

Olsztyn, dnia 02 kwietnia 2026

Prof. dr hab. inż. Anna Iwaniak  
Katedra Biochemii Żywności  
Wydział Nauki o Żywności  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
ul. Pl. Cieszyński 1  
10-726 Olsztyn  
e-mail: ami@uwm.edu.pl  
tel./fax.: 89 523 37 22

### **Recenzja pracy doktorskiej**

pt.: *„Opracowanie i optymalizacja procesu wytwarzania peptydów ze źródeł roślinnych o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych”* wykonanej przez mgr inż. Katarzynę Garbacz w Katedrze Biotechnologii, Mikrobiologii i Żywienia Człowieka, Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie pod kierunkiem prof. dr. hab. Adama Waśko (promotora) oraz w firmie Biolive Innovation Sp. z o. o. pod kierunkiem dr. Jacka Wawrzykowskiego (opiekuna zawodowego)

**Podstawa wykonania recenzji:** pismo prof. dr. hab. Waldemara Gustawa (sygnatura: Ne.5200.6.5.2025) z dnia 04 lutego 2026 roku tj. Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, w związku z uchwałą ww. Rady z dnia 28 stycznia br. w sprawie wyznaczenia mnie na recenzenta przedłożonej rozprawy doktorskiej.

### **Uzasadnienie podjęcia badań**

Według danych z raportu Organizacji Narodów Zjednoczonych „World Population Prospects 2024” w 2080 roku liczba ludności na świecie osiągnie poziom około 10,3 miliarda (aktualnie wynosi powyżej 8 miliardów). Wzrost ludności będzie skutkował wielokierunkową zmianą w polityce wyżywienia, obejmującą m. in. zrównoważoną produkcję żywności, nierówności społeczne (np. regiony świata zmagające się z głodem), marnotrawstwo żywności oraz zagospodarowanie produktów ubocznych jako źródła związków biologicznie czynnych. Badania prowadzone w ramach pracy doktorskiej dr inż. Katarzyny Garbacz wpisują się w ten ostatni aspekt.

Mgr inż. Katarzyna Garbacz poszukuje odpowiedzi na postawiony problem, tj.: czy makuchy pochodzące z rzepaku, ostropestu i słonecznika mogą być źródłem peptydów o wybranych właściwościach biologicznych. By problem rozwiązać, Autorka postanawia zaproponować optymalne warunki hydrolizy białek z makuchów tych roślin za pomocą proteaz (bromelainy – EC 3.4.22.32, papainy – EC 3.4.22.2 oraz ficyny – EC 3.4.22.3), a następnie dokonać ich adaptacji do skali technologicznej (przemysłowej). Efektem badań mgr inż. Katarzyny Garbacz jest opracowanie noty technologicznej opisującej proces wytwarzania hydrolizatów w warunkach przemysłowych. Jednym z etapów badań jest zastosowanie m. in. bazy danych BIOPEP-UWM w celu przewidywania możliwości enzymatycznego uwalniania peptydów bioaktywnych z sekwencji białek.

**Takie ujęcie zagadnienia stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, a sama tematyka pracy jest niezwykle aktualna. Według mojej wiedzy, pierwszy raz wykazano użyteczność bazy BIOPEP-UWM (autorstwa polskich naukowców) w badaniach bioaktywnych preparatów w skali technologicznej.**

#### **Ocena formalna**

Praca doktorska mgr inż. Katarzyny Garbacz to: 162 strony komputeropisu, kopie dwóch publikacji wraz z oświadczeniami definiującymi wkład współautorów ich powstanie, załączniki (tj. nota technologiczna oraz dwie tabele uzupełniające dotyczące liczby peptydów uwalnianych potencjalnie z białek rzepaku, ostropestu i słonecznika pod wpływem bromelainy, papainy oraz ficyny). Komputeropis jest starannie ilustrowany: zawiera 26 rycin oraz 33 tabele. Autorka cytuje 156 pozycji piśmiennictwa tematycznie odpowiadającego problematyce doktoratu, z czego 141 (90 %) cytowanych prac to publikacje anglojęzyczne, w tym 106 to opracowania z lat 2015-2025. W wykazie znajdują się również pozycje opublikowane kilkadziesiąt lat temu, niemniej są to artykuły z opisem metod, które do dzisiaj stanowią standard w wykonywaniu oznaczeń (analiz). Rozprawę poprzedza streszczenie w języku polskim i angielskim, które w przejrzysty sposób wprowadza czytelnika w jej problematykę. W pracy zamieszczono wykaz skrótów i oznaczeń, co ułatwia jej czytanie. W pracy znalazłam kilka anglicyzmów (np. „6% kompozycji aminokwasów”), sformułowań żargonowych (np. „cięcie wiązań” zamiast „hydroliza, rozpad”, „choroby cywilizacyjne” zamiast „przewlekłe choroby niezakaźne/noncommunicable diseases”: źródło: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240105775>) oraz błędów stylistycznych (np. „Białka...[] stosowano m. in. w pieczywie...”, „spadek aktywności bioaktywnej”) niemniej

uważam, że jest ona napisana starannie z dbałością o szatę graficzną. Moim zdaniem tytuł pracy nie w pełni odpowiada treści doktoratu. Do tego wątku odniosę się w dalszej części recenzji.

