

Prof. dr hab. inż. Grażyna Budryn
Instytut Technologii i Analizy Żywności
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Politechnika Łódzka

Recenzja pracy doktorskiej mgr Agaty Jankowskiej,
wykonanej w Katedrze Technologii Gastronomicznej i Żywności Funkcjonalnej
na Wydziale Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu,
której Promotorem jest dr hab. Krystyna Szymandera-Buszka, prof. UPP,
pt: „Ocena możliwości wykorzystania wybranych warzyw jako matrycy dla soli jodu”,
wykonana na podstawie Uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia
Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu z dn. 24.10. 2024 r.

Rozprawa doktorska została przygotowana w formie hybrydowej i obejmuje cykl 7 Publikacji
współautorskich, w tym 5 artykułów oryginalnych i 2 rozdziałów w monografiach,
opublikowanych w latach 2022-2024, o łącznym IF 15,5 i posiadających 550 pkt MNiSW, których
dokładne dane bibliograficzne przedstawione są w dysertacji, zaopatrzonych dodatkowo
omówieniem publikacji oraz prezentacją wyników niepublikowanych, przedstawionym na
82 stronach Autoreferatu, który obejmuje Wstęp wraz z celem badań i hipotezami badawczymi,
Opis materiałów i metod badawczych, Wyniki badań i ich interpretację, Podsumowanie wraz ze
spisem literatury oraz Opublikowane prace wchodzące w skład rozprawy doktorskiej.

Wprowadzenie do tematyki badawczej

Jod jest niezbędnym mikroelementem, który odgrywa fundamentalną rolę w funkcjonowaniu
tarczycy, a tym samym w regulacji metabolizmu, wzrostu i rozwoju organizmu. Mięso, mleko, jaja, ryby
i inne pokarmy pochodzenia zwierzęcego są najważniejszymi źródłami jodu w diecie człowieka. Nawet
przy spożywaniu urozmaiconej diety bogatej w produkty pochodzenia zwierzęcego niedobór jodu jest
globalnym problemem zdrowotnym i dotyczy głównie mieszkańców regionów ubogich w jod, a do takich
zalicza się ogólnie Europa, w tym Polska. Suplementacja jodem jest skutecznym sposobem zapobiegania
niedoborom tego pierwiastka. W wielu krajach wprowadzono programy jodowania soli kuchennej
i obecnie sól jodowana jest podstawą profilaktyki jodu na obszarach endemicznych, co znacząco
zmniejszyło częstość występowania niedoborów tego pierwiastka. Najczęściej stosowanym związkiem
jodu w suplementacji jest jodek potasu (KI) oraz jodan potasu (KIO₃). Te związki są łatwo przyswajalne
przez organizm i skutecznie normalizują poziom jodu we krwi. Jednakże raport opublikowany w czerwcu
2024 r. przez WHO/Europe i Iodine Global Network (IGN) wskazuje na pojawiające się nowe zagrożenia
związane z niedoborem jodu i postuluje potrzebę stałego monitorowania klinicznego poziomu tego
pierwiastka w różnych populacjach i grupach społecznych.

Dwa główne trendy dietetyczne, wynikające z trwałych zmian w diecie i stylu życia, składają się na
sytuację opisaną w raporcie. Po pierwsze jest to zmniejszające się spożycie soli, w tym jodowanej.
W Polsce dzienne spożycie soli zmniejszyło się z 11,5 g w 2010 r. do ok. 8 g obecnie, co teoretycznie
wciąż pokrywa dzienne zapotrzebowanie na ten pierwiastek w przypadku stosowania soli jodowanej.
Uwagę należy zwrócić na fakt, że obecnie głównym źródłem soli w zachodniej diecie, stanowiącym 70–
80%, jest żywność produkowana lub gotowana poza domem, taka jak chleb, przetworzone mięso lub
gotowe do spożycia posiłki. Tymczasem badania rynku z 2024 r. wykazały, że tylko 9% soli
w przetworzonych produktach spożywczych w Niemczech i 34% w Szwajcarii było jodowane.
W 24 krajach europejskich, w których jodowanie jest dobrowolne lub nie jest stosowane, powszechnie

