

Lublin, 12.06.2023

Dr hab. inż. Justyna Cybulska, prof. IA PAN
Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego Polskiej Akademii Nauk
Ul. Doświadczalna 4
20-290 Lublin
e-mail: j.cybulska@ipan.lublin.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Pancerza pt. “Próba wykorzystania pektyn z rodzimych odmian porzeczek do produkcji żelowych kapsulek w procesie ciągłym”

Uzasadnienie wykonania recenzji

Recenzja została wykonana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny technologia żywności i żywienia Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie dr. hab. inż. Marcina Łukasiewicza, prof. URK, nr DTŻ 520.21.215.2023 z dnia 24 kwietnia 2023 r. w sprawie wyboru na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Pancerza pt. „Próba wykorzystania pektyn z rodzimych odmian porzeczek do produkcji żelowych kapsulek w procesie ciągłym” oraz uchwały Nr 29/2023 Rady Dyscypliny technologia żywności i żywienia Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie z dnia 12 kwietnia 2023 roku w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej pana mgr. inż. Michała Pancerza.

Ocena formalna rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska została przygotowana pod kierunkiem promotora dr. hab. inż. Anny Ptaszek, prof. URK, we współpracy z promotorem pomocniczym dr. inż. Joanną Kruk. Stanowi cykl trzech publikacji naukowych:

Publikacja 1. Pancerz M., Kruk J., Łukasiewicz M., Witek M., Kucharek M., Jaschik J., Ptaszek A. (2021). Red currant pectin: The physicochemical characteristic of pectin solutions in dilute and semi dilute regimes. *Food Hydrocolloids*, 113, 106420. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106420>.

Publikacja 2. Pancerz M., Kruk J., Witek M., Ptaszek A. (2022). The effect of biopolymer-water interaction on relaxation phenomena in blackcurrant pectin solutions, *Food Chemistry*, 383, 132600. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132600>.

Publikacja 3. Pancerz M., Kruk J., Ptaszek A. (2022). The Effect of Pectin Branching on the Textural and Swelling Properties of Gel Beads Obtained during Continuous External Gelation Process. *Applied Sciences* 12 (14), 7171. <https://doi.org/10.3390/app12147171>.

Wszystkie publikacje wchodzące w skład rozprawy doktorskiej są pracami eksperymentalnymi, które zostały opublikowane w czasopismach naukowych znajdujących się w aktualnym wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych Ministra Edukacji i Nauki.

Struktura rozprawy doktorskiej jest poprawna i typowa dla tego typu prac naukowych. Pracę doktorską stanowi 74-stronnicowy manuskrypt zawierający wszystkie wymagane części: streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz prac naukowych wchodzących w skład cyklu, rozdział stanowiący analizę aktualnej literatury w tematyce rozprawy, hipotezy badawcze i cel pracy, opis materiałów i metod, streszczenie wyników opisanych w artykułach, wyodrębnioną część przedstawiającą wnioski ogólne i wnioski szczegółowe, bibliografię oraz kopie publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej wraz z oświadczeniami współautorów publikacji dotyczących udziału kandydata i współautorów. Autor rozprawy nie zawarł w niej jednak materiałów uzupełniających, które są integralną częścią Publikacji 2. Właściwa część rozprawy zawiera się w 35 stronach, pozostałą część stanowi bibliografia oraz kopie opublikowanych artykułów naukowych.

Mgr inż. Michał Pancierz jest pierwszym autorem wszystkich prac naukowych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej. Z oświadczeń współautorów wynika ponadto, że wkład doktoranta w uzyskanie wyników przeprowadzonych badań naukowych, ich analizę i przygotowanie publikacji był dominujący.