#### **Ocena merytoryczna**

Poza komputeropisem, następujące publikacje wchodzi w skład doktoratu mgr inż. Katarzyny Garbacz:

*P1. Garbacz K., Wawrzykowski J., Czelej M., Czernecki T., Waśko A. Recent Trends in the Application of Oilseed-Derived Protein Hydrolysates as Functional Foods. Foods, 2023, 12(20):3861. doi: 10.3390/foods12203861.*

*P2. Garbacz K., Wawrzykowski J., Czelej M., Waśko A. In Silico Proteomic Profiling and Bioactive Peptide Potential of Rapeseed Meal. Foods, 2025, 14(14):2451, doi: 10.3390/foods14142451.*

Zgodnie z treścią oświadczeń, wkład Autorki w powstanie artykułów polegał na m. in. na opracowaniu koncepcji pracy, wykonywaniu doświadczeń, przygotowaniu manuskryptu oraz odpowiedzi na recenzje. Mgr inż. Katarzyna Garbacz jest pierwszym, aczkolwiek nie korespondencyjnym autorem. Nie zmienia to faktu, że Jej rola w realizacji badań była wiodąca.

Komputeropis ma typowy układ dla opracowań mających formę monografii, czyli podzielony jest on (pokrótce) na: wykaz skrótów, streszczenie, przegląd literatury, cel pracy, część metodyczną, wyniki i dyskusję (oddzielne rozdziały), wnioski, wykaz piśmiennictwa oraz załączniki. W komputeropisie znajdują się dodatkowo dane nieopublikowane w żadnej z publikacji wchodzącej w skład doktoratu mgr inż. Katarzyny Garbacz. Poza procedurą technologiczną są to informacje na temat m. in.: składu podstawowych składników odżywczych (ekstrakty oraz hydrolizaty), czy aktywności antyutleniającej oraz hamującej działanie enzymu konwertującego angiotensynę (EC 3.4.15.1) hydrolizatów z białek makuchów rzepaku, ostropestu i słonecznika z podziałem na wyniki uzyskane w skali laboratoryjnej i przemysłowej.

Przegląd literatury (rozdział 3.) oraz publikacja nr 1 (P1) przybliży czytelnika w wątki będące przedmiotem dysertacji. W P1 omówiono potencjał białkowych hydrolizatów roślin oleistych jako składników żywności funkcjonalnej. Szczególną uwagę poświęcono aktywnościom biologicznym hydrolizatów w kontekście obecności peptydów bioaktywnych,

ich praktycznym zastosowaniom jako składników żywności funkcjonalnej. Z kolei rozdział 3. komputeropisu został rozbudowany o charakterystykę białek rzepaku, słonecznika, ostropestu; metody izolowania białek z makuchów tych roślin; charakterystykę enzymów; zastosowania hydrolizatów białek nasion roślin oleistych. Treść pracy **P1** oraz rozdziału 3. wzajemnie się uzupełniają. W przeglądzie literatury (komputeropis) zabrakło mi podrozdziału na temat roli metod i narzędzi *in silico* w badaniu białek i peptydów z żywności. Uzasadniałby on część metodycznej koncepcji badań dotyczącej analiz bioinformatycznych. Praca **P2** nie wypełnia tej luki, gdyż jest to artykuł oryginalny. Ponadto podpisy pod rycinami 1-3 (rozdział 3) powinny być uzupełnione o źródło pochodzenia fotografii, jak ma to miejsce w przypadku rycin 4-6.

Nie wszystkie enzymy wymienione w przeglądzie literatury mają podane numery EC. Zwyczajową nazwę enzymu tworzymy poprzez dodanie do członu głównego przyrostka „-aza”. Niemniej istnieją związki kończące się takim przyrostkiem, ale niebędące enzymami. Podanie numeru EC enzymu jednoznacznie będzie wskazywać, o jakich enzymach (i związanych z nimi reakcjach) mowa.

