



Prof. dr hab. Janusz Kapuśniak
Katedra Dietetyki i Badań Żywności
Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych i Technicznych
Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie
ul. Waszyngtona 4/8
42-200 Częstochowa

Częstochowa, 27.01.2025

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Adrianny Ewy Bojarczuk –
Doktorantki Szkoły Doktorskiej AgroBioTech PhD
pt. „Ocena wpływu przetwarzania i przechowywania produktów
roślinnych na zawartość skrobi opornej oraz wpływ jej spożycia na
gospodarkę węglowodanową u ludzi”**

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja została przygotowana na podstawie pisma Dyrektora Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego dr hab. inż. Marka Roszko, prof. IBPRS-PIB z dnia 15 grudnia 2024 informującego mnie, że uchwałą Rady Naukowej nr X/148/2024 Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie z dnia 20.11.2024 r. zostałem wyznaczony na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr Adrianny Bojarczuk, pt. „Ocena wpływu przetwarzania i przechowywania produktów roślinnych na zawartość skrobi opornej oraz wpływ jej spożycia na gospodarkę węglowodanową u ludzi”.

2. Ocena formalna rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska została przygotowana pod kierunkiem promotora prof. dr hab. inż. Krystiana Marszałka z Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego oraz promotor pomocniczej dr hab. n. o zdr. Danuty Gajewskiej ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Stanowi ją cykl trzech publikacji naukowych:

1. Adrianna Bojarczuk, Sylwia Skąpska, Amin Mousavi Khaneghah, Krystian Marszałek; 2022, Health benefits of resistant starch: a review of the literature, *Journal of Functional Foods*, 93(3): 105094, DOI: 10.1016/j.jff.2022.105094



2. Adrianna Bojarczuk, Joanna Le-Thanh-Blicharz, Dorota Michałowska, Danuta Kotyrba, Krystian Marszałek; Application of High Hydrostatic Pressures and Refrigerated Storage on the Content of Resistant Starch in Selected Legume Seeds, *Applied Sciences*. 2024; 14(16):7049. <https://doi.org/10.3390/app14167049>
3. Adrianna Bojarczuk, Paulina Kęszycka, Krystian Marszałek, Danuta Gajewska; Effect of cooking and cooling chickpea pasta on resistant starch content, glycemic response and glycemic index in healthy adults; *Metabolites*, 14(11), 585. <https://doi.org/10.3390/metabo14110585>

Pierwsza praca ma charakter przeglądu i została opublikowana w czasopiśmie *Journal of Functional Foods*, którego współczynnik IF za 2023 r. wynosi 3,8, a punktacja zgodnie z listą MEIN – 100 pkt. Dwa artykuły są pracami oryginalnymi. Pierwszy został opublikowany w czasopiśmie *Applied Sciences*, którego współczynnik wpływu IF za 2023 r. wynosi 2,5, a punktacja, według najnowszego wykazu ministerialnego wynosi 100 pkt. Moim zdaniem Doktorantka błędnie przypisała temu czasopismu 40 pkt. Druga praca oryginalna z wyników własnych została opublikowana w czasopiśmie *Metabolites*, którego współczynnik IF wynosi 3,4, a punktacja ministerialna – 100 pkt. We wszystkich trzech artykułach Doktorantka jest pierwszym autorem. Jest również autorem korespondencyjnym w publikacji 1 oraz 3. Do rozprawy Pani mgr Bojarczuk dołączyła oświadczenia o procentowym udziale autorów w opracowaniu publikacji. Wynika z nich, że udział Doktorantki w powstanie pierwszej pracy wynosił 70%, drugiej – 80% i trzeciej – 85%. Współautorzy zadeklarowali swój wkład w publikacjach na poziomie od 5 do 15%, w większości przypadków był to udział 5-procentowy. W kwestii określania udziału procentowego współautorów w powstanie artykułu naukowego mam jednoznacznie wyrobioną negatywną opinię i próbuję ją przedstawić przy okazji każdej sporządzanej recenzji. Uważam, że ustalenie wkładu procentowego na poziomie 5% nigdy nie odzwierciedla rzeczywistego zaangażowania badacza w powstanie dzieła. Z drugiej strony suma udziałów nie może być większa od 100%. Dlatego jestem przekonany, że znacznie ważniejsze dla osoby czytającej artykuł naukowy, a także recenzenta w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego jest poznanie rzeczywistego zaangażowania poszczególnych współautorów w wykonanie konkretnych prac badawczych, omówienie wyników, wreszcie przygotowanie manuskryptu do druku. Chciałem podziękować Doktorantce za to, że w swojej rozprawie opisała swój wkład w