Ocena podjętej tematyki badawczej

Pektyny stanowią bardzo interesujący obiekt badań naukowych z uwagi na ich właściwości, złożoną strukturę chemiczną i możliwość licznych modyfikacji dzięki obecności wielu grup funkcyjnych. Ich zdolność do żelowania warunkowana ilością zestryfikowanych grup karboksylowych kwasu poligalakturonowego pozwala na szerokie wykorzystanie w wielu gałęziach przemysłu, przede wszystkim spożywczego. Pektyny są pozyskiwane na skalę przemysłową z owoców cytrusowych i jabłek, natomiast, jak pokazano w rozprawie doktorskiej, inne owoce mogą być także doskonałym źródłem tych cennych hydrokoloidów. Związki pektynowe, będące alternatywą dla zagęstników pochodzących z roślin egzotycznych, mają duży potencjał implementacji w nowoczesnych technologiach, takich jak enkapsulacja. Warty podkreślenia jest to, że dla pektyn Europejski Urząd do spraw Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) opublikował oświadczenia zdrowotne, co jest jednoznacznym argumentem za poszukiwaniem nowych obszarów wykorzystania tych biopolimerów jako składnika codziennej diety. Wykorzystanie pektyn ekstrahowanych z porzeczek do procesu enkapsulacji jest uzasadnione również ze względów ekonomicznych, ponieważ pokazuje nowe możliwości wykorzystania tych owoców, charakteryzujących się zmienną podażą na krajowym rynku uzależnioną od warunków pogodowych. Opracowanie nowego sposobu enkapsulacji metodą żelowania jonotropowego prowadzonego w sposób ciągły stanowi oryginalną odpowiedź na problem zastosowania tego procesu na skalę przemysłową. Podjętą w rozprawie doktorskiej tematykę badawczą uważam za niezwykle aktualną w świetle wyzwań naukowych, jak i od strony aplikacyjnej.

Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Praca doktorska dotyczy wykorzystania pektyn pozyskanych z alternatywnego źródła – czarnych

i czerwonych porzeczek, do produkcji kapsułek żelowych prowadzanej w sposób ciągły. Związki pektynowe zostały scharakteryzowane pod kątem składu chemicznego, struktury molekularnej, oddziaływań międzycząsteczkowych w roztworach wodnych, właściwości teksturalnych oraz możliwości ich zastosowania w procesie żelowania jonotropowego. Rozprawa doktorska obejmuje również technologiczne prace nad opracowaniem urządzenia pozwalającego na wytwarzanie kapsułek żelowych w sposób ciągły, co stanowi szczególnie innowacyjne osiągnięcie.

W rozdziale stanowiącym część wstępną przedstawiono charakterystykę związków pektynowych, ich budowę molekularną oraz warunkowane przez nią mechanizmy tworzenia żeli. Wskazano zastosowania przemysłowe pektyn i omówiono surowce wykorzystywane do ich pozyskiwania. Przedstawiono również wyniki najnowszych badań naukowych nad wykorzystaniem innych materiałów roślinnych niż tradycyjnie stosowane owoce do otrzymywania pektyn. Z uwagi na to, że materiałem badawczym w pracy doktorskiej są porzeczki, zamieszczono również ich charakterystykę pod kątem wartości odżywczych, aktualną sytuację rynkową produkcji porzeczek i ich wykorzystania w przemyśle spożywczym. Rozdział kończy zarys procesu żelowania jonotropowego i możliwości jego stosowania w przemyśle ze wskazaniem trudności związanych z dotychczas stosowanym okresowym sposobem prowadzenia tego procesu. Bibliografia liczy 41 pozycji, a w publikacjach naukowych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej cytowano łącznie 122 prace, głównie z ostatnich kilkunastu lat. Dobór literatury oceniam bardzo wysoko, cytowane prace ściśle wiążą się z tematyką pracy doktorskiej i reprezentują najważniejsze osiągnięcia naukowe w obszarze badań nad pektynami ostatnich lat.

W rozdziale drugim pracy doktorskiej przedstawiono hipotezy badawcze oraz cel pracy sformułowane na podstawie przeglądu literatury. Cele naukowe i technologiczne pracy zostały jasno sformułowane. Jako nadrzędny cel pracy podjęto opracowanie metodyki wytwarzania kapsułek żelowych w procesie ciągłym. Do tego zadania zastosowano pektyny pozyskane z rodzimych odmian porzeczek. Wskazano, że istnieje luka w wiedzy odnośnie możliwości zastosowania pektyn pozyskiwanych z porzeczek do procesu enkapsulacji. Charakterystyka właściwości fizykochemicznych pektyn ekstrahowanych z porzeczek w roztworach wodnych w szerokim zakresie stężeń została wybrana jako naukowy cel pracy. Pokreślono, że w tych badaniach po raz pierwszy wykorzystane zostaną metody osmometrii membranowej oraz magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), co świadczy o oryginalności podjętych badań.

