



UNIwersytet
PRZYRODNICZY
WE WROCLAWIU

WYDZIAŁ BIOTECHNOLOGII I NAUK O ŻYWNOŚCI
KATEDRA TECHNOLOGII OWOCÓW, WARZYW I NUTRACEUTYKÓW ROŚLINNYCH

Wrocław, 11.12.2024r.

Dr hab. inż. Paulina Nowicka, profesor uczelni
Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Nutraceutyków Roślinnych
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Alicji Kizildag
pt.: „Białka roślinne w mikrokapsułkowaniu olejków eterycznych z wykorzystaniem koacerwacji złożonej”
wykonanej w Katedrze Techniki i Projektowania Żywności Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie pod kierunkiem prof. dr hab. Marcina Andrzeja Kurka

Podstawa formalna: *pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Pana prof. dr hab. Mirosława Słowińskiego, z dnia 28 października 2024 roku, informującej o uchwale (nr 5 – 2024/2025) Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie z dnia 25 października 2024 roku w sprawie powołania recenzentów w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauki rolnicze w dyscyplinie technologia żywności i żywienia Pani Alicji Kizildag*

Wprowadzenie – uzasadnienie podjęcia tematyki badawczej

Coraz większa świadomość konsumentów w zakresie zdrowego trybu życia, w tym znaczenia żywności w profilaktyce przewlekłych chorób niezakaźnych oraz programowania właściwej kondycji organizmu w przyszłości, skutkuje potrzebą poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych i recepturowych, w tym tych związanych z kreowaniem trendu ‘czystej etykiety’. Trend ten wymusza na producentach żywności redukcję lub eliminację konserwantów i syntetycznych dodatków na rzecz naturalnych substancji bioaktywnych pochodzenia roślinnego, w tym olejków eterycznych, które poza właściwościami przeciwdrobnoustrojowymi niosą w sobie szerokie spektrum właściwości prozdrowotnych. Związki te, pomimo wielu zalet, są wrażliwe na czynniki środowiskowe i niejednokrotnie w aplikacji do żywności wymagają maskowania swoistych cech sensorycznych, co sprawia, że ich bezpośrednia aplikacja jest niemożliwa.



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

UNIwersytet PRZYRODNICZY WE WROCLAWIU
KATEDRA TECHNOLOGII OWOCÓW, WARZYW I NUTRACEUTYKÓW ROŚLINNYCH
ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław
e-mail: paulina.nowicka@upwr.edu.pl • www.upwr.edu.pl



Stąd też od kilku lat trwają intensywne badania nad możliwością wykorzystania nowych metod skutecznej ochrony naturalnych związków bioaktywnych przed czynnikami środowiskowymi, ale równocześnie takich, które można stosować bez ograniczeń w formulacjach spożywczych, nutraceutycznych lub biologicznych. Jedną z takich metod wydaje się być technologia enkapsulacji. Enkapsulacja to proces, w którym substancje czynne są zamykane lub powlekane materiałem nośnym w celu utworzenia cząstek lub kapsułek w skali mikro lub nano. Obecnie opracowywanych jest wiele metod enkapsulacji, które można podzielić na system podejścia odgórnego (top-down approach system) i system podejścia oddolnego (bottom-up approach system), do którego należy technika koacerwacji.

Technika koacerwacji, w tym koacerwacji złożonej jest jedną ze strategii zwiększania stabilności związków bioaktywnych w formulacjach żywności, maskowania ich smaku, a także ukierunkowanego dostarczania i kontrolowanego uwalniania w celu zwiększenia biodostępności związków rdzenia. Mikrokapsułki przygotowane w ten sposób są nierozpuszczalne w wodzie i odporne na ciepło, ale głównymi zaletami złożonej koacerwacji w porównaniu z innymi metodami mikrokapsułkowania są: wyższa wydajność oraz brak konieczności użycia podwyższonej temperatury. Proces ten finalnie prowadzi więc do powstania okrągłej mikrokapsułki, w której rdzeń jest otoczony materiałem ściany chroniącym aktywny związek.

Szczególnie interesujące w omawianym kontekście są próby wykorzystania do budowania ściany kapsułki białek i polisacharydów roślinnych, zamiast powszechnie stosowanego w koacerwacji złożonej systemu – żelatyna : guma arabska. Próby te są nowatorskim i świadomym podejściem, a także dają szerokie możliwości zarówno w zakresie tworzenia nowych cech funkcjonalnych gotowych kapsułek jak i zwiększania wydajności procesu. Ponadto są zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju, co jest dodatkowym atutem tego rozwiązania.

