



Poznań, 07.12.2024 r.

dr hab. Agnieszka Makowska  
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 31  
60-637 Poznań

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Lewko pt.  
„Opracowanie metody modyfikacji właściwości mąki pszennej  
z przeznaczeniem do zastosowań w piekarnictwie”**

Podstawą wykonania recenzji było pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, prof. dr hab. Waldemara Gustawa, z dnia 14 października 2024 roku, zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 4 października 2024 r.

Rozprawa doktorska została wykonana w ramach IV edycji programu Doktorat Wdrożeniowy (DWD/4/84/2020) w Katedrze Techniki Ciepłej i Inżynierii Procesowej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, pod kierunkiem prof. dr hab. Agnieszki Wójtowicz jako promotorki. Opiekunem naukowym z ramienia PZZ Lubella GMW Sp. z o.o. był inż. Krzysztof Gaczkowski.

**UZASADNIENIE PODJĘCIA TEMATYKI BADAWCZEJ**

Mąka pszenna jest podstawowym surowcem do produkcji pieczywa, makaronów, ciast, herbatników, wafli czy płatów śniadaniowych. Jej cechy technologiczne i możliwość wykorzystania w poszczególnych branżach przemysłu spożywczego związane są z jej składem chemicznym i właściwościami fizykochemicznymi. Produkcja mąki pszennej jest wieloetapowym procesem rozdrabniania ziarna, w wyniku którego uzyskuje się od kilkunastu do kilkudziesięciu różnych mąk pasażowych o bardzo zróżnicowanych cechach, z których komponuje się mąki specjalistyczne. Niestety, nie wszystkie mąki pasażowe mogą być wykorzystywane w tym celu. Według Autora w młynie nawet 10% całkowitej produkcji stanowić mogą niewykorzystane frakcje mąki, które często, podobnie jak otręby, są przeznaczone na np. paszę dla zwierząt. W przypadku surowca makaronowego ilość takich frakcji ubocznych może być jeszcze większa. Uzasadnione jest więc podjęcie badań nad możliwością skomponowania z ubocznych mąk pasażowych odpowiedniej kompozycji mąki, która po odpowiedniej modyfikacji będzie potencjalnym dodatkiem poprawiającym wartość technologiczną surowca piekarskiego. Opracowanie metody produkcji niniejszej mąki w warunkach przemysłowych pozwoli

na bardziej racjonalne wykorzystanie frakcji ubocznych i wprowadzenie na rynek nowego asortymentu produktu, co przyniesie w przyszłości korzyści ekonomiczne Przedsiębiorstwu PZZ Lubella GMW Sp. z o.o. w Lublinie.

## **OCENA FORMALNA**

Rozprawę stanowi spójny tematycznie cykl publikacji, w skład którego włączono następujące prace:

- P1. Lewko, P., Wójtowicz, A., Gancarz, M. (2023). Distribution of arabinoxylans and their relationship with physiochemical and rheological properties in wheat flour mill streams as an effective way to predict flour functionality. *Applied Science*, 13(9), 5458.
- P2. Lewko, P., Wójtowicz, A., Różańska-Boczula, M. (2024). Effect of Extruder Configuration and Extrusion Cooking Processing Parameters on Selected Characteristics of Non-Starch Polysaccharide-Rich Wheat Flour as Hybrid Treatment with Xylanase Addition. *Processes*, 12(6), 1159.
- P3. Lewko, P., Wójtowicz, A., Rudaś, M. Effect of processing conditions of enzymatic, extrusion and hybrid treatment methods on composition and selected technological properties of developed wheat flour. *International Journal of Food Sciences* (w recenzji).
- P4. Lewko, P., Wójtowicz, A., Kamiński, D. M. (2024). The Influence of Processing Using Conventional and Hybrid Methods on the Composition, Polysaccharide Profiles and Selected Properties of Wheat Flour Enriched with Baking Enzymes. *Foods*, 13(18), 2957.
- P5. Lewko, P., Wójtowicz, A., Gancarz, M. (2024). Application of Conventional and Hybrid Thermal-Enzymatic Modified Wheat Flours as Clean Label Bread Improvers. *Applied Science* (2076-3417), 14(17).