Rozdział trzeci stanowi omówienie zastosowanej metodyki badawczej. Przedstawiono materiał badawczy, który stanowiły owoce czarnych i czerwonych porzeczek oraz materiał porównawczy – komercyjnie dostępną pektynę jabłkową. Opisano sposób ekstrakcji zastosowanej do pozyskania pektyn. Scharakteryzowano sposób oznaczania mas cząsteczkowych, składu chemicznego, rejestracji widm FT-IR. Opisano metodę osmometrii membranowej zastosowaną do opisu oddziaływań pomiędzy biopolimerami oraz rozpuszczalnikiem, zastosowanie metody dynamicznego rozpraszania światła do wyznaczenia promienia hydrodynamicznego molekuł, wyznaczanie właściwości reologicznych, w tym stężenia krytycznego.

Przedstawiono również metodę relaksometrii NMR, która w pracy została wykorzystana do analizy interakcji pomiędzy wodą i cząsteczkami pektyn. Rozdział metodyczny kończy część technologiczna dotycząca przygotowania kapsułek żelowych z wykorzystaniem oryginalnego rozwiązania konstrukcyjnego umożliwiającego prowadzenie procesu ciągłego. Opisano także sposób charakterystyki otrzymanych kapsułek poprzez określenie ich wodochłonności i tekstury, a także wykorzystane w rozprawie metody analizy statystycznej. Dobór metod badawczych jest właściwy, pozwoliły one na bardzo szeroką charakterystykę materiału badawczego pod kątem właściwości fizykochemicznych. Warto podkreślić, że do analizy danych dobrano adekwatne metody statystyczne, które pozwoliły na poprawną interpretację uzyskanych wyników badań. Szczególnie wartościowe jest zastosowanie osmometrii membranowej oraz relaksometrii NMR do analizy interakcji pomiędzy biopolimerami oraz rozpuszczalnikiem i konformacji pektyn.

Rozdział czwarty obejmuje streszczenie wyników badań, które zostały szczegółowo opisane w artykułach naukowych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej.

W podrozdziale 4.1 przedstawione zostały wyniki badań nad fizykochemiczną charakterystyką pektyn ekstrahowanych z czerwonych porzeczek w rozcieńczonych rozworach wodnych. Przedstawiono zawartość monosacharydów i kwasu galakturonowego w pektynach i określoną na ich podstawie liniowość i stopień rozgałęzienia łańcuchów tych biopolimerów. Określono również masy cząsteczkowe pektyny pozyskanej z czerwonej porzeczek oraz pektyny jabłkowej, która stanowiła próbkę porównawczą. Na podstawie pomiarów lekkości wyznaczono stężenie krytyczne determinujące przewagę oddziaływań międzycząsteczkowych nad wewnątrzcząsteczkowymi. Wykazano za pomocą zastosowanych metod koligatywnych, że w rozcieńczonych roztworach cząsteczki pektyn wykazywały słabe powinowactwo do wody i silne oddziaływania międzycząsteczkowe. Poprzez wyznaczenie lepkości zredukowanej pokazano, że molekuly pektyn ekstrahowanych z czerwonych porzeczek o charakterze linowym przyjmują konformację zwiniętego kłębaka. Wyznaczono również stężenie, w którym rozpoczyna się proces żelowania, potwierdzone dodatkowo metodą dynamicznego rozpraszania światła. Stwierdzono, że właściwości pektyn ekstrahowanych z czerwonej porzeczek znacznie różnią się od właściwości pektyn jabłkowych i udowodniono, że ta pektyna może być wykorzystana jako czynnik strukturotwórczy oraz do produkcji kapsułek żelowych. Podrozdział 4.2 dotyczy charakterystyki interakcji pomiędzy makromolekułami pektyn i cząsteczkami wody. Materiałem badawczym w tej części była pektyna z czarnej porzeczek, której struktura chemiczna została scharakteryzowana w analogiczny sposób jak w przypadku pektyny z czerwonej porzeczek. Stężenie krytyczne tego biopolimeru okazało się znacznie niższe w porównaniu z pektyną z czerwonej porzeczek i pektyną jabłkową, co zostało wytłumaczone różnicami w masie cząsteczkowej, liniowości i stopniu rozgałęzienia makromolekuł. Podrozdział 4.3 stanowi technologiczne podejście do procesu żelowania jonotropowego z wykorzystaniem pektyn porzeczkowych. W tej części opisano założenia konstrukcyjne nowego urządzenia pozwalającego na prowadzenie procesu wytwarzania kapsułek w sposób ciągły. Wykazano, że nowa metoda pozwala na otrzymanie kapsułek o wymiarach porównywalnych z kapsułkami otrzymanymi klasyczną metodą ich

