



dr hab. inż. Małgorzata Korzeniowska, prof. UPWr
Katedra Rozwoju Funkcjonalnych Produktów Żywnościowych
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wrocław, 10.04.2026 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Katarzyny Garbacz**

pt.: „**Opracowanie i optymalizacja procesu wytwarzania peptydów ze źródeł roślinnych o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych**”

wykonanej w Katedrze Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywienia Człowieka,
Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie,

pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Adama Waśko
oraz opiekuna z ramienia zakładu dr Jacka Wawrzykowskiego.

Recenzja została wykonana w oparciu o uchwałę Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 28 stycznia 2026 r w związku z postępowaniem wszczętym celem nadania Pani mgr inż. Katarzynie Garbacz stopnia naukowego doktora nauk rolniczych w dyscyplinie Technologia żywności i żywienia.

Dobór i znaczenie tematu

Temat „Opracowanie i optymalizacja procesu wytwarzania peptydów ze źródeł roślinnych o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych” podjęty przez mgr inż. Katarzynę Garbacz w trakcie realizacji rozprawy doktorskiej związany jest z doborem i weryfikacją warunków ekstrakcji białka z makuchów roślin oleistych tj. rzepaku (*Brassica napus* L.), słonecznika (*Helianthus annuus* L.) i ostropestu plamistego (*Silybum marianum* L.) oraz optymalizacją procesu hydrolizy białek w celu uzyskania peptydów o założonych właściwościach bioaktywnych, antyoksydacyjnych i hipotensyjnych, z przeniesieniem skali procesów z laboratorium do warunków przemysłowych. Podjęty temat jest bardzo istotny, zarówno z punktu widzenia nauki, jak i praktyki przemysłowej, zwłaszcza w świetle nieustannie zwiększającej się świadomości społecznej w zakresie zrównoważonej produkcji, aspektów środowiskowych i zdrowego żywienia. Pozyskiwanie i charakterystyka biopeptydów jest



obecna w literaturze naukowej od połowy poprzedniego stulecia, jakkolwiek największy rozwój w tym obszarze odnotowano pod koniec XX w. Obecnie największe zainteresowanie skierowane jest na optymalizację warunków pozyskiwania i oczyszczania peptydów, jak również aplikację procesów biotechnologicznych, głównie zastosowania enzymów, w tym także pozyskiwanych ze źródeł niekonwencjonalnych, czy procesów fermentacji, w celu uzyskiwania peptydów o zaprojektowanych właściwościach lub specyficznym działaniu. Istotnym aspektem podjętym przez mgr inż. Katarzynę Garbacz jest także wykorzystanie makuchów roślin oleistych, pozostających po procesie tłoczenia olejów, jako źródła białka oraz peptydów o działaniu przeciwutleniającym i/lub hipotensyjnym. Główne prace w tym obszarze wykonano do tej pory na makuchach rzepakowych i lnianych, z naciskiem na usuwanie substancji antyodżywczych, które stanowią duży problem technologiczny, ale przede wszystkim limitują wykorzystanie otrzymanego produktu końcowego w żywieniu ludzi. Intensyfikacja poszukiwań nowych źródeł białka, zwłaszcza w obrębie surowców pochodzenia roślinnego, objęła także produkty uboczne przemysłu olejarskiego spoza głównego nurtu surowców tłuszczowych, tj. makuchy słonecznikowe czy z tłoczenia ostropestu plamistego. Niezmiernie interesującym z praktycznego podejścia jest skalowanie procesów z warunków laboratoryjnych do przemysłowych, które wymaga bardzo dużej wiedzy teoretycznej w zakresie podstaw procesów ekstrakcji, hydrolizy i oczyszczania składników białkowych, jak i doświadczenia w warunkach procesowych.