W świetle powyższego należy stwierdzić, iż wskazany przez Doktorantkę problem badawczy i jego aktualność z punktu widzenia obecnej wiedzy i jej deficytów w zakresie możliwości wykorzystania białek i polisacharydów roślinnych do mikrokapsułkowania olejków eterycznych w procesie koacerwacji złożonej w pełni uzasadniają podjęcie tematyki w ocenianej dysertacji. Zagadnienia poruszane w pracy stanowią oryginalne opracowanie liczące ze wzrastającą świadomością konsumenta oraz koniecznością wprowadzenia zmian w procesach produkcyjnych. Dają one także szansę na zwiększenie profilu wykorzystania naturalnych substancji roślinnych, w tym olejków eterycznych jako alternatywy dla syntetycznych konserwantów i dodatków do żywności, a dodatkowo stwarzają szansę na fortyfikację żywności i modulowanie jej funkcjonalności w kontekście profilaktyki chorób niezakaźnych.



Ocena układu pracy i spełnienia wymogów formalnych

Rozprawa doktorska mgr inż. Alicji Kizildag, pt. „Białka roślinne w mikrokapsułkowaniu olejków eterycznych z wykorzystaniem koacerwacji złożonej” stanowi sekwencję pięciu tematycznie spójnych prac – jednej przeglądowej oraz czterech oryginalnych prac badawczych, opublikowanych w latach 2022 – 2024 w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym. W skład omawianej dysertacji wchodzi następujące publikacje, których sumaryczny współczynnik wpływu wynosi IF – 22,9, wg wykazu czasopism punktowanych MNiSW 630 punktów, a liczba cytowań - 44:

1. Napiórkowska A, Kurek M. Coacervation as a novel method of microencapsulation of essential oils - a review. *Molecules*. 2022; 27(16):5142 (140 pkt. MNiSW, IF 4,6);
2. Napiórkowska A, Szpicer A, Wojtasik-Kalinowska I, Perez MDT, González HD, Kurek MA. Microencapsulation of juniper and black pepper essential oil using the coacervation method and its properties after freeze-drying. *Foods*. 2023; 12(23):4345 (140 pkt. MNiSW, IF 5,2);
3. Napiórkowska, A., Szpicer, A., Górską-Horczyzak, E., & Kurek, M.. Understanding emulsifier influence on complex coacervation: Essential oils encapsulation perspective. *Journal of Food Science*. 2024, 89(8) (70 pkt. MNiSW, IF 3,9);
4. Napiórkowska A, Aktaş A, Szpicer A, Górską-Horczyzak E, Kurek MA. Optimization of oat protein and gum Arabic microcapsules containing juniper essential oil using Response Surface Methodology, *Food and Bioprocess Processing*, 2024, 145, 203-216 (140 pkt. MNiSW, IF 4,6).
5. Napiórkowska A, Szpicer A, Górską-Horczyzak E, Kurek MA. Microencapsulation of essential oils using faba bean protein and chia seed polysaccharides via complex coacervation method. *Molecules*. 2024; 29(9):2019 (140 pkt. MNiSW, IF 4,6).

Na ocenianą pracę składa się 181 stronicowe opracowanie, zawierające kopie pięciu współautorskich publikacji, w których Doktorantka pełniła wiodącą rolę (pierwszego autora), potwierdzoną załączonymi oświadczeniami o udziale pozostałych autorów. Struktura ocenianej pracy jest prawidłowa i zgodna z wymogami pisania rozpraw doktorskich. Przedstawiony do recenzji cykl publikacji naukowych poprzedzono wstępem, następnie przedstawiono hipotezy badawcze, cel pracy oraz zakres badań, materiał i metodykę badań. Następnie Doktorantka omówiła główne wyniki, dzieląc je na trzy etapy z równoczesnym odniesieniem do konkretnych publikacji z cyklu oraz przedstawiła wnioski i bibliografię, która składała się z 116 aktualnych pozycji literaturowych, starannie i trafnie dobranych. W pracy zamieszczono ponadto streszczenia w języku polskim i angielskim oraz informacje o pozostałym dorobku naukowym, na który składa się współautorstwo w 10 publikacjach, 3 monografiach oraz staże: naukowy i zawodowy.



W pracy pojawiły się pewne błędy edytorskie i stylistyczne, które jednak nie umniejszają finalnej wartości merytorycznej pracy.

Podsumowując więc ocenę formalną rozprawy stwierdzam, że spełnia ona wymagania stawiane rozprawom na stopień doktora.