wytwarzania. Właściwości kapsułek były powiązane bezpośrednio z właściwościami surowców użytych do ich produkcji, czyli pektyn z porzeczek. Zgodnie z przewidywaniami, najmniej stabilne były kapsułki otrzymane z pektyn z czarnych porzeczek. Wyniki przeprowadzonych badań zostały starannie przedstawione w formie graficznej, na rysunkach zamieszczono poprawnie jednostki i opisy, zaznaczono błędy statystyczne oraz podkreślono charakterystyczne punkty, zastosowano kolorystykę pozwalającą na rozróżnienie próbek. Analiza wyników została przedyskutowana w kontekście najnowszej literatury przedmiotu. Autor obiektywnie i krytycznie odniósł się do uzyskanych przez siebie wyników i dokonał ich rzetelnej interpretacji.

W rozdziale piątym przedstawiono krótkie podsumowanie przeprowadzonych badań naukowych oraz wyciągnięte na ich podstawie jasno sformułowane wnioski. Podkreślono, że wszystkie postawione cele, zarówno naukowe, jak i technologiczne, zostały zrealizowane. Wnioski ogólne stanowią bezpośrednią odpowiedź na postawione hipotezy badawcze. Autor potwierdził słuszność postawionej hipotezy, że właściwości pektyn pozyskanych z czarnych i czerwonych porzeczek różnią się od pektyny jabłkowej, a także różnią się między sobą. Właściwości pektyn porzeczkowych pozwalają na ich zastosowanie jako czynnik strukturotwórczy oraz do produkcji kapsułek żelowych. Potwierdził też hipotezę, że produkcja kapsułek żelowych może być prowadzona w procesie ciągłym. Wnioski szczegółowe wymagają natomiast skorygowania, prezentują bowiem w znacznej części główne wyniki badań, które w mojej opinii powinny znaleźć się w podsumowaniu, nie mają bowiem charakteru konkluzji sformułowanych na podstawie uzyskanych i przedyskutowanych wyników.

Najważniejsze osiągnięcia

Połączenie zaawansowanych badań o charakterze podstawowym z pracami technologicznymi stanowi największą wartość pracy doktorskiej. Doktorant przy zastosowaniu najnowszych metod badawczych opisał i zinterpretował procesy makromolekularne zachodzące w wodnych roztworach pektyn wyekstrahowanych z czarnych i czerwonych porzeczek. Poprzez wyznaczenie lepkości zredukowanej oraz promienia ciernego cząsteczki pektyny z czerwonej porzeczki wyjaśnił przyczyny jej ograniczonej rozpuszczalności w wodzie spowodowane zmianą konformacji. Cennym dokonaniem jest również wykazanie, że specyficzna budowa cząsteczek pektyn z czarnych porzeczek decyduje o ich zdolności do żelowania oraz charakterze otrzymanego żelu. Wyniki te jednoznacznie korespondują ze zdolnością do tworzenia kapsułek żelowych i ich trwałością. Kolejnym znaczącym osiągnięciem jest zaprojektowanie innowacyjnego rozwiązania konstrukcyjnego do wytwarzania kapsułek żelowych w procesie ciągłym, które po przeskalowaniu ma szansę na wykorzystanie w różnych gałęziach przemysłu.

Uwagi i komentarze

Rozprawa doktorska mgr. inż. Michała Panczerza jest starannie wykonaną, dobrze zaplanowaną i tematycznie spójną pracą naukową, w której zastosowano zaawansowane metody badawcze oraz rozbudowaną analizę uzyskanych wyników. Dzięki dogłębnej dyskusji rezultatów badań z danymi literaturowymi mgr inż. Michał Pancierz zaproponował bardzo interesującą interpretację zjawisk zachodzących

podczas żelowania związków pektynowych ekstrahowanych z porzeczek. Pracę doktorską oceniam bardzo wysoko, jednak w czasie jej lektury nasunęły się pewne uwagi do dyskusji podczas publicznej obrony.

W rozprawie doktorskiej stosowane są określenia „homogalakturonan” oraz „ramnogalakturonan” dla podstawowych form związków pektynowych. Prawidłowymi nazwami dla tych komponentów są jednak „homogalakturonian” oraz „ramnogalakturonian”, analogicznie jak jest to stosowane dla galakturonianów – reszt kwasu galakturonowego.

