

Lublin, 10.12.2023 r.

prof. dr hab. Michał Świeca  
Katedra Biochemii i Chemii Żywności  
Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Agaty Darii Jankowskiej "Ocena możliwości wykorzystania wybranych warzyw  
jako matrycy dla soli jodu"  
wykonanej pod kierunkiem dr hab. Krystyny Szymander-Buszka, prof. UPP

Podstawa prawna: Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity Dz.U z 2020 r. poz. 85 z póź. zm.).

Podstawa opinii: uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z dnia 24-10-2024

### **Uzasadnienie podjęcia badań w temacie oraz ocena formalna pracy**

Prewencja populacyjna jest skutecznym narzędziem pozwalającym na poprawę zdrowia publicznego i obniżania kosztów opieki zdrowotnej w dłuższej perspektywie. Strategia ta umożliwia na stosunkowo łatwe uzupełnienie niedoborów dietetycznych w populacji, jednak kluczowym jest aby produkt fortyfikowany (nośnik) był spożywany powszechnie i na stałym poziomie. Jednym z mikroelementów, którego z uwagi na „nierówne” rozmieszczanie w diecie podaży musi być zwiększana systemowo, jest jod. Pierwiastek ten jest niezbędny dla prawidłowego przebiegu dojrzewania płciowego (funkcje rozrodcze), rozwoju układu nerwowego, a w szczególności prawidłowego funkcjonowania tarczycy (syntezy hormonów) znajdującego odzwierciedlenie w zaburzeniach metabolizmu. Dotychczas, fortyfikacja uzupełniająca obejmuje jodowanie soli kuchennej i polega na wprowadzaniu tego pierwiastka w postaci jodku lub jodanu potasu. W dużej mierze doprowadziło to do optymalizacji zawartości jodu w populacji ogólnej, jednak z uwagi na coraz powszechniejsze ograniczanie spożycia soli oraz popularność diet alternatywnych konieczna jest dywersyfikacja źródeł jodu. W świetle przytoczonych faktów, oceniana dysertacja doktorska podejmuje się niezwykle aktualnej tematyki i z pewnością dostarcza cennych wyników zarówno pod względem aplikacyjnym jak i poznawczym.

Podstawę rozprawy doktorskiej Pani mgr Agaty Darii Jankowskiej "Ocena możliwości wykorzystania wybranych warzyw jako matrycy dla soli jodu" stanowi opracowanie o strukturze typowej dla dysertacji, obejmujące dwie główne części. Stanowi on „hybrydę” i zawiera zarówno wyniki dotychczas niepublikowane oraz te zawarte już w dostępnych manuskryptach (pkt. 3, art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce) - 7 artykułów naukowych (dane bibliograficzne przytoczone poniżej), w tym 5 artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych (4 w czasopismach indeksowanych na liście JCR) oraz 3 rozdziały w recenzowanych monografiach naukowych.

A1. Zaremba A., Gramza-Michałowska, A., Pal, K., Szymandera-Buszk, K. (2023): The Effect of a Vegan Diet on the Coverage of the Recommended Dietary Allowance (RDA) for Iodine among People from Poland. *Nutrients* 15, 1163. <https://doi.org/10.3390/nu15051163>

A2. Zaremba A., Waszkowiak K., Kmiecik D., Jędrusek-Golińska A., Jarzębski M., Szymandera-Buszk K. (2022): Selection of Optimal Impregnation Conditions of Vegetable Matrices With Iodine. *Molecules* 27, 3351. <https://doi.org/10.3390/molecules27103351>

A3. Zaremba A., Hęś M., Jędrusek-Golińska A., Przeor M., Szymandera-Buszk K. (2023): The antioxidant properties of selected varieties of pumpkin fortified with iodine in the form of potassium iodide and potassium iodate. *Foods* 12 (14): 2792 <https://doi.org/10.3390/foods12142792>

