

Poznań, dn. 11.12.2024

Prof. dr hab. Magdalena Rudzińska  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu  
Wojska Polskiego 28  
60-637 Poznań

### **Recenzja**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Susik pt.**

**„Studia nad pozyskiwaniem oleju kukurydzianego spożywczego z ubocznego produktu pofermentacyjnego z zastosowaniem technologii zachowawczej”**

**wykonanej w Instytucie Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof.**

**Wacława Dąbrowskiego – Państwowy Instytut Badawczy w Warszawie**

**pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Stanisława Ptasznika oraz dr inż. Katarzyny Ratusz**

*Recenzja została przygotowana na podstawie pisma dr hab. inż. Marka Roszko dyrektora IBPRS-PIB w Warszawie z dnia 4.11.2024 oraz uchwały Rady Naukowej IBPRS-PIB nr X/138/2024 z dnia 26.09.2024 w sprawie powołania recenzentów pracy doktorskiej Pani mgr inż. Justyny Susik.*

Olej kukurydziany jest jednym z kluczowych olejów roślinnych wykorzystywanych na całym świecie, zarówno w przemyśle spożywczym, jak i w produkcji biopaliw. Globalna produkcja tego oleju osiąga imponujące wartości, z największymi producentami w Stanach Zjednoczonych, Chinach i Brazylii. W wielu krajach olej kukurydziany cieszy się popularnością jako olej roślinny. Dzięki przyjemnemu, orzechowemu smakowi, dobrej stabilności oraz zastosowaniu w produkcji margaryn, od dawna uznawany jest za olej wysokiej jakości. Wśród olejów roślinnych zajmuje dziesiąte miejsce pod względem rocznej produkcji, stanowiąc około 2% globalnej produkcji olejów roślinnych. Charakteryzuje się wysokim poziomem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, z zawartością kwasu linolowego na poziomie 60-75%. Wyróżnia się także najwyższym poziomem substancji niezmydlających (>2%), fitosteroli (>1%) oraz  $\gamma$ -tokoferolu (około 0,10%) wśród olejów roślinnych. Olej kukurydziany znajduje szerokie zastosowanie zarówno w przemyśle spożywczym, jak i energetycznym. Około 40% produkcji oleju kukurydzianego w Stanach Zjednoczonych jest przeznaczane na produkcję biopaliw, głównie etanolu. Pozostałe 60% wykorzystywane jest w przemyśle spożywczym, gdzie służy do produkcji margaryn, smażenia oraz innych produktów spożywczych.

Proces pozyskiwania oleju kukurydzianego koncentruje się głównie na zarodkach kukurydzy, które zawierają od 3% do 6% tłuszczu. Produkcja obejmuje metody tłoczenia oraz ekstrakcji rozpuszczalnikowej, co pozwala uzyskać olej o wysokiej jakości i bogaty w bioaktywne związki, takie jak karotenoidy i fitosterole. W przeciwieństwie do większości innych olejów roślinnych, olej kukurydziany pozyskiwany jest z nasion zawierających jedynie

3-5% oleju. Bezpośrednia ekstrakcja oleju z ziaren jest technicznie możliwa, ale nieopłacalna. Ze względu na wysoką zawartość skrobi (60-75%) w ziarnach kukurydzy, opracowano proces "mielenia na mokro" w celu efektywnej izolacji czystej skrobi. Podczas przemysłowego mielenia na mokro, nieskrobiowa część jądra jest rozdzielana na cztery frakcje: rozpuszczalne skrobie (około 7%), błonnik (około 10%), mączkę z glutenu kukurydzianego (około 6%) i zarodek (około 7%). Woda i frakcje błonnika są mieszane, tworząc paszę dla zwierząt zwaną "paszą z glutenu kukurydzianego", zawierającą około 21% białka i 60-70% błonnika. Zarodki kukurydzy, bogate w tłuszcz (>30%), stanowią źródło komercyjnego oleju kukurydzianego, precyzyjniej określanego jako "olej z zarodków kukurydzy". Stany Zjednoczone produkują 57% światowej podaży oleju kukurydzianego.

Uważam, że temat badań podejmowany przez Doktorantkę, dotyczący pozyskiwania oleju kukurydzianego z procesu pofermentacyjnego, jest niezwykle interesujący i ma istotne znaczenie dla rozwoju gospodarki bezodpadowej. Obrany cel badawczy wyróżnia się ambitnym charakterem, a postawione hipotezy zostały właściwie sformułowane. Podjęcie tej tematyki uważam za w pełni uzasadnione zarówno z perspektywy naukowej, jak i praktycznej.

