

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Filipiak-Florkiewicz  
Katedra Technologii Produktów Roślinnych  
i Higieny Żywności  
Wydział Technologii Żywności  
Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie

Kraków, 17.12.2024 r.

## Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. **PATRYCJI MALINOWSKIEJ**

pt. "**SKŁAD I WŁAŚCIWOŚCI BIOCHEMICZNE FERMENTOWANYCH NAPOJÓW Z  
NASION ROŚLIN STRĄCZKOWYCH**",

wykonanej pod kierunkiem **dr. hab. Małgorzaty Ziarno, prof. SGGW**  
w Katedra Technologii i Oceny Żywności, Instytut Nauk o Żywności  
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny technologia żywności i żywienia, Pana prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego (z dnia 28.10.2024 r.), zgodnie z Uchwałą Rady podjętą w dniu 25.10.2024 roku.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Patrycji Malinowskiej jest zbiorem czterech artykułów merytorycznie i logicznie powiązanych, opatrzonych wspólnym tytułem „Skład i właściwości biochemiczne fermentowanych napojów z nasion roślin strączkowych”, które usystematyzowano za pomocą autoreferatu. Tytuł pracy uważam za poprawnie sformułowany i ściśle powiązany z przedstawionymi treściami w pracy.

W skład cyklu publikacji wchodzi następujące prace:

1. Cichońska P., Ziarno M. (2022). Legumes and Legume—Based Beverages Fermented with Lactic Acid Bacteria as a Potential Carrier of Probiotics and Prebiotics.

- Microorganisms, 10, 91. <https://doi.org/10.3390/iricroorganisinsl00l009l>, 40 pkt MNiSW; IF = 4,5
2. Cichońska P., Domian E., Ziarno M. (2022). Application of Optical and Rheological Techniques in Quality and Storage Assessment of the Newly Developed Colloidal-Suspension Products: Yogurt—Type Bean—Based Beverages. *Sensors*, 22, 8348. <https://doi.org/10.3390/s222l8348>, 100 pkt MNiSW; IF = 3,9
  3. Cichońska P.\*, Bryś J., Ziano M. (2023). Use of natural biotechnological processes to modify the nutritional properties of bean—based and lentil—based beverages. *Scientific Reports*, 13, 16976. <https://doi.org/10.1038/s41598—023—44239-S>, 140 pkt MNiSW; IF = 4,9
  4. Cichońska P., Kostyra E., Piotrowska A., Ścibisz I., Roszko M., Ziarno M. (2024). Enhancing the Sensory and Nutritional Properties of Bean—Based and Lentil—Based Beverages through Fermentation and Germination. *LV Food Science and Technology*, 199, 116140. <https://doi.org/10.1016/j.1wt.2024.116140>, 100 pkt MNiSW; IF = 6,0

Tematyka ww. prac dotyczy jakości fermentowanych napojów roślinnych z fasoli białej i soczewicy brązowej, otrzymanych z zastosowaniem różnych procesów technologicznych. Wszystkie publikacje są współautorskie (2 - 6 autorów), z udziałem Doktorantki (zgodnie z przedstawionymi oświadczeniami) polegającym na zainicjowaniu badań, opracowywaniu koncepcji pracy oraz metodologii, przeprowadzaniu analiz i opracowywaniu wyników, a także aktywnym udziałem w procesie wydawniczym. Łączną sumą punktów, prac zgodnie z wykazem MNiSW wynosi 380, a wartość wskaźnika Impact Factor jest równa 19,3. Publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe mgr inż. Patrycji Malinowskiej zostały opublikowane w renomowanych czasopismach: *Microorganisms*, *Sensors*, *Scientific Reports* oraz *Food Science and Technology*, co dowodzi ich wysokiego poziomu naukowego.

Autoreferat obejmuje:

- Wykaz skrótów i oznaczeń
- Wykaz publikacji stanowiących pracę doktorską
- Uzasadnienie podjęcia tematu pracy doktorskiej
- Cel i zakres pracy doktorskiej
- Hipotezy badawcze
- Organizacja doświadczenia
- Materiał badany i metodyka
- Omówienie i dyskusja wyników
- Podsumowanie i wnioski
- Spis literatury

- Dorobek naukowy
- Publikacji stanowiące pracę doktorską wraz z oświadczeniami współautorów

Recenzowana praca została przez mnie oceniona pod kątem następujących kryteriów: aktualność i istotność problemu naukowego, jednoznaczność celu pracy i adekwatność hipotez, metody badawcze, formalna i językowa kompozycja rozprawy oraz poprawność wnioskowania.