powstanie każdej z publikacji. Z analizy tego punktu wynika, że Pani Bojarczuk w publikacji 1 opracowała konceptualizację oraz metodologię badań, zdefiniowała cel, napisała tekst główny, przedstawiła wyniki oraz ich interpretację. W publikacji 2 opracowała koncepcję badań, zaplanowała metodologię, przeprowadziła prace laboratoryjne, odpowiadała za analizę statystyczną, przygotowała manuskrypt, przeprowadzając analizę i interpretację wyników. W publikacji 3 Doktorantka, wspólnie ze współautorami, opracowała koncepcję prac badawczych, metodologię badań, już samodzielnie przeprowadziła pełen zakres prac badawczych z udziałem ludzi, a następnie pod nadzorem promotora pomocniczej opracowała wyniki, przeprowadziła analizę statystyczną, samodzielnie przygotowała pierwszą wersję publikacji. Z obowiązku recenzenta, ale też doświadczenia badacza muszą wyrazić swój sprzeciw w stosunku do określenia udziału Doktorantki w powstaniu publikacji nr 1. Mamy tu do czynienia z klasycznym przeglądem literaturowym, nie mającym charakteru metaanalizy, bez określenia kryteriów wyszukiwania, słów kluczowych, nie został zdefiniowany cel badawczy, nie postawiono hipotez badawczych. Przegląd nie zawiera także krytycznej dyskusji zebranego materiału. Z tego powodu uważam, że przypisanie sobie udziału w postaci „prezentacji wyników i ich interpretacji” jest nieco przesadzone. Po szczegółowej lekturze dołączonych skanów publikacji mogę uznać, że Doktorantka miała istotny wkład w ich powstanie. Uważam, że Pani magister aktywnie uczestniczyła w pracach badawczych, opracowaniu i analizie wyników, przygotowaniu manuskryptów. Dzięki temu zdobyła wiedzę, umiejętności i kompetencje potrzebne adeptowi nauki w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

Struktura samej rozprawy doktorskiej jest poprawna i typowa dla tego typu opracowań naukowych. Pracę doktorską stanowi 55-stronnicowy manuskrypt zawierający typowe elementy, jak: wprowadzenie, cel i hipotezy badawcze, zakres pracy, materiał i metody badawcze, wnioski dotyczące rozprawy doktorskiej, spis literatury. Pewnym nowym dla mnie osobiście rozwiązaniem jest nadanie opracowaniu charakteru hybrydowego, czyli rozdzielenie materiałów opublikowanych w formie trzech artykułów naukowych od niepublikowanych. W formie załączników zostały dołączone skany publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej oraz deklaracje udziału współautorów. Ponadto Doktorantka zamieściła stosowne uchwały Rektorskiej Komisji ds. Etyki Badań z Udziałem Człowieka SGGW. Zgodnie z zapisami ustawowymi do rozprawy dołączono streszczenie w języku polskim oraz w języku angielskim.



3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Rozprawa porusza temat, który jest niezwykle istotny z technologicznego i żywieniowego punktu widzenia, ale także dotyczy zagadnienia, które moim zdaniem powinno mieć duży, na pewno większy niż dotychczas wpływ społeczny. Niestety uważam, że wiedza społeczeństwa na temat spożywania substancji błonnikowych i substancji o właściwościach prebiotycznych jest niewystarczająca. Z całą pewnością brak tej wiedzy powoduje, że spożycie błonnika pokarmowego i to zarówno nierozpuszczalnego, jak i rozpuszczalnego, w szczególności u mieszkańców krajów wysoce rozwiniętych, z dominującą dietą typu zachodniego jest zbyt niskie. W przekonaniu większości konsumentów skrobia, jako główny węglowodan w diecie człowieka jest traktowana jako węglowodan łatwo trawiony i wchłaniany w jelicie cienkim, jako węglowodan glikemiczny. Poza naukowcami zajmującymi się zawodowo skrobią mało kto wie, że istnieją typy skrobi wolno lub trudno trawionej, mało kto potrafi wskazać jakie są źródła tych skrobi lub też jakie procesy technologiczne, fizyczne i chemiczne można wykorzystać do zwiększenia zawartości skrobi odpornej w produktach spożywczych. Recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska ma tą sytuację poprawić i taki jest jej główny cel.