Cel pracy i jego uzasadnienie

Cel pracy poprzedza wstęp teoretyczny, w którym Doktorantka przedstawia aktualny stan wiedzy związany z tematem pracy doktorskiej, jak również wskazuje na obszary wymagające uzupełnienia, głębszej analizy i interpretacji w przedmiotowym zakresie. Rozdział ten jest kompletny i zawiera aktualne informacje na temat: trendów w produkcji żywności, wykorzystania konserwantów i dodatków do żywności, właściwości olejków eterycznych, ze szczególnym uwzględnieniem olejków eterycznych z jałowca i czarnego pieprzu, które stanowiły rdzeń w prowadzonych przez Doktorantkę pracach, koacerwacji złożonej oraz możliwości wykorzystania materiałów ściennych pochodzenia roślinnego w tym procesie. Dodatkowo należy podkreślić, iż pierwsza publikacja wchodząca w skład prezentowanego cyklu jest artykułem przeglądowym (*Coacervation as a novel method of microencapsulation of essential oils - a review*), który szczegółowo podejmuje tematykę koacerwacji złożonej jako innowacyjnej metody kapsułkowania olejków eterycznych oraz stanowi uzasadnienie podjętej tematyki badań. Wstęp w połączeniu z artykułem przeglądowym jest dokładnie przemyślany i stanowi logiczną całość, a także nawiązanie do celu i zakresu pracy. Szkoda jednak, że Doktorantka nie nawiązała w żaden sposób do artykułu przeglądowego we wstępie, w ten sposób pomijając w opisie poprzedzającym prezentację cyklu pierwszy artykuł wchodzący w jego skład. Opis w języku polskim stanowi swego rodzaju przewodnik po cyklu, pominięcie więc artykułu jest pewnym niedopatrzeniem.

Pomimo to, już na tym etapie doskonale widać, iż Doktorantka jest zaznajomiona z tematem, a także doskonale zdaje sobie sprawę z ograniczeń oraz luk, które powstały w podejmowanej tematyce. Wskazuje Ona, przede wszystkim, iż do tej pory do mikrokapsułkowania olejków eterycznych stosowane było głównie suszenie rozpyłowe, które z uwagi na parametry procesu (w głównej mierze wysoką temperaturę) powodowało degradację związków w nich zawartych, a także zmianę właściwości sensorycznych oraz prozdrowotnych olejków. Dodatkowo mgr inż. Alicja Kizildag, wskazuje, iż alternatywą dla suszenia rozpyłowego może być liofilizowanie materiału zmikrokapsułkowanego, co finalnie pozwoli na lepszą ochronę substancji lotnych. Podkreśla Ona równocześnie, iż wykorzystanie do tego celu koacerwacji złożonej z wykorzystaniem białek i polisacharydów roślinnych może przynieść szereg wymiernych korzyści zarówno w kontekście wyeliminowania podwyższonej temperatury podczas procesu enkapsulacji, jak i efektywniejszego zamknięcia materiału rdzeniowego i jego ochrony przed czynnikami zewnętrznymi.



Wstęp i wnioski płynące z pierwszego artykułu w cyklu bezpośrednio nawiązują do **celu głównego**. Doktorantka sformułowała go jako *ocena możliwości zastosowania koacerwacji złożonej z użyciem białek roślinnych jako metody kapsułkowania olejków eterycznych oraz analiza właściwości fizykochemicznych proszków otrzymanych poprzez liofilizację płynnych koacerwatów*. Pani magister wskazuje również, iż *badanie obejmowało porównanie koacerwatów z białek roślinnych z tradycyjnym modelem koacerwacji złożonej, który wykorzystuje żelatynę i gumę arabską, w celu oceny ich efektywności i właściwości użytkowych*. Pani mgr inż. Alicja Kizildag sformułowała także **trzy hipotezy badawcze** tj.:

1. Białka roślinne mogą stanowić alternatywę dla żelatyny w procesie koacerwacji złożonej.
2. Białka roślinne są równie skuteczne w mikrokapsułkowaniu olejków eterycznych, co żelatyna.
3. Zamiana gumy arabskiej na polisacharydy z nasion chia może zwiększyć efektywność kapsułkowania olejków eterycznych.

Doktoranta w kolejnych etapach prezentowanej dysertacji konsekwentnie realizowała postawiony cel oraz weryfikowała postawione hipotezy badawcze. Szkoda jednak, że nie pokusiła się Ona w tym rozdziale o wyznaczeniu celów szczegółowych, dzięki którym powstałby pełniejszy i bardziej precyzyjny obraz planowanych do realizacji zadań kompatybilnych z trzema etapami prezentowanymi podczas omówienia wyników oraz poszczególnymi publikacjami w cyklu. Ponadto przedstawiając cele szczegółowe łatwiej by było nawiązać do ostatniej z postawionych hipotez oraz celu prezentowanego w piątym artykule prezentowanej dysertacji. Dodatkowo zakres pracy nawiązujący bezpośrednio do celu i hipotez badawczych był w moim odczuciu zbyt zwężony i w formie graficznej prawdopodobnie byłby bardziej czytelny i uporządkowany.