Mleko krowie oraz produkty mleczne stanowią nieodłączną część podstawowej diety człowieka, stanowiąc bogate źródło białka i wapnia. Obecnie coraz częściej jednak obserwuje się występowanie alergii pokarmowych i/lub nietolerancji na jego składniki. Alergia na mleko krowie jest jedną z najczęstszych i najwcześniej występujących alergii pokarmowych u dzieci. Późna diagnoza tego schorzenia stwarza ryzyko rozwinięcia się poważnych zespołów żołądkowo- jelitowych, które mogą wywołać nie tylko zaburzenia w rozwoju dziecka, ale również doprowadzić do osłabienia nabłonka jelitowego. Także występowanie nietolerancji laktozy jest coraz powszechniejsze. Szacuje się, że obecnie nietolerancję laktozy wykazuje aż 70% ogółu populacji. Na częstość występowania nietolerancji ma wpływ wiele czynników. Jednym z nich jest pochodzenie etniczne.

Względy zdrowotne, etyczne oraz rosnąca świadomość prozdrowotna konsumentów sprawia, że z roku na rok obserwuje się rosnącą popularność różnego rodzaju roślinnych zamienników produktów odzwierzęcych, w tym produktów mleczarskich. Jak wskazują dane statystyczne rynek napojów roślinnych jest jednym z najszybciej rozwijających się.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom konsumentów, segment napojów alternatywnych dla mleka rozszerza się nie tylko w ilości produkowanych napojów, ale przede wszystkim w różnorodności surowców, na bazie których są produkowane. Obecnie wśród analogów mleka dominuje napój sojowy, napój owsiany, napój kokosowy oraz napój konopny. Większość z nich wytwarzana jest podczas kontrolowanej fermentacji, która odpowiada za ich funkcjonalny skład bioaktywny. Wzrastające zainteresowanie substytutami mleka krowiego powoduje, że producenci żywności stają przed koniecznością ciągłego udoskonalania oferty napojów roślinnych. Konsumenty oczekują produktów nie tylko smacznych, ale przede wszystkim wartościowych pod względem żywieniowym.

Mając powyższe na uwadze powyższe, wybór tematu dotyczącego składu i właściwości biochemiczne fermentowanych napojów z nasion roślin strączkowych uważam za zasadny i

pożądany, zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Podjęty przez Autorkę temat pracy oceniam jednocześnie jako aktualny i ważki z punktu widzenia nie tylko technologicznego ale także żywieniowego. Wieloaspektowa specyfika badanego zagadnienia oraz podejście badawcze uważam za walor tej pracy.

Głównym celem rozprawy doktorskiej było opracowanie fermentowanych napojów roślinnych z fasoli białej i soczewicy brązowej z zastosowaniem wybranych procesów technologicznych, poprawiających ich wartość odżywczą i zawartość składników bioaktywnych. Jego realizacja obejmowała opracowanie receptury napojów roślinnych z fasoli białej i soczewicy brązowej; określenie drobnoustrojów odpowiednich do fermentacji opracowanych napojów; zbadanie zmian zawartości wybranych składników odżywczych i biochemicznych na różnych etapach przetwarzania opracowanych napojów fermentowanych; wskazanie etapów przetwarzania badanych napojów roślinnych, w których dochodzi do zmniejszenia bądź zwiększenia zawartości i/lub dostępności wybranych składników biochemicznych

Zakres pracy został systematycznie i chronologicznie uporządkowany oraz jednoznacznie określony. Obejmował on:

1. Wytworzenie napojów roślinnych z fasoli białej i soczewicy brązowej, wraz z doбором parametrów procesów kiełkowania i fermentacji;
2. Charakterystykę wartości odżywczej, właściwości fizycznych i właściwości biochemicznych napojów z fasoli białej i soczewicy brązowej;
3. Ocenę wpływu procesów kiełkowania i fermentacji na zmiany wartości odżywczych, właściwości fizycznych i właściwości biochemicznych napojów z fasoli białej i soczewicy brązowej;
4. Analizę wpływu kiełkowania, fermentacji i dodatku smakowego na charakterystykę sensoryczną napojów z fasoli białej i soczewicy brązowej.