Dlatego też, uważam, że sformułowane w niniejszej pracy doktorskiej cele są bardzo aktualne i ważne dla rozwoju dyscypliny naukowej Technologia żywności i żywienia, ale także mają ogromne znaczenie praktyczne dla przedsiębiorstw zajmujących się pozyskiwaniem składników białkowych, jak również dla podmiotów wprowadzających na rynek gotowe produkty o wysokim potencjale prozdrowotnym, co w końcowym rozrachunku wpływa korzystnie na zdrowie konsumentów żywności funkcjonalnej czy suplementów diety.

Ocena strony formalnej pracy

Przedstawiona do oceny przez mgr inż. Katarzynę Garbacz w postępowaniu o nadanie stopnia doktora praca pt.: „Opracowanie i optymalizacja procesu wytwarzania peptydów ze źródeł roślinnych o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych” jest opracowaniem monograficznym uzupełnionym jedną publikacją przeglądową opublikowaną w czasopiśmie *Foods* (Garbacz K., Wawrzykowski J., Czelej M., Czernecki T., Waśko. 2023. Recent trends in the application of oilseeds-derived protein hydrolysates as functional foods. *Foods*, 12, 3861.) oraz jedną oryginalną pracą przedstawiającą wyniki uzyskane w trakcie realizacji doktoratu (Garbacz K., Wawrzykowski J., Czelej M., Waśko. 2025. *In silico* proteomic profiling and bioactive peptide potential of rapeseed meal. *Foods*, 14, 2451.) oraz notą technologiczną



opisującą procedurę technologiczną wytwarzania biologicznie aktywnych peptydów z makuchów roślin oleistych.

Na opracowanie składa się 161 stron maszynopisu, wraz ze spisem literatury cytowanej w pracy oraz trzy załączniki, tj. dwie opublikowane prace naukowe oraz jedna procedura technologiczna. Praca stanowi zwartą całość i jest napisana poprawnie, czytelnym i zrozumiałym językiem. W obu wydanych publikacjach Doktorantka jest pierwszym autorem deklarując swój znaczący wkład w ich powstanie polegający na opracowaniu koncepcji badań wraz z doбором metodyki wykonania i analizy wyników, zebraniu i opracowaniu danych eksperymentalnych oraz przygotowaniu manuskryptów. W opracowaniu monograficznym mgr Katarzyna Garbacz nie ustrzegła się błędów literowych i braków w spisie zacytowanych pozycji literatury (Xiang i in., 2011 (s. 48), Laemmler, 1970 (s. 63), Hen i in., 2012 (s. 135), Boschini i Arnoldi, 2014; Ishiguro i in., 2012; Malono i in., 2015 and Sinsek i in., 2022 (s.137), w pracy zacytowano za to 9 pozycji literatury które nie znalazły się w spisie piśmiennictwa, ponadto, jedną pozycję wpisano w spisie dwukrotnie (Selamassakul i in., 2020). W kilku przypadkach Autorka podaje odmienne daty publikacji w tekście i w spisie literatury (np. Li i in., 2021 w tekście a spisie literatury Li i in., 2025), jak również nie ma pewności czy praca Hen i in., 2012 cytowana na s. 135 to pozycja 51 w spisie literatury tj. He i in., 2012 czy brak jest tej pozycji w spisie piśmiennictwa. Zgodnie z przyjętą standardową nomenklaturą i zasadami określonymi w Międzynarodowym Kodeksie Nomenklatury Bakterii (International Code of Nomenclature of Prokaryotes ICNP), nazwy łacińskie (dwuczłonowe, czyli rodzaj i gatunek) muszą być zapisane innym krojem pisma niż reszta tekstu, najczęściej używa się w tym celu kursywy. Doktorantka nie zastosowała tej zasady w całej pracy. Nie na wszystkich wykresach zamieszczonych w pracy widać dobrze oznaczenia statystyczne, co zaciemnia obraz. Doktorantka nie uniknęła także użycia w tekście pracy potocznych sformułowań np.: „spadek białka”, „lekki spadek”, „natant”, „białko mung”, etc. Przytoczone niedoskonałości nie umniejszają całości opracowania, które spełnia wymagania formalne dla prac stanowiących podstawę w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora.