Nie zmienia to jednak ogólniej oceny, iż zarówno cel jak i hipoteza badawcza były poprawnie postawione.

Ocena części doświadczalnej pracy

Rozdział 'Materiał i metodyka badań' zarówno w opisie w języku polskim jak i w poszczególnych publikacjach (od 2 do 5) pozwala na ocenę podejścia metodycznego do przeprowadzenia poszczególnych doświadczeń zaplanowanych w pracy doktorskiej. Pierwsza jego część skupia się na przedstawieniu materiałów oraz opisie prowadzonego doświadczenia tj. złożonej koacerwacji olejków eterycznych pozyskanych z jałowca oraz pieprzu czarnego. W drugiej części mgr inż. Alicja Kizildag opisuje dosyć szczegółowo metody analityczne oraz statystyczne wykorzystane w pracy. Metodyka badań jest dobrze przedstawiona, a jej lektura pozwala stwierdzić, iż warsztat pracy, szczególnie w zakresie doboru metod analitycznych



do oceny fizykochemicznej otrzymanych formułacji, był właściwie zorganizowany. Autorka wykorzystwała szerokie spektrum metod, w tym skaningową mikroskopię elektronową, spektroskopię w podczerwieni, skaningową kalorymetrię różnicową, metody kolorymetryczne, chromatograficzne czy optyczne. Przedstawione metody analityczne pozwalają na uzyskanie rzetelnych i miarodajnych rezultatów, stąd też można stwierdzić, iż jakość prezentowanych wyników kształtuje się na wysokim poziomie.

Koncepcja organizacji doświadczenia, w tym dobór poszczególnych składowych w procesie koacerwacji i ich stężeń, proporcji pomiędzy składnikami, parametrów procesu, rodzi jednak pytania:

1. **Dlaczego stosowano różne stężenia olejków eterycznych w procesie koacerwacji złożonej w zależności od zastosowanego układu?** Powszechnie wiadomo, że wzrost stężenia składników rdzenia skutkuje istotnym zmniejszeniem efektywności enkapsulacji.
2. **Dlaczego wykorzystano różne media i ich proporcje do rozpuszczenia olejków eterycznych (publikacja 2 i 3 – olej sojowy i z pestek winogron; publikacja 4 – olej z zarodków pszennych; publikacja 5 – olej rzepakowy i olej sojowy)?** Czynniki te na pewno w istotny sposób oddziaływały na proces, co w pewnym stopniu limitowało możliwość porównania koacerwatów z białek roślinnych z tradycyjnym modelem koacerwacji złożonej, który wykorzystuje żelatynę i gumę arabską.
3. **Dlaczego homogenizację prowadzono w różnych warunkach (publikacja 2 – 5 min/15000 rpm; publikacje 3 – 5 – 10 min/15000 rpm)?** Zmiana warunków prowadzenia procesu skutkowała tym, iż niemożliwa była rzetelna analiza porównawcza.
4. **Dlaczego w publikacji 5 zdecydowano się wykorzystać białko bobu chociaż wcześniej testowano układy z innymi białkami roślinnymi?**

Powyższe pytania nie zmieniają jednak ogólnej oceny, iż jakość części doświadczalnej pracy była na dobrym poziomie. Każdy z artykułów realizował postawiony cel pracy doktorskiej, mianowicie oceniał możliwość zastosowania koacerwacji złożonej z użyciem białek roślinnych jako metody kapsułkowania olejków eterycznych. Przy czym w prezentowanym układzie dużo trudniej o kompleksową ocenę porównawczą koacerwatów z białek roślinnych z tradycyjnym modelem koacerwacji złożonej, wykorzystującą żelatynę i gumę arabską, którą Doktorantka próbowała również przeprowadzić.



Interpretacja i dyskusja otrzymanych wyników oraz ocena wnioskowania

Po zapoznaniu się z dysertacją mgr inż. Alicji Kizildag oraz wynikami przeprowadzonych przez nią badań należy stwierdzić, że praca jest interesująca i podejmuje nowe zagadnienia w zakresie technologii żywności i żywienia. Tytuł rozprawy doktorskiej koresponduje z jej treścią, a fakt ukazania się wyników przeprowadzonych badań w indeksowanych czasopismach naukowych o światowym zasięgu jest gwarantem poddania ich szczegółowej ocenie merytorycznej.