Chciałabym, by podczas publicznej obrony mgr inż. Katarzyna Garbacz odpowiedziała na pytanie: czy na rynku są dostępne preparaty handlowe pochodzenia roślinnego zawierające peptydy o udokumentowanym działaniu prozdrowotnym na człowieka?

Cel pracy i związane z nim cele szczegółowe nie budzą większych zastrzeżeń, niemniej pewne sformułowania są zastosowane niefortunnie. Dotyczy to sformułowania „właściwości hipotensyjne” (str. 52) w kontekście badania aktywności hydrolizatów oraz „przeprowadzenia analiz *in silico* wyizolowanych białek...” (str. 52). Pierwsze dotyczyłoby sytuacji prowadzenia badań np. ludziach. W przypadku drugiego, zgodnie z opisem metodycznym (**P2**), sekwencje białek pobierano z bazy danych UniProt (czyli nie były izolowane przez Doktorantkę), zaś ich identyfikacja w części doświadczalnej wykonywana była za pomocą programu MASCOT, co już bardziej wpisuje się w obszar analizy *in silico*. W schemacie przebiegu badań (rozdział 4.4., str. 56) oraz dalszej części doktoratu „konsekwentnie” powtarza się słowo „hipotensyjny”. Sam schemat również sugeruje, że trawienie *in silico* białek z użyciem BIOPEP-UWM odnosiło się do białek już wyekstrahowanych (kafelek nadrzędny w stosunku do kafelka dotyczącego badań *in silico*). Sformułowanie „predykcja właściwości (BIOPEP-UWM)” znajdująca się w jednym z kafelków schematu doświadczenia jest pojęciem zbyt szerokim (dotyczy słowa „właściwości”).

W tym miejscu chciałabym zwrócić uwagę na nazwę „BIOPEP”. Nazwa ta jest stosowana w publikacji **P2** oraz komputeropisie. Od roku 2019, w obiegu literaturowym oraz internecie (strona bazy: <https://biochemia.uwm.edu.pl/biopep-uwm/>), baza danych sekwencji białek i peptydów, którą stosowała Autorka rozprawy doktorskiej, funkcjonuje jako BIOPEP-UWM (Minkiewicz i in., 2019. Int. J. Mol. Sci., <https://doi.org/10.3390/ijms20235978>).

Do opisu metod mam następujące uwagi:

1. Opis trawienia *in silico* białek: niedoprecyzowano, czy zastosowano 3 enzymy jednocześnie, czy hydrolizę przeprowadzono w układzie: sekwencja białka poddana hydrolizie jednym z trzech wymienionych enzymów (i tak dla każdej badanej sekwencji 3 enzymy, z czego każdy oddzielnie). O metodycznym sposobie przeprowadzenia hydrolizy *in silico* sekwencji białek można dopiero domniemywać na podstawie tabel oraz opisu wyników. Jak Autorka przeprowadziła hydrolizę sekwencji białek, które nie są na stałe zaimplementowane do bazy sekwencji białek w BIOPEP-UWM? Jest to możliwe, jednak na podstawie wyjaśnienia podanego w pracy **P2** oraz rozdziale 5.2.7 (str. 65) nie jest to oczywiste.
2. Brak rozróżnienia między próbką a próbą;
3. Oznaczanie aktywności biologicznych hydrolizatów: dobrze byłoby, gdyby Autorka pracy doktorskiej podała równania zastosowane do obliczeń (np. % inhibicji ACE) oraz jaki analit stanowił próbkę ślepą/kontrolną w oznaczeniach aktywności biologicznych hydrolizatów (tam, gdzie jest taka konieczność). Ponadto, jakie modyfikacje metodyczne miały miejsce w odniesieniu do niektórych zastosowanych metod?
4. W komputeropisie pominięto opis i celowość zastosowania programu PeptideRanker, zwłaszcza, że wyniki uzyskane za pomocą tego programu omówiono w pracy **P2**.

Moje uwagi nie umniejszają wartości wykonywanego eksperymentu. Przykładowo uwaga nr 2 wynika ze specyfiki języka polskiego. W publikacjach anglojęzycznych dylemat użycia słowa próba czy próbka nie występuje. Podanie wzorów (uwaga nr 3) uszczegółowiłoby metodykę, ale można to usprawiedliwić powołaniem się na literaturę źródłową (w domyśle: zawierającą wzory). Pozostałe uwagi są sugestiami w kontekście dalszej działalności publikacyjnej mgr inż. Katarzyny Garbacz. Doceniam Jej warsztat metodyczny, samodzielność i ogrom pracy włożony w przeprowadzenie eksperymentu.