### **Ocena układu pracy doktorskiej**

Przedstawiona do recenzji praca doktorska została przygotowana na bazie cyklu jednotematycznych czterech publikacji, w tym trzech publikacji naukowych w czasopismach z listy JCR oraz jednej pracy przeglądowej. Sumaryczny IF publikacji składających się na niniejszą dysertację wynosi 20,1 i 360 punktów wg listy czasopism MEiN. Doktorantka we wszystkich publikacjach występuje jako pierwszy i korespondencyjny autor. Z załączonych oświadczeń współautorów wynika, że Doktorantka brała udział w opracowaniu koncepcji i planu badań, wyborze metodyki i walidacji metod, zapewnieniu surowca i aparatury, wykonaniu doświadczeń, analizie i opracowaniu wyników, przygotowaniu wstępnej i ostatecznej wersji manuskryptów.

Układ pracy jest typowy dla dysertacji składających się z cyklu publikacji. Na początku zamieszczono oświadczenia Promotorów i Autorki pracy oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Na treść pracy składa się 9 punktów – wykaz skrótów oraz publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego, wprowadzenie i przegląd piśmiennictwa, cel i hipotezy badawcze, zakres pracy, materiał i metody badań, cztery publikacje, opis wyników i dyskusja, wnioski oraz spis literatury i norm wykorzystanych do badań. W pracy cytowano 135 pozycji literaturowych.

W swojej dysertacji Doktorantka w sposób syntetyczny przedstawiła wprowadzenie i przegląd piśmiennictwa na temat oleju kukurydzianego, metod jego otrzymywania oraz szczegółowo przedstawiła proces rafinacji. W tej części pracy opisano także substancje towarzyszące występujące w olejach roślinnych, zwracając szczególną uwagę na fitosterole i karotenoidy. Następnie przedstawiono cel pracy oraz dwie hipotezy badawcze. Uważam, że zostały one prawidłowo sformułowane. W rozdziale zatytułowanym „Zakres pracy” zamieszczono schemat prowadzonych badań, który w sposób przejrzysty pokazuje zakres prowadzonych przez Doktorantkę doświadczeń. Kolejną część dysertacji stanowi opis materiału badawczego i zastosowanych metod analitycznych. Metody badań zostały podzielone

na część technologiczną i fizykochemiczną. Większość analiz wykonano według Polskich Norm i/lub Norm ISO. Schemat wykonanych badań w odniesieniu do poszczególnych publikacji w sposób jasny pokazuje wkład pracy Doktorantki w uzyskane wyniki.

W kolejnej części dysertacji zamieszczono cykl publikacji stanowiących rozprawę doktorską z poprzedzającymi je 1-2-stronicowymi streszczeniami.

W kolejnym, 7 rozdziale pracy, na 16 stronach opisano uzyskane wyniki badań. Opracowanie to stanowi przekrojowy opis uzyskanych wyników ze wszystkich publikacji wraz z przeprowadzoną dyskusją. Jest to najważniejsza część całej pracy doktorskiej, gdyż podsumowuje całość uzyskanych przez Autorkę wyników w sposób przekrojowy, jasny i wnoszący wiele nowej wiedzy do technologii i nauki.

Na zakończenie Doktorantka zamieściła stwierdzenia i wnioski, w których potwierdziła osiągnięcie założonego celu i postawionych wcześniej hipotez badawczych. Pani mgr inż. Justyna Susik wykazała, że stosując odpowiednie parametry procesu rafinacji możliwe jest uzyskanie oleju kukurydzianego o jakości spożywczej z frakcji tłuszczowej wywarów pogorzelnicznych. Dodatkowo olej ten będzie zawierał więcej fitosteroli niż inne komercyjne oleje kukurydziane.

Doktorantka sformułowała również 12 wniosków, w których wykazała wpływ poszczególnych etapów procesu rafinacji oleju kukurydzianego na jego jakość.

Podsumowując tę część recenzji chciałabym, żeby Doktorantka wyjaśniła różnice pomiędzy procesem deodoryzacji i dezodoryzacji.

