



Politechnika Łódzka

Instytut Technologii i Analizy Żywności

Łódź, 30.10.2024

prof. dr hab. inż. Dorota Żyżelewicz
Instytut Technologii i Analizy Żywności
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Politechnika Łódzka

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Adama Czyżewskiego

pt.: „Badanie możliwości wykorzystania niekonwencjonalnych technik w procesie ekstrakcji
związków bioaktywnych z wyłoków jabłkowych oraz marchwiowych”
z dziedziny nauk rolniczych; dyscypliny: technologia żywności i żywienia

Promotor: prof. dr hab. Dorota Witrowa-Rajchert

Promotor pomocniczy: dr hab. Artur Wiktor, prof. SGGW

Recenzję sporządzono na podstawie:

- pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (SGGW) – prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego – z dnia 30 września 2024 r.,
- art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 z późn. zmianami),
- przesłanej przez Instytut Nauk o Żywności SGGW w Warszawie rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Czyżewskiego.

Pan mgr inż. Jakub Czyżewski pracę doktorską wykonał w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji Instytutu Nauk o Żywności SGGW w Warszawie. Rozprawa została przygotowana w 2024 roku.

OCENA WYBORU I ZNACZENIA PODJĘTEJ TEMATYKI BADAWCZEJ

Materiałem badawczym Doktoranta były wyłoki z jabłek i marchwi, otrzymane w warunkach przemysłowych lub laboratoryjnych. Polska jest znaczącym producentem jabłek i przetworów jabłkowych w Unii Europejskiej (UE). W 2023 r. udział naszego kraju w produkcji jabłek we Wspólnocie wynosił ponad 32%. Owoce te, poza celami konsumpcyjnymi są m.in. przeznaczane do produkcji soku, koncentratu soku, mrożonek, suszów, dżemów, marmolad oraz innych przetworów. Z kolei marchew, poza bezpośrednim spożyciem, jest surowcem w procesie otrzymywania soków i ich koncentratów, mrożonek, suszów, marynat, sosów warzywnych i innych wyrobów.

Instytut Technologii i Analizy Żywności
90-537 Łódź ul. Stefanowskiego 2/22, budynek A2
tel. 42 631-34-66, w5i54@adm.p.lodz.pl, www.binoz.p.lodz.pl
Adres do korespondencji:
90-924 Łódź ul. Żeromskiego 116



Obecnie, w produkcji żywności niezwykle istotne stają się aspekty związane z ochroną środowiska, obejmujące m.in. racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych i energii oraz emisję odpadów i zanieczyszczeń. Przetwórstwo owoców i warzyw, w tym jabłek i marchwi, generuje powstawanie produktów odpadowych i ubocznych (np. wyłoków). Jednym z celów gospodarczych UE jest zmniejszenie marnotrawstwa żywności na mieszkańca o 50% do 2030 r.. Ograniczenie strat i marnotrawstwa żywności to z kolei klucz do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego, który prowadzi do oszczędności zarówno dla konsumentów, jak i przedsiębiorstw. Warto nadmienić, że z roku na rok rośnie akceptacja zasady „waste to value”, czyli do przekształcania odpadów w wartość, w tym do odzyskiwania składników odżywczych i surowców wtórnych. Przyczynia się to do zwiększania wydajności produkcji i jej dywersyfikacji poprzez uzyskiwanie szerszej gamy opcji surowcowych i produktowych w branży spożywczej, co może ograniczyć niegospodarność w wykorzystaniu zasobów żywnościowych. W tym kontekście, praca doktorska Pana Jakuba Czyżewskiego, w której poszukiwano możliwości pozyskania związków o właściwościach bioaktywnych z produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego, jakim są wyłoki, w dodatku z zastosowaniem niekonwencjonalnych metod intensyfikacji procesu ekstrakcji, doskonale wpisuje się w koncepcję i cele zrównoważonego rozwoju, w tym gospodarki obiegu zamkniętego.