Doktorantka w swojej pracy wyodrębniła trzy zasadnicze etapy, które nawiązują bezpośrednio do wcześniej przedstawionego przeglądu literatury oraz umożliwiają realizację celu pracy, a także weryfikację postawionych hipotez badawczych.

Pierwsza część wyników zatytułowana została *'Wykorzystanie klasycznego modelu złożonej koacerwacji pomiędzy żelatyną a gumą arabską do mikrokapsułkowania olejków eterycznych'*. Wyniki uzyskane w toku realizacji tych badań zostały zaprezentowane w publikacji 2 (*Microencapsulation of juniper and black pepper essential oil using the coacervation method and its properties after freeze-drying*).

Celem tego etapu było zastosowanie klasycznego modelu koacerwacji złożonej pomiędzy żelatyną a gumą arabską do mikrokapsułkowania olejków eterycznych. Zgodnie ze wskazanym celem tej części, Doktorantka przeprowadziła proces koacerwacji złożonej olejków eterycznych z jałowca oraz pieprzu czarnego rozpuszczonych w olejach sojowym i z pestek winogron, wykorzystując jako materiał ścienny mieszaninę żelatyny i gumy arabskiej w trzech różnych proporcjach (1:1; 2:1; 1:2). Następnie otrzymane formułacje suszyła sublimacyjnie i w tak przygotowanym materiale analizowała szereg wyróżników fizykochemicznych. Bardzo dobrze zaplanowana część metodyczna pozwoliła na uzyskanie szerokiego wachlarza wyników, dzięki którym możliwe było poznanie zarówno profilu substancji lotnych w otrzymanych kapsułkach, ich morfologii, sposobu tworzenia i jakości wiązań, a także cech fizycznych mikrokapsułek. Ponadto ocenie poddano proces i jego wydajność, co jest niezwykle istotne z aplikacyjnego punktu widzenia tej pracy. Finalnie Doktorantka wykazała, iż złożona koacerwacja z wykorzystaniem żelatyny i gumy arabskiej może być stosowana do mikrokapsułkowania olejków eterycznych, przy czym efektywność kapsułkowania kształtuje się na poziomie około 50%, a istotnym czynnikiem kształtującym wydajność procesu jest interakcja między stosunkiem mieszania polimerów a rodzajem oleju wykorzystanego do rozpuszczenia olejku eterycznego. Pani magister wskazuje równocześnie, że otrzymany proszek charakteryzował się nieregularną, bardzo porowatą strukturą z dość rozwiniętą powierzchnią, co sugeruje, że materiał rdzeniowy nie został całkowicie pokryty. Jest to prawdopodobnie konsekwencja zbyt dużego stosunku składników rdzenia do składników powlekających i wyjaśnia niską wydajność procesu.

Istotnym parametrem wydaje się także oznaczenie wielkości cząstek otrzymanych proszków. Jest to czynnik, który kształtuje funkcjonalność finalnych formułacji i sposób oraz efektywność



uwalniania składników rdzenia. Na podstawie dostępnej literatury można wnioskować, iż mniejszy ich rozmiar gwarantuje większą precyzję kontrolowanego uwalniania. W prowadzonych przez Panią mgr inż. Kizildag pracach, najmniejszy rozmiar cząstek oznaczono w proszkach uzyskanych w wyniku liofilizacji koacerwatów, w których stosunek składników ściany tj. żelatyny:gumy arabskiej wynosił 1:1. Jednakże nie odzwierciedlało to wzrostu gęstości nasypowej i gęstości ubitej, ani wzrostu ich higroskopijności, a także tendencja ta nie dotyczy wariantów z olejkami jałowca rozpuszczonego w oleju z pestek winogron.

W tej części nasuwają się dwa pytania:

1. Na jakiej podstawie dobrano stężenie składników rdzenia oraz ich stosunek do materiałów ściennych?
2. Z czego może wynikać tak duża różnica w rozmiarze cząstek w wariacie GJ1 w porównaniu z innymi formułacjami?

Ponadto w części opisowej tego etapu, wkraść się pewien chaos, który w połączeniu z błędami stylistycznymi i brakiem jednoznacznej statystycznej analizy wyników, utrudniał wnioskowanie.

Powyższe nie zmieniają jednak ogólnej oceny tego, że prace przeprowadzone na potrzeby tego etapu są kompletne, a sformułowane wnioski poparte prawidłową analizą otrzymanych wyników, szczególnie w publikacji.