Ocena merytoryczna pracy

Przedstawiona przez mgr inż. Katarzynę Garbacz w postępowaniu o nadanie stopnia doktora praca pt.: „**Opracowanie i optymalizacja procesu wytwarzania peptydów ze źródeł roślinnych o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych**” zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim, uzasadnienie podjętego tematu, cel, zadania i hipotezy badawcze, opis zastosowanych metod analitycznych i statystycznej obróbki danych, obszernie omówienie uzyskanych wyników oraz dyskusję z dostępnymi danymi, wnioski w podziale na naukowe, technologiczne oraz aplikacyjne i wdrożeniowe. Pracę zamyka spis zacytowanych w opracowaniu 156 pozycji literatury źródłowej.



W uzasadnieniu podjęcia tematu pracy mgr inż. Katarzyna Garbacz przedstawia na podstawie dostępnej literatury źródłowej dość szeroki przegląd właściwości białek wybranych roślin oleistych wraz z opisem stosowanych do ich ekstrakcji metod. Dodatkowo w pracy zawarte są najnowsze dane dotyczące stosowania enzymów proteolitycznych używanych do pozyskiwania hydrolizatów białkowych lub wspomaganie procesów ekstrakcji. Wprowadzenie literaturowe kończy szczegółowy opis właściwości biologicznych peptydów wraz z ich potencjalnymi drogami wykorzystania. Kolejno w pracy przedstawiono cel główny i sześć celi szczegółowych, definiujące zakres pracy, jak również sześć zadań badawczych korespondujących z wymienionymi celami pracy oraz siódmy dotyczący przeskalowania procesów do warunków przemysłowych. Główna hipoteza badawcza jest bardzo szeroka, ale uzupełniają ją trzy hipotezy robocze porządkujące i ułatwiające zrozumienie tematu i charakter prowadzonych prac badawczych. Schemat doświadczeń jest czytelny i klarowny. Rozdział dotyczący zastosowanego w pracy materiału oraz metod badawczych i technologii prezentuje źródło pozyskania makuchów roślin oleistych wykorzystanych w badaniach, opis optymalizacji metody ekstrakcji białka i jego hydrolizy, jak również krótki opis wykonanych metody analitycznych charakteryzujących uzyskane produkty. W podrozdziale dotyczącym przeskalowania procesu do warunków przemysłowych zaprezentowano kompletną linię technologiczną, przygotowanie próbek, proces ekstrakcji i hydrolizy wraz z końcowym suszeniem. Nie wprowadzono danych zakładu i zabrakło chociaż krótkiej wzmianki porządkującej gdzie cały proces wykonano. Pełny opis analiz statystycznych niezbędnych do obróbki danych zamyka tę część rozprawy. Obszerny opis uzyskanych wyników wraz z ich prezentacją w formie tabel i wykresów prezentuje efekty wykonanych doświadczeń oraz wprowadza czytelnika do wydzielonego rozdziału dyskusji wyników z danymi literaturowymi. Pracę podsumowuje pięć wniosków naukowych, cztery technologiczne oraz cztery wnioski aplikacyjne i wdrożeniowe. Opracowanie monograficzne zamyka wykaz zacytowanych źródeł literaturowych oraz załączniki w postaci dwóch prac opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR (Foods) oraz procedura technologiczna wytwarzania biologicznie aktywnych peptydów z makuchów roślin oleistych. Występujące w pracy drobne błędy literowe i stylistyczne oraz zapożyczenia z języka potocznego, nie umniejszają wartości merytorycznej pracy.

