

dr hab. inż. Magdalena Krystyjan, prof. URK  
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie  
Wydział Technologii Żywności  
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

Kraków, 31.08.2022 r.

### **Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Kamila Dędek**

pt. „Otrzymywanie i właściwości produktów interakcji skrobi z kwasem ferulowym”

wykonanej pod kierunkiem promotora Pani dr hab. inż. Justyny Rosickiej-Kaczmarek, prof.  
uczelni oraz promotora pomocniczego Pani dr inż. Karoliny Miśkiewicz  
na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej

#### *Podstawa prawna opracowania recenzji*

Recenzja została wykonana na podstawie Uchwały Rady Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej z dnia 30 września 2019 r. oraz pisma przewodniego Dziekana Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej Pani dr hab. inż. Anny Diowkszej, profesor uczelni z dnia 21.06.2022 r.

#### *Ocena pracy pod względem edytorskim i formalnym*

Przedstawiona do oceny dysertacja przygotowana jest w formie maszynopisu liczącego 279 stron, o układzie klasycznym, typowym dla rozpraw naukowych. Praca podzielona została na 9 rozdziałów o jasnych i czytelnych tytułach. We wstępie pracy zamieszczono wyjaśnienia dotyczące użytych skrótów, a także streszczenie w języku polskim oraz angielskim. Wprowadzenie oraz część teoretyczna umiejętnie zaznajamiają czytelnika w problematykę rozprawy, którą wieńczą wnioski, sformułowane poprawnie i zwięźle. Całość opatrzone 22 tabelami oraz 78 rysunkami wzbogacającymi przegląd literatury oraz ilustrującymi wyniki badań. W pracy prawidłowo dobrano i zastosowano aż 318 pozycji piśmiennictwa, w przeważającej większości były to pozycje anglojęzyczne o zasięgu światowym.

Pod względem stylistycznym i gramatycznym praca napisana została dobrze, a drobne błędy stylistyczne nie umniejszają jej jakości.

Wykresy są czytelne, a legendy i opisy pod tabelami i wykresami, w sposób jasny opisują ich zawartość. Pewna niekonsekwencja pojawia się jednak w przedstawionych w przeglądzie literatury wykresach. Część z nich Autor zaprezentował w języku angielskim bez podania tłumaczenia na język polski, w którym cała praca jest napisana.

### *Ocena merytoryczna pracy*

Związki fenolowe należą do szerokiej grupy składników bioaktywnych o różnorodnej budowie i właściwościach. W ostatnich latach obserwuje się intensywny wzrost zainteresowania fenolokwasami ze względu na ich dobroczynny wpływ na zdrowie ludzkie. Często w literaturze określane są mianem nutraceutyków ze względu na prozdrowotny wpływ, jaki wykazują na funkcje fizjologiczne i metaboliczne ustroju. Ponieważ są powszechnie dostępne, bowiem występują niemal we wszystkich częściach wielu spożywanych przez człowieka roślin, stanowią element naszego pożywienia. Kwas ferulowy wykazuje silne właściwości antyoksydacyjne, przeciwzapalne a także bakteriobójcze. Niestety, z powodu termolabilności oraz podatności na utlenianie biodostępność i pełne wykorzystanie związków fenolowych mogą być ograniczone. Literatura podaje wiele rozwiązań tego problemu, jednak nadal poszukuje się optymalnej techniki pozwalającej zachować cenne właściwości składników bioaktywnych. Jednym ze skuteczniejszych sposobów ochrony składników bioaktywnych wydaje się być proces mikrokapsułkowania, polegający na zamknięciu ich w otoczkę utworzonej przez związek o większej stabilności i odporności na niekorzystne działanie czynników zewnętrznych.

Podjęty zatem, przez Autora pracy temat jest w pełni uzasadniony i wpisuje się w trend badań nad metodami zabezpieczającymi składniki labilne w żywności. Dzięki zastosowaniu metody kombinowanej, odpowiednio dobranych parametrów i reagentów uzyskano stabilne produkty interakcji skrobi ziemniaczanej i pszennej z kwasem ferulowym.

