

RECENZJA

pracy doktorskiej **mgr inż. Magdaleny Dadan**

**pt. „Badanie wpływu ultradźwięków oraz blanszowania parą wodną jako zabiegów
wstępnych przed suszeniem mikrofalowo-konwekcyjnym wybranych ziół”**

wykonanej pod kierunkiem **prof. dr hab. Doroty Witrowej-Rajchert**

w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji Wydziału Nauk o Żywności
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Ogólna charakterystyka pracy

Tematyka ocenianej pracy dotyczy skomplikowanego pod względem naukowym i niezwykle ważnego z praktycznego punktu widzenia zagadnienia, jakim jest obróbka wstępna surowca roślinnego przeznaczonego do suszenia. Zastosowanie stosunkowo tanich i skutecznych sposobów oddziaływania na tkankę surowca roślinnego daje możliwość optymalizacji procesu suszenia zwiększającej konkurencyjność rynkową nowego produktu spożywczego. Dlatego uważam, że podjęcie tej tematyki jest bardzo trafne biorąc pod uwagę zarówno aspekty poznawcze, jak i utylitarne. Ponadto, konieczność racjonalnego zarządzania zasobami energetycznymi w obliczu zmian klimatycznych oraz rosnące wymagania rynku dotyczące jakości produktów spożywczych, wymagają zwrócenia większej uwagi na doskonalenie procesu suszenia z uwzględnieniem obróbki wstępnej, która wpływając korzystnie na bilans energetyczny stwarza możliwość kształtowania jakości produktu finalnego.

Praca doktorska wykonana przez Panią mgr inż. Magdalenę Dadan w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji zawarta jest na 271 ponumerowanych stronach maszynopisu i składa się z ośmiu rozdziałów. Odrębną część stanowi umieszczony na końcu opracowania wykaz dorobku naukowego Doktorantki. Poszczególne rozdziały są ze sobą właściwie powiązane i występują w odpowiedniej kolejności. Rozdział dotyczący omówienia i dyskusji wyników podzielono na trzy zasadnicze podrozdziały liczące odpowiednio 49, 35 i

54 strony, co było związane z obszernym zakresem pracy i względami merytorycznymi. W pracy zamieszczono 86 rysunków i 107 tabel, w tym 83 w aneksie. Umieszczone na początku obszernej pracy streszczenie przedstawiające cel badań, zagadnienia metodyczne i najważniejsze wyniki badań zachęca do lektury sprzyjając percepcji treści niosącej bogaty zasób informacji.

Autorka powołała się na 268 pozycji literaturowych dobranych adekwatnie do zakresu pracy, przy czym blisko 85% zostało napisanych w języku angielskim. Ponad 40% cytowanych prac stanowią pochodzące z ostatnich pięciu lat publikacje naukowe dotyczące problematyki poruszanej w ocenianej rozprawie, co świadczy o śledzeniu najnowszych osiągnięć i dbałość o nowatorski charakter pracy.

Rozprawa posiada tradycyjny układ stosowany w pracach eksperymentalnych oraz jest napisana zrozumiałym i poprawnym językiem naukowym z prawidłowym umieszczeniem odnośników do literatury, a także podaniem źródeł pochodzenia rysunków, fotografii i tabel.

Ocena merytoryczna

Prawidłowo podzielona treść pracy sprzyjała zachowaniu ciągłości głównego wątku w analizie wyników przeprowadzonych w sposób szczegółowy i klarowny, co ułatwiło sformułowanie wniosków ściśle korespondujących z celem badań.

W stosunkowo krótkim wstępie Autorce udało się w sposób syntetyczny przedstawić kulinarne i lecznicze zastosowanie ziół oraz czynniki sprzyjające ich uprawie w Polsce z uzasadnieniem konieczności utrwalania zebranego plonu metodą suszenia. Zwrócenie uwagi na duży udział procesu suszenia w bilansie energii wykorzystywanej przez przemysł uzasadnia konieczność podjęcia badań zmierzających do zmniejszenia energochłonności tego procesu przy jednoczesnym zapewnieniu wymaganej jakości wysuszonego produktu. Zaproponowanie przez Doktorantkę rozwiązania powstałego problemu badawczego przez skojarzenie modyfikacji struktury surowca oraz innowacyjnego sposobu suszenia jest w pełni uzasadnione.