Zgodnie z deklaracją Doktoranta, sumaryczna wartość współczynnika IF opublikowanych prac wynosi 12,5 zaś liczba punktów na dzień złożenia rozprawy to 410 pkt. We wszystkich publikacjach Doktorant jest pierwszym autorem, a Jego procentowy udział waha się od 60 do 75%. Dowodzi to wiodącej roli Autora w ich powstaniu. W mojej ocenie publikacje te, to tylko część pracy doktorskiej, przedstawiono w niej bowiem dodatkowo wyniki i omówienie badań wstępnych oraz prac wdrożeniowych. Uważam też, że praca, która nie została jeszcze opublikowana nie powinna być wyszczególniona jako element rozprawy doktorskiej.

Przedstawiony do recenzji zbiór publikacji został uzupełniony o 98 stronicowe opracowanie, składające się z 6 rozdziałów, poprzedzonych streszczeniem pracy w języku polskim i angielskim.

W opracowaniu tym zawarto wprowadzenie podjętej problematyki badawczej, określono problemy badawcze i cele naukowe oraz opisano materiały i metody badań. Omówiono w nim także

najważniejsze rezultaty badań wstępnych, prac badawczych i wdrożeniowych, które zrealizowano w ramach doktoratu. Pracę kończą wnioski i spis literatury. Dołączone do niej zostały także oświadczenia współautorów publikacji i kopie manuskryptów.

## **OCENA MERYTORYCZNA**

### **Wprowadzenie**

W bardzo obszernym wprowadzeniu Doktorant charakteryzuje mąki pszenne, wskazuje na ich różnorodność i wymagania jakie są im stawiane w celu użycia w różnych branżach przemysłu spożywczego. Skupiając się na wymaganiach stawianych mąkom piekarskim. Autor podkreśla jak ważna, z punktu widzenia ekonomicznego dla producentów pieczywa, jest wodochłonność mąki i od czego ona zależy, bardzo szczegółowo omawiając rolę arabinoksylianów w tym aspekcie. Doktorant prezentuje sposób produkcji mąki w młynie przemysłowym, którą uzyskuje się poprzez mieszanie odpowiednich frakcji mąk pasażowych. Wskazuje jednocześnie na problem niewykorzystania niektórych mąk pasażowych, szczególnie tych bogatych w arabinoksylany. Autor wysuwa tezę, że z mąk, będących produktem ubocznym w przedsiębiorstwie młynarskim można skomponować produkt, który poddany odpowiedniej modyfikacji będzie dodatkiem do mąki piekarskiej, zastępując tradycyjne substancje poprawiające. Dodatek opracowanego produktu wpłynie na zwiększenie wodochłonności mąki, a także wydajności i poprawę jakość uzyskanego pieczywa.

Na uwagę zasługuje tu cytowana literatura. Oprócz pozycji z lat 90-tych, a nawet 70-tych ubiegłego wieku znajdują się publikacje z ostatnich lat (2020-2024), co świadczy o bardzo dobrym rozeznaniu obszaru badawczego przez Doktoranta i Jego przygotowaniu do podjęcia badań.

W omawianym rozdziale Autor posługuje się określeniem modyfikacja „hybrydowa” mąki. Czy w literaturze Autor spotkał się z takim określeniem?

### **Problemy badawcze i cele naukowe**

Problemem badawczym, którego rozwiązania podjął się Autor, to opracowanie parametrów procesowych umożliwiających otrzymanie mąki skomponowanej ze zmieszania w odpowiednich proporcjach ubocznych mąk pasażowych o określonych cechach, która samodzielnie lub w mieszankach stosowanych w piekarnictwie umożliwi zwiększenie wodochłonności mąki i wydajności pieczywa. Umożliwi to racjonalne zagospodarowanie frakcji ubocznych powstających podczas przemiału ziarna pszenicy na cele makaronowe w PZZ Lubella GMW Sp. z o.o. w Lublinie. W ramach realizacji tego zadania Autor jasno sprecyzował cztery cele, a ich realizację podzielił na trzy etapy: badania wstępne, prace badawcze oraz prace wdrożeniowe. Zakres prac przewidzianych do realizacji w poszczególnych etapach został dokładnie opisany. Przedstawienie w ten sposób zaplanowanych badań jest czytelne i logiczne. Nie mam uwag do tej części opracowania.