W pierwszej części pracy doktorskiej Kandydatka dokonała przeglądu literatury fachowej pod kątem zagadnień będących przedmiotem rozprawy. Moim zdaniem ta część jest przygotowana rzetelnie. Miałbym tylko jedną uwagę i dwie sugestie. Według najnowszej klasyfikacji odporne dekstryny, odporne maltodekstryny, czy też rozgałęzione dekstryny zalicza się do odrębnej frakcji błonnika pokarmowego. Odchodzi się od zaliczania opornych dekstryn do RS4, jak to było jeszcze kilka lat temu, podobnie do skrobi RS5, jak zaproponowała to Doktorantka na podstawie cytowanej literatury. Modyfikacje chemiczne, które są podstawą otrzymywania skrobi RS4, podobnie kompleksowanie lipidów, które odpowiada za tworzenie skrobi RS5 zazwyczaj prowadzą do otrzymania produktu, który jest nierozpuszczalny w wodzie. Z tego też powodu zarówno skrobia RS4, jak i RS5 najczęściej klasyfikowane są jako składnik błonnika nierozpuszczalnego. Z kolei proces dekstrynizacji, czy też hydrolizy enzymatycznej, który jest podstawą technologicznego procesu otrzymywania opornych dekstryn/maltodekstryn prowadzi do zmniejszenia masy cząsteczkowej końcowego produktu, a w konsekwencji do otrzymania produktu dobrze rozpuszczalnego w wodzie. Z tego też powodu odporne dekstryny/maltodekstryny klasyfikowane są jako błonnik rozpuszczalny. Ze względu na odmienne właściwości fizyko-chemiczne, funkcjonalne i fizjologiczne skrobi odpornej i



opornych dekstryn ja również jestem zwolennikiem nie traktowania opornych dekstryn jako jednego z typów skrobi opornej. Zasugerowałbym ponadto, aby w podrozdziale 2.1.1.3 mocniej zaakcentować fakt, że za wytworzenie skrobi opornej typu 3 odpowiada nie proces kleikowania, a jednak proces retrogradacji, w trakcie którego dochodzi do częściowej rekrytalizacji wcześniej skleikowanej skrobi. Mniej zorientowany czytelnik po lekturze tego podrozdziału może odnieść wrażenie, że procesem odpowiedzialnym za wytworzenie skrobi RS typu 3 jest kleikowanie wywołane ogrzewaniem skrobi w odpowiedniej ilości wody lub z wykorzystaniem metody HPP. Reasumując więcej uwagi poświęciłbym fizyczności procesu retrogradacji i np. podałbym kiedy w warunkach technologicznych, przetwórczych lub podczas przechowywania dochodzi do procesu retrogradacji. Poproszę Doktorantkę o wyjaśnienie tej kwestii w trakcie publicznej obrony pracy doktorskiej. Odnosząc się do informacji zawartych w podrozdziale 2.1.1.5 chciałbym zwrócić uwagę na to, że nie można podawać informacji o dziennym spożyciu RS w oderwaniu od informacji o dziennym spożyciu błonnika pokarmowego. Wiemy, że skrobia oporna jest jedną z substancji składających się na błonnik pokarmowy. Powinniśmy podkreślać jedynie fakt, że właściwie nie zdefiniowano maksymalnej ilości skrobi opornej, która mogłaby być składową naszej codzienne diety i być bezpiecznie spożywana. W oparciu o dane literaturowe możemy jedynie jednoznacznie potwierdzić przewagę skrobi opornej nad innymi substancjami błonnikowymi. Skrobia oporna spożywana nawet w dużych ilościach nie wywołuje ubocznych efektów gastrycznych, jak wzdęcia, bóle brzucha, biegunki itd.

Bibliografia liczy 122 pozycje. Dobór literatury oceniam bardzo wysoko. Cytowane prace ściśle wiążą się z tematyką pracy doktorskiej i reprezentują najważniejsze osiągnięcia naukowe w obszarze badań nad skrobią, jej modyfikacjami, skrobią oporną i jej funkcjami fizjologicznymi, a w szczególności wpływie na gospodarkę węglowodanową, na metabolizm lipidów oraz na mikrobiotę i funkcje jelit.

Po wprowadzeniu przedstawiono trzy główne cele badań oraz cztery hipotezy badawcze, które zostały sformułowane na podstawie przeglądu literatury. Cele badawcze pracy zostały jasno sformułowane. Osobiście mam pewną wątpliwość, a jednocześnie pytanie do Doktorantki dlaczego w schemacie badań zadanie 6 zatytułowane „Ocena spożycia skrobi opornej wśród grupy dorosłych Polaków. Badania ankietowe” zostało zaplanowane jako ostatni etap. Nie do końca rozumiem czemu te badania ankietowe miały służyć i jaki miały związek z zadaniami 1-5. Bardziej zrozumiałe byłoby dla mnie rozpoczęcie cyklu badań od przeglądu literatury, opracowanie na jego



podstawie badań ankietowych, które miałyby wskazać na niewystarczające spożycie produktów zawierających skrobię oporną. Wyniki badań ankietowych uzasadniałyby konieczność podjęcia badań o charakterze eksperymentalnym, mających na celu poszukiwanie nowych metod zarówno otrzymywania skrobi opornej, jak również zwiększenia jej zawartości w dostępnych handlowo produktach spożywczych.

