

## RECENZJA

zabiegów pracy doktorskiej Pani mgr inż. Magdaleny Dadan

**"Badanie wpływu ultradźwięków oraz blanszowania parą wodną jako wstępnych przed suszeniem mikrofalowo-konwekcyjnym wybranych ziół"**

wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Doroty Witrowej-Rajchert jako promotora głównego

i dr inż. Małgorzaty Nowackiej jako promotora pomocniczego

w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji Wydziału Nauk o Żywności

Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Konsumenci ostatnio coraz częściej poszukują żywności naturalnej, mało zmienionej w stosunku do surowca, wskutek tego często o małej trwałości. Niezależnie od tego, w dalszym ciągu potrzebne są trwałe półprodukty, które wykorzystuje się w produkcji różnego rodzaju żywności wygodnej lub bezpośrednio do przygotowania potraw. Szczególne znaczenie mają tu przyprawy i zioła ze względu na swoje cechy smakowo-zapachowe oraz zawartość różnych związków bioaktywnych. Podjęcie przez Doktorantkę badań nad udoskonaleniem technologii suszenia ziół z wykorzystaniem wstępnej obróbki ultradźwiękami dla uzyskania suszy wysokiej jakości przy obniżeniu zużycia energii uważam za w pełni uzasadnione.

Realizacja pracy była współfinansowana z 3 różnych źródeł: projektu z programu Preludium 5 przez Narodowe Centrum Nauki, grantu na zadanie badawcze w ramach wewnętrznego trybu konkursowego dla młodego pracownika nauki w SGGW oraz stypendium z Własnego Funduszu Stypendialnego SGGW na prowadzenie badań na Wydziale Rolnictwa i Nauk o Żywności Uniwersytetu Bolońskiego we Włoszech.

Rozprawa doktorska jest obszernym opracowaniem, liczącym 271 stron maszynopisu, składającym się z 8 rozdziałów w klasycznym układzie dla tego typu dysertacji. Ostatnią część stanowi aneks, w którym w postaci 83 tabel przedstawiono również wyniki analizy statystycznej. Niezależnie od tego, w tekście pracy zamieszczono 24 tabele oraz 86 rycin. Stanowi to bardzo dobre udokumentowanie wyników i jednocześnie umożliwia wyczerpujące ich omówienie oraz przeprowadzenie dyskusji i wnioskowanie. Spis literatury obejmuje 268 pozycji, połowa z nich została opublikowana w ostatnich 5-ciu latach. Ponad 90% cytowanych prac stanowią prace opublikowane w czasopiśmie zagranicznych w języku angielskim. Zamieszczona bibliografia wskazuje, że w Polsce nie są prowadzone prace dotyczące zastosowania ultradźwięków do obróbki wstępnej surowców przed suszeniem.

W krótkim wstępie Autorka przedstawiła przesłanki, którymi kierowała się przy wyborze tematu badań i rozprawy.

Autorka w interesujący sposób zredagowała *Przegląd literatury* i wprowadziła w zagadnienia będące przedmiotem rozprawy. Rozdział ten obejmuje 40 stron maszynopisu. Autorka scharakteryzowała stosowane surowce: liście bazylii i pietruszki. Dużo miejsca Autorka poświęciła wpływowi zastosowania ultradźwięków do traktowania surowca przed suszeniem oraz suszenia

metodą mikrofalowo-konwekcyjną na zużycie energii oraz na jakość produktu, szczególnie w przypadku surowców wrażliwych na działanie podwyższonej temperatury. Część literaturową Autorka bardzo wyraźnie ukierunkowała na dwa zagadnienia: analizę związku budowy anatomicznej surowca roślinnego, zabiegów technologicznych i techniki suszenia z jakością suszu oraz możliwość zmniejszenia energochłonności całego procesu technologicznego otrzymywania suszu. Należy podkreślić, że dużo uwagi zwrócono na rolę biologicznego charakteru surowca w kształtowaniu jakości suszu w procesie technologicznym, co nie jest często spotykane w pracach o charakterze technologicznym. Jak wspomniano wcześniej, przegląd literatury oparto na aktualnej i bardzo obszernej literaturze. Pewien niedosyt budzi przy omawianiu sposobów intensyfikowania suszenia brak odwołania się również do prac nad wspomaganiami samego procesu suszenia ultradźwiękami, prowadzonych w Politechnice Poznańskiej.

Zamieszczona bibliografia wskazuje, że w Polsce nie są prowadzone prace dotyczące zastosowania ultradźwięków do obróbki wstępnej owoców i warzyw przed suszeniem, w literaturze zagranicznej informacje na ten temat są bardzo fragmentaryczne, a całkowicie brakuje ich w przypadku surowców w postaci liści.

