

dr hab. inż. Andrzej Krzykowski
Katedra Techniki Ciepłej i Inżynierii Procesowej
Wydział Inżynierii Produkcji
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Lublin, 03.05.2021 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr inż. Joanny Cichowskiej-Bogusz**
pod tytułem: **„Analiza wpływu polioli jako substancji osmoaktywnych oraz
ultradźwięków na przebieg odwadniania osmotycznego i suszenia tkanki jabłka”**

wykonanej pod kierunkiem prof. dr hab. Doroty Witrowej-Rajchert
oraz promotora pomocniczego dr hab. Lidii Stasiak-Różańskiej
w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji SGGW w Warszawie

Opracowanie recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Cichowskiej-Bogusz pod tytułem: „Analiza wpływu polioli jako substancji osmoaktywnych oraz ultradźwięków na przebieg odwadniania osmotycznego i suszenia tkanki jabłka” przygotowano na zlecenie Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia SGGW w Warszawie z dnia 26.02.2021 r. w oparciu o pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia, prof. dr hab. Krystyny Gutkowskiej z dnia 10.03.2021 r.

Rosnąca świadomość społeczna skłaniająca do zdrowego odżywiania warunkuje trendy w produkcji żywności. Zauważalne jest coraz większe zapotrzebowanie na produkty o znacznym potencjale odżywczym, przedłużonej trwałości oraz wysokich walorach organoleptycznych. Przedstawiona do recenzji praca obejmuje szeroki zakres badań dotyczących wytwarzania suszy jabłkowych w wyniku odwadniania osmotycznego z zastosowaniem ultradźwięków oraz wykorzystaniem różnych metod suszenia. Odwadnianie osmotyczne jest powszechnie stosowanym zabiegiem wstępnym, powodującym usunięcie części wody z surowca, ale nie gwarantuje jego długotrwałej przydatności do spożycia, dlatego często powiązane jest z utrwalaniem w wyniku procesu suszenia. Wykorzystanie roztworów polioli jako substancji osmoaktywnych stanowiących zamiennik sacharozy, w połączeniu z aplikacją ultradźwięków, zwiększającą efektywność wymiany masy jest ciekawym i innowacyjnym kierunkiem poznawczym. Podjęcie tematyki badawczej

dotyczącej wytwarzania suszy jabłkowych, będących alternatywą dla wysokokalorycznych przekąsek uważam za istotne i w pełni uzasadnione.

Rozprawa doktorska stanowi zestawienie spójnych tematycznie pięciu prac naukowych oraz ich omówienie w formie autoreferatu. Uważam, że tytuł pracy dotyczącej cyklu publikacji został określony poprawnie i odpowiada treści zawartej w poszczególnych opracowaniach. Publikacje są autorstwa grupy badaczy. Liczba autorów tych publikacji wynosi od 3 do 5, przy czym we wszystkich artykułach Doktorantka jest pierwszym i jednocześnie korespondencyjnym autorem. Oświadczenia współautorów potwierdzają znaczący wkład mgr inż. Joanny Cichowskiej-Bogusz w przygotowaniu każdej publikacji, polegający w większości na zaprojektowaniu i wykonaniu doświadczenia, interpretacji wyników badań, opracowaniu analizy statystycznej oraz przygotowaniu zarówno szkicu, jak i ostatecznej wersji manuskryptu.

Łączna punktacja osiągnięcia obliczona według daty opublikowania prac to 120 punktów, natomiast według nowej punktacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 18.12.2019 r. równa się 390 punktom. Sumaryczny wskaźnik *Impact Factor* publikacji (zgodnie z rokiem opublikowania) wynosi 14,943. Należy podkreślić, że wszystkie opracowania stanowiące rozprawę doktorską zostały opublikowane w renomowanych czasopismach z listy A Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, ukazały się w latach 2018 – 2020.

Przedłożona do oceny praca doktorska zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim, wstęp, cel pracy wraz z hipotezami badawczymi, plan eksperymentu oraz charakterystykę materiału i metod badawczych. Kolejny rozdział dotyczący omówienia wyników badań na podstawie publikacji wchodzących w skład rozprawy przedstawiono na 24 stronach maszynopisu. Zakres opracowania kończą rozdziały zawierające podsumowanie i wnioski oraz bibliografię. Zamieszczono również informacje na temat dorobku naukowego Doktorantki oraz kopie publikacji stanowiących rozprawę doktorską wraz z oświadczeniami współautorów, potwierdzającymi ich indywidualny wkład w tworzeniu manuskryptów.

