

Prof. dr hab. inż. Lesław Juszcak  
Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności  
Wydział Technologii Żywności  
Uniwersytet Rolniczy im. H.Kołłątaja w Krakowie

**Recenzja rozprawy doktorskiej**

**Pani mgr inż. Marty Meisel**

**pt.: „Otrzymywanie skrobi odpornej poprzez prażenie skrobi ziemniaczanej z produktami jej hydrolizy”**

**zrealizowanej w dziedzinie nauk rolniczych,  
w dyscyplinie naukowej: Technologia żywności i żywienia,**

**Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu,**

**promotor: dr hab. inż. Małgorzata Kapelko-Żeberska, prof. UPWr,**

**promotor pomocniczy: dr inż. Radosław Spychaj**

Podstawą przygotowania recenzji było pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia z dnia 17.05.2023 r.

Skrobia jest powszechnie występującym w przyrodzie polisacharydem. Stanowi ona surowiec odnawialny i jest szeroko wykorzystywana w różnych gałęziach przemysłu, zarówno w postaci natywnej, jak i jako pochodne modyfikowane. W Polsce podstawowym surowcem do otrzymywania pochodnych skrobiowych jest skrobia ziemniaczana, dlatego wykorzystanie jej jako substratu w badaniach zrealizowanych przez Doktorantkę jest w pełni uzasadnione.

Skrobia oporna (RS) jest częścią skrobi i pochodnych skrobiowych, które są odporne na trawienie w przewodzie pokarmowym człowieka. Jest to niezwykle szeroka i zróżnicowana gama substancji stąd istnieje kilka różnych jej typów. Skrobie odporne są interesującymi składnikami/dodatkami do żywności nie tylko ze względu na potencjalne korzyści zdrowotne, ale również pożądane właściwości funkcjonalne. Skrobia oporna korzystnie wpływa na funkcjonowanie przewodu pokarmowego, florę bakteryjną oraz poziom cholesterolu i glukozy we krwi. W jelicie grubym człowieka działa jako substrat dla mikroflory fermentującej. Zwiększone spożycie skrobi RS przynosi korzyści fizjologiczne, w tym

zwiększenie uczucia sytości, skrócenie czasu pasażu jelitowego, zmniejszanie poposiłkowego poziomu glukozy i/lub insuliny we krwi, zmniejszenie stężenie cholesterolu całkowitego i/lub lipoprotein o niskiej gęstości we krwi oraz zwiększenie zdolności mikroflory okrężnicy do wytwarzania krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Ponadto preparaty skrobi RS wykazują również inne ważne cechy funkcjonalne, z których należy wymienić: zdolność pęcznienia i wiązania wody, teksturotwórczość, lepkość i zdolność do tworzenia żeli. Podkreślić należy, że wprowadzenie skrobi RS do żywności, w znacznie mniejszym stopniu wpływa na jej charakterystykę sensoryczną w porównaniu z zastosowaniem tradycyjnych źródeł błonnika. Potencjalne zastosowanie skrobi RS jako składnika żywności oraz jej działanie prozdrowotne w stosunku do organizmu człowieka, powodują, że tematyka ta jest wciąż aktualna, a poszukiwanie nowych metod otrzymywania, szczególnie nie wymagających typowych reagentów chemicznych, jest w pełni uzasadnione. Z tego też względu podjęcie przez Doktorantkę badań dotyczących otrzymywania skrobi RS na drodze modyfikacji fizycznych, obejmujących wymrażanie i prażenie, w obecności produktów hydrolizy skrobi, jest uzasadnione, a sam pomysł oryginalny. Tytuł pracy sformułowany przez Autorkę jest zwięzły i odpowiada treściom zawartym w dysertacji.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest prawidłowo przygotowanym pod względem naukowym i graficznym opracowaniem i ma układ typowy dla tego typu prac. Liczy 132 strony i podzielona jest na 5 zasadniczych rozdziałów. Pierwszy z nich stanowi streszczenie pracy w języku polskim oraz angielskim. Kolejne rozdziały to wstęp oraz założenia i cel naukowy badań. Następny rozdział to metodyka badań obejmująca opis materiału badanego, schematy doświadczeń, metodykę analiz oraz sposób obliczania i przedstawiania wyników. Kolejne rozdziały stanowią: omówienie i dyskusja wyników, wnioski, bibliografia, tabele i rysunki oraz ich spis. Praca zawiera 4 tabele i 87 rysunków.