**Przegląd literatury** obejmuje charakterystykę skrobi ze szczególnym zwróceniem uwagi na strukturę V-amylozy oraz możliwości tworzenia związków kompleksowych V-amylozy z ligandami. Następnie przedstawiono interakcje kwasów fenolowych z węglowodanami oraz opisano warunki promujące kompleksowanie skrobi z ligandami. W dalszej części tego rozdziału Autor pracy scharakteryzował kwas ferulowy oraz obszernie opisał jego prozdrowotne właściwości. Całość przeglądu jest ciekawa, a każdy następny

podrozdział wynika z poprzedniego, przez co zaprezentowane treści są spójne. Zastosowanie w przeglądzie literatury, głównie piśmiennictwa z ostatnich dziesięciu lat, świadczy o aktualności podjętego problemu i dobrym przygotowaniu merytorycznym Autora, w realizacji postawionych sobie celów.

Rozdział **Cel pracy** poprzedza jednostronnicowe wyjaśnienie podjęcia wskazanego w dysertacji celu pracy, napisane w całości kursywą. Wprowadziło to pewne zamieszanie podczas czytania pracy. Autor mógł bez szkody dla dysertacji zamieścić to objaśnienie jako kolejny, ostatni rozdział części teoretycznej. Cel jest jasny i zrozumiały, zawiera dodatkowo cel aplikacyjny.

W rozdziale **Material i metody badań**, Pan mgr inż. Kamil Dędek szczegółowo opisał sposoby otrzymywania preparatów skrobi z kwasem ferulowym. Na uwagę zasługuje mnogość zastosowanych kombinacji ich otrzymywania, począwszy od użycia różnych rozpuszczalników w procesie kompleksowania, przez zmienne parametry stosowane podczas całego procesu (temperatura, czas, stężenie i in.). Pozwoliło to na uzyskanie aż 123 różnych preparatów. Na podstawie wstępnych analiz dotyczących określenia aktywności oksydacyjnej w/w preparatów wobec rodnika DPPH, stopnia ich podstawienia (DS) oraz efektywności kompleksowania skrobi z kwasem ferulowym, do dalszych badań wytypowano 25 preparatów, które poddano analizie szczegółowej zaprezentowanej obszernie w kolejnych rozdziałach pracy. Na podkreślenie zasługuje rozbudowana metodyka, która umożliwia dokładne zbadanie struktury i właściwości otrzymanych ferulatów skrobiowych. Przedstawione procedury kompleksowania kwasu ferulowego ze skrobią oraz sposoby wykonania analiz są dokładne i pozwalają na ich ponowne przeprowadzenie. Dobór metod umożliwił zatem zrealizowanie zaplanowanego przez Autora celu pracy.

**Omówienie i dyskusja wyników** zostały podzielone przez Doktoranta na trzy podrozdziały. W pierwszym rozdziale Autor pracy omówił wyniki badań dotyczących ferulatów skrobiowych należących do grupy preparatów podstawowych, a w drugim z kolei ferulatów skrobiowych należących do grupy preparatów właściwych. Na uwagę zasługuje trzeci rozdział, w którym Autor pracy przedstawił właściwości fizyczne i potencjał antyoksydacyjny pieczywa bezglutenowego otrzymanego z udziałem ferulatów skrobiowych. Uzyskane wyniki dowiodły, że wybrane preparaty skrobi z kwasem ferulowym mogą stanowić innowacyjny dodatek do żywności, poprawiając parametry fizykochemiczne, sensoryczne oraz potencjał antyoksydacyjny pieczywa bezglutenowego. Tym samym Autor potwierdził wartość aplikacyjną uzyskanych wyników. Warto zaznaczyć, że pomimo dużego zakresu przeprowadzonych badań wyniki zostały zaprezentowane w czytelnie opracowanych tabelach

i przejrzystych wykresach. Ponieważ zakres wykonanych analiz oraz ilość próbek była znaczna, zatem i interpretacja wyników była niełatwym zadaniem. Autor jednak podołał trudnościom i umiejętnie omawiał zaobserwowane tendencje i zjawiska. Mógł jednak pokusić się o szersze skonfrontowanie uzyskanych wyników z danymi literaturowymi, czego w tej części pracy mi brakowało.

Zaprezentowane **Wnioski** wynikają z przeprowadzonych w pracy badań i mają znaczenie praktyczne.