Doktorantka na podstawie analizy danych literaturowych w pkt. 3. sformułowała cel pracy, którym była analiza obróbki wstępnej liści za pomocą ultradźwięków i blanszowania parą wodną na przebieg procesu suszenia, energochłonność całego procesu technologicznego oraz na jakość suszonych liści bazylii i pietruszki. Cel pracy należy uznać za uzasadniony, przybliżający do sformułowania procesu umożliwiającego optymalizację otrzymywania suszu z liści pod względem jego jakości i energochłonności procesu.

Realizację badań zaplanowano w 3 etapach:

- I. Ocena wpływu parametrów obróbki ultradźwiękami liści przed suszeniem na jego przebieg, zużycie energii oraz jakość suszonych liści bazylii.
- II. Ocena mechanizmu działania ultradźwięków i blanszowania w parze wodnej na wybrane właściwości liści bazylii i pietruszki jako zabiegu przed suszeniem. Ten etap zrealizowano na Uniwersytecie w Bolonii.
- III. Ocena wpływu sposobu obu metod obróbki wstępnej na kinetykę procesu suszenia, zużycie energii oraz jakość suszu przy różnych warunkach suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego.

W rozdz. 4., przedstawiono metodykę pracy. Plan badań dla 3 etapów opisano syntetycznie i bardzo czytelnie zilustrowano na schematach. Zakres zrealizowanych badań był bardzo szeroki. Suszenie przeprowadzono metodą mikrofalowo-konwekcyjną z rejestracją zmian masy w czasie suszenia, co umożliwiło modelowanie kinetyki suszenia. W zależności od etapu pracy oznaczano w surowcu przed i po obróbce wstępnej oraz po suszeniu zawartość suchej masy, polifenoli ogółem, chlorofilu, karotenoidów i luteiny oraz zdolność przeciwutleniającą. Zastosowane metody analityczne są bardzo różnorodne ze względu na zastosowane techniki. Należy podkreślić i ocenić bardzo pozytywnie uwzględnienie w badaniach etapu II określanie aktywności oddechowej oraz aktywności metabolicznej. Do oceny uzyskanych wyników posłużono się dużym wachlarzem metod statystycznych. Badania w etapie III zaplanowano jako doświadczenie trójczynnikowe metodą płaszczyzn odpowiedzi.

Metodykę pracy omówiono szczegółowo na 48 stronach w sposób poprawny, za zbędne należy uznać tabele 2. i 3.

Przy opisie surowca wskazane jest podanie pełnej polskiej nazwy, a więc pietruszka zwyczajna i bazylija pospolita. W przypadku pietruszki potrzebne jest podanie odmiany botanicznej i uprawowej.

*Omówienie i dyskusja wyników* stanowią największą część pracy, przedstawiono je na 138 stronach, bogato ilustrując rycinami i tabelami.

Jak wspomniano wcześniej badania przeprowadzono w 3 etapach. Etap I miał na celu określenie wpływu parametrów obróbki liści bazylii ultradźwiękami na przebieg suszenia metodą mikrofalowo-konwekcyjną w 30°C, zużycie energii oraz jakość suszu. Jako zmienne parametry obróbki ultradźwiękami przyjęto dwie częstotliwości - 21 i 35 kHz i dwa czasy - 20 i 30 min. Równolegle suszono liście bez żadnej obróbki. Stwierdzono, że traktowanie liści ultradźwiękami skróciło czas suszenia, co wykazano na podstawie modelu opracowanego wcześniej przez Autorkę i współpracowników, a wykazującego najlepsze dopasowanie w porównaniu do 9 modeli proponowanych przez innych autorów. Na podstawie analizy zmian struktury liści stwierdzono, że zwiększenie intensywności odparowywania wody po stosowaniu ultradźwięków nastąpiło wskutek uszkodzenia komórek i powstania bardziej porowatej struktury. Zwiększanie czasu sonikacji i częstotliwości ultradźwięków wpływało w niejednoznaczny sposób na zmiany zawartości chlorofilu, karotenoidów i polifenoli ogółem oraz na aktywność przeciwutleniającą. Na podstawie analizy cech jakościowych suszy z poszczególnych wariantów obróbki wstępnej oraz dendrogramu skupień, uwzględniającego intensywność suszenia, jako najlepsze parametry obróbki wstępnej wybrano częstotliwość 21 kHz i czas działania 20 min. Te parametry zastosowano do obróbki liści w III etapie pracy.