spożywane produkty spożywcze są często produkowane z niejodowanej soli. Drugi, istotny w podaży jodu w diecie trend to rosnąca popularność i dostępność roślinnych alternatyw kluczowych źródeł jodu, takich jak mleko, nabiał i ryby, co przyczynia się do uporczywego i zwiększonego niedoboru jodu w całym Europejskim Regionie WHO. Warzywa nie zapewniają odpowiedniej podaży jodu w diecie, a weganie są narażeni na niedobór jodu nawet w obszarach z wystarczającą jego ilością. Zatem pomimo znacznej poprawy wyników klinicznych, co wynika z jodowania soli, głównej strategii zapewnienia odpowiedniego spożycia jodu, niedobór tego pierwiastka utrzymuje się wśród części osób, w szczególności spożywających nie zrównoważoną dietę opartą na produktach roślinnych lub niskim poziomie soli, w tym jodowanej. Stąd szczegółowe strategie realizacji spożycia jodu i suplementacji powinny być rozważane dla określonych grup populacji, gdyż sama sól jodowana jest niewystarczająca do zapewnienia odpowiedniego zapotrzebowania na jod. Biorąc pod uwagę powyższe, tematykę rozprawy doktorskiej uważam za bardzo aktualną i uzasadnioną.

Wartość merytoryczna rozprawy

Przegląd literatury zaprezentowany w Autoreferacie oraz w poszczególnych Publikacjach obejmuje najnowsze doniesienia literaturowe, w znakomitej większości opublikowanych w ostatnim dziesięcioleciu i został uzupełniony o aktualne doniesienia po opublikowaniu ostatniego artykułu z przedstawionego do recenzji cyklu. Doktorantka w części dotyczącej uzasadnienia problemu badawczego opisuje między innymi charakterystykę jodu jako pierwiastka, jego funkcje w organizmie, skutki niedoboru i nadmiernego spożycia jodu oraz metody stosowane w celu zapewnienia właściwego poziomu jodu w diecie. Celem badań była ocena możliwości zastosowania wybranych warzyw jako matryc do wzbogacania solami jodu i ustalenie najbardziej korzystnych schematów fortyfikacji. Doktorantka cel ten podzieliła na 6 celów szczegółowych. Do realizacji tych celów zaproponowała weryfikację 7 hipotez badawczych.

Doktorantka wskazała 1. Publikację z załączonego cyklu z 2023 r. jako potwierdzenie postawionej 1. hipotezy badawczej, w której zakłada, że weganie są w większym stopniu zagrożeni niedoborem jodu. Stanowi ona również potwierdzenie zrealizowania celu częściowego, jakim była identyfikacja grupy konsumentów szczególnie narażonej na niedobór jodu za względu na ograniczenia dietetyczne. W opisanym doświadczeniu mgr Jankowska przeprowadziła badania ankietowe na grupie konsumentów diety zwyczajowej, czyli obejmującej wszystkie produkty, i wegańskiej, w których statystycznie druga grupa spożywała wraz z dietą 2 razy mniejsze ilości jodu, przy czym mężczyźni w grupie wegan byli w mniejszym stopniu dotknięci niedoborem tego pierwiastka. Badanie potwierdziło zatem hipotezę badawczą, natomiast cel szczegółowy nie został zrealizowany wyczerpująco, ponieważ spośród grup stosujących ograniczenia dietetyczne badani byli wyłącznie weganie, trudno zatem o konkluzję, że ta grupa konsumentów została zidentyfikowana jako szczególnie narażona na niedobór jodu. W badaniu nie uwzględniono np. diety niskosodowej, bezglutenowej, niskobiałkowej, i innych. Ta część dysertacji potwierdza, że ogólna idea cyklu badań, zgodnie z którą Doktorantka zmierzała do zaprojektowania produktów wzbogacanych w jod z przeznaczeniem dla wegan, jest słuszna.