Przegląd literatury stanowiący część teoretyczną został podzielony na sześć podrozdziałów nawiązujących do problematyki pracy, przy czym ostatni z nich będący podsumowaniem tej części jest zręcznym wprowadzeniem do celu pracy. Pierwszy z podrozdziałów poświęcony jest budowie morfologicznej ziół, od której zależy efektywność obróbki wstępnej oraz przebieg procesu suszenia, przy czym cenne informacje o charakterze historycznym, użytkowym i ekonomicznym mogłyby zostać przesunięte w celu wzbogacenia stosunkowo krótkiego wstępu. W drugim podrozdziale poruszone zostały ekonomiczne i

technologiczne aspekty procesu suszenia, aby w następnym podrozdziale omówić sposoby intensyfikacji tego procesu zgodnie z procedurą zadeklarowaną do rozwiązania problemu badawczego. Treść kolejnych dwóch podrozdziałów pozwala zapoznać się z wpływem proponowanych zabiegów wstępnych oraz innowacyjnego sposobu suszenia na wyróżniki jakościowe różnych tkanek roślinnych. Przytoczenie licznych, trafnie dobranych i interesujących przykładów literaturowych na ten temat daje gwarancję dobrego rozpoznania problematyki, którą Autorka zajęła się w części eksperymentalnej po właściwym sformułowaniu celu i zakresu pracy. Na uwagę zasługuje podział na trzy etapy uwzględniający cele szczegółowe, co zwykle umożliwia wyznaczenie kamieni milowych charakterystycznych dla projektów badawczych. Takie podejście ukierunkowuje pracę eksperymentalną ułatwiając osiągnięcie zasadniczego celu badań i tym samym gwarantując rozwiązanie problemu badawczego.

W rozdziale 4 dotyczącym metodyki pracy Doktorantka w klarowny sposób przedstawiła plan badań posługując się schematami blokowymi dedykowanymi poszczególnym etapom badań. Uzasadniając wybór materiału badawczego w postaci liści bazylii oraz pietruszki określiła ich pochodzenie i precyzyjnie opisała warunki przechowywania oraz postępowania w ramach przygotowania do testów. Równie precyzyjnie i wyczerpująco zostały przedstawione zabiegi wstępne polegające na zastosowaniu ultradźwięków (sonikacja), blanszowaniu parą wodną i moczeniu w wodzie oraz proces suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego, a także metody analityczne polegające na pomiarze zużytej energii elektrycznej, oznaczeniu wybranych właściwości fizykochemicznych, chemicznych i strukturalnych oraz aktywności metabolicznej. Odrębny rozdział został poświęcony zastosowaniu metod matematycznych i graficznych służących wyznaczaniu kinetyki suszenia z uwzględnieniem modelowania oraz obliczania efektywnego współczynnika dyfuzji i właściwego zużycia energii, a także modelowaniu kinetyki adsorpcji pary wodnej, wyznaczaniu parametrów barwy, zawartości chlorofilu i karotenoidów, zdolności przeciwutleniającej oraz aktywności oddechowej i metabolicznej. Biorąc pod uwagę zarówno aspekt poznawczy, jak i utylitarny należy uznać za prawidłowe zaproponowanie metody płaszczyzn odpowiedzi w celu optymalizacji parametrów procesowych sprowadzonych do trzech zmiennych czynników obejmujących moc mikrofal, temperaturę czynnika suszącego i sposób obróbki wstępnej. Dzięki zastosowaniu specjalistycznego oprogramowania Design-Expert v. 10 możliwe było przeprowadzenie pełnej analizy statystycznej uzyskanych wyników w oparciu o oszczędny plan eksperymentu zakładający powtórzenia w punkcie centralnym. Pakiet metod statystycznych obejmował

analizę dopasowania modeli do punktów empirycznych z wykorzystaniem współczynnika determinacji (R^2), pierwiastka błędu średniokwadratowego (RMSE) testu χ^2 i współczynnika zmienności resztowej (V_e), a także jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA), test Kruskala-Wallisa porównań wielokrotnych, dwuczynnikową analizę wariancji z powtórzeniami, korelację liniową (Pearsona), korelację rang (Spearmana), analizę regresji prostej, analizę skupień, analizę składowych głównych (PCA) oraz wspomnianą wcześniej analizę danych w oparciu o metodę płaszczyzn odpowiedzi (RSM). Zaproponowana procedura postępowania świadczy o profesjonalnym i godnym naśladowania podejściu metodycznym sprzyjającym efektywnemu rozwiązaniu złożonych problemów badawczych.