## **Materiały i procedury badawcze**

Rozdział zatytułowany „**Materiały i procedury badawcze**” podzielony został na cztery podrozdziały. W pierwszym scharakteryzowano materiały badawcze. Drugi podrozdział to bardzo szczegółowy opis modyfikacji, które stosowano do zmian właściwości funkcjonalnych nowo opracowanej mąki. W trzecim podrozdziale opisane zostały metody badawcze, którymi się posłużono w badaniach. Ostatnia część to opis testów statystycznych, które wykorzystano do opracowania wyników. Szeroki zakres zastosowanych metod, zarówno do modyfikacji mąk, jak i do ich charakterystyki po modyfikacji jest imponująca.

Opisując metody Autor stosuje różne określenia jako tytuły poszczególnych podrozdziałów. Uważam, że nazewnictwo opisywanych metod powinno być ujednolicone, np.: podrozdział 3.3.3. zatytułowano „zawartość popiołu” (str.27), a podrozdział 3.3.14. (str.31) „pomiar zawartości białka”. Sugerowałabym metody te nazwać „Zawartość popiołu” oraz „Zawartość białka”. Rozdział ten jest bardzo obszerny, a różne nazewnictwo, w mojej opinii, wprowadza niepotrzebny chaos.

Uważam, że podpunkt 3.3.22. „Wypiek laboratoryjny metodą jednofazową” powinien znaleźć się przed 3.3.21 „Określenie cech jakościowych pieczywa”.

Proszę o wyjaśnienie dlaczego w badaniach pieczywa oznaczano indeksy WSI i WAI. Określa się je głównie w przypadku modyfikowanych mąk oraz produktów ekstrudowanych, rzadko stosuje się te wyróżniki do charakterystyki pieczywa. W jaki sposób przygotowano próby pieczywa do tej analizy? Czy pisząc jednokierunkowa analiza wariancji Autor miał na myśli jednoczynnikową analizę wariancji (str. 35 podrozdział 3.4.1. i 3.4.2.).

## **Omówienie najważniejszych rezultatów**

W bardzo obszernych badaniach wstępnych przeanalizowano ziarno 15 odmian pszenicy pod kątem wybranych cech ziarna, śruty oraz mąki, w tym zawartości nieskrobiowych polisacharydów oraz arabinoksylianów. Najważniejsze rezultaty, które Doktorant uważa za kluczowe w tym etapie, to wyznaczenie równań regresji i wykazanie wysokiego współczynnika korelacji pomiędzy indeksem twardości ziarna, a stopniem uszkodzenia skrobi, a także między wodochłonnością śruty oznaczoną w urządzeniu Mixolab a wodochłonnością mąki.

Na podstawie wyników uzyskanych w tym etapie do dalszych badań Autor wytypował ziarno pszenicy odmiany **IS Laudis**, wskazując, że jest ono najbardziej odpowiednie do produkcji surowca makaronowego. Niestety, w przedstawionym rozdziale znalazłam jedynie informację na temat zawartości polisacharydów nieskrobiowych, w tym arabinoksylianów, w śrutach pszenicznych z ziarna różnych odmian, nie przedstawiono tu wyników cech technologicznych, niezbędnych do klasyfikacji ziarna.

W odniesieniu do tej części pracy mam pytanie: W tabeli 1 przedstawiono zróżnicowanie zawartości NSP oraz AX w śrucie z ziarna badanych odmian. Proszę o informację, jakie inne polisacharydy nieskrobiowe znajdują się w śrucie pszennej. Doktorant omawia szczegółowo budowę AX i ich szkieletu, pisząc, że ma to wpływ na właściwości odżywcze AX. Pojawia się więc pytanie: na jakie właściwości odżywcze AX ma wpływ zastąpienie szkieletu ksylozy resztami arabinozy?