Doktorantka sformułowała cztery hipotezy badawcze:

1. Napoje roślinne z fasoli białej i soczewicy brązowej są odpowiednimi matrycami do procesu fermentacji.

2. Zastosowanie procesu fermentacji w produkcji napojów na bazie fasoli białej i soczewicy brązowej wpływa na zmiany ich wartości odżywczej, właściwości fizycznych i biochemicznych w zależności od rodzaju zastosowanych kultur starterowych.
3. Proces kiełkowania nasion fasoli białej i soczewicy brązowej wpływa na zmiany właściwości biochemicznych i wartości odżywczej napojów roślinnych przygotowanych z tych surowców, w porównaniu do napojów przygotowanych z nasion nieskiełkowanych.
4. Zastosowanie fermentacji, kiełkowania i dodatku smakowego wpływa na poprawę właściwości sensorycznych napojów roślinnych na bazie fasoli białej i soczewicy brązowej.

Doceniam sformułowanie hipotez badawczych, jednak uważam, że niektóre z nich (hipoteza 2 i 3) są zbyt oczywiste. Proponowałabym bardziej je doprecyzować np. poprzez preredagowanie hipotezy z „Zastosowanie procesu fermentacji w produkcji napojów na bazie fasoli białej i soczewicy brązowej wpływa na zmiany ich wartości odżywczej, właściwości fizycznych i biochemicznych w zależności od rodzaju zastosowanych kultur starterowych” na „Zastosowanie procesu fermentacji w produkcji napojów na bazie fasoli białej i soczewicy brązowej poprawia wartość odżywczą, właściwości fizyczne i biochemiczne w zależności od rodzaju zastosowanych kultur starterowych”. Hipoteza powinna być bowiem pojęciowo jasna, czyli wyrażona dokładnie i jednoznacznie. Jednocześnie nie mam wątpliwości, że wszystkie postawione przez Doktorantkę hipotezy zostały zweryfikowane. Podkreślić także należy, że weryfikacja niektórych hipotez została przeprowadzona w oparciu o logiczną syntezę wniosków uzyskanych na podstawie więcej niż jednego etapu badań. Wskazuje to na umiejętność logicznego wiązania faktów i wyciągania wniosków, tym samym dyscyplinę metodyczną i dojrzałość naukową.

W celu przejrzystego zaprezentowania poszczególnych etapów badań Doktorantka przedstawiała je w postaci schematu w rozdziale „Organizacja doświadczenia”. Badania rozpoczęto od określenia optymalnych parametrów do procesu kiełkowania nasion, następnie opracowano recepturę i parametry wytwarzania napojów roślinnych z badanych surowców, przeprowadzono analizy mające na celu określenie przydatności badanych kultur starterowych do zastosowania w procesie fermentacji, a także scharakteryzowano wartość odżywczą, właściwości fizyczne i właściwości biochemiczne otrzymanych napojów.

Doktorantka w rozdziale „Materiał i metodyka badań” przedstawiła opis materiału badawczego i metod badawczych oraz zastosowaną analizę statystyczną. Przedstawione metody badań uznają za adekwatne do realizacji założonego celu. Po lekturze tego rozdziału nasuwają się następujące pytania:

1. Jak wyglądała obróbka wstępna nasion fasoli oraz soczewicy przed procesem kiełkowania?
2. Czym kierowała się Doktorantka wybierając 15% dodatek wsadu owocowego?
3. Dlaczego w analizie statystycznej pominięto jako czynnik rodzaj nasion?

W kolejnym rozdziale „Omówienie i dyskusja wyników” Doktorantka opisała i przedyskutowała poszczególne artykuły, które stanowią raporty z etapów badań służących osiągnięciu zdefiniowanego celu głównego i weryfikacji postawionych hipotez. Podkreślić należy, że Doktorantka nie ograniczyła się do syntetycznego przedstawienia wyników badań zamieszczonych w poszczególnych publikacjach ale na ich bazie, stworzyła kompleksowe opracowanie, którego strukturę określiły poszczególne właściwości napojów fermentowanych.