W kolejnym rozdziale zatytułowanym „Materiały i metody badawcze” Doktorantka scharakteryzowała wszystkie materiały niezbędne do przeprowadzenia badań, w tym produkty skrobiowe, odczynniki i wzorce. Ponadto opisała metody analityczne niezbędne do oznaczenia całkowitej zawartości błonnika pokarmowego, zawartości skrobi opornej. Przedstawiła metodykę otrzymywania zawiesin skrobi, które następnie poddawane były działaniu wysokiego ciśnienia, a w następnej kolejności przechowywaniu w warunkach chłodniczych. Pani magister przedstawiła ponadto protokół badania z udziałem ludzi, szczegółowo opisując kryteria włączenia i wykluczenia, sposób przeprowadzenia badania, które było randomizowane i prowadzone metodą pojedynczej ślepej próby. Opisała również metodykę przeprowadzenia oceny sensorycznej spożywanego przez badanych ugotowanego makaronu z ciecierzycy. W sposób szczegółowy omówiła metodykę badania ankietowego. Ta część rozprawy nie budzi moich zastrzeżeń i nie mam do niej uwag.

Rozdział 6 rozprawy stanowi swoistego rodzaju przewodnik po publikacjach, które złożyły się na rozprawę doktorską. Publikacja nr 1 ma charakter wprowadzający do tematyki rozprawy. Można przyjąć, że badania literaturowe zainspirowały Doktorantkę do zastosowania wysokiego ciśnienia hydrostatycznego – nietermicznej metody fizycznej do zwiększenia zawartości skrobi opornej w produktach skrobiowych. Podobnie, wnioski z publikacji 1 skłoniły Panią magister do przeprowadzania badań klinicznych, mających na celu ocenę wpływu produktu o zwiększonej zawartości RS na glikemię poposiłkową i indeks glikemiczny, jak również badań ankietowych, których celem była ocena spożycia skrobi opornej wśród badanej grupy dorosłych Polaków. W publikacji 2 Doktorantka opisała badania, które przeprowadziła na konkretnej grupie produktów skrobiowych, które zdaniem Pani magister zostały wyselekcjonowane na podstawie przeglądu badań w artykule 1. Ja nie za bardzo widzę tę inspirację w publikacji 1. Tak jak pisałem wcześniej chyba jednak lepszym rozwiązaniem byłoby wybranie produktów do badań laboratoryjnych i klinicznych na podstawie badań ankietowych. Prosiłbym Doktorantkę o odniesienie się do tej mojej wątpliwości. Najważniejszym wnioskiem z tej części badań jest to, że poddanie produktów działaniu wysokiego