Treść pracy

Uzasadnienie wyboru tematu pracy doktorskiej – zostało przedstawione przez mgr inż. Katarzynę Garbacz w kontekście rynkowym i środowiskowym, z głównym naciskiem na poszukiwanie nowych źródeł białka i peptydów o konkretnych pożądanymi właściwościami biologicznymi, w tym pozyskiwanych z materiałów ubocznych przemysłu przetwórczego roślin oleistych, co zmniejsza ich wpływ na środowisko i obniża koszty utylizacji. Autorka powołuje się na liczne, aktualne i dostępne dane literaturowe. Ponadto, w przeglądzie literatury opisuje



metody ekstrakcji i hydrolizy białek, w tym metodami wykorzystującymi enzymy hydrolityczne wspomagające lub inicjujące te procesy. Wskazuje tym samym na konieczność skalowania procesów do warunków przemysłowych celem uzyskiwania wyższych wydajności procesów i produktów z wysoką dbałością o uzyskanie i zachowanie konkretnych właściwości materiału końcowego. Doktorantka wskazuje także, potencjalne zastosowanie uzyskanych hydrolizatów białek z makuchów roślin oleistych, m.in. w tworzeniu żywności funkcjonalnej, suplementów diety czy farmaceutyków, jak również ich zastosowanie w kosmetykach i materiałach opakowaniowych.

Pytania i uwagi:

1. Na stronie 36 Autorka podaje „bromelaina ... enzym ten doskonale hydrolizuje białka mięśniowe (takie jak kolagen i aktyna-miozyna)...”. Proszę o wyjaśnienie tego zapisu, ponieważ kolagen, który może ulegać rozkładowi przez bromelainę m.in. w trakcie skruszania mięsa w którym jest obecny, jest białkiem tkanki łącznej, a nie mięśniowej.
2. Czy i jakie są potencjalne sposoby redukcji lub eliminacji użycia ciężkich odczynników chemicznych (H_2SO_4 czy $NaOH$) oraz dużych ilości wody technologicznej w procesach ekstrakcji składników z materii roślinnych.
3. Czy widzi Doktorantka możliwość szerszego niż obecnie zastosowania rozpuszczalników eutektycznych czy innych rozwiązań tzw. zielonej chemii, do pozyskiwania substancji białkowych lub eliminacji składników antyodżywczych z materii roślinnej, np. makuchów roślin oleistych.
4. Jakie są przewidywane koszty uzyskania biopeptydów o założonej charakterystyce z makuchów roślin oleistych oraz czy żywność funkcjonalna z ich udziałem będzie się odznaczała znacząco wyższą ceną?
5. Czy uzyskane preparaty peptydów analizowano lub zamierza się analizować pod względem cech sensorycznych i ich wpływu na konkretne produkty z ich udziałem?

Cel pracy i hipotezy badawcze –mgr inż. Katarzyna Garbacz sformułowała jeden główny cel pracy, tj. opracowanie i optymalizacja procesu otrzymywania peptydów z białek roślin oleistych o potencjalnych właściwościach przeciwutleniających i hipotensyjnych. Cel jest sformułowany poprawnie, jasno i mierzalnie. Na podkreślenie zasługuje fakt kompleksowego podejścia do wybranej tematyki, wskazującego zarówno na aspekty naukowe (konkretne właściwości biologiczne), jak i technologiczne, w tym szczególnie na przeskalowanie procesu z warunków laboratoryjnych na skalę przemysłową, z zachowaniem wydajności oraz właściwości uzyskiwanych peptydów, co jest zawsze dużym wyzwaniem. Wydzielone zadania badawcze (siedem) wskazują na logiczny ciąg aktywności Doktorantki mający prowadzić do osiągnięcia założonego celu. Ułatwia też zrozumienie schematu doświadczenia wskazując na



poszczególne fazy badań. Sformułowano również rozbudowaną hipotezę badawczą o wysokim stopniu ogólności, którą uszczegółowiono w postaci trzech hipotez roboczych dających czytelnikowi większą możliwość weryfikacji założeń na podstawie uzyskanych wyników.