Zastosowane metody statystyczne są adekwatne, jak również oprogramowanie, służące do prostych, jak i bardziej zaawansowanych obliczeń statystycznych.

Rozdział „Wyniki” jest opisany syntetycznie (w relacji do dużej liczby danych), co ułatwia śledzenie obserwacji dokonanych przez Autorkę pracy. Wprawdzie nie istnieją rekomendacje odnośnie sposobu omawiania wyników w odniesieniu do rezultatów uzyskanych przez innych autorów, to zaletą monografii mgr inż. Katarzyny Garbacz jest oddzielenie rozdziału „Wyniki” od „Dyskusji”. Na podstawie dyskusji wyników stwierdzam, że Doktorantka posiada umiejętność krytycznego myślenia, poszukuje rozwiązań, widzi konsekwencje proponowanych rozstrzygnięć (umiejętność wnioskowania).

Do rozdziałów „Wyniki” oraz „Dyskusja” mam następujące uwagi:

1. Brak jednostek (np. Tabela 21 i 22; kolumna „Masa”).
2. Dobrze byłoby doprecyzować (od czasu do czasu) czy Autorka ma na myśli hydrolizat *in silico* czy *in vitro*?
3. Celowość prezentowania wyników w formie map cieplnych przy jednoczesnym podaniu wyników w tabelach. Jaki program Autorka zastosowała do tworzenia mapy cieplnej? Jakie dodatkowe wnioski można wyciągnąć z wyników uzyskanych za pomocą mapy cieplnej?
4. Zastosowanie programu PeptideRanker w kontekście porównywania wyników otrzymanych za pomocą BIOPEP-UWM. BIOPEP-UWM zawiera dane na temat peptydów o potwierdzonej aktywności biologicznej. Wyniki podane w pracy **P2** nie wskazują, by Autorka porównała przewidywaną aktywność peptydów (PeptideRanker) z rzeczywistą (podaną w BIOPEP-UWM). Podpis pod Rys. 2 (publikacja **P2**) sugeruje, że jest to porównanie liczby potencjalnie uwolnionych peptydów z badanych sekwencji białek za pomocą trzech enzymów, a wyniki otrzymano za pomocą BIOPEP-UWM oraz PeptideRanker. PeptideRanker to program do przewidywania bioaktywności, zaś BIOPEP-UWM nie posiada tej funkcji, a posiada inne stosowane przez Doktorantkę. Proszę o wyjaśnienie lub doprecyzowanie.
5. Proszę (podczas obrony) o wskazanie kilku przykładów sekwencji peptydów bioaktywnych zidentyfikowanych na podstawie spektrometrii mas w hydrolizatach białek makuchów rzepaku lub ostropestu lub słonecznika.

6. Proszę (podczas obrony) o przeredagowanie zdania znajdującego się na stronie 133:

„Po drugie, BIOPEP traktuje wykryte motywy...[ ]...niż liczne motywy o niskiej aktywności”.

Mgr inż. Katarzyna Garbacz krytycznie odnosi się do uzyskanych wyników, co wskazuje na Jej dojrzałość naukową w kwestii interpretacji wyników. Przykładem jest dyskusja odnosząca się do rozbieżności wyników na temat wysokiej aktywności biologicznej (tj. inhibicji ACE) sekwencji białek rzepaku hydrolizowanych bromelainą, wynikającej z potencjalnie dużej liczby uwolnionych fragmentów (badania *in silico*), a rzeczywistą bioaktywnością, wskazującą że to hydrolizat tych białek, powstały po zastosowaniu papainy, jest lepszym inhibitorem ACE niż hydrolizat bromelainowy. Doktorantka wskazała na możliwe przyczyny tych rozbieżności, co świadczy o umiejętności krytycznego myślenia oraz znajomości literatury. Chciałabym zapytać Doktorantkę, czy poza wskazanymi przyczynami różnic w wynikach *in silico* oraz *in vitro* mogą istnieć dodatkowe, wynikające np. ze specyfiki baz danych, struktury hydrolizowanego białka, struktury peptydu etc.

W tym miejscu odniosę się do tytułu pracy doktorskiej. W moim odczuciu Autorka nie „wytwarzała peptydów”. Jest to uproszczenie. W wyniku optymalizacji procesów hydrolizy białek powstawały hydrolizaty białkowe o potencjale prozdrowotnym, wynikającym z obecności peptydów bioaktywnych. „Wytwarzanie peptydów” oznaczałoby na przykład ich izolowanie z hydrolizatu lub syntezę, następnie oznaczanie aktywności biologicznych, a uzyskane wyniki pomiarów aktywności mogłyby różnić się od tych, które uzyskano dla hydrolizatów (np. utrata, wyższa lub niższa aktywność względem hydrolizatu). Moim zdaniem tytuł „Opracowanie i optymalizacja procesu wytwarzania hydrolizatów z wybranych białek roślinnych jako źródła peptydów o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych” bardziej oddawałby koncepcję doktoratu.