OCENA FORMALNA

Rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Czyżewskiego została przedłożona do recenzji w formie opracowania monograficznego liczącego łącznie 212 stron, o strukturze typowej dla prac eksperymentalnych, z zachowaną właściwą kolejnością rozdziałów i wzajemnymi ich proporcjami. Praca doktorska została podzielona na dwie części: A i B. Na początku części A Doktorant zamieścił wymagane na rodzimej Uczelni oświadczenia promotora i własne, spis treści, streszczenia w językach polskim i angielskim oraz krótki wstęp, będący tłem jego badań. Następnie, znajduje się 7 rozdziałów: 1. Przegląd literatury (31 stron - ok. 14,6% maszynopisu), 2. cel i zakres pracy oraz hipoteza badań (2 strony - ok. 0,9% maszynopisu), 3. metodyka pracy (13 stron - ok. 6,1% maszynopisu), 4. omówienie i dyskusja wyników (97 stron - ok. 45,7% maszynopisu), 5. Podsumowanie i wnioski (2 strony - ok. 0,9% maszynopisu), 6. Spis piśmiennictwa (17 stron - ok. 8,0% maszynopisu) i 7. Aneks (36 stron - ok. 17,0% maszynopisu). W części B znajduje się wykaz dorobku Autora (3 strony - ok. 1,4% maszynopisu) i zgoda na udostępnienie pracy w czytelniach Biblioteki SGGW. W części eksperymentalnej dysertacji, z wyłączeniem aneksu, Doktorant zamieścił 8 autorskich tabel i 105 autorskich rysunków. Aneks zawiera 52 tabele.

OCENA MERYTORYCZNA

Praca doktorska Pana Jakuba Czyżewskiego ma wydźwięk technologiczny. Wyniki swoich badań oraz badań powiązanych tematycznie z własnymi opublikował w takich czasopismach jak Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Molecules, Foods i Innovative Food Science & Emerging Technologies. W sumie ukazało się 5 artykułów oryginalnych i 1 przeglądowy. Doktorant jest także współautorem rozdziału w monografii i 9 doniesień konferencyjnych oraz kierował projektem wewnętrznym SGGW na realizację zadania badawczego.

Instytut Technologii i Analizy Żywności
90-537 Łódź ul. Stefanowskiego 2/22, budynek A2
tel. 42 631-34-66, w5i54@adm.p.lodz.pl, www.binoz.p.lodz.pl
Adres do korespondencji:
90-924 Łódź ul. Żeromskiego 116



Przegląd literatury zamieszczony został w rozdziale nr 1. Scharakteryzowano w nim przemysł owocowo-warzywny w Polsce i na świecie, w tym strukturę produkcji i przetwórstwa owocowo-warzywnego, ekonomiczne i technologiczne uwarunkowania produkcji oraz możliwości zagospodarowania odpadów produkcyjnych. Następnie, krótko opisano wykorzystywany w technologii żywności proces ekstrakcji wraz z możliwościami jego intensyfikacji metodami tradycyjnymi i niekonwencjonalnymi, w tym także pod kątem zastosowania ultradźwięków (US), czy pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF). Dobór treści do przeglądu literatury jest właściwy i stanowi dobre wprowadzenie do problematyki i części eksperymentalnej rozprawy doktorskiej.

W rozdziale nr 2 został krótko i zwięźle sformułowany **cel pracy**, tj. możliwość wykorzystania wstępnej obróbki materiału badawczego z użyciem PEF, a następnie aplikacji w czasie ekstrakcji US, jako czynników poprawiających ekstraktywność składników bioaktywnych z wyłoków jabłkowych i marchwiowych pozyskanych w warunkach przemysłowych i w laboratorium. W kolejnym kroku zaplanowano zbadanie wybranych cech otrzymanych ekstraktów. Oznaczono zawartość ekstraktu (w wyłokach jabłkowych), parametry barwy, zawartość polifenoli ogółem i flawonoidów ogółem, zawartość karotenoidów (w wyłokach marchwiowych) oraz aktywność przeciwrodnorodnikową jako przejaw aktywności antyoksydacyjnej z wykorzystaniem testów *in vitro* z rodnikami DPPH i kationorodnikami ABTS. Badania przebiegały w dwóch etapach. Pierwszy dotyczył badań wyłoków jabłkowych otrzymanych metodą laboratoryjną, drugi zaś badań wyłoków z marchwi i jabłek otrzymanych w warunkach przemysłowych oraz wyłoków marchwiowych otrzymanych w laboratorium. Doktorant postawił cztery następujące **hipotezy badawcze**:

H1: zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) i ultradźwięków (US) zwiększy ilość wyekstrahowanych związków bioaktywnych z surowców roślinnych,

H2: wraz ze wzrostem ilości dostarczonej energii w procesach obróbki pulsacyjnym polem elektrycznym i ultradźwiękami, zwiększy się stopień ekstrakcji związków bioaktywnych z wyłoków jabłkowych oraz marchwiowych,

H3: wyłoki otrzymane w warunkach laboratoryjnych różnią się pod względem właściwości fizykochemicznych oraz zawartości związków bioaktywnych od wyłoków otrzymanych w warunkach przemysłowych,

H4: ekstrakcja poprzedzona obróbką pulsacyjnym polem elektrycznym lub wspomagana ultradźwiękami jest skuteczną metodą waloryzacji odpadów z przemysłu owocowo-warzywnego, zwiększającą wydobycie związków bioaktywnych.