Kolejny etap pracy koncentruje się na ocenie możliwości wykorzystania koacerwacji złożonej pomiędzy białkami roślinnymi (grochowym i owsianym) a gumą arabską do mikrokapsułkowania olejków eterycznych. Wyniki tych badań przedstawiono w publikacjach 3 i 4 tj. *Understanding emulsifier influence on complex coacervation: Essential oils encapsulation perspective* oraz *Optimization of oat protein and gum Arabic microcapsules containing juniper essential oil Using Response Surface Methodology*.

Celem tej części była ocena możliwości wykorzystania wybranych białek roślinnych jako alternatywy dla żelatyny w procesie koacerwacji złożonej.

W publikacji 3, Doktorantka testowała możliwość wykorzystania białka grochu, zamiast żelatyny, a także wpływ dodatku emulgatora na proces koacerwacji i właściwości otrzymanych mikrokapsulek. Na podstawie wyników przeprowadzonych badań wskazała Ona, iż białko to stanowi obiecującą alternatywę dla żelatyny w złożonym procesie koacerwacji. Mikrokapsułki sformułowane z białka grochu i gumy arabskiej wykazały kilka zalet, które mogą znacząco wpłynąć na ich przydatność w przemyśle spożywczym. Mianowicie formułacje te:

- (i) cechują się wyższą rozpuszczalnością, co w konsekwencji daje możliwość szybkiego uwalniania substancji czynnych;
- (ii) niższą higroskopijnością, co może przyczynić się do utrzymania większej stabilności fizykochemicznej mikrokapsulek podczas przechowywania;



- (iii) wyższą odpornością na temperaturę - cecha ta staje się szczególnie cenna w zastosowaniach, w których mikrokapsułki mogą być poddawane zmiennym warunkom temperaturowym, w tym przetwórczym.

Pani magister wskazuje także, iż pomimo różnic w niektórych właściwościach, nie zaobserwowano statystycznie istotnych różnic w wydajności enkapsulacji, gęstości lub płynności między mikrokapsułkami na bazie białka grochu a tymi z żelatyną. Sugerując równocześnie, że obie substancje mogą okazać się równie skuteczne w projektowaniu formułacji z olejkami eterycznymi. Należy jednak mieć na uwadze, że warunki prowadzenia doświadczenia były zbliżone, ale nie takie same, w związku z czym trudno jednoznacznie porównywać oba te rozwiązania.

W etapie tym Doktorantka dodatkowo wykazała, że dodanie emulgatora (Tween 80) w stężeniu 0,5% miało negatywny wpływ na wydajność procesu enkapsulacji olejku eterycznego i stabilność termiczną otrzymanych proszków, co stanowi wartość dodaną prezentowanej do oceny dysertacji.

Realizację postawionego celu mgr inż. Alicja Kizildag kontynuowała w badaniach, których wyniki zostały opublikowane w artykule 4. Dotyczyły one możliwości wykorzystania białka owsianego w procesie koacerwacji złożonej. Należy wskazać, iż doświadczenie opisywane w tym manuskrypcie zostało zoptymalizowane przy użyciu metody analizy powierzchni odpowiedzi (RSM). Interpretacja otrzymanych wyników przez Doktorantkę jednoznacznie wskazuje, iż wykorzystanie białka owsianego wraz z gumą arabską jako materiałów ściennych jest kierunkiem, który zapewnia stabilność termiczną mikrokapsulek, kluczową przy kapsułkowaniu substancji wrażliwych termicznie, takich jak olejki eteryczne. Analiza FT-IR wykazała, że interakcje między białkiem owsianym a gumą arabską podczas koacerwacji kompleksu obejmowały zarówno wiązania chemiczne, jak i fizyczne, co przyczyniło się do poprawy stabilności termicznej kompleksów w porównaniu z poszczególnymi składnikami. Wykorzystanie więc białka owsianego daje możliwość projektowania stabilnych mikroformulacji, odpornych na działanie czynników środowiskowych. Ponadto Pani magister wskazuje, iż otrzymane proszki cechowały się wysoką rozpuszczalnością – kształtującą się na poziomie powyżej 80%, co potencjalnie poszerza ich aplikację w przemyśle spożywczym. Nie mniej jednak stwierdzono bardzo niską wydajność procesu enkapsulacji, nieprzekraczającą 27%, co czyni ją w takim układzie ekonomicznie nieuzasadnioną. Pani mgr inż. Alicja Kizildag wskazuje jednak obszary w procesie, których modulacja daje szansę na podniesienie jego efektywności, w tym zmiana proporcji pomiędzy składnikami kapsułki oraz manipulacja pH w trakcie procesu jej tworzenia.