W drugiej części omówienia najważniejszych rezultatów pracy Doktorant przedstawia wyniki, które zostały opublikowane w załączonych manuskryptach (P1-P5). Układ tej części pracy jest logiczny. W pierwszej omawianej publikacji Autor dokonuje oceny poszczególnych mąk pasażowych, uzyskanych w wyniku przemysłowego przemiału ziarna pszenicy odmiany wyselekcjonowanej w badaniach wstępnych. Na uwagę zasługuje bardzo szczegółowa ocena poszczególnych mąk - od podstawowego składu chemicznego, przez frakcje polisacharydów nieskrobiowych i uszkodzenie skrobi, po właściwości technologiczne oznaczone w testach reologicznych ciasta. Autor stwierdził, że wyniki uzyskane z „pomiarów instrumentalnych”, do których zalicza zawartość popiołu, wodochłonność oznaczoną za pomocą Mixolab, wyniki analizy SRCSu i SRCSc, mogą być przydatne do przewidywania zawartości polisacharydów nieskrobiowych w mąkach pasażowych, a opracowanie kompozycji mąki w celu uzyskania jej określonej funkcjonalności (wysokiej wodochłonności) może opierać się na powyższych metodach, a nie na długich i kosztownych analizach chemicznych. Bazując na wynikach uzyskanych badań opracowana została mąka pszenna F, tak zwana mąka bazowa, będąca mieszanką mąk pasażowych, które nie zostały wykorzystane do kompozycji surowca makaronowego. Opracowana mąka charakteryzowała się zwiększoną zawartością polisacharydów nieskrobiowych (w tym AX) i cechami fizykochemicznymi, pozwalającymi na zastosowanie jej w piekarstwie. Mąkę tę poddawano modyfikacji w kolejnych etapach badań.

Na stronie 45 opracowania zamieszczono następujące zdanie informacja, że „... mąki handlowe skomponowane z pasaży o niskiej zawartości popiołu i wysokiej zawartości białka glutenowego są szeroko wykorzystywane przez producentów wyrobów cukierniczych czy makaronowych”. Nie zgodzę się ze stwierdzeniem, że w branży cukierniczej wykorzystywane są mąki o dużej zawartości białek glutenowych. Trudno mi również zgodzić się z tym, że „wysoka WA w tych frakcjach najprawdopodobniej spowodowana jest wyższą zawartością popiołu” (str. 46). Uważam, że wynika ona raczej z zawartości błonnika, a nie składników mineralnych.

W kolejnym realizowanym doświadczeniu (publikacja P2) analizowano wpływ konfiguracji ekstrudera jednoślizakowego o parametrze L/D 16 i 20 i zmiennych warunków ekstruzji oraz dodatku ksylanazy na cechy opracowanej w poprzednim etapie mąki bazowej F. Głównym rezultatem przeprowadzonych badań było wytypowanie warunków procesu modyfikacji w celu uzyskania mąki będącej potencjalnym polepszaczem handlowych mąk piekarniczych. Autor w podsumowaniu stwierdził, że zastosowanie

ekstrudera jednoślimakowego w celu modyfikacji mąki tylko nieznacznie wpłynęło na właściwości hydratacyjne mąki, a zmiany te spowodowane były głównie przez dodatek enzymu.

Mąkę bazową poddawano również modyfikacji w ekstruderze dwuślimakowym z zastosowaniem enzymu celulazy lub mieszanki enzymów (celulaza i ksylanaza). Wyniki tego doświadczenia opisano w publikacji P3. Uzyskane mąki poddano licznym testom, w celu określenia parametrów jakościowych wpływających na poprawę funkcjonalności mąki bazowej (F) i możliwość wykorzystania mąk modyfikowanych w przemyśle piekarniczym. Wykazano, że na skutek zastosowanej ekstruzji zwiększyła się wodochłonność mąki i zmianie uległy inne jej cechy technologiczne. Zmiany te były tym większe im mniej wody zawierał ekstrudowany surowiec, zaś dodatek enzymu w mniejszym stopniu wpływał na oceniane parametry. W odniesieniu do tej części pracy mam pytanie: jakie właściwości mąki, która miałaby być poprawiaczem są pożądane? Czy mąki o dużej zawartości I-AX i I-NSP, które odpowiedzialne są za wodochłonność mąki, czy te ze zwiększoną zawartością rozpuszczalnych frakcji S-AX i S-NSP co pozytywnie wpływa na objętość pieczywa?

