtworzyć przeprowadzane w ocenianej rozprawie prace eksperymentalne.

Kończąc ocenę tego rozdziału chciałbym podkreślić, że zastosowano właściwą aparaturę badawczą, dobre metody badawcze, przyjęto właściwy zakres badań i prawidłowo je wykonano.

W rozdziale pt. „Omówienie i dyskusja wyników” przedstawiono wyniki badań zawarte w publikacjach stanowiących podstawową część rozprawy doktorskiej. Stwierdzam, że kolejność omawiania poszczególnych etapów badań i weryfikacja hipotez badawczych tworzy logiczny ciąg zgodny z celem badań.

Prezentując wyniki badań Pani mgr inż. Katarzyna Wierzchowska konfrontuje je z wynikami badań innych autorów. Częściowo wyniki badań zawarte w rozprawie doktorskiej są dobrą weryfikacją wyników otrzymanych przez inne zespoły badawcze oraz pokazują nowe możliwości i kierunki wykorzystania niektórych odpadów przemysłu rolno-spożywczego jako substratów w hodowli drożdży *Yarrowia lipolytica* KP 379 w celu produkcji oleju mikrobiologicznego.

Kandydatka badała skład pierwiastkowy biomasy drożdży *Y. lipolytica* KKP 379 m.in. na zawartość metali ciężkich (kadmu, ołowiu i rtęci), natomiast nie badała pod tym kątem oleju mikrobiologicznego wyekstrahowanego z tych drożdży. Zatem nie można wprost stwierdzić, że „... oleje mikrobiologiczne pozyskane podczas hodowli drożdży *Y. lipolytica* w podłożach zawierających melasę i posmażalniczy olej nie zawierają metali ciężkich ...”, ponieważ takich badań na olejach w ramach tej rozprawy nie prowadzono.

Dyskusja wyników została przeprowadzona wnikliwie, w ciekawy, dojrzały i kompetentny sposób świadczący o dużych zasobach wiedzy Kandydatki w zakresie poruszanej w rozprawie problematyki. Kandydatka jasno i zrozumiale przedstawiła wyniki badań zaprezentowane w rozprawie doktorskiej oraz skonfrontowała je z osiągnięciami innych autorów.

W końcowej opisowej części rozprawy (pt. „Spostrzeżenia i wnioski”) Kandydatka zamieściła 10 spostrzeżeń i wniosków stanowiących podsumowanie przedstawionych w rozprawie wyników badań.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Pani mgr inż. Katarzyna Wierzchowska w prawidłowy sposób przeprowadziła badania stosując dobrze dobrane metody analityczne, wykazała się umiejętnością prowadzenia badań naukowych i osiągnęła zamierzony cel badań.

Podsumowując formalną i merytoryczną ocenę przedłożonej mi do oceny rozprawy doktorskiej pt. „Badania nad pozyskiwaniem oleju mikrobiologicznego z komórek drożdży olejogennych i możliwością wykorzystania go jako dodatku do żywności” stwierdzam, że ta rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim określonym w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity Dz.U. z 2024 r., poz. 1571 z późn. zm.), a Pani mgr inż. Katarzyna Wierzchowska posiada ogólną wiedzę teoretyczną w zakresie dyscypliny naukowej Technologia żywności i żywienia oraz umiejętność prowadzenia pracy naukowej.

Na tej podstawie wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej przez Radę Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Prof. dr hab. inż. Jerzy J. Pietkiewicz

COLLEGIUM WITELONA
UCZELNIA PAŃSTWOWA
ul. Sejmowa 5A, 59-220 Legnica
Id. 390624793
(1)

KANCELARIA UCZELNI SCGW
2025 -05- 28
WPŁYNĘŁO DZIAŁ -3-

OPLATA POBRAN,
TAXE PERCUE - POLO
Umowa z Poczta Polska
ID nr 428517/D

RPW/1413/2025 N
Data: 2025-05-28

(00)65900773477463782

2024

Poczta Polska
Opłata pobrana zł
61

Dziękuję

Sz. Panu

Prof. dr hab. Ewa Jakubczyk

Biuro Obsługi Nauki

Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego

w Warszawie

ul. Nowoursynowska 166

02-787 WARSZAWA

LEGNICA
26.05.2025
C1

FRONTIER
FRIGETABE