A4. Jankowska A., Kobus-Cisowska J., Szymandera-Buszk K. (2023): Antioxidant properties of beetroot fortified with iodine. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 68 (2): 10-15. <https://doi.org/10.53502/TXIY9852>

A5. Szymandera-Buszk K., Jankowska A., Hęś M., Jędrusek- Golińska A. (2023): Właściwości przeciwutleniające brokułów fortyfikowanych jodem w postaci jodku potasu lub jodanu (V) potasu. *Żywność jako wyzwanie dla współczesnej nauki i przemysłu*: 317-329, Kraków

A6. Jankowska A., Szymandera-Buszk K. (2024): The effect of iodine fortification on – the antioxidant activity of carrots and cauliflower. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 23(3), 371–378. <http://doi.org/10.17306/J.AFS.001254>

A7. Zaremba A., Cichoń N., Szymandera-Buszk K. (2023): Projekt produktu pochodzenia roślinnego wzbogaconego burakiem fortyfikowanym jodem. *Monografia pokonferencyjna XXVI Sesji Naukowej Sekcji Młodej Kadry Naukowej* 22-36. <https://doi.org/10.17306/m.978-83-67112-29-1>

Pierwszą część dysertacja stanowi ponad stustronicowe opracowanie zawierające uzasadnienie podjętej tematyki, hipotezę i zakres prowadzonych badań oraz opis i podsumowanie głównych wyników projektu. Opracowanie rozpoczyna się wykazem manuskryptów oraz spisem treści, po którym zostały przedstawione streszczenia w języku polskim oraz angielskim, które w syntetyczny sposób wprowadzają w problematykę badawczą oraz podsumowują najważniejsze osiągnięcia projektu doktorskiego (tym samym został spełniony pkt. 4 art. 187. Ustawy). W rozdziale „Wstęp” Pani

Jankowska przedstawia tło badań skupiając się na funkcji jodu w organizmie, jego źródłach w diecie oraz profilaktyce niedoborów. Część doświadczalną poprzedza jasno postawiona hipoteza badawcza, hipotezy szczegółowe oraz cele projektu mające pozwolić na ich weryfikację (w mojej ocenie zbyt szczegółowe). Z kolei rozdział „Materiał i metody badawcze” charakteryzuje materiał doświadczalny, zabiegi technologiczne oraz procedury analityczne i statystyczne. Dodatkowo, model badawczy został przedstawiony w formie graficznej (strona 27), która istotnie ułatwia ocenę kompleksowych badań przedstawionych w dysertacji. W kolejnej części (Wyniki badań i ich interpretacja) Doktorantka omawia wyniki projektu doktorskiego, analiza kolejnych „pakietów” badań kończy się krótkimi podsumowaniami obejmującymi odniesienia do założonych hipotez badawczych. Następnie, w podrozdziale Dyskusja pozycjonuje Ona swoje badania na tle dotychczasowych osiągnięć innych naukowców oraz finalnie dokonuje ich podsumowania w formie 7 rozbudowanych wniosków ogólnych oraz wniosku praktycznego. Tę część dysertacji kończy spis literatury liczący ponad 130 pozycji, opublikowanych w czasopismach wiodących w dyscyplinie. Generalnie, dysertacja została napisana w sposób przemyślany, drobne błędy interpunkcyjne i edytorskie nie wpływają na wartość merytoryczną opracowania. Analiza tej części oraz informacji zawartych w manuskryptach oraz Autoreferacie pozwala mi stwierdzić, że Doktorantka wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej technologia żywności i żywienia, a tym samym spełnia jedno z wymagań Ustawy stawianych kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora (pkt. 1 Art. 187).

Drużga część dysertacji zawiera pełne wersje prac oraz oświadczenia Doktorantki i współautorów określające ich udział w powstaniu opracowań naukowych. Wszystkie prace są opracowaniami wieloautorskimi, a zakres aktywności poszczególnych współautorów w ich powstawaniu został jasno określony w dołączonych oświadczeniach (strony 214-228) oraz w manuskryptach. Udział Doktorantki obejmował zwykle współopracowanie koncepcji badań, częściowe opracowanie metodologii badań, wykonanie wybranych doświadczeń, analizę wyników i ich interpretację oraz przygotowanie pierwotnych i finalnych wersji manuskryptów.