Wstęp zaprezentowany na 7 stronach pracy stanowi analizę stanu wiedzy z obszaru tematyki rozprawy. Autorka wykazała celowość podjętych badań zarówno pod względem wyboru surowca, jak i analiz badawczych, odnosząc się do aktualnych danych literaturowych.

Głównym celem przedstawionej pracy była ocena wpływu wybranych związków z grupy polioli oraz innych węglowodanów na przebieg odwadniania osmotycznego jabłek. W trakcie odwadniania w części eksperymentów stosowano dodatkowo ultradźwięki, a otrzymany

materiał poddawano procesowi suszenia metodą: konwekcyjną, mikrofalowo-próżniową oraz łączoną, co stanowiło kolejne cele badawcze. Autorka przedstawiła pięć hipotez badawczych wyznaczających osiągnięcie celu pracy, w mojej opinii zarówno cele jak i hipotezy badawcze zostały sformułowane prawidłowo.

W części metodycznej zamieszczono schemat organizacji doświadczenia, który jest czytelny i klarowny, dokładnie opisano kolejne zadania badawcze, wyszczególniono materiały wykorzystane podczas eksperymentów oraz scharakteryzowano metody technologiczne stosowane w trakcie kolejnych etapów badań. Ta część opracowania zawiera również schematy stanowisk do suszenia konwekcyjnego oraz mikrofalowo-próżniowego, czego nie przedstawiono w ostatniej pracy dotyczącej cyklu publikacji - W5. Metodykę badań dotyczącą suszenia odwodnionych osmotycznie jabłek omówiono dosyć szczegółowo, uważam jednak, że należałoby w tym miejscu zamieścić również informacje obejmujące pomiar masy prób w trakcie poszczególnych procesów.

Eksperymenty przeprowadzono podczas siedmiu zadań badawczych realizowanych w trzech etapach, co stanowi przemyślany i uporządkowany ciąg działań, umożliwiających realizację celu pracy. Wyniki badań zamieszczono w rozdziale czwartym, podzielonym na siedem podrozdziałów, gdzie omówiono prace badawcze przedstawione w cyklu publikacji, na które składają się następujące pozycje:

- W1. Cichowska J.,** Żubernik J., Czyżewski J., Kowalska H., Witrowa-Rajchert D. (2018). Efficiency of Osmotic Dehydration of Apples in Polyols Solutions. *Molecules* 23 (2), 446. IF: 3,060; MNiSW: 30/100 pkt
- W2. Cichowska J.,** Woźniak Ł, Figiel A., Witrowa-Rajchert D. (2019). The Influence of Osmotic Dehydration in Polyols Solutions on Sugar Profiles and Colour Changes of Apple Tissue. *Periodica Polytechnica-Chemical Engineering* 64(4), 530-538. IF: 1,257; MNiSW: 15/20 pkt
- W3. Cichowska J.,** Figiel A., Stasiak-Różańska L, Witrowa-Rajchert D. (2019). Modelling of Osmotic Dehydration of Apples in Sugar Alcohols and Dihydroxyacetone (DHA) Solutions. *Foods* 8(1), 20. IF: 4,092; MNiSW: 15/70 pkt
- W4. Cichowska J.,** Witrowa-Rajchert D., Stasiak-Różańska L, Figiel A. (2019) Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration of Apples in Polyols and Dihydroxyacetone (DHA) Solutions. *Molecules*, 24(19), 3429. IF: 3,267; MNiSW: 30/100 pkt

W5. Cichowska-Bogusz J., Figiel A., Carbonell-Barrachina A. A., Paślawska M., Witrowa-Rajchert D. (2020) Physicochemical Properties of Dried Apple Slices: Impact of Osmo-Dehydration, Sonication, and Drying Methods. *Molecules*, 25(5), 1078. IF₂₀₁₉: 3,267; MNiSW: 30/100 pkt

W pierwszej fazie doświadczeń stanowiących omówienie wyników publikacji: W1-W3 Doktorantka przedstawiła szereg analiz obejmujących trzy zadania badawcze.