Autor rozprawy doktorskiej użył również nieprawidłowej nazwy dla modelu sieciowania pektyn o niskim stopniu metylacji. W rozprawie stosowane jest określenie „*egg in box*”, podczas gry prawidłowa nazwa dla modelu zaproponowanego przez Granta i in. (1973) brzmi „*egg-box*”. Dodatkowo, przy opisie mechanizmu sieciowania pektyn warto jest dodać cytowanie artykułu źródłowego.

Chciałabym również zwrócić uwagę na określenie „stopień metylowania”, które w polskojęzycznej literaturze jest stosowane w formie „stopień metylacji”, podobnie jak stosuje się pojęcie estryfikacji.

Część wprowadzająca zawiera informację, że porzeczki zawierają stosunkowo wysokie stężenie pektyny. W celu uzasadnienia wyboru materiału badawczego pomocne byłoby zmieszczenie również informacji o średniej zawartości pektyn w porzeczkach na tle innych owoców, z których przemysłowo pozyskiwane są pektyny.

Charakteryzując proces żelowania jonotropowego podano informację, że prowadzi on do uzyskania żeli o wybranym kształcie, jednak stosunkowo dużym rozmiarze. Proszę o wyjaśnienie podczas publicznej obrony, do jakich parametrów odnosi się wspomniany duży rozmiar. Podobnie należy wyjaśnić zastosowane określenie „zwartych żeli o niewielkich rozmiarach” w części charakteryzującej żelowanie jonotropowe w przypadku wkraplania roztworu polimeru do roztworu jonów dwuwartościowych. Warto również doprecyzować, jakiego rodzaju jony dwuwartościowe mogą być stosowane w tym procesie.

W opisie zastosowania żelowania jonotropowego w przemyśle spożywczym nie podano adekwatnych referencji.

Hipoteza badawcza dotycząca technologicznego celu pracy - opracowania rozwiązania konstrukcyjnego do prowadzenia procesu ciągłego kapsułkowania, jest zbyt rozbudowana. Hipoteza powinna być konkretna i precyzyjna, nie powinna zawierać określeń oceniających, takich jak zastosowane określenia „odpowiedni”, „nieskomplikowany”.

Materiał badawczy nie został wystarczająco scharakteryzowany pod kątem stanu dojrzałości. Z uwagi na to, że pektyny w okresie okołozbiorczym podlegają dynamicznym zmianom wywołanym przez reakcje enzymatyczne, okres od zbioru do umieszczenia w kontrolowanych warunkach przechowywania jest niezmiernie istotny. Degradacja enzymatyczna, która intensywnie przebiega dla owoców poddanych działaniu temperatury bliskiej optymalnej dla pektynaz (dla pektynometyloesterazy około 30°C), ma znaczący wpływ na właściwości reologiczne poprzez możliwość zmiany stopnia metylacji, odłączenia łańcuchów bocznych i skrócenia samego szkieletu pektyny. W Publikacji 1 podano, że materiał był zbierany w stanie dojrzałości

zbiorczej, ale w Publikacji 2 i Publikacji 3 takich informacji nie zawarto.

W opisie ekstrakcji należy podać wartość lub zakres pH porzeczek, zapis „wysoka kwasowość” nie jest wystraszająco precyzyjny. Proszę również o podanie sposobu filtracji wraz z informacją o wielkości porów filtra. Dlaczego jako czynnik strącający użyto acetonu, a nie znacznie mniej toksycznego alkoholu etylowego? Czy suszenie w suszarce laboratoryjnej pozwoliło na uzyskanie proszku o granulacji umożliwiającej pobranie próbek odpowiedniej wielkości dla wszystkich metod analitycznych?

Do oznaczenia rozkładu mas cząsteczkowych stosowano kalibrację chromatografu za pomocą pullulanu. Proszę o podanie zakresu wielkości cząstek zastosowanych standardów pullulanu.