W oparciu o informacje zawarte w dysertacji oraz ocenę pozostałego dorobku naukowego przedstawionego w „Wykazie osiągnięć naukowych” stwierdzam, że spełnia Ona wymagania stawiane kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora w pkt. 1 Art. 187, czyli posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

### **Ocena merytoryczna pracy wraz z odniesieniem się do wymagań Ustawy stawianym kandydatom ubiegającym się o nadanie stopnia naukowego doktora**

Pierwsza część Autoreferatu ma za zadanie wprowadzić w tematykę badań i w mojej ocenie dobrze charakteryzuje problematykę badawczą, wskazując na główne źródła jodu w diecie, funkcje tego

pierwiastka dla prawidłowego funkcjonowania metabolizmu człowieka oraz problemy związane z jego niedoborami. Wartościowym jest wskazanie alternatywnych metod suplementacji jodu w produktach spożywczych, wykraczających poza stosowanie jodowanej soli kuchennej. Autorka szczegółowo omawia tu biofortyfikację surowca poprzez zabiegi agrotechniczne, jednak pewien niedosyt budzi dość lakoniczny opis bezpośredniej fortyfikacji uzupełniającej, a w szczególności dotychczasowych próbach impregnacji matrycy spożywczej. Technologia ta stanowi podstawę dysertacji i z pewnością mogłaby być szczegółowiej przedstawiona, ze wskazaniem wad i zalet oraz kluczowych problemów technologicznych. Oryginalnym rozwiązaniem projektu doktorskiego jest niewątpliwie wybór warzyw jako alternatywnego nośnika dwóch form jodu o odmiennej charakterystyce chemicznej (jodek i jodan) oraz zdefiniowanie potencjalnych odbiorców (weganie).

Szczegółowe cele (problemy) badawcze i hipotezy projektu wskazują, że badania były prowadzone w sposób zaplanowany i przemyślany. Generalnie, zostały one prawidłowo sformułowane niemniej jednak użycie sformułowanie „nośnik jodu” w odniesieniu do jego formy chemicznej (źródła) oraz „wartość odżywcza” w stosunku do zawartości jodu i tiaminy oraz właściwości przeciwutleniających produktu może budzić pewne wątpliwości (H6-H7).

Metodologia badań obejmuje charakterystykę surowców użytych do impregnacji (z uwzględnieniem różnych odmian). Już w tym miejscu pojawia się pytanie, czy nie lepiej byłoby skupić się jedynie na różnych gatunkach kosztem odmian, które pomimo deklarowanych różnic (nie zostały one zdefiniowane), prawdopodobnie charakteryzował dość podobny skład oraz struktura matrycy. Schemat badań przedstawia technologię impregnacji oraz zakres późniejszej charakterystyki uzyskanych proszków warzywnych oraz produktów spożywczych w nie wzbogaconych. Pomimo, że część informacji dotyczących optymalizacji procesu fortyfikacji została przedstawiona w pełnych wersjach manuskryptów prosiłbym o wskazanie przesłanek do wyboru temperatury (+4, -21, -76°C) oraz czasu prowadzenia impregnacji (1-12 h).

W tej części recenzji chciałbym się bezpośrednio odnieść się do wyników badań i ich dyskusji. Z uwagi na ilość wyników w ograniczonym zakresie przytaczam konkretne dane, zaś skupiam się na ich znaczeniu i roli w weryfikacji postawionych hipotez badawczych. Do niewątpliwych osiągnięć dysertacji należą badania ankietowe, które pozwoliły na scharakteryzowanie grupy docelowej oraz wskazanie kluczowych determinantów wyboru konkretnych produktów spożywczych (publikacja A1 oraz dane niepublikowane). Badania te zostały przeprowadzone z wykorzystaniem walidowanego autorskiego kwestionariusza ankietowego. Wiedza ta, a w szczególności podsumowanie przedstawione na wykresie 5 (strona 42) pozwoliła na wybór nośników dla jodu, których częstość spożycia utrzymuje się na względnie stałym poziomie w grupie wegan, przy jednoczesnej akceptacji przez inne grupy konsumenckie (być może należałoby tu również wziąć pod uwagę ilość spożywanych warzyw).