Material i metody – W pracy wykorzystano pozostałość z tłoczenia olejów w postaci makuchów roślin oleistych tj. rzepaku (*Brassica napus* L.), słonecznika (*Helianthus annuus* L.) i ostropestu plamistego (*Silybum marianum* L.) pozyskane z zakładu AMF Life (Polska). Opisano dokładnie procedurę postępowania z surowcem przed ekstrakcją oraz optymalizację samego procesu ekstrakcji w warunkach laboratoryjnych. Optymalizacji poddano także proces hydrolizy z wykorzystaniem roślinnych enzymów hydrolitycznych tj. papiny, bromelainy i ficyny. Podano metodykę wykorzystaną do kontroli procesów, jak i charakterystyki surowców i produktów. Metody badawcze dobrano prawidłowo zgodnie z zasadami dobrej praktyki laboratoryjnej. Do charakterystyki uzyskiwanych frakcji białkowych zastosowano nowoczesne metody analizy m. in. MALDI-TOF/TOF pozwalające na fragmentację peptydów, dzięki czemu możliwe jest oznaczenie dokładnej sekwencji aminokwasowej peptydów wskazującej też na ich potencjalne właściwości biologiczne/prozdrowotne. Właściwości antyoksydacyjne i hipotensyjne oznaczono spektrofotometrycznie zgodnie z literaturą przedmiotu. W części wdrożeniowej doktoratu przedstawiono proces ekstrakcji, hydrolizy, zateżnienia i suszenia hydrolizatów w warunkach przemysłowych – dokładna procedura technologiczna została dołączona do pracy jako załącznik. Uzyskane wyniki poddano opracowaniu matematycznemu i przedstawiono w dalszej części rozprawy w formie tabelarycznej i graficznej.

Pytania i uwagi:

1. Czy w pracy brano pod uwagę zmienność materiału wyjściowego w postaci makuchów roślin oleistych? Czy taka zmienność biologiczna i/lub produkcyjna może mieć istotny wpływ na pozyskiwanie biopeptydów o ustalonych właściwościach?
2. Czy w trakcie przygotowania surowca do ekstrakcji (s. 59) próbki faktycznie homogenizowano (rozdrabnianie) czy tylko ujednolicano materiał (przesypywanie)?
3. Czy przeskalowane warunki procesu można przenieść także na inne surowce o zbliżonej charakterystyce??
4. W procedurze oznaczania właściwości przeciwutleniających zastosowano terminy „drobne” lub „pewne” modyfikacje? W jaki sposób modyfikowano znane z literatury metody i czy te modyfikacje miały znaczący wpływ na uzyskiwane wyniki?
5. Do jakiej temperatury wewnątrz proszku preparatu peptydów suszono materiał i czy nie zmieniało to ich właściwości biologicznych?



Wyniki i dyskusja – Wyniki uzyskane w trakcie realizacji pracy doktorskiej opisano dokładnie i obszernie, jak również przedstawiono w postaci tabelarycznej i graficznej. Opisano wyniki dla optymalizacji procesu ekstrakcji dla wszystkich użytych w pracy surowców i wskazano wybrane parametry procesu do doświadczenia z przeskalowaniem do warunków przemysłowych. Opisano dokładnie uzyskane wyniki dla właściwości przeciwutleniających i hipotensyjnych otrzymanych preparatów peptydowych z trzech makuchów roślin oleistych, jak również wskazano zidentyfikowane w analizie proteomicznej białka. Część wyników dotyczącą analizy proteomicznej i właściwości pozyskanych na drodze ekstrakcji i hydrolizy makuchów rzepakowych opublikowano w czasopiśmie *Foods* w 2025 r (dwa cytowania). Dyskusja wyników stanowiąca odrębny rozdział w monografii odnosi się do uzyskanych wyników eksperymentów własnych z danymi publikowanymi przez innych badaczy.