Pierwsza publikacja stanowiąca część rozprawy doktorskiej ma charakter przeglądowy i wprowadza oraz dobrze uzasadnia podjętą tematykę. Przedstawiono w niej charakterystykę bakterii kwasu mlekowego (LAB) i ich zastosowanie w fermentacji roślin strączkowych oraz napojów na bazie roślin strączkowych. W pracy tej Doktorantka opisuje również składniki prebiotyczne obecne w roślinach strączkowych i napojach wytworzonych na ich bazie, które mogą wspierać wzrost LAB. Jak podkreśla Autorka nasiona strączkowe są odpowiednią matrycą do produkcji napojów roślinnych, będących produktem alternatywnym dla wyrobów mlecznych.

W dalszej kolejności, zgodnie z kolejnością przyjętych hipotez badawczych, Doktorantka omawia wyniki charakteryzujące proces fermentacji ( Cichońska P., Bryś J., Ziano M. (2023). Use of natural biotechnological processes to modify the nutritional properties of bean—based and lentil—based beverages. *Scientific Reports*, 13, 16976). Napoje roślinne z fasoli białej i soczewicy brązowej poddano procesowi fermentacji z zastosowaniem trzech komercyjnych kultur starterowych. We wszystkich fermentowanych próbkach napojów wykazano istotne zmniejszenie wartości pH, co wskazuje na aktywność metaboliczną

mikroorganizmów w badanych kulturach starterowych. Doktorantka nie zaobserwowała ponadto istotnych zmian pH po okresie 21 dni przechowywania napojów w warunkach chłodniczych. Przeprowadzona analiza statystyczna potwierdziła, że głównym czynnikiem mającym wpływ na uzyskane wartości był proces fermentacji. Za szczególnie istotne element tych badań uważam potwierdzenie, że uzyskane napoje miały cechy produktów probiotycznych. Doktorantka wykazała, że stosując kultury starterowe YO—MIX 207 (NF/NS/NFK/NSK+YO—MIX) i ABY—3 (NF/NS/NFK/NSK+ABY—3), zalecaną liczbę żywotnych komórek z rodzajów *Lactobacillus*, *Streptococcus* i *Bifidobacterium* uzyskano po fermentacji wszystkich badanych próbek. Co niezwykle ważne, w większości analizowanych napojów nie zaobserwowano redukcji populacji bakterii poniżej  $10^7$  jtk/cm<sup>3</sup> po okresie przechowywania. Ważnym z naukowego oraz praktycznego punktu widzenia jest także wskazanie, że większa różnorodność mikroflory w kulturze starterowej sprzyjała bardziej efektywnej fermentacji badanych napojów. Jak słusznie zauważa mgr inż. Patrycja Malinowska zjawisko to może wynikać z synergistycznego działania mikroorganizmów w złożonych kulturach starterowych oraz metabolizmu węglowodanów w roślinach strączkowych. Badania Doktorantki pokazują jednoznacznie, że w fermentacji napojów roślinnych najskuteczniejsze jest stosowanie kultur starterowych wzbogaconych Bifidobakteriami, które mogą zwiększać szybkość procesu i proliferację drobnoustrojów.

W dalszej części rozdziału „Omówienie i dyskusja wyników” Doktorantka charakteryzuje wartość odżywczą otrzymanych napojów z fasoli białej i soczewicy brązowej zarówno bazowych (kontrolnych) jak i z nasion skiełkowanych i po procesie fermentacji (opublikowane w pracach: Cichońska P.\*, Bryś J., Ziano M. (2023). Use of natural biotechnological processes to modify the nutritional properties of bean—based and lentil—based beverages. *Scientific Reports*, 13, 16976; oraz Cichońska P.\*, Kostyra E., Piotrowska A., Ścibisz I., Roszko M., Ziarno M. (2024). Enhancing the Sensory and Nutritional Properties of Bean—Based and Lentil—Based Beverages through Fermentation and Germination. *LV Food Science and Technology*, 199, 116140). Jak wykazała Doktorantka w przypadku napojów zarówno z fasoli, jak i soczewicy zaobserwowano istotny wpływ zastosowania procesu kiełkowania nasion na zwiększenia zawartości białka. Kiełkowanie nasion nie miało z kolei istotnego wpływu na zawartość tłuszczu w badanych próbkach. Nie wykazano istotnych różnic w zawartości suchej masy pomiędzy bazowymi napojami z fasoli i soczewicy, a kiełkowanie