Pierwszą część pracy stanowi streszczenie w języku polskim syntetycznie prezentujące cel i zakres badawczy, zastosowane metody oraz najważniejsze wnioski wynikające z przeprowadzonych badań. Jest ono również przetłumaczone na język angielski. Streszczenie jest przygotowane prawidłowo i pozwala na wstępne rozeznanie tematyki podjętej w pracy.

Liczący 21 stron rozdział „Wstęp” (rozdział 1) stanowi zwięzły przegląd literatury dotyczący budowy, struktury i właściwości skrobi, otrzymywania i żywieniowego znaczenia skrobi opornych oraz zróżnicowanych możliwości modyfikacji skrobi. Treść przeglądu literatury oparta jest zarówno na aktualnych jak i źródłowych danych literaturowych głównie zamieszczonych w indeksowanych czasopismach naukowych. Zakres przeglądu literatury jest merytorycznie uzasadniony i dobrze wprowadza w problematykę badawczą podjętą przez Doktorantkę. Opracowany przegląd literatury jest interesujący i pozwala czytelnikowi na pełną orientację w przedstawianej problematyce. Jego przygotowanie wskazuje na bardzo dobrą znajomość tematyki przez Autorkę. Stanowi on również dobre i wyczerpujące wprowadzenie do części eksperymentalnej pracy. Przegląd literatury jest również wzbogacony materiałem ilustracyjnym w postaci struktur oraz mikrofotografii ziaren skrobiowych. Jednak, w opinii recenzenta, Autorka dość skromnie potraktowała osiągnięcia naukowo-badawcze zespołu, w ramach którego zrealizowała swoje badania. Osiągnięcia te są znaczące, a pewnych obszarach nawet pionierskie, dlatego też stanowią doskonały punkt

wyjścia do prowadzenia dalszych badań nad otrzymywaniem i właściwościami skrobi opornych.

Lektura tej części dysertacji nasuwa kilka uwag szczegółowych:

- str. 6-7 – bardziej właściwą jest forma bezosobowa, czyli: wyróżnia się ..., zalicza się...;
- str. 7 – Autorka podając przykłady polisacharydów nieskrobiowych używa terminu „hydrokoloidy”, a termin ten obejmuje również substancje białkowe;
- str. 8 – użycie sformułowań typu: „Najnowsze badania ...wykazują ...”, „Badania wykazują ...” wymaga odwołań do literatury;
- str. 10 – sformułowania typu: „Skrobia oporna, jako nowy rodzaj dodatku do żywności ...” oraz „Skrobia oporna jest stosowana ...jako dodatek do żywności.” wymagają dodatkowego wyjaśnienia. Skrobia oporna będzie miała status dodatku do żywności tylko wtedy gdy będzie pochodną skrobi modyfikowanej chemicznie. W przeciwnym razie takie preparaty skrobi opornej będą składnikami żywności.
- str. 13 – błędne [0] odwołanie do literatury;

Ponadto w rozdziale tym można zidentyfikować drobne błędy stylistyczne np.: str. 22 – „Modyfikacje ...obejmują zmiany ...spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera.”

Kolejny rozdział stanowi „Założenia i cel pracy” (rozdział 2), w którym Doktorantka po krótkim wprowadzeniu dotyczącym znaczenia skrobi RS oraz trendów związanych z eliminacją skrobi modyfikowanych chemicznie z receptur produktów spożywczych, przedstawiła zwięzły i jasno sformułowany cel badań.

W następnym rozdziale zatytułowanym „Metodyka” (rozdział 3) Doktorantka przedstawiła opis materiałów (podrozdział 3.1) i metod modyfikacji (podrozdział 3.2) oraz metodyki zastosowane w badaniach (podrozdział 3.3). W tej części pracy Autorka wyspecyfikowała pochodzenie materiału badanego oraz opisała i graficznie zilustrowała schematy doświadczeń, które obejmowały wytworzenie skrobi retrogradowanej oraz otrzymywanie preparatów skrobi naturalnej lub retrogradowanej poprzez prażenie z hydrolizatami. Ze względu na znaczną liczbę przygotowanych preparatów załączone schematy stanowią cenne uzupełnienie opisu i znacznie ułatwiają identyfikację zróżnicowanych prób do badań. W specyfikacji materiału badanego Autorka podała jedynie handlowe określenia słowne charakteryzujące stopień scukrzenia maltodekstryn, chociaż właściwym byłoby podanie wartości równoważników glukozowych (DE). Lektura schematu pokazanego na Rys. 5 nasuwa tutaj pewne pytanie: dlaczego do prażenia surowca zastosowano temperaturę 150°C? Ponadto na stronie 32 Autorka wskazała, że glukoza jest hydrolizatem najefektywniej reagującym ze skrobią. Nasuwa się więc pytanie: na czym taka reakcja miałaby polegać? jaki mógłby być jej mechanizm?