ciśnienia, po którym następował etap chłodzenia prowadziło do zwiększenia zawartości skrobi odpornej. Wzrost zawartości RS Doktorantka słusznie zresztą przypisała procesowi retrogradacji skrobi. Realizacja tej części badań pozwoliła na potwierdzenie dwóch pierwszych hipotez badawczych. Badania wykonane w ramach zadania 1-4 pozwoliły stwierdzić, że proces ciśnieniowania, po którym zastosowano chłodzenie wywarł największy wpływ na zawartość skrobi odpornej w ciecierzycy. Dlatego w badaniach klinicznych realizowanych w ramach zadania 5 testom poddano handlowo dostępny makaron na bazie mąki z ciecierzycy. Planując eksperyment Doktorantka musiała zdawać sobie sprawę, że dokonuje tu pewnego uproszczenia, ponieważ badaniom z udziałem ludzi poddawany był wprawdzie makaron z ciecierzycy, ale do jego przygotowania do spożycia wykorzystano metodę termiczną, a przedmiotem badań opisanych w publikacji 2 była jednak ciecierzycza poddawana działaniu wysokiego ciśnienia. Ponieważ jednak jak wiadomo za samo zwiększenie zawartości skrobi RS nie odpowiada bezpośrednio samo kleikowanie skrobi, a zjawisko retrogradacji zachodzące w trakcie chłodzenia można uznać, że model zaproponowany przez Doktorantkę jest akceptowalny. Badania wykonane w ramach zadania 5 i opublikowane w pracy 3 pozwoliły potwierdzić trzecią hipotezę badawczą o obniżonej glikemii poposiłkowej i indeksie glikemicznym po spożyciu produktów ze zwiększoną zawartością skrobi odpornej, w tym przypadku ze zwiększoną zawartością skrobi RS typu 3. Odpowiedzią na moją wątpliwość przedstawioną powyżej były badania wykonane przez Doktorantkę w ramach zadania 3, których wyniki nie były dotychczas publikowane. Celem tego etapu było potwierdzenie tego, że proces gotowania w wodzie wybranych produktów skrobiowych, w tym ciecierzycy, a następnie chłodzenie produktu w temp. 4°C przez 24 h prowadzi do zwiększenia zawartości skrobi RS. Dodatkowo Doktorantka oznaczała zawartość RS w produkcie schłodzonym, a następnie ponownie ogrzewanym przez 15 min. w temp. 95°C. Także w tym przypadku zaobserwowano wzrost zawartości skrobi odpornej, najbardziej widoczny w przypadku nasion fasoli. Prosiłbym o próbę wyjaśnienia tego fenomenu. Ostatnią część rozprawy stanowi prezentacja wyników badań ankietowych, mających na celu dokonanie oceny spożycia RS w grupie dorosłych Polaków. Chociaż sam pomysł uważam za ciekawy, a uzyskane wyniki za wartościowe moim zdaniem umiejscowienie tego etapu planu badawczego na samym końcu jest bezcelowe. Jako osoba od niemal 30 lat zajmująca się produktami skrobiowymi, a w szczególności produktami skrobiowymi z ziemniaka nie mogę zgodzić się z konkluzją z badania, że istotnym źródłem skrobi odpornej w diecie są ziemniaki. Oczywiście jest, że konsumenci



nie spożywają ziemniaków surowych, tylko poddane procesom termicznym. Te prowadzą do zmniejszenia zawartości skrobi odpornej prawie do zera. Być może taki wniosek nasunął się po analizie danych literaturowych. Moim zdaniem przedstawione na Rysunku 12 maksymalne zawartości skrobi odpornej w ziemniakach poddanych różnym rodzajom obróbki termicznej są mocno zawyżone. Raczej oscylują one na poziomie wartości minimalnych. Gdyby zgodzić się z przedstawionymi danymi musielibyśmy promować wśród konsumentów ziemniaki smażone jako produkt wysokobłonnikowy. A chyba jednak zależy nam głównie na promowaniu nasion roślin strączkowych.

Kandydatka dokonała weryfikacji postawionych hipotez badawczych. Przeprowadzone prace eksperymentalne i uzyskane w wyniku ich realizacji wyniki pozwoliły na potwierdzenie większości postawionych na wstępie hipotez badawczych. Jak często bywa wyniki jednych badań nie były do końca skorelowane w z wynikami innych badań, zdarzało się, że wzajemnie się wykluczały. W związku z tym chciałbym zapytać Doktorantkę co uznaje za swoje największe osiągnięcie naukowe, a co za osiągnięcie aplikacyjne. Jakie badania należałoby wykonać, aby można było z całą stanowczością powiedzieć, że mamy do czynienia z rozwiązaniem innowacyjnym, bezpiecznym, funkcjonalnym, a jednocześnie atrakcyjnym dla konsumentów.

4. Ocena końcowa

Moja ocena rozprawy doktorskiej i całego dotychczasowego dorobku naukowego Pani mgr Adrianny Bojarczuk jest pozytywna. Rozprawa, pomimo moich pewnych wątpliwości co do celowości niektórych etapów i kolejności ich realizacji, stanowi dobrze zaplanowaną i zrealizowaną pracę badawczą, która wnosi wkład w dyscyplinę technologia żywności i żywienia, głównie w zakresie poszukiwania metod zwiększenia zawartości skrobi odpornej w produktach spożywczych oraz oceny ich wpływu na gospodarkę węglowodanową u ludzi. Cel główny oraz cele szczegółowe postawione w pracy zostały przez Doktorantkę zrealizowane. Uzyskane wyniki prac eksperymentalnych i badań klinicznych oraz wynikające z nich wnioski są nowatorskie i mają potencjał aplikacyjny do otrzymywania produktów o zwiększonej zawartości skrobi odpornej, a tym samym produktów wpisujących się w gamę produktów zaliczanych do żywności o szczególnej wartości odżywczej.



5. Wniosek

W mojej ocenie przedstawiona do recenzji praca doktorska odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim określonym w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.). W związku z powyższym wnoszę do Wysokiej Rady Naukowej Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie o dopuszczenie mgr Adrianny Bojarczuk do dalszych etapów postępowania doktorskiego.