wpłynęło na istotne obniżenie tego parametru. Zastosowanie procesu kiełkowania znacznie obniżyło także zawartość glukozy, sacharozy i werbaskozy, podnosząc jednocześnie poziom stachiozy. Fermentacja z różnymi kulturami starterowymi również wpłynęła na skład węglowodanowy napojów, głównie poprzez redukcję zawartości glukozy i sacharozy. Udział procentowy poszczególnych kwasów tłuszczowych w całkowitej ich puli, a także stosunek nienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconych kwasów tłuszczowych, są ważnymi parametrami określającymi wartość odżywczą produktów. W profilu kwasów tłuszczowych badanych napojów dominował kwas linolowy (C18:2). Znaczny udział miały także kwasy: linolenowy i oleinowy. Spośród nasyconych kwasów tłuszczowych w największej ilości występowały kwasy: palmitynowy i stearynowy. Głównym czynnikiem wpływającym na profil kwasów tłuszczowych napojów z fasoli była fermentacja z kultury starterową ABY—3. Zastosowanie tego procesu istotnie zmodyfikowało profil kwasów tłuszczowych n—3 i n—6, zwiększając udział kwasu  $\alpha$ —linolenowego n—3 i zmniejszając udział kwasu linolowego n—6. Ponadto fermentacja istotnie obniżyła zawartość kwasu palmitynowego w NFK i obniżyła zawartość kwasu stearynowego w NF i NFK. Kiełkowanie wpłynęło wyłącznie na istotne zwiększenie udziału kwasu stearynowego. W przypadku napojów z soczewicy zarówno fermentacja, jak i kiełkowanie znacznie zmieniły profil kwasów tłuszczowych. Fermentacja spowodowała istotne zmniejszenie zawartości kwasu stearynowego i oleinowego oraz zwiększenie zawartości kwasu  $\alpha$ —linolenowego. Kiełkowanie natomiast doprowadziło do istotnego zmniejszenia zawartości kwasu oleinowego i  $\alpha$ —linolenowego oraz zwiększenia zawartości kwasu linolowego.

Ponieważ wewnątrzcząsteczkowa struktura TAG pod względem pozycjonowania kwasów tłuszczowych w szkielecie glicerolu (pozycje sn 1, sn—2 i sn—3) wpływa na trawienie i wchłanianie kwasów tłuszczowych w organizmie, za bardzo interesujące i ważne uznaję wyniki dotyczące analizy pozycjonowania kwasów tłuszczowych w cząsteczkach TAG. Jak wykazała Doktorantka we wszystkich niefermentowanych napojach z fasoli i soczewicy największy udział w pozycji sn—2 w TAG spośród kwasów nasyconych stwierdzono dla kwasu palmitynowego, zaś spośród kwasów nienasyconych dla kwasu oleinowego. W pozycjach sn—1,3 w TAG największy udział miały wielonienasycone kwasy tłuszczowe, czyli kwasy linolowy i  $\alpha$ —linolenowy. Fermentacja była głównym czynnikiem wpływającym na zmiany w rozmieszczeniu kwasów tłuszczowych w pozycjach sn—2 i sn—1,3 w TAG. W próbkach po



fermentacji zaobserwowano pojawienie się w pozycjach sn— 2 i sn—1,3 w TAG wcześniej nieobecnego kwasu stearynowego w NF i NFK oraz kwasu mirystynowego w NS i NSK. Przechowywanie w warunkach chłodniczych oraz kiełkowanie nie miało wpływu na pozycjonowanie kwasów tłuszczowych w TAG w większości badanych napojów.

Analiza wyników badań wykazała, że proces kiełkowania miał istotny wpływ na zwiększenie zawartości biotyny, niacyny i kwasu pantotenowego w próbkach napojów z fasoli i soczewicy. Ponadto Doktorantka wykazała, że fermentacja przy użyciu obu kultur starterowych spowodowała zwiększenie zawartości tiaminy, ryboflawiny i pirydoksyny w NF i NS.