Opis metodyki wykorzystanej do scharakteryzowania budowy łańcucha polisacharydu wymaga uzupełnienia o dane literaturowe, w szczególności dla sposobu wyznaczania charakterystycznych wielkości. Należy też skorygować opis wartości R_3 , która powinna się odnosić do ramnogalakturonianu typu I, nie zaś ogólnie do ramnogalakturonianu, który składa się z dwóch typów tego polisacharydu. W Publikacji 2 Autor podał referencje, z których zaczerpnął metodę wyznaczania liniowości łańcucha, proszę o wyjaśnienie dokonanej modyfikacji metody Houbena i in. (2011) polegającej na pominięciu udziału fukozy oraz ksylozy.

Metodyka FT-IR-ATR wymaga uzupełnienia o charakterystykę standardu – komercyjnej pektyny jabłkowej. Informacja dotycząca struktury chemicznej pektyny komercyjnej może być również pomocna w interpretacji różnic pomiędzy przyjętym standardem, a wyekstrahowanymi pektynami porzeczkowymi. Z Publikacji 2 wynika, że stosowano pektynę cytrusową, której widmo zamieszczono w materiałach uzupełniających, natomiast w Publikacji 3 jest mowa o pektynie jabłkowej. Należy wyjaśnić te rozbieżności. Podano, że producentem pektyny jabłkowej, którą stosowano jako materiał porównawczy w badaniach opisanych w Publikacji 3 jest Pektowin Jasło, co należy wyjaśnić biorąc pod uwagę, że przedsiębiorstwo to zaprzestało produkcji pektyn w 2012 roku, a obecnie wznowiło produkcję jako część międzynarodowego koncernu.

Dla osmotycznego równania stanu należy podać objaśnienia poszczególnych parametrów.

Proszę o wyjaśnienie podczas publicznej obrony rozbieżności w równaniach funkcji Kohlrausch-Williams-Wattsa zamieszczonych w rozprawie doktorskiej oraz w Publikacji 2.

Czym podyktowany był dobór stężeń pektyn w zakresach $0,01-0,06 \text{ g}\cdot\text{dl}^{-1}$, $0,1-0,5 \text{ g}\cdot\text{dl}^{-1}$ oraz $0,9-1,7 \text{ g}\cdot\text{dl}^{-1}$? W analizowanym całym zakresie stężeń pektyn od $0,01$ do $1,7 \text{ g}\cdot\text{dl}^{-1}$ występują zakresy, w których nie oznaczano lepkości. Z jakich założeń wynika zastosowane podejście?

Należy podać referencje literaturowe do opisu metody wyznaczania stężenia krytycznego oraz analizy procesu relaksacji.

Proszę o informację podczas publicznej obrony, dlaczego wybrano węglan wapnia jako czynnik sieciujący, a nie chlorek wapnia, który cechuje się znacznie lepszą rozpuszczalnością w wodzie?

Proszę o przedyskutowanie podczas publicznej obrony zawartości kwasu galakturonowego w wyekstrahowanych pektynach. Według Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia

i Rolnictwa (FAO) oraz wytycznych europejskich (Commission Regulation (EU) No 231/2012) pektyna powinna zawierać nie mniej niż 65 % kwasu galakturonowego.

W podrozdziale 4.2 omyłkowo zapisano, że masa molowa pektyny z czerwonej porzeczki wynosiła $115,78 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$, podczas gdy informacja ta dotyczy pektyny wyekstrahowanej z czarnej porzeczki. W tej części rozprawy doktorskiej Autor odnosi się ogólnie do preparatów stosowanych komercyjnie, natomiast powinno być zapisane, że chodzi o jeden preparat – pektynę cytrusową, której charakterystyka również powinna być podana. W materiałach uzupełniających Publikacji 2 zamieszczono widmo FT-IR pektyny cytrusowej, jednak nie podano parametrów charakteryzujących ten preparat. Preparatów pektynowych dostępnych komercyjnie jest wiele, różnią się one w zależności od źródła, technologii produkcji oraz stopni estryfikacji i amidacji, nie można w tym przypadku stosować uogólnienia. Autor rozprawy podkreślił, że masa molowa pektyny z czarnej porzeczki była niespotykana mała. Nasuwa się zatem pytanie, jakie czynniki mogły wpłynąć na uzyskanie tak niskiej masy molowej w porównaniu do danych literaturowych? W tym podrozdziale nieprawidłowo zapisano, że pektyna jest tworzona przez monosacharydy wraz z kwasem glukuronowym, a powinien to być kwas galakturonowy.