Moje uwagi wskazują na pewne nieścisłości wynikające z nietrafności sformułowań zastosowanych przez mgr inż. Katarzynę Garbacz. Stwierdzam, że cel pracy został osiągnięty, a wyniki omówiono i przedyskutowano krytycznie z odniesieniem do aktualnego stanu wiedzy. Mgr inż. Katarzyna Garbacz zaproponowała rozwiązania służące zagospodarowaniu makuchów ze słonecznika, rzepaku oraz ostropestu do produkcji bioaktywnych hydrolizatów. Przedstawiona do oceny praca tym samym pogłębia wiedzę na temat wykorzystania ubocznych produktów roślinnych tj. makuchów rzepaku, ostropestu i słonecznika jako źródła cennych składników prozdrowotnych. Dodatkowym sukcesem Doktorantki jest opracowanie optymalnej metody wytwarzania hydrolizatów białkowych z makuchów tych roślin w

kontekście doboru metody ekstrakcji białek, warunków hydrolizy przy jednoczesnym zachowaniu jak najlepszych właściwości prozdrowotnych uzyskanego hydrolizatu. Tematyka pracy mgr inż. Katarzyny Garbacz wpisuje się w tzw. upcykling. Jego idea polega na ograniczeniu powstawania produktów ubocznych i produkcji żywności (nie tylko) o dodatkowych korzyściach dla organizmu ludzkiego. Branża spożywcza w Polsce coraz częściej angażuje się we współpracę z naukowcami, poszukując nowych rozwiązań w celu poprawy dobrostanu człowieka oraz środowiska. Dowodem jest m. in. oceniana praca doktorska mgr inż. Katarzyny Garbacz.

Pracę doktorską podsumowują wnioski podzielone na: naukowe, technologiczne oraz aplikacyjne i wdrożeniowe. Podoba mi się takie ujęcie w kontekście przełożenia wyników uzyskanych w laboratorium na rezultaty w skali technologicznej. Mimo moich uwag na temat opisu wyników badań symulacyjnych (komputerowych), potwierdzono przydatność metod *in silico* (szczególnie bazy danych BIOPEP-UWM) w kreowaniu biologicznie czynnych preparatów białkowych. Upowszechnienie narzędzi *in silico* wśród podmiotów (w tym wypadku Biolive Innovation Sp. z o. o.) jest kolejnym krokiem przyczyniającym się do ciągłego rozwoju otoczenia społeczno-gospodarczego i poszukiwania rozwiązań bazując na osiągnięciach szeroko pojętej bioinformatyki.

**Podsumowując, rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Garbacz prezentuje Jej ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie technologia żywności i żywienia oraz jest dowodem na umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Nią pracy naukowej. Ponadto wyniki przedstawione w pracy wskazują na oryginalność rozwiązania problemu naukowego.**

Na koniec chciałabym, by podczas publicznej obrony, Doktorantka odpowiedziała na jeszcze jedno pytanie: czy wśród peptydów obecnych w badanych hydrolizatach mogły znajdować się peptydy kształtujące wrażenia smakowe?

#### **Ocena kwalifikacyjna i wniosek końcowy**

Na podstawie dysertacji wyrażam pogląd, że Doktorantka jest osobą przygotowaną do prowadzenia badań, dysponuje wiedzą w dyscyplinie technologia żywności i żywienia, ze szczególnym uwzględnieniem przedstawianego zagadnienia oraz umie prezentować wyniki swoich obserwacji i formułować wnioski. Ponadto Autorka rozprawy wykazała się umiejętnością krytycznej analizy swoich wyników w odniesieniu do prac innych autorów.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Katarzyny Grabacz pt.: „*Opracowanie i optymalizacja procesu wytwarzania peptydów ze źródeł roślinnych o potencjalnych właściwościach prozdrowotnych*” spełnia wymogi zawarte w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571 ze zm.) stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień doktora. W związku z tym, zwracam się do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z wnioskiem **o dopuszczenie mgr inż. Katarzyny Garbacz do dalszych etapów postępowania doktorskiego.**



Signed by / Podpisano  
przez:

Anna Iwaniek  
Uniwersytet Warmińsko-  
Mazurski w Olsztynie

Date / Data: 2026-04-02  
12:18