Druga hipoteza badawcza dotyczyła potwierdzenia, że istnieje zależność między dietą, płcią i wiekiem, a częstością spożywania warzyw i nastawieniem do ich fortyfikowania jodem, a cel szczegółowy obejmował wybór matryc do wzbogacania jodem, akceptowalnych przez grupę docelową, co stanowiło niepublikowaną część pracy. Badanie Doktorantki, dotyczące częstości spożywania kilku warzyw przez konsumentów diety wegańskiej i zwyczajowej, wykazało, że poziom ich spożycia w każdej z dwóch grup jest praktycznie taki sam. W związku z tym pojawia się pytanie, na które proszę o odpowiedź, w jaki sposób Doktorantka chciałaby zwiększyć podaż jodu, suplementując wybrane warzywa, w sposób celowany w grupie wegan. Mgr Jankowska na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych wyciągnęła wnioski wskazujące, że alternatywy produktów mlecznych i mięsa nie stanowią dobrego źródła jodu dla wegan mimo wysokiego poziomu ich spożycia. Czy nie byłoby korzystne wzbogacanie tej grupy produktów w jod, jak ma to miejsce chociażby w odniesieniu do witaminy B12? Spośród ankietowanych

6 warzyw z dalszych badań zostały wykluczone ziemniaki, jako te, które nie znalazły akceptacji wśród potencjalnych odbiorców. Jednakże wydaje się, że pytanie ankietowe o akceptację fortyfikowanych warzyw nie było precyzyjne, ponieważ Doktorantka proponowała konsumentom w końcowej części cyklu badań inną żywność, mianowicie produkty wysokowęglowodanowe wzbogacone w susze warzywne, z których jeden był, *nota bene*, sporządzony został z dodatkiem suszu ziemniaczanego na poziomie 24%, dlatego odrzucenie ziemniaka jako matrycy do wzbogacania jodem uważam na tym etapie badań za przedwczesne. Susz ziemniaczany jest półproduktem powszechnie stosowanym w produkcji wyrobów garmażeryjnych. Tym niemniej samą ideę dyskusji z konsumentami innowacji produktowych w kontekście ich potencjalnej akceptowalności uważam za wysoce słuszną. Spośród badanych czynników determinujących akceptację konsumentów do fortyfikacji warzyw jodem mgr Jankowska wykazywała jedynie, że lepiej nastawione do niej są kobiety. Zatem postawiona hipoteza została potwierdzona zaledwie w części, co jest typowe dla prac eksperymentalnych. Rozważenia wymaga natomiast wątpliwość, w jakim stopniu został zrealizowany 2. cel szczegółowy, jakim był wybór matryc do wzbogacania jodem, akceptowalnych przez grupę docelową. W uzasadnieniu problemu badawczego przygotowanym przez Doktorantkę znalazła się konkluzja, że zastosowanie warzyw jako matrycy wzbogacanej w sole jodu jest uzasadnione faktem, że wcześniej taka strategia nie była stosowana oraz tym, że mogłaby ona skłonić społeczeństwo do spożywania większych ilości warzyw. Pozwolę sobie na polemikę odnośnie wyboru grupy produktów do suplementacji, gdzie według mojej opinii należało skoncentrować się na alternatywach produktów zwierzęcych dla wegan, które różnicują dietę zwyczajową i wegańską, a przecież mgr Jankowskiej zależało na dotarciu z zaprojektowanymi produktami przede wszystkim do wegan. Ponadto, jak wspomniałam, proponowano konsumentom w ankiecie fortyfikację warzyw, a to w całym cyklu badań były tylko produkty pośrednie do otrzymywania bułek lub klusek wzbogaconych w susze warzywne i może należało zapytać o fortyfikowanie tych właśnie produktów końcowych. Tym niemniej pieczywo i kluski również nie należą do grupy produktów w większym stopniu spożywanej przez wegan. W publikacji nie podkreślono wystarczająco, jak rozkładał się udział wegan w poszczególnych grupach wiekowych i na ile grupy najmniej akceptujące fortyfikację jodem stanowiły akurat część o dominującej liczebności wśród wegan.