W etapie II podjęto analizę mechanizmu działania ultradźwięków i blanszowania parą wodną na liście dwóch gatunków: bazylii i pietruszki. Sonikację liści, w odróżnieniu od etapu I, przeprowadzono w wodzie, a próbę odniesienia stanowiły liście moczone w wodzie. Liście po blanszowaniu również moczone w wodzie. Stosowano jedną częstotliwość ultradźwięków 35 kHz, a czas sonikacji i moczenia wynosił 20 i 30 min. Obróbka wstępna wpływała na zmiany zawartości poszczególnych składników oraz cech jakościowych, w tym aktywności metabolicznej, a kierunek i stopień tych zmian były uzależnione głównie od gatunku badanych surowców. Żadna z metod obróbki nie spowodowała zahamowania procesów komórkowego oddychania, a w niektórych przypadkach nawet zwiększyła jego intensywność, co Autorka wyjaśnia stresogennym działaniem tych zabiegów na tkankę. Wynika z tego również, że nie nastąpiła inaktywacja układu enzymatycznego, co może powodować zmiany jakości suszu w czasie przechowywania.

Dyskusyjne jest pominięcie liści bez obróbki, czyli bez moczenia, jako próby odniesienia oraz długi czas przetrzymywania w wodzie prób blanszowanych. Dla ich schłodzenia wystarczyłby krótszy czas, a przy tak długim czasie - 20 i 30 min mogą nastąpić duże straty składników rozpuszczalnych wskutek utraty półprzepuszczalności przez błony komórkowe oraz zmiany enzymatyczne, np. hydrolityczne. Takie postępowanie może nie zapewniać ograniczenia analizy tylko do oceny wpływu blanszowania, jak założyła Autorka (str. 63).

Wyjaśnienia wymaga przyczyna dość wysokich wartości odchylenia standardowego dla oznaczeń suchej substancji (tab. 10). Czym można wytłumaczyć znacznie wyższe wartości odchylenia standardowego oznaczeń zawartości chlorofilu i luteiny dla liści pietruszki niż dla bazylii (np. rys. 43 i 46). Zastanawiające jest, że wartości odchylenia dla stosunku chlorofil a/chlorofil b w liściach pietruszki były bardzo niskie (rys. 50), podczas gdy należało się spodziewać wysokich wartości. Zastanawiająca jest wysoka korelacja Chl a i Chl b oraz Chl a i Chl a/Chl b, a niska Chl b i Chl a/Chl b -

tab. 66. Również należało się spodziewać wysokich wartości odchylenia dla oznaczenia zawartości polifenoli ogółem w pietruszce.

W etapie III oceniano efektywność suszenia liści pietruszki po blanszowaniu i obróbce ultradźwiękami. Parametry suszenia - moc mikrofal i czas były zmienne, natomiast sonikację przeprowadzano przy 21 kHz przez 20 min, czyli w oparciu o wyniki z poprzednich etapów. Wykazano, że zarówno parametry zabiegu suszenia jak i metoda obróbki wstępnej wpływały na przebieg suszenia, zużycie energii oraz cechy jakościowe suszu. Wykorzystując płaszczyznę odpowiedzi stwierdzono, że zależnie od przyjętych celów optymalizacji należy przyjąć określoną metodę obróbki wstępnej surowca i parametrów samego suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego.

Przy analizie tego etapu nadal dyskusyjne jest pominięcie suszenia bez obróbki wstępnej, jak i tak długiego moczenia liści po blanszowaniu.

Uważam, że z większą ostrożnością należy interpretować obliczanie nakładów energetycznych przy zabiegach obróbki wstępnej, które były realizowane w warunkach laboratoryjnych.

Poniższe uwagi dotyczą całego rozdziału *Omówienie i dyskusja wyników*.

Wydaje się, że warto zastanowić się nad analizą wyników pomiaru barwy. Uważam, że lepsze wyniki interpretacyjne można uzyskać wykorzystując układ biegunowy parametrów barwy, czyli  $C^*$  i  $h^*$  z uwzględnieniem jasności  $L^*$ , co odpowiada psychofizjologicznemu odbierania barwy przez człowieka oraz umożliwia ocenę zmiany tonu barwy. Przeceniono zmiany wartości różnicy barw  $\Delta E$ . Określa ona odległość między barwami w przestrzeni  $L^*a^*b^*$ , lecz nic nie mówi o kierunku zmian i zwrocie. W przypadku barwy suszy skupiono się na ocenie wartości  $\Delta E$  dla próby przed suszeniem i po suszeniu. Różnice między takimi parami prób musiały wystąpić wskutek zmiany stanu powierzchni.