Podczas lektury pracy nasunęły mi się następujące uwagi:

1. W rozdziale 5.1.1, dotyczącym efektywności interakcji kwasu ferulowego, stopnia podstawienia skrobi kwasem ferulowym oraz aktywności antyoksydacyjnej Autor wprowadził nowe nazewnictwo bez wcześniejszego wyjaśnienia. Proszę zatem o wyjaśnienie co oznacza zwrot „ferulowe ferulaty skrobi pszennej”, które pojawiło się przy opisie rysunku nr 14.
2. W rozdziale 5.2.3. dotyczącym struktury ferulatów skrobiowych określonych techniką FTIR Autor zasugerował, że przy długości fali  $1720 - 1740 \text{ cm}^{-1}$  zaobserwowano pojawienie się nowych pasm pochodzący od drgań rozciągających grupy karbonyłowe ( $\text{C}=\text{O}$ ) tworzące wiązania estrowe. Analizując jednak rysunki 27-34 nie odnotowałam pików świadczących o występowaniu takich grup, a jedynie szумы drganiowe. Dla porównania podaję przykład dwóch prac dotyczących kompleksów skrobi z kwasem ferulowym. W pierwszej pracy autorstwa Fang et al. (2020)<sup>1</sup> nie zaobserwowano piku charakterystycznego dla wiązania estrowego w zakresie  $1650 \text{ cm}^{-1} - 1900 \text{ cm}^{-1}$ . Z kolei w pracy Wen et al. (2016)<sup>2</sup> w uzyskanych ferulatach skrobi kukurydzianej, odnotowano wyraźny nowy pik przy długości fali  $1726 \text{ cm}^{-1}$ , który autorzy przypisali drganiom deformacyjnym grup karbonyłowych ( $\text{C}=\text{O}$ ).
3. Badania mikroskopowe z wykorzystaniem elektronowej mikroskopii skaningowej (SEM) pozwoliło na określenie wpływu modyfikacji na strukturę otrzymanych kompozytów. Uzyskane zdjęcia mikroskopowe dobrze opisano i zaprezentowano. Niepotrzebnie w tym rozdziale opisano metody kapsułkowania, ten akapit powinien

---

<sup>1</sup> Fang, K., He, W., Jiang, Y., Li, K., & Li, J. (2020). Preparation, characterization and physicochemical properties of cassava starch-ferulic acid complexes by mechanical activation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 160, 482-488.

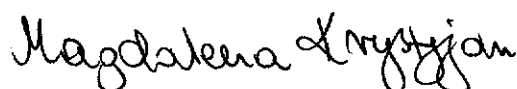
<sup>2</sup> Wen, Y., Ye, F., Zhu, J., & Zhao, G. (2016). Corn starch ferulates with antioxidant properties prepared by N, N'-carbonyldiimidazole-mediated grafting procedure. *Food Chemistry*, 208, 1-9.

zostać umieszczony w przeglądzie literatury. W tym samym rozdziale pojawia się informacja o „utworzeniu osadu na powierzchni preparatu” (str. 145). Proszę o wyjaśnienie na jakiej podstawie wysunięto taki wniosek. \*

4. W badaniach aplikacyjnych zastosowano osiem ferulatów skrobiowych spośród 25 preparatów „właściwych”. Brak jest jednak wyjaśnienie na jakiej podstawie dokonano selekcji ośmiu preparatów użytych następnie do wypieku pieczywa bezglutenowego.

Wszystkie powyższe uwagi nie wpływają na jakość przedstawionej do oceny pracy oraz na moją pozytywną ocenę. Mam jednak nadzieję, że będą pomocne podczas przygotowywania artykułu do druku w renomowanych czasopismach naukowych.

Praca doktorska Pana mgr inż. Kamila Dędek jest wartościowym opracowaniem badawczym o dużym potencjale poznawczym i aplikacyjnym. Autor wykazał się dobrą znajomością podjętej tematyki badawczej. Stwierdzam zatem, że oceniana praca Pana mgr inż. Kamila Dędek pt.: „Otrzymywanie i właściwości produktów interakcji skrobi z kwasem ferulowym” spełnia wszelkie kryteria rozprawy doktorskiej zgodnie zobowiązującą Ustawą. W związku z tym, zwracam się do Rady Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej z wnioskiem o dopuszczenie mgr inż. Kamila Dędek do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



dr hab. inż. Magdalena Krystyjan, prof. UKR