W ramach pierwszego zadania badawczego oceniono pięć substancji osmotycznych pod względem efektywności procesu odwadniania jabłek odmiany *Paulared*, w tym jako punkt odniesienia stosowano 50% roztwór sacharozy, podobnie jak w większości pozostałych zadań. Badano wpływ stężenia pozostałych roztworów oraz czasu odwadniania na wskaźniki wymiany masy takie jak: zawartość wody, ubytek wody i przyrost masy suchej substancji, określano również aktywność wody po procesie odwadniania. Na podstawie danych eksperymentalnych odrzucono z dalszych badań dwie nieskuteczne, ze względu na niskie wartości ubytku wody w materiale substancje: inulinę oraz oligofruktozę, a do kolejnych badań wybrano najbardziej optymalne stężenie roztworów hipertonicznych, wynoszące 30%. Autorka wnioskuje również, że ze względu na nieefektywność procesu odwadniania osmotycznego trwającego powyżej 3 godzin, w dalszym etapie badań należy zakończyć proces pomiarowy w tym punkcie granicznym. Jednak w drugim zadaniu badawczym maksymalny czas odwadniania wynosił 360 min, a ograniczenie czasu procesu odwadniania zastosowano w zadaniu trzecim i kolejnych, stanowiących następne etapy badań. Uważam jednak, że ten błąd w charakterystyce badań wynika z zastosowania skrótu myślowego.

Drugie zadanie badawcze dotyczyło analizy zawartości wybranych cukrów i pozostałości polioli w tkance jabłka po odwadnianiu osmotycznym, a także oznaczenia barwy surowca. Niski poziom zawartości polioli w jabłkach potwierdził bezpieczeństwo procesu i zasadność prowadzenia dalszych badań, natomiast zmiany barwy spowodowane obróbką wstępną były niewielkie.

Zadanie trzecie stanowiło ostatnią część pierwszego etapu pracy. Wprowadzono zmiany w metodyce badań, obejmujące odmianę jabłek - *Elise*, stosunek masowy owoców do medium odwadniającego oraz przedział czasowy zastosowania wyselekcjonowanych w wyniku wcześniejszych badań substancji osmotycznych, uzupełniając ich skład o dihydroksyaceton. Badano aktywność wody oraz wskaźniki wymiany masy stosowane

w zadaniu pierwszym, wprowadzając dodatkowo: rzeczywisty ubytek wody oraz współczynnik Cichowskiej i in., które lepiej odzwierciedlały aktualny stan wymiany masy podczas odwadniania osmotycznego. Zaproponowano trzy modele matematyczne najlepiej opisujące dane eksperymentalne w trakcie procesu odwadniania.

Drugi etap badań obejmował przegląd eksperymentów przedstawionych w publikacji W4. Zadanie badawcze dotyczyło oceny wpływu aplikacji ultradźwięków w trakcie odwadniania osmotycznego na transfer masy pomiędzy tkanką jabłka, a roztworem, oceniano również aktywność wody oraz zmianę barwy odwadnianych jabłek. Autorka sprawdzając jedną z postawionych hipotez badawczych, stosowała w trakcie odwadniania ultradźwięki metodą ciągłą i przerywaną, z wykorzystaniem roztworów hipertonicznych analizowanych w poprzednim zadaniu. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń w dalszym etapie badań zrezygnowano z zastosowania dihydroksyacetonu i maltitolu, jako substancji osmotycznych oraz ograniczono maksymalny czas obróbki do 120 minut.