Pytania:

1. Które ze wskazanych w analizie *in silico* aktywności peptydów pozyskanych z makuchów roślin oleistych uważa Doktorantka za najbardziej perspektywiczne i warte weryfikacji w warunkach *in vivo*?
2. W jaki sposób Kandydatka interpretuje obecność rzadziej występujących, lecz istotnych biologicznie sekwencji o potencjale przeciwnowotworowym i czy w ramach kontynuacji badań planowana jest ich celowana izolacja oraz ocena cytotoksyczności względem konkretnych linii komórkowych?
3. Proszę o wyjaśnienie, w jakim stopniu wyniki uzyskane metodą *in silico* (baza BIOPEP) przyczyniają się do projektowania lub optymalizacji procesu hydrolizy w warunkach laboratoryjnych i czy ma to przełożenie także na warunki skali przemysłowej?
4. Bazując na uzyskanych w pracy wynikach, zwłaszcza w aspekcie skali przemysłowej procesów, oraz potencjalnych przyszłych zastosowaniach proszę wskazać czy bardziej korzystna jest produkcja hydrolizatów białkowych o wąskim czy raczej szerokim spektrum działania?

Podsumowanie, stwierdzenia i wnioski – Wykonaną pracę i uzyskane wyniki podsumowano w postaci pięciu krótkich aczkolwiek treściwych wniosków naukowych, wskazujących iż makuchy roślin oleistych są wartościowym źródłem peptydów o właściwościach antyoksydacyjnych oraz hipotensyjnych. Wskazano, że stopień hydrolizy białek nie przekłada się wprost na aktywność biologiczną uzyskiwanych hydrolizatów, a wykorzystanie modeli bioinformatycznych do przewidywania rzeczywistej aktywności biologicznej hydrolizatów jest ograniczone. Bardzo dużym osiągnięciem Doktorantki jest opracowanie powtarzalnego i przeniesionego do warunków przemysłowych procesu ekstrakcji białek z makuchów roślin oleistych i ich enzymatycznej hydrolizy oraz uzyskanie hydrolizatów o bioaktywności porównywalnej do skali laboratoryjnej. W zakresie wniosków aplikacyjnych i wdrożenia mgr



inż. Katarzyna Garbacz deklaruje, że opracowana technologia umożliwi efektywne zagospodarowanie makuchów roślin oleistych, a uzyskane hydrolizaty białkowe, szczególnie po hydrolizie papainą, wykazują potencjał aplikacyjny w żywności, suplementach diety oraz żywności o deklarowanych właściwościach prozdrowotnych.

Pytania i uwagi:

1. Czy lub kiedy opracowana technologia zostanie wdrożona i czy przewiduje się współpracę z potencjalnymi odbiorcami preparatów peptydowych?.

Wniosek końcowy

Podsumowując stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska, realizowana w ramach programu Doktorat wdrożeniowy, ma zdecydowanie charakter aplikacyjny i jest spójnym nowatorskim opracowaniem, gotowym do wdrożenia. Przeprowadzone badania zostały dobrze zaplanowane i wykonane przy użyciu odpowiednio dobranych metod oraz wykorzystaniu dostępnej aparatury badawczej i zaplecza zakładu w postaci instalacji w skali przemysłowej. Uzyskane wyniki zostały przedstawione w sposób przejrzysty, w tym z wykorzystaniem narzędzi graficznych, przeanalizowane, omówione i zinterpretowane w sposób rzeczowy. Postawione pytania mają charakter informacyjny i wyjaśniający, nie umniejszają wartości zaprezentowanej rozprawy i wniosków z niej wynikających.

Treść rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Garbacz zrealizowanej w ramach programu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. Doktorat wdrożeniowy nr DWD/487/2020 pt.: **„Opracowanie i optymalizacja procesu wytwarzania peptydów ze źródeł roślinnych o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych”** i wynikające z niej możliwości praktycznego zastosowania wskazują, iż spełnia ona wszystkie wymagania stawiane dysertacjom doktorskim określone w art. 187. ust. 1-4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 ze zm.). Dlatego też, składam wniosek do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie Pani mgr inż. Katarzyny Garbacz do dalszych etapów postępowania związanego z ubieganiem się o nadanie stopnia naukowego doktora nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

dr hab. inż. Małgorzata Korzeniowska, prof. UPWr