Plan badań i charakterystykę surowca zamieszczono w **metodyce pracy**. Szkoda, że nie podano odmiany/odmian jabłek, z których otrzymano wyłoki. W tym samym rozdziale, w sposób wystarczający, opisano zastosowane w badaniach procedury technologiczne, metody analityczne, matematyczne i graficzne. Uważam, że graficzne przedstawienie układu eksperymentów z podaniem oznaczeń prób badawczych poprawiłoby czytelność i ułatwiło analizę wyników badań. W obecnej wersji, w niektórych fragmentach rozprawy, dopiero po pewnym czasie można zorientować się, które oznaczenia prób dotyczą wyłoków marchwiowych, a które jabłkowych oraz które to próby otrzymane w laboratorium, a które

pochodzą z przemysłu. Tak jest np. w przypadku tabeli 8 na str. 45. Jest to jednak moje subiektywne odczucie, nie krytyka. Proszę jedynie Doktoranta o komentarz dotyczący jednej kwestii metodycznej w powiązaniu z omówieniem niektórych wyników doświadczeń. Szczegóły zawarłam w sekcji „wybrane uwagi i pytania” mojej recenzji.

Najobszerniejsza część rozprawy doktorskiej Pana Jakuba Czyżewskiego to rozdział nr 4 zatytułowany „**omówienie i dyskusja wyników**”. Zebrano w nim rezultaty prac badawczych Doktoranta i dokonano ich omówienia w powiązaniu z analizą statystyczną pozwalającą na prawidłową interpretację danych doświadczalnych i odpowiednie wnioskowanie, do czego nie mam zastrzeżeń. Autor opracowania porównał także własne wyniki do efektów pokrewnych badań opisanych w literaturze naukowej. Podejście Autora do rozwiązania w pracy złożonych problemów badawczych świadczy o jego dojrzałości jako naukowca.

Z badań Pana Jakuba Czyżewskiego wynika bardzo interesująca konkluzja. Mimo, że literatura przedmiotu podaje, że zastosowane przez Doktoranta techniki (PEF, US) intensyfikują ekstrakcję związków bioaktywnych, to nie zawsze uzyskuje się zadawalający efekt tego procesu. Ostateczny rezultat jest zależny od bardzo wielu czynników. Do najważniejszych z nich należą:

- zabiegi/techniki mające na celu poprawienie wydajności ekstrakcji i otrzymanie produktu o spodziewanych cechach (np. znacznie wyższe stężenie związków bioaktywnych i wyraźne zwiększenie aktywności przeciwutleniającej niż w wyjściowym produkcie ubocznym),
- surowiec (owoc, warzywo, ich odmiany, jakość, skład chemiczny ...),
- pochodzenie produktu ubocznego rozumianego jako pozostałość po konkretnej produkcji (np. po produkcji soku),
- metoda otrzymania produktu ubocznego (przemysłowa, produkcja ręczna w manufakturze itp.).

Wiele źródeł wskazuje, że wyłoki owocowe i/lub warzywne to skarbnica korzystnych dla zdrowia ludzi substancji, które można wyizolować, np. metodą ekstrakcji, w celu ich późniejszej ukierunkowanej aplikacji do żywności. Badania Doktoranta pokazują, że nie zawsze takie pozyskiwanie związków bioaktywnych jest efektywne, ekonomiczne i przynosi spodziewane rezultaty jakościowo-ilościowe produktu finalnego.

Po szczegółowym i krytycznym omówieniu wyników badań znajduje się rozdział nr 5 z **podsumowaniem i wnioskami**. Podoba mi się jego bardzo syntetyczna forma, bez zbędnych powtórzeń tego, co już wybrzmiało w rozdziale poprzednim. Z punktu widzenia koncepcji zrównoważonego rozwoju, w tym gospodarki obiegu zamkniętego, istotny jest wniosek nr 2 mówiący, że ekstrakty z wyłoków jabłkowych otrzymane w warunkach przemysłowych nie są dobrym źródłem związków bioaktywnych, co wynika z wykorzystania surowca wyjściowego w złożonym procesie tłoczenia. W związku z tym należy szukać innych metod ich wykorzystania oraz waloryzacji przez przemysł.