Kolejna część projektu doktorskiego pozwoliła na zoptymalizowanie warunków impregnacji warzyw w dwie formy jodu, określiła stabilność uzyskanych surowców oraz scharakteryzowała ich potencjał przeciwutleniający. Doktorantka wykazała, że badane warzywa (dynia, brokuły, kalafior i marchew) mogą być stosowane jako matryce dla soli jodu i stanowią dobrą alternatywę dla chlorku sodu. Pomimo braku statystycznie istotnego wpływu formy chemicznej jodu na barwę uzyskanych proszków warzywnych, zaobserwowano zmiany w wartości potencjału antyrodnikowego, które wynikały z odmiennych właściwości zastosowanych soli (reduktor vs utleniacz). Stwierdzono również, że wyższą stabilnością jodu naniesionego na badane matryce charakteryzowały się susze wzbogacone w  $KIO_3$  niż KI. Czynnikiem kluczowym wpływającym na wydajność impregnacji wydaje się być stosunek pulpy warzywnej do roztworu jodu, gdzie w przypadku zastosowania stosunku 1:4 zaobserwowano spadek retencji poniżej 90%. Co istotne prowadzenie procesu w pozostałych warunkach, pomimo niewielkich różnic nieprzekraczających 5%, pozwoliło na uzyskanie matryc o wysokiej zawartości pierwiastka. Generalnie badania wskazują, że optymalne warunki fortyfikacji to temperatura  $-76^{\circ}C$  oraz stopień uwodnienia 1:1 (m/v), jednak jak wykazano porównywalne rezultaty otrzymano również w temperaturze  $-24^{\circ}C$  po 1 godzinie, co pozwalałoby na istotne obniżenie kosztów energetycznych procesu. Praca A3 wykazała, że otrzymane proszki warzywne mogą być przechowane w temperaturze  $21^{\circ}C$ , a kluczowym parametrem warunkującym jego pożądaną stabilność jest forma chemiczna ( $KIO_3$ ). W przypadku buraka czerwonego (praca opublikowana w Journal of Research and Applications in Agricultural (A4)), wskazano, że jod wprowadzany w formie jodanu jest bardziej stabilny podczas przechowywania, natomiast forma jodu istotnie wpływa na potencjał antyrodnikowy. Niestety, w pracy tej pomimo zamieszczonej analizy statystycznej nie przedstawiono bezpośrednich wyników testów antyoksydacyjnych, co utrudnia jakościową ocenę wpływu fortyfikacji w przypadku tego warzywa. Z kolei wyniki dotyczące impregnacji pulpy otrzymanej z brokułu (A5) potwierdziły wysoką stabilność jodu w fortyfikowanej matrycy (podobnie jak w przypadku pozostałych opracowań zastanawia bardzo wysoka zawartość jody w próbkach -powyżej 90%). Badania pozwolił również na określenie „granicznego” stężenia jodu, które nie wpływa negatywnie na wartość potencjału antyrodnikowego. Finalnie jako matryce testowano marchew oraz różyczki kalafiora, dla których uzyskano wyniki zbieżne z tymi przedstawionymi dla innych warzyw. W przypadku tych badań zastanawia zmiana warunków impregnacji warzyw, a w szczególności zastosowana temperatura namaczania ( $18^{\circ}C$ ). Również, podobnie jak w wcześniej przytoczonych badaniach, sposób wyrażenia aktywności antyoksydacyjnej w % nie pozwala na pełne ocenienie zmian zachodzących w otrzymanych surowcach. Reasumując tę część projektu doktorskiego, badane warzywa mogą być nośnikiem dla jodu, który zapewnia jego wysoką retencję i stabilność podczas przechowywania. Finalnym etapem dysertacji jest projekt wegańskich produktów zbożowych z dodatkiem fortyfikowanych jodem suszy warzywnych. Badania te potwierdziły, że opracowane proszki warzywne skutecznie wzbogacają produkty spożywcze