W rozdziale 5 Autorka przedstawiła wyniki badań otrzymane dzięki konsekwentnej realizacji celu pracy zgodnie z przyjętą metodyką i podziałem na trzy etapy, z których każdy uwieńczony odrębnym podsumowaniem stanowi autonomiczną część spójnego opracowania. Taki podział sugeruje możliwość opublikowania wyników pracy w formie co najmniej trzech manuskryptów tworzących cykl ściśle odpowiadający tematowi ocenianej rozprawy doktorskiej. Wybrane pozycje wykazu dorobku naukowego zestawionego w części B dostępne w wersji DOI pozwalają przypuszczać, że Doktorantka już korzysta z tej możliwości, co sprzyja szybkiemu zwiększeniu dotychczasowego dorobku, który już teraz można uznać za imponujący na tak wczesnym etapie kariery naukowej. Biorąc pod uwagę możliwość wyjaśnienia uzyskanych rezultatów lub określonych zależności przez powoływanie się na wyniki wcześniej opublikowanych artykułów radziłbym rozważyć upowszechnienie w pierwszej kolejności wyników opracowanych w ramach realizacji drugiego etapu badań poświęconego wpływowi obróbki wstępnej na wybrane właściwości liści bazylii i pietruszki, a dopiero potem w ramach pozostałych dwóch etapów, które dodatkowo uwzględniają kinetykę suszenia, energochłonność procesu i jakość wysuszonego produktu w odniesieniu do obu gatunków. Przeprowadzona w sposób skrupulatny wielowariantowa analiza statystyczna pozwoliła prawidłowo ocenić istotność prognozowanych wartości i wyznaczonych zależności. Zawarcie rezultatów tej analizy w tabelach umieszczonych w odrębnym aneksie sprzyja przejrzystości pracy mimo jej obszerności. Na uwagę zasługuje klarowna i przekonująca interpretacja otrzymanych wyników w oparciu o starannie sporządzone wykresy i tabele oraz ich rzeczowa dyskusja z powoływaniem się na rezultaty badań innych autorów, którzy zajmowali się podobną problematyką badawczą. Do szczególnych osiągnięć przedstawionych w tym rozdziale należy zaliczyć wykazanie i przede wszystkim wyjaśnienie pozytywnego wpływu ultradźwięków o wysokiej mocy jako obróbki wstępnej do wspomagania suszenia mikrofalowo-

konwekcyjnego objawiającego się skróceniem czasu procesu i tym samym zmniejszeniem jego energochłonności oraz uzyskaniem wyższej jakości produktu w odniesieniu do próby kontrolnej. Niezwykle ważnym aspektem z punktu widzenia optymalizacji procesu suszenia prowadzonego w skali przemysłowej jest stwierdzenie dominującego wpływu blanszowania w porównaniu z sonikacją na całkowity bilans energii jednostkowej potrzebnej do usunięcia wody z surowca roślinnego poddanego obróbce wstępnej i następnie suszeniu konwekcyjnemu z zastosowaniem nagrzewania mikrofalowego. Godnym uwagi jest także uzasadnienie celowości zastosowania półempirycznego modelu zaproponowanego przez Autorkę do analizy kinetyki suszenia. Za wyjątkowo cenne uważam powiązanie parametrów barwy z właściwościami chemicznymi wysuszonego produktu. Takie powiązanie w formie modelu matematycznego może umożliwić szybką ocenę potencjału bioaktywnego suszu roślinnego na podstawie łatwego i stosunkowo taniego pomiaru przy użyciu kolorymetru odbiciowego. Uważam, że aspekt ten bardzo dobrze przedyskutowany w analizie wyników powinien zostać wyeksponowany w podsumowaniu pierwszego etapu. Cennym osiągnięciem jest dowiedzenie, że różne gatunki ziół w odmienny sposób reagują na wariant i intensywność zabiegu wstępnego biorąc pod uwagę aktywność metaboliczną i enzymatyczną oraz wybrane właściwości chemiczne.

Uwieńczeniem rozprawy jest rozdział zatytułowany „Podsumowanie i wnioski”, w którym Doktorantka przedstawiła jedenaście wniosków dotyczących trzech etapów pracy oraz wniosek końcowy o charakterze użytkowym. Moim zdaniem, zrzętniej byłoby nazwać ten ostatni wniosek wnioskiem ogólnym albo rozważyć sformułowanie wniosku praktycznego zawierającego dodatkowo rekomendację optymalnych parametrów procesowych stanowiących kompromis między jakością wysuszonych produktów i energochłonnością sekwencji operacji technologicznych umożliwiających uzyskanie tych produktów. Chciałbym przy tym zaznaczyć, że wnioski dotyczące poszczególnych etapów pracy, zawierające także rekomendowane parametry procesowe, zostały sformułowane w sposób zwięzły i nie budzący wątpliwości bez uszczerbku dla zawartej w nich wiedzy uzyskanej na podstawie wnikliwej analizy wyników. Biorąc pod uwagę wysoką wartość merytoryczną pracy uważam, że zaproponowany w niej cykl badań podzielony na etapy powinien być kontynuowany z zastosowaniem sonikacji nie tylko w czasie obróbki wstępnej, ale także podczas zasadniczego suszenia konwekcyjnego przy skojarzeniu z nagrzewaniem mikrofalowym, co może skutkować dodatkowym efektem synergicznym.