Trzecia hipoteza dotyczyła potwierdzenia wpływu nośnika jodu w postaci dwóch różnych jego soli oraz rodzaju warzywa na stabilność tego pierwiastka podczas wzbogacania i przechowywania warzyw. Badania zostały opisane w 2. Publikacji z opiniowanego cyklu. Stabilność jodu po namaczaniu i liofilizacji była bardzo wysoka. Na etapie przechowywania bardziej stabilny był jod wprowadzany do warzyw w postaci jodanu potasu. Hipoteza nie potwierdziła się jednak w odniesieniu do rodzaju warzywa. Obecność soli jodu podczas liofilizacji suszów warzywnych nie zmieniała statystycznie ich barwy. Nie wiadomo natomiast, czy sam proces liofilizacji zmieniał barwę warzyw oraz czy inne metody suszenia były rozpatrywane przez Doktorantkę i jak mogłyby wpłynąć na zachowanie poziomu jodu po suszeniu, zatem proszę o odniesienie się do tych wątpliwości.

Hipoteza 4. dotyczyła potwierdzenia wpływu różnych warunków namaczania w zakresie rozcieńczenia soli jodu oraz temperatury i czasu namaczania na efektywność wzbogacania warzyw w jod, a celem tego fragmentu badań było opracowanie schematów metod fortyfikacji warzyw jodem, pozwalających na powtarzalność efektu fortyfikacji, co zostało opisane również w 2. Publikacji z cyklu. Wydajnemu wzbogaceniu sprzyjała wysoka koncentracja soli jodu w roztworze stosowanym do namaczania oraz niska temperatura tego procesu z zakresu od -76 do +4 °C. Tym samym hipoteza została potwierdzona, a cel zrealizowany w większej jego części, tzn. Doktorantka wskazała trendy w stabilności jodu w zależności od warunków namaczania w połączeniu z liofilizacją. Nie odniosła się do ewentualnego stosowania np. suszenia fluidalnego.

Publikacje 3.-6. przedstawione w cyklu odnoszą się do hipotezy 5., w której Doktorantka twierdzi, że aktywność przeciwutleniająca warzyw fortyfikowanych jodem zależy od obecności i stężenia wprowadzanej soli jodu oraz rodzaju warzywa. Mgr Jankowska zastosowała zróżnicowane stężenia jodku lub jodanu potasu do wzbogacania różnych odmian pięciu rodzajów warzyw. Dodatek KI nie zmieniał

aktywności warzyw w badanym zakresie, natomiast KIO3 przy wyższych jego stężeniach, jako substancja o właściwościach utleniających, powodował obniżenie tych właściwości w porównaniu z warzywami liofilizowanymi niefortyfikowanymi KIO3.

Publikacja 7. opisuje w części badania wykonane dla potwierdzenia hipotezy 6., w której Doktorantka zakłada, że produkty zbożowe typu ciabatta oraz gnocchi z dodatkiem fortyfikowanych w jod suszy warzywnych mogą być elementem profilaktyki zaburzeń z niedoboru jodu, gdyż stanowią dobre źródło tego pierwiastka w diecie. Większa część badań opisanych w ostatnim fragmencie Autoreferatu nie została opublikowana. Wyższą stabilnością w badanych produktach końcowych cechował się KIO3 dodawany do warzyw liofilizowanych, natomiast w przypadku dodawanej w produktach kontrolnych jodowanej soli kuchennej rodzaj związku jodu nie miał znaczenia. Spośród dwóch wzbogaconych produktów gnocchi charakteryzowały się lepszą retencją jodu, przy porównywalnej i wysokiej ogólnej pożądalności sensorycznej. Produkty z suszami warzywnymi cechowały się wyższą aktywnością antyoksydacyjną w porównaniu z produktami tradycyjnym. W świetle tematu rozprawy i przeprowadzonych badań, dotyczących głównie fortyfikowanych warzyw, w pracy brakuje oceny sensorycznej samych suszonych warzyw w kontekście spożywania ich jako przekąski, czy przygotowywania z ich udziałem innych potraw, choćby sałatek, czy farszów.