Analiza zawartości rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego błonnika w testowanych napojach wykazała, że bazowe NF miały ponad dwukrotnie większą zawartość błonnika w porównaniu do NS (1,3 g/100 g dla NF i 0,6 g/100 g dla NS). Jak wskazuje Doktorantka otrzymane napoje roślinne można uznać za produkty prozdrowotne, ponieważ zawartość błonnika na porcję 250 ml produktu przekracza 1,5 g, zarówno w napojach z nasion skiełkowanych, jak i nieskiełkowanych. Kiełkowanie było jedynym czynnikiem istotnie wpływającym na otrzymane wyniki. Zastosowanie tego procesu doprowadziło do istotnego zwiększenia zawartości błonnika.

Zwykle rośliny strączkowe mają średni indeks glikemiczny wynoszący około 34, co klasyfikuje je jako żywność o niskim IG. Przetwarzanie roślin strączkowych w celu wytworzenia napojów roślinnych zwiększyło wartość ich IG. Wytworzone przez Doktorantkę napoje z fasoli i soczewicy można sklasyfikować do kategorii żywności o średnim IG, z wartościami pomiędzy 60,19-60,70 dla NF i 60,82—61,29 dla NS.

W pracy doktorskiej napoje roślinne z fasoli białej poddane homogenizacji wysokociśnieniowej, w wariantach bazowych, z nasion skiełkowanych i po procesie fermentacji Doktorantka przebadła także pod względem charakterystyki właściwości fizycznych. Wyniki analiz barwy, stabilności, wielkości cząstek i właściwości reologicznych próbek napojów przedstawiono w pracy Cichońska P., Domian E., Ziarno M. (2022). Application of Optical and Rheological Techniques in Quality and Storage Assessment of the Newly Developed Colloidal—Suspension Products: Yogurt—Type Bean—Based Beverages. Sensors, 22, 8348. Jak stwierdziła Doktorantka napoje bazowe i otrzymane z nasion poddanych kiełkowaniu odznaczały się różnicą w barwie (AE) między próbkami fermentowanymi i

niefermentowanymi nie większą niż 1,22, co oznacza że nie byłyby one wykrywalne „gołym okiem”. Ważnym aspektem tej części badań są wyniki dotyczące analizy stabilności i wielkości cząstek. Jak bowiem wiadomo napoje roślinne zawierają cząstki stałe o różnej gęstości. Stabilność napojów roślinnych można poprawić poprzez zmniejszenie wielkości cząstek, zwiększenie lepkości fazy wodnej, zmniejszenie różnic gęstości, czy dodatek różnego rodzaju hydrokolidów. Przeprowadzone przez Doktorantkę badanie pozwoliło wykazać, że zarówno niefermentowane, jak i fermentowane napoje, niezależnie od rodzaju użytej kultury starterowej, wykazywały odpowiednio dobrą (kategoria A) i zadowalającą (kategoria B) stabilność. Ponadto podczas przechowywania nie zaobserwowano rozwarstwienia się próbek, co świadczy o wysokiej stabilności układów. Doktorantka podkreśla, że tak wysoką stabilność uzyskano wyłącznie dzięki zastosowaniu zaawansowanych technologii, głównie homogenizacji wysokociśnieniowej. Kiełkowanie było głównym czynnikiem wpływającym na otrzymane wartości. Na podstawie analizy właściwości reologicznych napojów z fasoli, jako płynów rozrzedzanych ścinaniem, Doktorantka wnioskuje, że ich struktura charakteryzuje się stosunkowo niską odpornością na odkształcenia i przepływ. Zastosowanie zmian szybkości ścinania spowodowało, że NF i NFK przyjęły nowe struktury równowagowe, zgodnie z kierunkiem i czasem działania sił ścinających.