W kolejnym etapie badań (manuskrypt P4,) analizowano wpływ modyfikacji termicznej, hydrotermicznej i ekstruzji na jej właściwości technologiczne mąki bazowej. Modyfikowano mąkę bez dodatków, jak i z dodatkiem enzymów. Jako cel Doktorant postawił sobie otrzymanie mąki o zwiększonej wodochłonności, tworzącej ciasto o korzystnych właściwościach reologicznych. Tu również na uwagę zasługuje szeroki zakres przeprowadzonych analiz. Autor stwierdził, że włączenie kompleksu enzymu celulaza-ksylanaza do procesu modyfikacji spowodowało znaczny wzrost rozpuszczalnych frakcji arabinoksylianów w modyfikowanej mące bazowej. Na stronie 66 Doktorant używa określenia korelacja „ekstremalnie wysoka”. Proszę o wyjaśnienie powyższego określenia.

Ostatnie prezentowane doświadczenie zostało opisane w publikacji P5 i jest logiczną kontynuacją badań przeprowadzonych w poprzednim etapie pracy. Dokonano w nim oceny mąk modyfikowanych na podstawie wypieku laboratoryjnego pieczywa pszennego metodą bezpośrednią, zastępując 10 i 20% mąki pszennej modyfikowaną mąką bazową. Analizowano zarówno cechy reologiczne ciasta, jak i cechy otrzymanego pieczywa. Wykazano możliwość częściowego zastąpienia standardowych mąk pszennych mąkami poddanymi obróbce termicznej, hydrotermicznej lub „hybrydowej” wspomaganą enzymami w celu poprawy wydajności pieczywa i zwiększenia jego objętości. W mojej opinii to bardzo wartościowy element pracy, który jest podsumowaniem wcześniej opisanych badań.

W części tej Doktorant posługuje się określeniem „właściwości technofunkcjonalne” mąki (str. 68). Bardzo proszę o wyjaśnienie jakie cechy mąki Autor miał na myśli.

Trzeci, ostatni podrozdział tej części pracy, to opis prac wdrożeniowych. Część realizowanych w ramach pracy doktorskiej badań przeprowadzono w przedsiębiorstwie PZZ Lubella GMW Sp. z o.o..

Były to prace związane ze skomponowaniem mąki bazowej, a przede wszystkim przeprowadzenie ich modyfikacji termicznej i hydrotermicznej z wykorzystaniem prototypowej instalacji ekstruzyjnej i „hybrydowej”. Wszystkie te prace odbywały się w warunkach i skali przemysłowej. Autor wskazuje, że dzięki wprowadzonym innowacjom mąki te, po modyfikacji są wartościowym składnikiem mąk piekarskich i będzie można je zagospodarować w bardziej racjonalny sposób.

Pracę kończy 7 wniosków, które znajdują odzwierciedlenie w wynikach przeprowadzonych badań. Uważam, że bardzo wartościowy jest ostatni z nich, dotyczący prac wdrożeniowych. Jest on podsumowaniem pracy, wskazując, że Doktorant osiągnął zamierzony cel – opracował metodę modyfikacji mąki, a technologia jej produkcji jest gotowa do wdrożenia w firmie PZZ Lubella GMW Sp. o.o.

Przygotowując rozprawę doktorską Autor nie ustrzegł się skrótów myślowych i określeń potocznych, typu: zawartość glutenu w mące, właściwości reologiczne mąki, wodochłonność ciasta, kawałki ciasta, czy pasaż. Są one na co dzień stosowane w przemyśle, ale w pracy naukowej powinno się ich unikać.

#### **WNIOSEK KOŃCOWY**

Przedstawiona do recenzji praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego, jakim było opracowanie parametrów procesowych umożliwiających otrzymanie mąki funkcjonalnej na bazie skomponowanej mieszanki mąk ubocznych, powstających podczas przemiału pszenicy na cele makaronowe. Doktorant zaplanował i wykonał bardzo szeroki zakres doświadczeń, uzyskując cenne wyniki, zarówno pod względem poznawczych, ale przede wszystkim aplikacyjnym. Wskazane przeze mnie uwagi, z racji pełnionej przeze mnie funkcji recenzentki, nie umniejszają w żaden sposób wartości merytorycznej pracy.

Reasumując stwierdzam, że praca doktorska Pana mgra inż. Piotra Lewko zatytułowana „Opracowanie metody modyfikacji właściwości mąki pszennej z przeznaczeniem do zastosowań w piekarnictwie” w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim określonym w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce ( (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 z późn.zm.). W związku z powyższym przedkładam Wysockiej Radzie Dyscypliny Technologii Żywności i Żywnienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie wniosek o dopuszczenie Pana mgra inż. Piotra Lewko do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