Praca doktorska mgr Jankowskiej mimo licznych słabszych punktów, stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego celu badawczego. Zastosowane metody badawcze są adekwatne do przyjętego zakresu pracy. Praca mgr Jankowskiej wnosi istotny wkład w rozwiązanie problemu niedoborów jodu i jego suplementacji. Doktorantka potwierdziła zaliczanie wegan do konsumentów silnie narażonych na niedobór jodu, co jest kluczowe dla zarządzania zdrowiem publicznym i potwierdza konieczność celowanej zwiększonej suplementacji tego pierwiastka. Proponowane metody wzbogacania warzyw solami jodu są innowacyjne i mogą znacząco poprawić jakość diety wegan po włączeniu fortyfikowanych warzyw do różnych dań gotowych. Badania wykazały, że stabilność jodu może zależeć od rodzaju soli i matrycy, co ma istotne znaczenie dla przyszłych strategii fortyfikacji żywności w ten pierwiastek. Wyniki sugerują, że produkty węglowodanowe wzbogacone w jod mogą skutecznie przeciwdziałać jego niedoborom. Badania nad akceptowalnością produktów fortyfikowanych jodem wskazują na ich potencjalne powodzenie na rynku. Praca mgr Jankowskiej stanowi cenny wkład w rozwój nauk o żywności i żywieniu i o zdrowiu publicznym.

Uwagi krytyczne oraz zagadnienia do wyjaśnienia

Uwagi merytoryczne zostały częściowo zawarte w opinii dotyczącej wartości merytorycznej rozprawy.

Inne uwagi, które wymagają wyjaśnienia Doktorantki:

- Jak Doktorantka rozumie pojęcia namaczania i kondycjonowania czy impregnacji i fortyfikacji, których używa wymiennie?
- Co oznacza namaczanie (kondycjonowanie) warzyw w temperaturze -76 °C?
- Przedstawianie większości wyników, w tym na wykresach, w formie statystycznej, a nie konkretnych wartości, nie ułatwia ustosunkowania się do nich, np. nie znajdziemy wyników aktywności antyoksydacyjnej, a tylko jej statystyczne różnice pomiędzy różnymi wariantami produktów.
- Dlaczego zaliczono gnocchi do produktów zbożowych?
- W Publikacji 3. na Wykresie 1 a, b, c. na str. 7 pojawiły się linie trendu. W jaki sposób można je skomentować?

Poprawność redakcyjna rozprawy

- Na Wykresie 5 w Autoreferacie w legendzie pojawiła się kategoria „kilka razy dziennie”, która nie występuje w wynikach, nie widnieją odnośne słupki.
- „Ponadto”, w kontekście stosowanym w pracy należy pisać razem, ponieważ było stosowane w znaczeniu partykuły nawiązującej do poprzedniego kontekstu i wprowadzającej nową informację na omawiany już temat, a nie jako wyrażenie przymkowe mówiące, że czegoś jest więcej, np. niż przewiduje przyjęta norma.
- Na stronie 36 Autoreferatu pojawiła się niezrozumiała fraza: „w ilości powyżej 150 µg/dzień, ale w ilościach nie wyższych niż 150 µg/dzień”.
- Na stornach 83-85 Autoreferatu pojawiły się powtórzenia wykresów, dodatkowo niepodpisane tytułem.
- Na stronie 103 Autoreferatu znalazło się sformułowanie: „susze dyni..., kalafiora..., brokułu... i marchwi... stanowią stabilną matrycę dla soli jodu, stosowaną w technologii żywności”. Zapewne chodziło o wniosek brzmiący przykładowo: „która może być zastosowana”, ponieważ opracowana technologia nie została póki co wdrożona.

Ocena końcowa

Stwierdzam, że Doktorantka wykazała się umiejętnościami oryginalnego rozwiązywania problemu naukowego i zrealizowała cel postawiony w pracy. Rozprawa doktorska prezentuje znajomość ogólnej wiedzy Pani mgr Agaty Jankowskiej w dyscyplinie technologia żywności i żywienia i potwierdza umiejętność Doktorantki samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Recenzowana Rozprawa doktorska Pani mgr Agaty Jankowskiej spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o dopuszczenie Pani mgr Agaty Jankowskiej do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.