W ostatnim etapie badań, składającym się z trzech zadań badawczych analizowano wpływ odwodnienia osmotycznego jabłek w roztworach polioli oraz metod suszenia na właściwości fizykochemiczne i sensoryczne suszy jabłkowych. W zadaniu drugim, podczas odwadniania zastosowano 30 minutową aplikację ultradźwięków a wstępnie odwodnione osmotycznie jabłka w obydwu zadaniach badawczych suszono metodą konwekcyjną lub mikrofalowo-próżniową oraz łączoną. Metoda łączona polegała na 2 godzinnym suszeniu konwekcyjnym, a następnie mikrofalowo - próżniowym, aż do uzyskania stałej masy. W ramach doświadczeń wchodzących w skład trzeciego etapu badań wyznaczono kinetykę procesów suszenia, oceniano zawartość suchej substancji w suszu, zmianę barwy w wyniku suszenia, aktywność wody i właściwości higroskopijne suszu. W ostatnim zadaniu badawczym w ramach badań objętych grantem wewnętrznym przeprowadzono również wybrane analizy chemiczne i sensoryczne oraz oceniano mikrostrukturę suszy jabłkowych. Doktorantka podkreśla szczególne właściwości suszy jabłkowych uzyskanych z zastosowaniem polioli podczas obróbki wstępnej, takie jak ich niską kaloryczność oraz wyraźnie wyczuwalny efekt chłodzenia podczas spożywania. Na podstawie analizy danych eksperymentalnych zaobserwowano możliwość znacznego ograniczenia czasu suszenia przy zastosowaniu metody łączonej, natomiast wstępna obróbka ultradźwiękowa miała różnorodny wpływ na czas procesu, w zależności od stosowanej metody suszenia.

Moje uwagi dotyczą redakcyjnej i metodycznej części opracowania:

1. Proszę o wyjaśnienie czym była uzasadniona zmiana odmiany jabłek w trakcie realizacji badań, co wiązało się z powtórzeniem części eksperymentów, tym bardziej, że Doktorantka analizując dane literaturowe wskazuje w publikacji W3 na relację pomiędzy ubytkiem wody i odmianą owoców w trakcie odwadniania.
2. Doktorantka opisuje zmianę stosunku masowego owoców do medium odwadniającego, począwszy od trzeciego zadania badawczego, cytując: „tak by mieć pewność, że wszystkie owoce zostaną zanurzone w roztworze hipertonicznym i nie będą miały kontaktu z powietrzem”. Proszę o odpowiedź na pytanie czy w początkowym etapie badań występował problem dotyczący unoszenia się surowca na powierzchni roztworu oraz czy zmiany w metodyce skutkowały jego stałym zanurzeniem w roztworze?
3. W streszczeniu pierwszego zadania badawczego, dotyczącego analizy badań zamieszczonych w publikacji W1, na str. 19 autoreferatu Doktorantka podaje, że określano barwę jabłek po procesie odwadniania, podczas gdy na tym etapie nie wykonywano tego rodzaju badań.
4. Uważam, że sformułowanie „korzystny”, „niekorzystny” wpływ obróbki wstępnej na proces suszenia, str. 40 autoreferatu, nie jest zbyt trafne, ponieważ dotyczyło jedynie relacji pomiędzy zastosowaną obróbką wstępną a czasem suszenia jabłek.
5. W opracowanych schematach graficznych dotyczących zadań badawczych, omyłkowo określono najkrótszy czas odwadniania osmotycznego jako 0,3 min., podczas gdy wynosił 30 minut. Rozdział drugi pracy powinien być zatytułowany Cel i hipotezy badań.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Podsumowując ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Cichowskiej-Bogusz pod tytułem: „Analiza wpływu polioli jako substancji osmoaktywnych oraz ultradźwięków na przebieg odwadniania osmotycznego i suszenia tkanki jabłka” stwierdzam, że stanowi ona samodzielne i oryginalne opracowanie aktualnego problemu naukowego. Recenzowana rozprawa doktorska została przygotowana na wysokim poziomie zarówno pod względem metodycznym jak i merytorycznym. Poruszane problemy badawcze cechuje aspekt nowości, a uzyskane wyniki badań mają znaczenie poznawcze i aplikacyjne. Zadania badawcze zostały odpowiednio zaplanowane, a zamierzony cel pracy osiągnięty.

Uważam, że przedstawiona praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim na stopień naukowy doktora i wnoszę do Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia SGGW w Warszawie o dopuszczenie Pani mgr inż. Joanny Cichowskiej-Bogusz do publicznej obrony.

Ponadto uwzględniając wkład Doktorantki w powstanie pracy oraz szeroki zakres podjętych badań opublikowanych w renomowanych czasopismach, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.

Andrzej Kizykowski