Praca zawiera bogaty **spis piśmiennictwa**, który zamieszczono w kolejności alfabetycznej w rozdziale nr 6. Liczy on 362 pozycje, z czego z ostatnich 10 lat (od 2015 r. włącznie) pochodzi aż 224 z nich. Spośród 362 pozycji, 265 to źródła w języku angielskim, a 97 w języku polskim. Spis zawiera 20 odniesień do stron internetowych. Cytowane pozycje są

związane z tematem dysertacji. Trzeba przyznać, że Doktorant dokonał solidnego przeglądu literatury.

Spis piśmiennictwa został przygotowany dokładnie, choć Autor mógł zachować jednolity styl w pisowni tytułów publikacji. Większość z nich jest napisana stylem „jak w zdaniu”, a niektóre innym (przykładowo: pozycje 38 czy 92). Należało to ujednolicić.

Rozdział 7 to **aneks** z danymi z analizy statystycznej wyników badań.

WYBRANE UWAGI I PYTANIA

Przedstawioną do recenzji rozprawę doktorską Pana Jakuba Czyżewskiego czyta się dobrze. Jest ona napisana starannie pod względem edytorskim oraz zrozumiałym i poprawnym językiem. Jak w każdym opracowaniu pisemnym zawarte są w niej niedociągnięcia językowe, stylistyczne, czy edytorskie (np. literowe). Jednakże, jest ich niewiele, co pozwala na swobodną lekturę. Mocną stroną Doktoranta, jeśli chodzi o „słowo pisane”, jest interpunkcja, co obecnie rzadko się zdarza. Uchybień interpunkcyjnych jest niedużo. Mój odbiór tekstu pracy doktorskiej jest bardzo pozytywny. Mam jednak kilka uwag i pytań.

Pytania/uwagi wymagające odpowiedzi/komentarza Doktoranta w czasie publicznej obrony pracy doktorskiej

1. W jaki sposób ustalono stężenie wodnego roztworu etanolu (80%) zastosowanego jako ekstrahent związków bioaktywnych z marchwi oraz w jaki sposób ustalono stosunek masy wyłoków do masy rozpuszczalnika w procesie ekstrakcji związków bioaktywnych pochodzących z wyłoków marchwiowych lub jabłkowych? Brak komentarza w tym zakresie w metodyce (str. 47).
2. Wyjaśnień wymaga sposób wykonania oznaczenia aktywności przeciwutleniającej metodami z wykorzystaniem rodników DPPH i kationorodników ABTS w zakresie wyrażania wyniku badań jako wskaźnika EC50, ponieważ wątpliwość budzi interpretacja uzyskanych rezultatów. Skoro otrzymane ekstrakty nie powodują obniżenia stężenia rodników o 50% można było wyrazić zdolność zmiatania rodników DPPH w przeliczeniu na troloks lub wykonać inaczej oznaczenie, tj. zastosować ekstrakt o wyższym stężeniu (po jego zagęszczeniu). Innym podejściem mogło być zastosowanie roztworu rodników o niższym stężeniu, ale wówczas wszystkie analizy aktywności powinny być wykonane w ten sam sposób i w takiej sytuacji nie uniknie się powtórzenia oznaczeń w niektórych próbach. W literaturze opisane są różne opcje wykonania oznaczeń metodami z ww. rodnikami, w tym wymienione przeze mnie propozycje.
Komentarz mój dotyczy stron rozprawy nr 51, 52, 87 i 88.
3. Proszę o bezpośrednią informację dotyczącą weryfikacji poszczególnych hipotez badawczych postawionych w pracy doktorskiej (do każdej z hipotez: potwierdzono lub częściowo potwierdzono lub nie potwierdzono). Pośrednio z tekstu można ją uzyskać, ale dobrze, aby ona wybrzmiała w czasie publicznej obrony.
4. Czy Doktorant ma pomysł na inne niż zaproponowane przez niego wykorzystanie „przemysłowych” wyłoków marchwiowych i jabłkowych? Czy znając już wyniki swoich badań widzi jakieś możliwości?