### **Merytoryczna ocena pracy**

We wprowadzeniu i przeglądzie piśmiennictwa, które opierało się głównie na publikacji nr 1, opisany został proces produkcji oleju kukurydzianego tradycyjnego i pofermentacyjnego ze szczególnym uwzględnieniem etapu rafinacji. Doktorantka scharakteryzowała także substancje towarzyszące w olejach roślinnych jakimi są fitosterole i karotenoidy. Dlaczego nie opisano innych związków występujących w oleju kukurydzianym, np. tokoferoli, związków fenolowych?

W tej części pracy można znaleźć błędy językowe i sformułowania takie jak: „nasiona tego ziarna” (str. 22) lub „Najwięcej tego ziarna uprawia się...” (str. 22).

W kolejnych zdaniach Doktorantka pisze „Według doniesień literaturowych olej ten posiada 800mg/100g fitosteroli oraz niską zawartość związków karotenoidowych (2,3 µg/g)”. Powstaje pytanie – czego jest 800 mg w 100 g fitosteroli i czy 0,23mg karotenoidów/100 g oleju to jest niska zawartość?

Doktorantka bardzo często stosuje przymiotniki „niższe” lub „wyższe” nie podając z czym to porównuje, np. str. 23 „Warto wspomnieć o większej zawartości substancji biologicznie aktywnych.” lub str. 24 „Oleje tłoczone w niższych temperaturach, ze względu na dobrą jakość, mogą być wykorzystywane jako dressingi do sałatek”. Stosowanie przymiotników w stopniu wyższym wymaga porównania między dwoma lub więcej rzeczami.

Znajdujemy tu także sformułowania typu „Wchodząc w szczegóły...” (str. 24) – raczej w pracy naukowej nie stosujemy tego rodzaju określeń.

Przy niektórych opisach Doktorantka podaje informacje bardzo ogólnikowe, typu „odpowiednie urządzenia” czy „odpowiednie warunki” lub „...wzrost pH zwiększa uzysk oleju, ale nie tak bardzo...”. Uważam, że w pracy naukowej należy podawać konkretne dane, a nie formułować subiektywne opinie.

Cel rozprawy doktorskiej został prawidłowo sformułowany i dotyczył otrzymania, spełniającego wymagania jakościowe, oleju spożywczego z pofermentacyjnego oleju kukurydzianego, według opracowanej technologii zachowawczej opartej na stosowanych metodach rafinacji fizykochemicznej. W pracy sformułowano dwie hipotezy badawcze, mówiące o tym, że możliwe jest uzyskanie spożywczego oleju kukurydzianego za pomocą istniejących metod rafinacji (hipoteza 1) oraz, że uzyskany w ten sposób olej kukurydziany pofermentacyjny charakteryzuje się porównywalną lub wyższą zawartością fitosteroli niż oleje tradycyjne (hipoteza 2).

W rozdziale czwartym Doktorantka przedstawiła w sposób syntetyczny zakres prowadzonych badań, który został pokazany w sposób graficzny i opisany w 11 punktach.

W kolejnej części pracy opisano materiał badawczy, a metody badań podzielono na część technologiczną i analizę fizykochemiczną. Powstaje pytanie, czy analiza sensoryczna i statystyczna należą do metod fizykochemicznych? Tylko przy opisie bielenia Doktorantka powołuje się na Publikację 3. Czy pozostały opis części technologicznej nie był przedmiotem żadnej publikacji?

W tym miejscu chciałabym zwrócić uwagę na podawanie wyników oznaczania składu kwasów tłuszczowych w [g/100 g oleju w stosunku do całkowitej ilości kwasów tłuszczowych]. Czy stosowano standard wewnętrzny lub zewnętrzny do obliczania zawartości kwasów tłuszczowych. Jak obliczano całkowitą ilość kwasów tłuszczowych?

Przy metodyce oznaczania steroli wystąpił błąd – zamiast „derywatywacja BSTFA” napisano „dezodoryzacja BSTFA”, co zupełnie zmienia znaczenie tej reakcji chemicznej.

Rozdział 6 recenzowanej dysertacji stanowią kopie czterech publikacji będące podstawą niniejszej pracy doktorskiej, ich krótkie streszczenia w języku polskim oraz oświadczenia współautorów o wkładzie merytorycznym w opracowanie publikacji.