W wielu miejscach omawiania wyników wprowadzono treści, które powinny być omówione w rozdziale *Przegląd literatury*, np. informacje o znaczeniu polifenoli, chlorofili i in. (str. 91 i następane).

Należy podkreślić, że Autorka analizowała uzyskane wyniki wyczerpująco i wszechstronnie, uwzględniając wpływ czynników biologicznych, biochemicznych, chemicznych i fizycznych.

Rozdział 6. to rozdział *Podsumowanie i wnioski*, w którym przedstawiono 11 wniosków szczegółowych i jeden wniosek końcowy. W przypadku wniosków szczegółowych uważam, że należy zmodyfikować wniosek 8. odnośnie oceny energochłonności blanszowania. Wniosek końcowy stanowi dobre i trafne podsumowanie całości pracy.

Aneks zawierający tabele jest bardzo obszerny. Czytelność tego materiału zwiększyłoby wyodrębnienie w postaci dodatkowego poziomu punktacji lub innego zaznaczenia poszczególnych etapów pracy.

### **Ocena końcowa rozprawy**

Przedstawioną rozprawę doktorską Pani mgr inż. Magdaleny Dadan oceniam bardzo wysoko. Powyżej przedstawione uwagi mają na celu zwrócenie Autorce uwagi na próby innego spojrzenia na możliwości planowania doświadczeń oraz interpretacji wyników. Należy tu bardzo wyraźnie podkreślić, że wybranie planu doświadczeń dla uzyskania założonego w pracy celu było bardzo trudne, a głównym czynnikiem ograniczającym była liczba możliwych do realizacji doświadczeń.

W literaturze naukowej znajdują się informacje na temat zastosowania obróbki ultradźwiękami przed suszeniem i suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego, ale są fragmentaryczne i nie

odnoszą się bezpośrednio do ziół i przypraw w postaci liści. W ten brakujący fragment wiedzy wpisuje się bardzo dobrze przedstawiona do recenzji praca, wnosząc jednocześnie nowe wątki badawcze.

Reasumując stwierdzam, że recenzowana praca przedstawia sobą bardzo wysoki poziom, przedstawia bogaty i dobrze udokumentowany materiał faktograficzny. Badania mają charakter kompleksowy i imponują szerokim zakresem przeprowadzonych eksperymentów z zastosowaniem różnorodnych technik badawczych. Dla wyboru najlepszych parametrów posłużono się zaawansowanymi metodami statystycznymi: analizą skupień i analizą składowych głównych, a w ostatnim etapie pracy również metodą optymalizacji z wykorzystaniem płaszczyzn odpowiedzi. Wyniki stanowią oryginalny wkład do nauki i mają cechy nowości. Praca stanowi dobry przykład optymalizacji nowych metod, jak w tym przypadku zastosowanie ultradźwięków w technologii żywności. Jest to propozycja technologii obniżającej zużycie energii przy uzyskaniu wysokiej jakości suszu. Propozycja technologii proponowana w pracy ma charakter technologii innowacyjnej. Bardzo silną stroną rozprawy jest wszechstronna i dojrzała dyskusja w celu wyjaśnienia złożonych procesów zachodzących w aktywnym fizjologicznie materiale roślinnym.

Na bardzo dużą samodzielność Doktorantki wskazuje jej bardzo duży dorobek naukowy - w latach 2012-2016 jest to 15 publikacji w czasopiśmie z IF i 11 w czasopiśmie bez IF. W recenzowanej pracy znalazłem odwołania do 15 prac związanych z suszeniem i obróbką ultradźwiękami, w których jest współautorką. Istotne znaczenie ma Jej udział w wielu projektach badawczych, seminariach i szkoleniach. Jej osiągnięcia zostały docenione przez przyznanie licznych nagród i wyróżnień.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Magdaleny Dadan odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim na stopień naukowy doktora i przedkładam Wysokiej Radzie Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie wniosek o jej przyjęcie i dopuszczenie Autorki do publicznej obrony.

Jednocześnie w pełni przekonany, że oceniana rozprawa charakteryzuje się wysoką wartością poznawczą i aplikacyjną, wnoszę o jej wyróżnienie. O wysokiej wartości opracowania stanowi kompleksowe, wielowątkowe podejście do podjętego problemu, nadzwyczaj wnikliwa analiza wyników obszernych badań oraz bardzo duża samodzielność w rozwiązywaniu problemów badawczych.