Uwagi nie wymagające komentarza Autora pracy w czasie publicznej obrony

1. Ze względu na materiał badawczy Doktoranta bezpieczniej jest używać nazwy „związki fenolowe” niż „polifenole”, ponieważ nie wszystkie związki fenolowe występujące w marchwi i jabłkach to polimery. W ostatnich latach zaleca się stosowanie nazwy ogólnej – związki fenolowe, poza sytuacjami, w których wyraźnie wskazuje się na substancje o strukturze polimerów (polifenole).
2. W niektórych miejscach znajdują się błędne nazwy związków. I tak: na str. 27 zapisano β -sistosterol zamiast β -sitosterol, na str. 37 resweratol zamiast rezweratrol, na str. 76 narginina zamiast naringina. Z kolei na str. 140 nie ma potrzeby podawania nazwy kwasu chlorogenowego w języku angielskim.

Uwagi dodatkowe o mniejszym znaczeniu

- W tabelach 3 i 4 na str. 15 i 16 w różnych miejscach (nad lub pod tabelą) wskazano źródło danych. Należało to ustandaryzować w całej pracy. Podobnie jest z legendą oznaczeń. Wyjaśnienie oznaczenia „d.n.” powinno znajdować się pod tabelą. W przypadku tabeli 3 jest nad nią.
- W kilku miejscach dysertacji występuje nazwa związku „dwutlenek węgla”. Może w pracy naukowej jaką jest rozprawa doktorska warto stosować tzw. nową nomenklaturę – „ditlenek węgla”?
- Str. 46 i 52 – zamiast „waga” powinno być „masa”. Waga to urządzenie.
- Str. 48 – Na_2CO_3 , nie NaCO_3 .
- Należy ujednolicić jednostki w całej pracy, tj. zamiast „ dm^3 ” stosować zapis „l”, zamiast „ cm^3 ” – „ml” itd. (np. str. 49, 53), które częściej występowały w tekście pracy.
- W tekście powinno się najpierw cytować tabelę lub rysunek, a następnie je umieszczać. Zdarza się, że rysunki pojawiają się bez wcześniejszego powołania się na nie (np. rysunki 3, 4, 6, 7 ...).
- Na str. 85 Autor pisze, że „Najmniejszy wynik (największa aktywność przeciwutleniająca) odnotowano w próbie otrzymanej z wyłóków homogenizowanych (HOM – 0,08 mg) i był on prawie dwukrotnie mniejszy niż w kontrolnej (0,18 mg)”. W tym przypadku zamiast sformułowania „prawie dwukrotnie mniejszy niż” lepsze byłoby sformułowanie „ponad dwukrotnie mniejszy niż”. „Prawie” rozumie się na ogół, że wartość jest mniejsza od „docelowej”, co w tej sytuacji nie zachodzi.
- W języku polskim nie stawia się kropek po tytułach tabel i rysunków.

Jednocześnie pragnę podkreślić, że Doktorant wywiązał się ze swojego projektu doktorskiego znakomicie, uzyskując wiele wartościowych wyników badań i dokonując ciekawych obserwacji, a wymienione przeze mnie uwagi są dyskusyjne i nie mają wpływu na bardzo pozytywną ocenę merytoryczną pracy.

PODSUMOWANIE I WNIOSEK KOŃCOWY

W mojej opinii przedłożona do recenzji praca stanowi nowy i oryginalny wkład do wiedzy w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie technologia żywności i żywienia w obszarze

dotyczącym zastosowania niekonwencjonalnych technik ekstrakcji związków o właściwościach bioaktywnych i wykorzystania produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego. Autor zna swoją tematykę badawczą oraz posiada umiejętność samodzielnego projektowania eksperymentów, prowadzenia prac naukowych, opracowania wyników doświadczeń, ich krytycznej analizy i wyciągania z nich wniosków. Osiągnął postawiony cel badań. Oceniana rozprawa doktorska łączy aspekt naukowy i technologiczno-aplikacyjny.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Jakuba Adama Czyżewskiego pt.: „Badanie możliwości wykorzystania niekonwencjonalnych technik w procesie ekstrakcji związków bioaktywnych z wyłoków jabłkowych oraz marchwiowych” spełnia wszystkie warunki rozprawy doktorskiej, określone w art. 13.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65 poz. 595 z późn. zmianami), zawierając oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia SGGW w Warszawie o dopuszczenie jej Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dorota Żyżelewicz

prof. dr hab. inż. Dorota Żyżelewicz