W 7 części pracy doktorskiej Doktorantka przedstawiła opis wyników i ich dyskusję posługując się odniesieniami do poszczególnych publikacji.

Przedstawiając charakterystykę oleju kukurydzianego pofermentacyjnego Doktorantka pisze: „Za niską zawartość nadtlenków odpowiadają substancje przeciwutleniające, obecne w kukurydzy. Wysoka zawartość tych substancji w oleju spowodowana była procesem ekstrakcji z ziarna kukurydzy do brzeczki kukurydzianej za sprawą produkowanego przez drożdże etanolu. Do substancji posiadających właściwości antyutleniające należą na przykład związki fenolowe.” Czy Doktorantka oznaczała związki fenolowe w oleju kukurydzianym tradycyjnym i pofermentacyjnym? Czy są na ten temat dane literaturowe?

W kolejnej części tego rozdziału bardzo szczegółowo opisano wpływ procesu neutralizacji na jakość oleju kukurydzianego pofermentacyjnego. Doktorantka wyjaśniła tutaj przyczynę pominięcia etapu odśluzowywania badanego oleju i opisała wyniki uzyskane po neutralizacji przeprowadzonej dwoma sposobami: za pomocą wodorotlenku sodu i aktywowanej żywicy jonowymiennej. W opisie wyników Doktorantka często posługuje się nieprecyzyjnymi sformułowaniami typu: „charakteryzował się znaczną zawartością steroli”, „pozwoliło na niewielkie zwiększenie udziału”, „wpływ procesu rafinacji na ich ilość był niewielki”, „produkt ze znaczną zawartością związków barwiących”. Należałoby oprzeć się na wynikach analizy statystycznej i wykazać, czy różnice były istotne, czy ich nie było.

W następnej części opisano wpływ procesu bielenia na jakość badanego oleju. Opierając się na wynikach opublikowanych w publikacji 3 wykazano, że wykorzystane ziemie bielące nie spowodowały zmian w profilu tłuszczowym badanego oleju.

Proces winteryzacji i odwaniania badanego oleju został przedstawiony w publikacji 4 i opisany wraz z dyskusją wyników w następnych częściach dysertacji. Podobnie jak w przypadku bielenia nie stwierdzono wpływu winteryzacji na zmiany w składzie kwasów tłuszczowych i zawartości fitosteroli. W tej części pracy można zauważyć pewne błędy językowe, np. „Wyniki analiz charakterystycznych dla olejów parametrów wykazały, że w trakcie odwoskowania dochodziło do wzrostu liczby kwasowej, będący następstwem hydrolizą triacylogliceroli”.

Proces odwaniania badanego oleju przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych w temperaturze 180°C i przy ciśnieniu 2 – 5 mbar. Warunki te znacznie odbiegają od parametrów stosowanych w przemyśle i miały istotny wpływ na jakość uzyskanego oleju. W pracy wykazano, że podczas odwaniania nastąpiło obniżenie poziomu pierwotnych, ale wzrost wtórnych produktów utlenienia, a także obniżenie zawartości wolnych kwasów tłuszczowych i wody. Uzyskany olej charakteryzował się wysoką stabilnością oksydacyjną. W tym miejscu znowu spotykamy określenia typu „stosunkowo wysoką stabilnością oksydacyjną” i „... substancji przeciwutleniających ... było stosunkowo dużo”. Powstaje pytanie – w stosunku do czego? Przeprowadzona ocena sensoryczna badanego oleju wykazała jego jakość na poziomie dobrym i akceptowalnym.

W kolejnej części Doktorantka opisała jakość żywieniową oleju kukurydzianego pofermentacyjnego rafinowanego na podstawie badań porównawczych oraz w odniesieniu do wymagań Codex Alimentarius. Doktorantka przeprowadziła analizę jakościową olejów kukurydzianych tłoczonych na zimno, rafinowanych zakupionych w sieci detalicznej oraz uzyskanego w warunkach laboratoryjnych oleju pofermentacyjnego. W tym miejscu nasuwa się pytanie, dlaczego ten rozdział zatytułowano jako „ocenę jakości żywieniowej”, skoro przeanalizowano tutaj takie parametry jak liczby tłuszczowe, skład kwasów tłuszczowych zawartość fitosteroli. Dodatkowo podano, że „Olej kukurydziany pofermentacyjny posiadał wyższą zawartość kwasu linolowego (C18:3n3), w porównaniu do każdego oleju zarodkowego”. O który kwas tutaj chodzi? Czy różnice w poziomie kwasu linolenowego (18:3n3) w granicach 0,9-1,1% dla olejów zarodkowych i 1,3-1,4% dla oleju pofermentacyjnego są istotne? Zwłaszcza z punktu żywieniowego? Jeśli chodziło o kwas

linolowy, to różnice te wynoszą zaledwie 1%. Prawdopodobnie wynika to z błędu metody, który może wynosić do 5% przy oznaczaniu składu kwasów tłuszczowych.