Kolejny podrozdział (3.3) tej części pracy stanowi szczegółowy opis zastosowanych metod badawczych. Oprócz standardowych oznaczeń stosowanych w charakterystyce skrobi i jej preparatów modyfikowanych, w tym skaningowej kalorymetrii różnicowej oraz reometrii, Doktorantka wykorzystwała metody stosowane w analizach strukturalnych, obejmujące nuklearny rezonans magnetyczny oraz dyfrakcję promieniowania X. Autorka oznaczyła również oporność otrzymanych preparatów skrobiowych na działanie amyloglukozydazy wykorzystując metodę spektrofotometryczną. Podkreślić należy tutaj szerokie spektrum zastosowanych metod analitycznych, które wymagają określonej wiedzy

teoretycznej i umiejętności praktycznych. Uzyskane podczas badań wyniki zostały poddane analizie statystycznej obejmującej m.in. regresję liniową i nieliniową, a także analizę wariancji oraz test Duncana, pozwalające na ocenę istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi (podrozdział 3.4).

Lektura tej części pracy nasuwa również kilka uwag i pytań:

- str. 35, 40 – warunki wirowania powinno się opisywać siłą odśrodkową, a nie liczbą obrotów na minutę;
- str. 37 – zamiast używanego przez Autorkę sformułowania „ciepło przemiany”, powinien być używany termin „entalpia przemiany”;
- str. 37-38 – błędne symbole w równaniach;
- str.38-39 – dla pomiarów barwy brakuje podanego rodzaju iluminantu oraz geometrii pomiarowej;
- str. 40 – krzywa wzorcowa powinna zawierać poszczególne punkty pomiarowe, linię trendu, równanie oraz współczynnik determinacji  $R^2$ ;
- str. 41 – dlaczego badania strukturalne ( $^1\text{H NMR}$  i XRD) wykonano jedynie dla wybranych preparatów? jakie były kryteria tego wyboru?

Kolejna część pracy to omówienie i dyskusja wyników (rozdział 4). Szkoda że rozdział ten nie jest podzielony na kilka podrozdziałów i nie zawiera wyników, które zestawiono na końcu pracy, co utrudnia ich szczegółową analizę w trakcie czytania tekstu. Autorka w tym rozdziale omówiła i przedyskutowała wyniki oznaczeń uzyskane dla preparatów otrzymanych na bazie skrobi naturalnej i retrogradowanej na drodze prażenia z hydrolizatami skrobiowymi. Wyniki są przedstawione w sposób logiczny i uporządkowany. Są one odpowiednio ocenione statystycznie i właściwie przedyskutowane wraz z odwołaniami do danych literaturowych.

Wynikiem lektury tej części pracy jest również kilka spostrzeżeń:

- str. 43 – DSC nie jest techniką, która mierzy zmiany energii w materiale, urządzenie to mierzy różnicę temperatur pomiędzy próbką właściwą i próbką odniesienia i ilość ciepła, która należy dostarczyć, aby tą różnicę skompensować;
- str. 44 – czy w przypadku skrobi retrogradowanej można mówić o zjawisku kleikowania, skoro taka skrobia została już wcześniej skleikowana?
- str. 45 – Autorka wymiennie używa określeń skali barwnej jako Hunter L a b oraz CIE  $L^*a^*b^*$ , chociaż są to różne skale, szkoda, że w badaniach własnych na podstawie parametrów  $L^*a^*b^*$  autorka nie wyznaczyła indeksów bieli (*Whiteness index*) oraz żółtości (*Yellowness index*), które w tym przypadku dobrze pokazywałyby kierunek zmian w barwie otrzymywanych preparatów;
- str. 45 i dalej – zamiast: funkcją potęgową, powinno być: wielomianem drugiego stopnia;
- str. 49 – nieprawidłowe sformułowanie: „maltodekstryna wysokoscukrzona posiada w swojej budowie największy procentowy udział glukozy”;
- str. 55, rys. 21 i 22 – z zależności pokazanych na rysunkach 21 i 22 wynika, że w pewnych zakresach czasu prażenia współczynnik konsystencji będzie przyjmował wartości ujemne, co jest sprzeczne z eksperymentem, gdyż K odzwierciedlające lepkość układu nie może być liczbą ujemną;
- str. 56 – jeżeli wyniki lepkości korelują z wodochłonnością to współczynnik korelacji powinien być podany;

- str. 56 – ponieważ nie podano wartości współczynników determinacji to trudno ocenić, że zastosowany model matematyczny dobrze opisywał dane eksperymentalne;
- str. 58 i dalej – parametr  $\Delta E$  jest całkowitą różnicą barw i wskazuje na to czy różnica w barwie jest dostrzegalna, nie wskazuje natomiast na kierunek zmiany barwy, więc używanie sformułowania „współczynnik pociemnienia” nie jest zasadne. Natomiast celowe byłoby wyznaczenie indeksów bieli i żółtości.