w jod bez negatywnego wpływu na ich jakość sensoryczną. Na podkreślenie zasługuje tu określenie kinetyki zmian zawartości jodu w produktach podczas przechowywania w zróżnicowanych temperaturach.

Odnosząc się do części opisującej wyniki badań oraz manuskryptów, w których zostały zawarte wyniki prosiłbym o odniesienie się do kilku zagadnień:

- Na stronie 37 Autoreferatu przedstawiono wykresy pokrycia dziennego zapotrzebowania na jod z produktów wśród kobiet i mężczyzn. Pomimo, że wartości zostały wyrażone w %, ich suma nie stanowi całości (100%). Prosiłbym o wyjaśnienie, w jaki sposób należy interpretować te dane?
- Czy udało się zdefiniować kluczowe składniki matrycy wpływające na wydajność fortyfikacji i stabilność uzyskanych półproduktów. Jaki był zakładany mechanizm fortyfikacji/impregnacji (w szczególności podczas prowadzenia procesu w temperaturze  $-76^{\circ}\text{C}$ )?
- W przypadku impregnacji warzyw Doktoranta używa stwierdzenia „odtworzalność jodu” prosiłbym o wyjaśnienie tego stwierdzenia. Czy chodzi tu o retencję tego pierwiastka w matrycy?
- W publikacji A2 na wykresach 1-3 przedstawia Pani zawartość jodu w proszkach warzywnych w %, która wynosi około 90%. Prosiłbym o komentarz i odniesienie do tych niezwykle wysokich wartości.
- W pracy A3 w tabeli 4 przedstawiono kinetykę zmian zawartości jodu podczas przechowywania impregnowanej dyni. Niestety nie jest jasnym, która część tabeli odnosi się do danej formy jodu. Prosiłbym również o wyjaśnienie terminu  $T_{25\%}$ . Czy jest Pani w stanie wskazać parametry (składniki matrycy), które wpływały na stabilność jodu podczas przechowywania. Zwracam również uwagę na nieścisłości w sposobie wyrażania potencjału przeciwutleniającego (ekwiwalenty troloxu (sekcja Materiały i metody) vs. % (Figury 2-3)).
- W pracy A5 (fortyfikacja brokułu) oznaczony potencjał antyrodnikowy wynosił 100% (rysunek 1 i 2). Prosiłbym o wyjaśnienie w jaki sposób należy interpretować te wyniki. Czy w przypadku tych analiz nie należałoby testować prób o niższej koncentracji substancji wykazujących właściwości antyrodnikowe?

Podsumowując, Pani Jankowska posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, w tym projektowania eksperymentów, opracowywania wyników oraz ich krytycznej oceny. Osiągnęła Ona zamierzone cele projektu doktorskiego i zweryfikowała postawione hipotezy badawcze, a sama dysertacja stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (pkt. 2 Art. 187). Aplikantka umiejętnie połączyła ze sobą zagadnienia z zakresu dietetyki, technologii żywności i analityki oraz wykazała się podejściem aplikacyjnym, a przedstawiona do oceny dysertacja obejmuje wyniki wartościowe pod względem poznawczym i aplikacyjnym wnoszące istotny wkład w rozwój dyscypliny.

### Wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji dysertacja mgr Agaty Darii Jankowskiej „Ocena możliwości wykorzystania wybranych warzyw jako matrycy dla soli jodu” spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity Dz.U z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.) i wnioskuje o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

prof. dr hab. Michał Świeca