Proszę o wyjaśnienie, w jaki sposób określono skład chemiczny pektyny z czarnej i czerwonej porzeczki. Zawartość kwasu galakturonowego i monosacharydów podano w procentach, których suma wynosi 100. Oznacza to, że uzyskano pektynę o doskonałej czystości, bez zawartości wody i innych związków. Natomiast nawet w komercyjnych preparatach pektynowych zawartość wody wynosi kilka procent, ponieważ pektyny są materiałem higroskopijnym.

W podrozdziale 4.3 należy doprecyzować, czy podany wymiar dotyczy średnicy, czy innego wymiaru kapsułek.

Proszę o przedyskutowanie stabilności kapsułek pektynowych w kontekście ich struktury. Czy omawiana w rozprawie delikatna struktura może być spowodowana brakiem sieciowania spowodowanym wysokim stopniem metylacji pektyn z czarnych i czerwonych porzeczek? W obu przypadkach stopień estryfikacji był wyższy od 50%, dla porzeczki czarnej wynosił 67,4% , a dla czerwonej 57,1%. Dla pektyn o wysokim stopniu metylacji właściwym mechanizmem żelowania nie będzie zatem model *egg-box*, lecz tworzenie wiązań wodorowych między niezdysonowanymi grupami hydroksylowymi przy zachowaniu niskiego pH zapewniającego mniejsze odpychanie molekuł oraz obecności minimum 55% sacharydów sprzyjającej dehydratacji pektyn.

Opracowane rozwiązane konstrukcyjne umożliwia wytwarzanie kapsułek żelowych w procesie ciągłym. Proszę o komentarz, czy ta innowacyjna technologia pozwoli również na wprowadzanie substancji aktywnych do wnętrza kapsułek.

Podsumowanie

Recenzowana rozprawa doktorska pt. “Próba wykorzystania pektyn z rodzimych odmian porzeczek do produkcji żelowych kapsułek w procesie ciągłym” przygotowana przez mgr. inż. Michała Panczerza na

Wydziale Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie pod kierunkiem dr hab. inż. Anny Ptaszek, prof. URK jako promotora oraz dr inż. Joanny Kruk, promotora pomocniczego, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego.

Moja ocena rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Pancerza jest jednoznacznie pozytywna. Dysertacja stanowi dobrze zaplanowaną i zrealizowaną pracę badawczą, która wnosi istotny wkład w technologię żywności w zakresie chemii i inżynierii polisacharydów, a także inżynierii procesu enkapsulacji. Cel główny oraz cele szczegółowe postawione w pracy zostały przez Doktoranta zrealizowane. Uzyskane wyniki prac eksperymentalnych i wynikające z nich wnioski są nowatorskie i mają potencjał aplikacyjny przy wykorzystaniu porzeczek jako źródła związków pektynowych i zastosowaniu opracowanej w ramach pracy doktorskiej metody wytwarzania kapsułek w procesie ciągłym. Za szczególnie cenne uważam zastosowanie pogłębionej analizy matematycznej danych reologicznych do wyjaśnienia charakteru oddziaływań wewnątrzcząsteczkowych makromolekuł pektynowych.

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 Dyscypliny technologia żywności i żywienia Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie o dopuszczenie mgr. inż. Michała Pancerza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wyróżnienie rozprawy doktorskiej

Biorąc pod uwagę wysoki poziom naukowy i szeroki zakres prowadzonych badań, obejmujący zarówno opis właściwości fizykochemicznych pektyn ekstrahowanych z owoców czerwonych i czarnych porzeczek, w tym charakterystykę oddziaływań pomiędzy makromolekułami pektyn a rozpuszczalnikiem i precyzyjną charakterystykę reologiczną, a także nowatorskie prace nad opracowaniem założeń ciągłego procesu kapsułkowania z wykorzystaniem pektyn z porzeczek, oraz przygotowanie rozprawy w formie cyklu artykułów opublikowanych w najlepszych czasopismach naukowych w dziedzinie nauk o żywności, wnoszę do Rady Dyscypliny technologia żywności i żywienia Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie o wyróżnienie rozprawy doktorskiej. W uzasadnieniu stwierdzam, że wyniki badań prowadzonych przez mgr. inż. Michała Pancerza mają dużą wartość naukową i aplikacyjną, a sposób ich analizy i prezentacji w postaci świadczy o dojrzałości naukowej Doktoranta i dobrym przygotowaniu do dalszej pracy naukowej.

Dr hab. inż. Justyna Cybulska, prof. IA PAN