Rozdział „Omówienie i dyskusja wyników” kończy charakterystyka właściwości biochemicznych (Cichońska P.\*, Bryś J., Ziano M. (2023). Use of natural biotechnological processes to modify the nutritional properties of bean—based and lentil—based beverages. *Scientific Reports*, 13, 16976; Cichońska P.\*, Kostyra E., Piotrowska A., Ścibisz I., Roszko M., Ziarno M. (2024). Enhancing the Sensory and Nutritional Properties of Bean—Based and Lentil—Based Beverages through Fermentation and Germination. *LV Food Science and Technology*, 199, 116140). Doktorantka wykazała, że całkowita zawartość związków fenolowych w bazowych napojach z soczewicy była dwukrotnie wyższa niż analogicznych produktach z fasoli. Fermentacja z trzema różnymi kulturami starterowymi była głównym czynnikiem wpływającym na zawartość tych związków w analizowanych napojach. Spośród zastosowanych kultur ABY—3 w największym stopniu wpływała na zwiększenie tego parametru. Wszystkie analizowane napoje wykazywały stosunkowo wysoką zdolność inhibicji rodnika DPPH. Także w tym przypadku fermentacja z kulturą startową była najskuteczniejszą metodą zwiększenia zdolności wygaszania rodnika DPPH. Kiełkowanie istotnie wpłynęło na

uzyskane wyniki tylko dla NF. Z kolei przechowywanie napojów w warunkach chłodniczych nie miało istotnego wpływu na właściwości przeciwutleniające.

Kolejnym bardzo interesującym i ważnym osiągnięciem Doktorantki są wyniki dotyczące zawartości izoflawonów i profilu związków zapachowych. Doktorantka wykazała, że wszystkie trzy analizowane aglikony izoflawonów wykryto w napoju z nasion fasoli, a daidzeina i genisteina były obecne w największych ilościach. W napoju z soczewicy wykryto natomiast obecność jedynie genisteiny, w ponad 100 razy niższym stężeniu w porównaniu do napoju z fasoli. Zastosowanie kiełkowania i fermentacji istotnie wpłynęło na zwiększenie zawartości daidzeiny i genisteiny zarówno w NF, jak i NS. Największy wpływ na profil związków zapachowych miało zastosowanie procesu fermentacji. Fermentacja również istotnie zwiększyła zawartość aldehydów, wybranych alkoholi, związków siarki, estrów, kwasów tłuszczowych i ketonów w badanych próbkach. Zastosowanie procesu kiełkowania było kolejnym czynnikiem istotnie kształtującym zawartość związków lotnych w badanych napojach.

Ostatnim ocenianym parametrem jakościowym wytworzonych napojów były ich właściwości sensoryczne. Ocena ogólnej jakości sensorycznej pozwoliła wskazać Doktorantce, że napoje fermentowane były najmniej preferowane i to pomimo mniej wyczuwalnych atrybutów aromatu i smaku strączkowych, warzywnych i skrobiowych. Negatywne oceny wydają się być związane przede wszystkim z obecnością cech fermentacyjnych, kwaśnych i alkoholowych. Te specyficzne atrybuty mogą być powiązane z wybranymi lotnymi związkami, których zawartość zwiększyła się po procesie fermentacji. Dodatek wsadu owocowego okazał najkorzystniejszą strategią zwiększania atrakcyjności sensorycznej napojów z fasoli i soczewicy, a w szczególności zmniejszania wyczuwalności niekorzystnych zapachów i smaków strączkowych, skrobiowych, warzywnych, gorzkich, fermentacyjnych i alkoholowych.

Przedstawione w publikacjach 2, 3 i 4 badania oceniam jako dobrze zaprojektowane i zrealizowane zgodnie ze standardami prac naukowych. Podkreślić należy dojrzałą dyskusję otrzymanych rezultatów, która nie ogranicza się do porównania wyników z otrzymanymi przez innych badawczy wartościami ale przede wszystkim koncentruje się na próbie wyjaśnienia przyczyn obserwowanych zależności i mechanizmów przemian.

Niezależnie od jednoznacznie pozytywnej oceny rozdziału „Omówienie i dyskusja wyników” chciałam zwrócić uwagę Doktorantce, że węglowodany nie są głównym składnikiem wszystkich

roślin strączkowych (str. 42), wyjątkiem jest chociażby soja. Przedstawiając, profil kwasów tłuszczowych Doktorantka wskazała (str. 47), że w badanych napojach dominował „kwas linolenowy (C 18 n-6c)” podczas gdy największy udział miał kwas linolowy (C 18 n-6c). Ponadto chcę, aby Doktorantka podjęła krótką dyskusję w następujących aspektach:

1. Jaki wpływ na stabilność napojów z soczewicy mogło mieć zwiększenie udziału kwasu linolenowego a zmniejszenie stearynowego i oleinowego w napojach obserwowane po procesie fermentacji?
2. Jaki były powody ograniczenia zakresu badań właściwości fizycznych tylko to napojów na bazie fasoli?