Również w rozdziale tym można zidentyfikować drobne błędy stylistyczne np.: str. 63, 65, 73 – „Poprzednie badania przeprowadzone w niniejszej pracy ....”

Całość pracy zamyka sześć syntetycznie sformułowanych wniosków (rozdział 5), które wynikają z przeprowadzonych badań i otrzymanych danych. Sformułowane przez Doktorantkę wnioski dobrze odzwierciedlają uzyskane wyniki, ich interpretację i dyskusję. Zawierają one również istotne wskazówki o charakterze aplikacyjnym.

Kolejną częścią pracy to bibliografia. W wykazie wykorzystanej literatury Autorka rozprawy zamieściła 167 pozycji literaturowych, obejmujących publikacje źródłowe oraz najnowsze prace, opublikowane w czasopiśmie o wysokiej randze naukowej. Świadczy to o obszernej wiedzy Doktorantki oraz jej skrupulatnym przygotowaniu do realizacji zaplanowanych działań. Poza drobnymi brakami danych w niektórych pozycjach pragnę zwrócić uwagę, że poprawna nazwa jednego z czasopism to: „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość”.

Następną część pracy stanowią tabele i wykresy przedstawiające uzyskane wyniki. W opinii recenzenta szkoda, że Autorka części wyników np. parametrów równań reologicznych oraz wartości  $R^2$  nie zamieściła jednak w tabelach, gdyż poprawiłoby to dostępność i czytelność takich danych.

Analiza tej części pracy nasuwa również kilka uwag:

- Tab. 3 – dane w poszczególnych kolumnach powinny być podawane z taką samą dokładnością;
- Rys. 11-22 – czy przerywane linie wskazują na przedziały ufności?
- Rys. 21-22 – sugerują ujemne wartości współczynników konsystencji,
- Rys. 27-32 – kształt niektórych krzywych płynięcia wskazuje na występowanie zjawiska zagęszczania ścinaniem, czy rzeczywiście zostało to zaobserwowane? czy zdarzały się przypadki  $n > 1$ ?

Wszystkie zawarte w recenzji uwagi nie umniejszają ogólnej wartości pracy, a całość lektury pozwala na pozytywną ocenę założeń rozprawy, jej wartości merytorycznej, opracowania, zaprezentowania i dyskusji wyników oraz wyciągniętych wniosków.

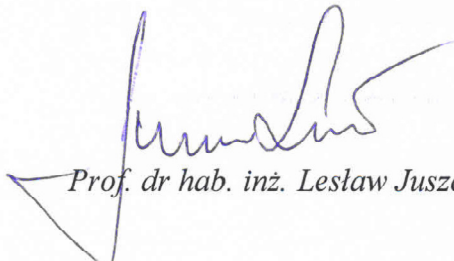
### **Podsumowanie**

Praca doktorska Pani mgr inż. Marty Meisel jest interesującą, wartościową rozprawą naukową dotyczącą możliwości wykorzystania procesu prażenia skrobi z jej hydrolizatami do otrzymywania preparatów skrobi odpornej. Wyniki badań zaprezentowane w pracy uzyskano z wykorzystaniem odpowiednio dobranych nowoczesnych metod analitycznych. Wyniki te zostały poddane wnikliwej analizie oraz szczegółowej dyskusji. Opracowana przez

Doktorantkę technologia otrzymywania skrobi RS może znaleźć również zastosowanie w praktyce. Przygotowanie przez Autorkę rozprawy świadczy o jej naukowej dojrzałości, praktycznej znajomości metod badawczych, w tym zaawansowanych metod analiz strukturalnych, oraz obszernej wiedzy teoretycznej związanej z podjętym zagadnieniem.

Uważam zatem, że rozprawa Pani mgr inż. Marty Meisel spełnia wszystkie warunki określone w art. 187 ust. 1-4, ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668 ze zm.) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia o dopuszczenie jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Kraków, 19 lipiec 2023 r.



*Prof. dr hab. inż. Lesław Juszczyk*