Biorąc pod uwagę rozmiar pracy łatwo zauważyć, że jest ona bardzo obszerna, jak na tego typu opracowania. Należy przy tym stwierdzić, że nie wynika to z braku umiejętności

syntezowania przekazywanych informacji, która została bardzo dobrze opanowana przez Autorkę, ale z konieczności opracowania bogatej bazy wyników dotyczących szerokiego zakresu badań o charakterze interdyscyplinarnym.

Ocena formalna

Mimo, że praca została napisana niezwykle starannie z dbałością o poprawność strony formalnej i użyciem komunikatywnego języka naukowego nasuwają się pewne uwagi, które Doktorantka może uwzględnić podczas przygotowywania uzyskanych wyników do opublikowania.

Za podobnym układem fotografii liści badanych gatunków przedstawionych na rys. 2 i 3 nie kryje się równie podobny przekaz informacji, który jest bogatszy w przypadku pietruszki. Z kolei, rysunek 10 i 11 należałoby rozdzielić tworząc oddzielne rysunki (rys. 10 oraz rys. 11) lub zachowując obecne zestawienie zdjęć zaproponować rys. 10 z podziałem na a) sadzonki pietruszki oraz b) sadzonki bazylii. Mimo, że przykładowa macierz zamieszczona w dolnej części str. 87 nie stanowi typowego przekazu informacji, to jednak należałoby przedstawić ją w formie tabeli lub rysunku.

Prawdopodobnie konieczność uporządkowania zagadnień metodycznych spowodowała, że sposoby przeprowadzenia pomiaru wybranych właściwości fizykochemicznych, chemicznych i metabolicznych zostały opisane w rozdziale „Metody analityczne”, a sposoby obliczania wartości charakterystycznych dla tych wielkości zostały przedstawione w odrębnym rozdziale „Metody matematyczne i graficzne”. W związku z tym, można było rozważyć wprowadzenie informacji odsyłającej do odpowiednich podrozdziałów dotyczących danej właściwości. Byłoby to pomocne dla czytelnika, który poszukuje wybiórczo potrzebnej informacji nie zapoznając się z logicznie skonstruowaną strukturą opracowania.

Nie jest jasne w jaki sposób wyznaczono wartość równowagowej zawartości wody u_r potrzebnej do obliczenia względnej równowagowej zawartości wody U_r występującej we wzorze 10 zastosowanym do modelowania kinetyki absorpcji pary wodnej.

Nieliczne, drobne błędy stylistyczne i gramatyczne zupełnie nie wpływają na percepcję treści zawartej w pracy. Percepcji tej nie utrudnia brak spisu oznaczeń, ponieważ Autorka zadbała o bieżące wyjaśnienia używanych skrótów lub specjalistycznych terminów. Także brak spisu tabel i rysunków nie stanowi problemu, gdyż są one ponumerowane w sposób ciągły niezależnie od podziału pracy na poszczególne rozdziały. Zamieszczenie wspomnianych spisów znacznie zwiększyłoby objętość obszernego opracowania.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa autorstwa Pani mgr inż. Magdaleny Dadan dotyczy aktualnego i ważnego problemu, jakim jest obróbka wstępna surowca roślinnego przeznaczonego do suszenia. Przedstawienie aktualnego stanu wiedzy pozwoliło Autorce prawidłowo sformułować cel pracy, który został rzetelnie zrealizowany w oparciu o bogaty warsztat metodyczny. Szeroki zakres badań o charakterze interdyscyplinarnym pozwolił uzyskać wyniki poszerzające wiedzę naukową w zakresie nauk o żywności. Wyniki te mają przede wszystkim znaczenie poznawcze, ale mogą być wykorzystane w praktyce do optymalizacji procesu suszenia i projektowania właściwości produktów spożywczych sporządzonych na bazie wysuszonych ziół. Doktorantka, podczas realizacji pracy wykazała cechy świadczące o umiejętności formułowania i rozwiązywania problemów naukowych w oparciu o znaczny zasób wiedzy i bogaty warsztat badawczy. Przedłożoną do recenzji rozprawę oceniam bardzo wysoko, o czym świadczy szereg pozytywnych komentarzy i jednocześnie wnioskuję do Rady Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie o jej wyróżnienie. Mam nadzieję, że nieliczne uwagi krytyczne, często o dyskusyjnym charakterze, będą pomocne w redagowaniu wartościowych publikacji naukowych z wykorzystaniem materiału zawartego w rozprawie.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Dadan pt. „Badanie wpływu ultradźwięków oraz blanszowania parą wodną jako zabiegów wstępnych przed suszeniem mikrofalowo-konwekcyjnym wybranych ziół” spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i stawiam wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Magdaleny Dadan do publicznej obrony.