W rozdziale 8 zamieszczono potwierdzenie dwóch hipotez postawionych na początku pracy oraz sformułowano 12 prawidłowych wniosków. Przedstawiono także opracowany przez Doktorantkę schemat rafinacji oleju kukurydzianego pofermentacyjnego.

Podsumowując, uważam że przedstawiona do recenzji praca doktorska jest bardzo cennym i kompletnym opracowaniem technologii produkcji oleju kukurydzianego spożywczego z ubocznego produktu pofermentacyjnego. Stanowi oryginalne, autorskie rozwiązanie problemu z możliwością praktycznego wykorzystania w przemyśle spożywczym, przy jednoczesnym zagospodarowaniu odpadów z przemysłu fermentacyjnego. W niniejszej pracy nie stwierdziłam żadnych błędów merytorycznych, a moje uwagi dotyczą jedynie niektórych sformułowań stosowanych w tekście. Nie mają jednak one wpływu na wartość naukową i aplikacyjną ocenianej rozprawy.

### **Wniosek końcowy**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pani magister Justyny Susik pt. „Studia nad pozyskiwaniem oleju kukurydzianego spożywczego z ubocznego produktu pofermentacyjnego z zastosowaniem technologii zachowawczej” ma charakter naukowo-aplikacyjny. Autorka wykazała się umiejętnością korzystania z dotychczasowego dorobku nauki w przedmiotowym zakresie badań. Część doświadczalna pracy została prawidłowo zaplanowana. Założony cel pracy został osiągnięty, a uzyskane wyniki mają wartość aplikacyjną. Pod względem merytorycznym pracę oceniam bardzo dobrze.

Po zapoznaniu się z przedstawioną do oceny pracą doktorską mgr inż. Justyny Susik stwierdzam, że w pełni spełnia ona wszelkie wymogi formalne stawiane tego typu opracowaniom zgodnie z art. 187 p. 1.4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce. W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie Pani mgr inż. Justyny Susik do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

*Magdalena Rudzińska*

Poznań, dn. 11.12.2024

Prof. dr hab. Magdalena Rudzińska  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu  
Wojska Polskiego 28  
60-637 Poznań

**Wniosek o wyróżnienie**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Susik pt.**  
**„Studia nad pozyskiwaniem oleju kukurydzianego spożywczego z ubocznego produktu**  
**pofermentacyjnego z zastosowaniem technologii zachowawczej”**

Rozprawę doktorską mgr inż. Justyny Susik, zatytułowaną „Studia nad pozyskiwaniem oleju kukurydzianego spożywczego z ubocznego produktu pofermentacyjnego z zastosowaniem technologii zachowawczej”, cechuje doskonale zaplanowanie i realizacja całego cyklu badań, które doprowadziły do osiągnięcia założonych celów oraz weryfikacji postawionych hipotez.

Najważniejszym osiągnięciem pracy jest wykazanie możliwości wykorzystania oleju kukurydzianego, będącego produktem ubocznym fermentacji alkoholowej ziaren kukurydzy, jako surowca do celów spożywczych. Wyniki badań zostały opublikowane w prestiżowych czasopismach naukowych, co potwierdza ich istotne znaczenie dla rozwoju technologii żywności.

Doktorantka wyróżnia się profesjonalizmem, wnikliwością oraz wyjątkową rzetelnością badawczą. Na uwagę zasługuje szeroki zakres przeprowadzonych badań eksperymentalnych, znacząco wykraczający poza standardowe ramy rozpraw doktorskich, a także głęboka znajomość tematu, warsztatu badawczego i literatury przedmiotu.

Biorąc pod uwagę powyższe osiągnięcia i cechy pracy, wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Instytutu Biotechnologii i Przemysłu Rolno-Spożywczego o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Susik.

*Magdalena Rudzińska*