Po omówieniu wyników badań zaprezentowanych w publikacjach stanowiących rozprawę doktorską mgr inż. Patrycja Malinowska zamieściła podsumowanie i wnioski odnoszące się do postawionych hipotez badawczych. W ostatnim wniosku Doktorantka wskazała na znaczenie uzyskanych wyników zarówno jako wkładu dla nauki ale również praktyki. Za szczególne ważne zalecenia praktyczne uważam stwierdzenie, że połączenie różnorodnych procesów biotechnologicznych, takich jak fermentacja i kiełkowanie, stanowi optymalne rozwiązanie w produkcji napojów na bazie fasoli i soczewicy oraz pozwala na kompleksową poprawę wartości odżywczej otrzymanych produktów, które jednocześnie pełnią funkcję nośnika bakterii probiotycznych. Reasumując stwierdzam, że praca spełnia kryterium poprawności wnioskowania.

Ostatni rozdział opracowania to „Spis literatury”, który zawiera aż 180 pozycji literaturowych, z czego tylko 1 jest w języku polskim. Piśmiennictwo zostało starannie opracowane i dobrze dobrane. Podkreślić należy aktualność wykorzystanej literatury.

Doktorantka w autoreferacie zawarła jeszcze informacje dotyczące swojego dorobku naukowego. Wprawdzie nie podlega on ocenie ale uważam za zasadne, podkreślenia że nie tylko liczba i wartość naukowa osiągnięć (publikacje, monografie, doniesienia konferencyjne) jest imponująca ale także działalność organizacyjną świadczy pozytywnie o zaangażowaniu Doktorantki.

Praca napisana jest bardzo starannie, poprawnym i zwięzłym językiem. Pomyłki językowe, powtórzenia oraz tzw. skróty myślowe lub używanie potocznych określeń w tekście naukowym pojawiają się rzadko i w żaden sposób nie obniżają wartości merytorycznej pracy.

Uwagi te nie odnoszą się do opublikowanych prac naukowych, których wysoka wartość nie podlega dyskusji, a do ich zaprezentowania w polskojęzycznej formie rozprawy (autoreferat).

Przedstawione uwagi krytyczne, o charakterze w większości porządkowym, wyjaśniającym lub dyskusyjnym, nie umniejszają wartości recenzowanej rozprawy i nie mają wpływu na jej jednoznacznie pozytywną ocenę. Wskazanie ich jest obowiązkiem recenzenta i w związku z faktem, że prace stanowiące rozprawę doktorską zostały już opublikowane, mają stanowić wskazówki w dalszej pracy naukowej i przygotowywaniu kolejnych publikacji.

Reasumując uważam, że spójny tematycznie cykl publikacji stanowiący rozprawę doktorską, większościowego współautorstwa mgr inż. Patrycji Malinowskiej jest oryginalnym i wartościowym opracowaniem dotyczącym jakości napojów fermentowanych z fasoli białej i soczewicy brązowej. Chciałabym podkreślić także aplikacyjny charakter pracy. Przyjęty sposób realizacji zadań, systematyczne, metodyczne oraz krytyczne podejście do uzyskanych wyników stanowią cenny wkład w kształtowanie wiedzy z zakresu technologii żywności i żywienia w obszarze badań nad produktami fermentowanymi.

We wniosku końcowym stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska, stanowiąca spójny tematycznie cykl czterech publikacji pod wspólnym tytułem „Skład i właściwości biochemiczne fermentowanych napojów z nasion roślin strączkowych”, w pełni odpowiada warunkom określonym w Ustawie z dnia 20 lipca 2020 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 poz. 742).

**Wnoszę zatem do Rady Dyscypliny technologia żywności i żywienia, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o dopuszczenie Pani mgr inż. Patrycji Malinowskiej do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora.**