Artykuły wchodzące w skład tej części pracy doktorskiej są bardzo dobrze przygotowane i w sposób kompletny realizują cel i weryfikują hipotezy postawione w prezentowanej dysertacji.



Ostatnia część prezentowanego cyklu publikacji dotyczyła możliwości wykorzystania koacerwacji złożonej pomiędzy białkiem bobowym a polisacharydami wyizolowanymi z nasion chia do mikrokapsułkowania olejków eterycznych i została szczegółowo opisana w publikacji 5 (*Microencapsulation of essential oils using faba bean protein and chia seed polysaccharides via complex coacervation method*).

Celem tego etapu było wytworzenie mikrokapsulek zawierających olejek eteryczny z jałowca lub czarnego pieprzu, wykorzystując połączenie białka bobu i polisacharydów nasion chia w procesie koacerwacji złożonej. Założono, że synergistyczne oddziaływanie tych dwóch polimerów pozwoli na zwiększenie wydajności mikrokapsułkowania olejków eterycznych, torując tym samym drogę do różnorodnych ich zastosowań w przemyśle spożywczym. Aby w pełni zrealizować postawiony cel w tym zadaniu Doktorantka przygotowała w sumie 12 próbek, podzielonych na cztery grupy na podstawie trzech czynników: rodzaju oleju (sojowego lub rzepakowego), rodzaju olejku eterycznego (jałowca lub czarnego pieprzu) oraz proporcji mieszania białka bobu z polisacharydami chia (1:1, 1:2 i 2:1). Po przeprowadzeniu kompletnej analizy otrzymanych formułacji i interpretacji otrzymanych wyników Pani mgr inż. Alicja Kizildag wykazała, iż: zastosowany kompleks białka bobu i polisacharydu wyizolowanego z nasion chia pozwolił na uzyskanie wysokiej wydajności procesu enkapsulacji, która wahała się od 65,64% do 87,85%. Najwyższą wydajność procesu odnotowano w próbkach o stosunku białka do polisacharydu wynoszącym 1:2. Proszki otrzymane w tym wariacie cechowały się także największą stabilnością termiczną, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia możliwości stabilizacji związków lotnych zawartych w olejkach eterycznych. Interpretacja otrzymanych wyników jednoznacznie wskazuje, iż czynnik stosunku białka bobu do polisacharydów nasion chia w istotny sposób kształtuje przebieg procesu enkapsulacji, a także cechy fizykochemiczne otrzymanych mikrostruktur. Doktorantka w toku realizacji tego etapu wykazała znaczenie jeszcze jednego czynnika, który dotąd w literaturze naukowej nie był rozpatrywany jako istotny w kształtowaniu cech mikrostruktur. Mianowicie wskazała Ona, iż zawartość wody w istotny sposób kształtuje gęstość i higroskopijność mikrokapsulek. Stąd też parametr ten należy uwzględnić przy projektowaniu procesu produkcyjnego mikrokapsulek.

W odniesieniu do tej części pracy nie wnoszę uwag krytycznych. Jednakże proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do poniższych kwestii:

- 1. Dlaczego do wytworzenia mikrostruktur w tym etapie nie wykorzystano wcześniej przebadanych białek roślinnych (tj. białka grochu i białka owsianego) oraz olejów stanowiących medium rozpuszczające dla olejków eterycznych? Wydaje się, że taki układ doświadczalny byłby jeszcze bardziej interesujący i kompleksowy.**
- 2. Jakie jest prognozowane potencjalne zastosowanie otrzymanych mikrostruktur w przemyśle spożywczym? Czy aplikacje te niosą ze sobą jakieś ograniczenia? Czy są ekonomicznie uzasadnione?**



Podsumowując trzy etapy wyodrębnione przez Doktorantkę, które stanowią rdzeń prezentowanej dysertacji, należy podkreślić, duży wkład Pani magister, ogromną pracę oraz kompetencje w zakresie wykorzystanych przez Nią technik analitycznych. Wyniki uzyskane przez Panią mgr inż. Alicja Kizildag zostały w sposób dokładny omówione oraz zestawione i porównane z najnowszą literaturą przedmiotu w artykułach o zasięgu międzynarodowym. Należy także dodać, że Autorka konsekwentnie i z sukcesem zrealizowała postawiony cel pracy oraz zweryfikowała hipotezy badawcze.

Zwieńczeniem pracy są 'Wnioski', które w opisie poprzedzającym prezentację cyklu artykułów mogłyby być w bardziej precyzyjny sposób zdefiniowane. Doktorantka mogła rozważyć ich punktowe przedstawienie w odniesieniu do poszczególnych etapów i ich celów, które wyodrębniła w pracy. W obecnej formie fragment ten stanowi krótkie podsumowanie. W prezentowanych artykułach wnioskowanie jest jednak bardziej precyzyjne, zgodne z uzyskanymi rezultatami, a także celem badań.

Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny praca doktorska obejmuje oryginalne i wartościowe opracowanie naukowe, które istotnie poszerza wiedzę, zarówno w skali kraju jak i świata, w zakresie możliwości wykorzystania wybranych białek roślinnych w procesie enkapsulacji olejków eterycznych z wykorzystaniem koacerwacji złożonej. Zagadnienia poruszane w pracy stanowią oryginalne opracowanie licujące ze wzrastającą świadomością konsumenta oraz koniecznością wprowadzenia zmian w procesach produkcyjnych. Dają one także szanse na zwiększenie profilu wykorzystania naturalnych substancji roślinnych, w tym olejków eterycznych jako alternatywy dla syntetycznych dodatków do żywności.

Uzyskane wyniki badań są niezwykle obiecujące, ale wskazują też na pewne ograniczenia powszechnie stosowanych rozwiązań, co jest niezwykle cenne w ich przyszłej optymalizacji. Badania przeprowadzone przez mgr inż. Alicję Kizildag oraz ich jakość świadczą o bardzo dobrym przygotowaniu merytorycznym i analitycznym Doktorantki. Otrzymane wyniki pracy mają dużą wartość poznawczą i wnoszą oryginalny wkład do rozwoju wiedzy z zakresu technologii żywności i żywienia.



W świetle powyższego stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Alicji Kizildag pt.: „*Białka roślinne w mikrokapsułkowaniu olejków eterycznych z wykorzystaniem koacerwacji złożonej*” spełnia wszystkie wymogi formalne przedstawione w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce ((Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.).

W związku z powyższym stawiam wniosek do Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia SGGW w Warszawie o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Jej Autorki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie wysoki poziom naukowy opublikowanych wyników badań motywuje mnie do złożenia Wysokiej Radzie wniosku o wyróżnienie przedłożonej do oceny rozprawy doktorskiej w sposób praktykowany przez Szkołę Główną Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Tematyka rozprawy doktorskiej stanowi znaczący wkład do światowych badań nad możliwością wykorzystania koacerwacji złożonej do mikrokapsułkowania olejków eterycznych, co dotychczas było słabo udokumentowane w literaturze naukowej. Wiedza zdobyta przez mgr inż. Alicję Kizildag w trakcie prowadzonych prac badawczych stanowi istotny bodziec dla przedsiębiorców poszukujących nowych rozwiązań związanych z ‘trendem czystej etykiety’ i stabilizacji produktu za pomocą naturalnych związków pochodzenia roślinnego. Rozprawa doktorska reprezentuje wysoki poziom w zakresie oryginalności rozwiązywanego problemu, zastosowanych technik analitycznych oraz wnikliwości w interpretacji uzyskanych wyników. Niepodważalnym atutem rozprawy jest także jej potencjał aplikacyjny oraz zdobyta wiedza technologiczna. Wyróżniający się warsztat naukowo-badawczy znalazł swoje potwierdzenie w stanowiącym rozprawę doktorską cyklu pięciu artykułów naukowych, w których Doktorantka jest pierwszym autorem, a wydanych w czasopismach naukowych znaczących dla dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia.

Należy stwierdzić, że zarówno aktualna jak i unikalna tematyka badawcza oraz całokształt dorobku naukowego Pani mgr inż. Alicji Kizildag, przewyższa przeciętne wymagania stawiane pracom doktorskim w zakresie reprezentowanej dyscypliny.

Powyższy aspekt wysokiej jakości naukowej, jak i szczegółowa ocena zawarta w recenzji jest podstawą do złożenia przeze mnie wniosku o wyróżnienie dysertacji mgr inż. Alicji Kizildag.

Dr hab. inż. Paulina Nowicka, profesor uczelni

Paulina Nowicka

(00)65900734227343277



R

2024

(00)65900734227343277



Poczta Polska
Opłata pobrana 18 zł 30 gr



PRIORYTET

Kancelaria Główna SGGW
2024-12-17
WPLYNEŁO DNIA-8-



RPM/37449/2024 N
Data: 2024-12-17

INSTYTUT NAUK O ŻYWIENIU WŁOWIEKA
SEKRETARIAT
SGGW W NARZĄWIE
UL. NOWOURSYNOWSKA 153C
02-776 WARSZAWA