



Łódź, dn. 29.12.2025 r.

Dr hab. inż. Anna Sobczyk-Guzenda, prof. PŁ
Tel. +42 631 30 73
e-mail: anna.sobczyk-guzenda@p.lodz.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Weroniki Walendziak zatytułowanej

„Liofilizowane emulsje i bizele zawierające mikrocząstki z ekstraktem roślinnym jako ekologiczny prototyp materiałów zaprojektowanych z uwzględnieniem zrównoważonej gospodarki wodnej”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Formalną podstawą opracowania recenzji jest pismo Pani Przewodniczącej Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, dr hab. Urszuli Kiełkowskiej, prof. UMK z dnia 24 października 2025 r. wraz z umową.

Promotorem rozprawy doktorskiej jest Pani dr hab. Justyna Kozłowska, prof. UMK, a promotorem pomocniczym dr Timothy E.L Douglas.

Rozprawa mieści się w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie: nauki chemiczne.

2. Ocena istotności i celowości podjętego tematu

Przedstawiony do oceny cykl czterech publikacji naukowych współautorstwa W. Walendziak, dotyczy projektowania, charakterystyki i wykorzystania nowoczesnych wielofunkcyjnych materiałów biopolimerowych przeznaczonych do zastosowań kosmetycznych i dermatologicznych. Tematyka ta wpisuje się w aktualne trendy nowoczesnej kosmologii głównie w zakresie rozwoju form bezwodnych, a także kontrolowanego uwalniania substancji bioaktywnych, co czyni cykl publikacji istotnym zarówno z punktu widzenia nauk podstawowych, jak i ewentualnych potencjalnych zastosowań przemysłowych. Powstałe formułacje reprezentują nową klasę produktów, które mogą wspierać zrównoważoną gospodarkę wodną polegającą na tym, że otrzymany produkt będzie rozpuszczał się w minimalnej ilości rozpuszczalnika wodnego z powrotem do emulsji lub bizełu. Może to stanowić propozycję rozwiązania prozdrowotnego polegającego na zmniejszeniu jego podatności na wzrost drobnoustrojów, co z kolei pozwoli na zmniejszenia ilości dodawanych konserwantów do tych produktów.

3. Cel, hipoteza i zakres rozprawy doktorskiej

Doktorantka przedstawiła hipotezę, że zużycie wody podczas otrzymywania form kosmetycznych może zostać ograniczone przy jednoczesnym zachowaniu ich właściwości funkcjonalnych (materiał będzie zaprojektowany tak, aby rozpuszczał się w minimalnej ilości rozpuszczalnika wodnego, ponownie tworząc emulsję lub biżel bezpośrednio przed aplikacją na skórę), a otrzymany prototyp ma być oparty na liofilizowanej emulsji oraz biżelu z mikrokapsułkami zawierającymi ekstrakt roślinny.

W oparciu o postawioną hipotezę Doktorantka postawiła sobie główne zadanie do zrealizowania w swojej pracy, polegające na opracowaniu metodyki przygotowania nowej formy kosmetycznej wymagającej zmniejszonego zużycia wody, opartej na liofilizacji emulsji i biżeli przygotowanych z mieszaniny naturalnych polimerów oraz substancji olejowych z wbudowanymi polimerowymi mikrokapsułkami zawierającymi ekstrakt roślinny z kwiatów *Sambucus nigra*.

W związku z tym cele szczegółowe pracy obejmowały:

- Ekstrakcję oraz badania fitochemiczne związków aktywnych z roślin pochodzących z Polski oraz ich enkapsulacja w mikrokapsułkach chitozanowych.
- Opracowanie metodyki przygotowania liofilizowanych emulsji opartych na biopolimerach, krioprotektantach, lipidach i emulgatorze oraz fizykochemiczna charakterystyka otrzymanych materiałów.
- Optymalizację metodyki otrzymywania materiałów opartych na liofilizowanych biżelach oraz fizykochemiczna charakterystyka tych materiałów.
- Modyfikację liofilizowanych emulsji i biżeli poprzez dodatek mikrokapsulek chitozanowych załadowanych ekstraktem z kwiatów *Sambucus nigra*.

Można stwierdzić, że postawiona w rozprawie hipoteza i cele posiadają wymiar naukowy, a wykazanie ich słuszności ma zarówno aspekt poznawczy jak i duże znaczenie praktyczne.

4. Układ i treść rozprawy oraz merytoryczna ocena rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska posiada formę tzw. „zszyfki” i opiera się na czterech spójnych tematycznie publikacjach (stanowiących załącznik), poprzedzonych zwięzłym opisem zawierającym streszczenie, wprowadzenie, omówienie poszczególnych prac oraz weryfikację proponowanych metod w postaci podsumowania.

W momencie otrzymania dokumentacji do oceny, w zbiorze publikacji znajdowały się trzy opublikowane artykuły, natomiast czwarty artykuł nie został jeszcze wydany. Jego materiał został dołączony do rozprawy doktorskiej pod tytułem „Materiał do publikacji - P4”. W dniu 29 10 2025 r, drogą elektroniczną poinformowano mnie, że fragment rozprawy doktorskiej oznaczony jako Material for publication [P4] został opublikowany w czasopiśmie naukowym European Polymer Journal (IF2025 = 6,3; MNI_{SW} = 100). Publikacja ta została dołączona do dokumentacji.

Podsumowując, wszystkie publikacje zawarte w rozprawie znajdują się na liście JCR, z impact factor w przedziale 4,4–6,3. Zgodnie z klasyfikacją Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, artykuły te mają przypisane punkty w przedziale 70–140. Wszystkie prace są wieloautorskie, a nazwisko Doktorantki znajduje się na pierwszej pozycji. Z oświadczeń współautorów dołączonych do dokumentacji wynika, że jej wkład w powstanie tych prac był znaczący i obejmował m.in. przygotowanie koncepcji badań, opracowywanie metodologii, wykorzystanie oprogramowania, analizę formalną, przeprowadzanie badań, opracowanie danych i ich wizualizację, przygotowanie oryginalnej wersji manuskryptu oraz redakcję i korektę jego tekstu.

Niniejsza recenzja zawiera ocenę wartości merytorycznej całości pracy doktorskiej, w tym zgodności założeń i tematu z osiągnięciami końcowymi, doborem literatury, metodyką badawczą, wynikami oraz ich analizą, a nie stanowi natomiast oceny merytorycznej poszczególnych publikacji. Całość rozprawy doktorskiej napisana jest w języku angielskim.

Układ otrzymanej dokumentacji do oceny przedstawia się następująco:

- spis treści,
- wykaz skrótów,
- streszczenie (w języku angielskim i polskim),
- wprowadzenie do rozprawy doktorskiej,
- cel pracy,
- etapy realizacji pracy,
- opis cyklu publikacji i materiału do publikacji P4 w cyklu, metodyki badań oraz weryfikacji proponowanych metod,
- podsumowanie wraz z wnioskami i uwagami końcowymi,
- wykaz osiągnięć naukowych,
- spis literatury,
- załączniki (w formie publikacji oraz oświadczeń wszystkich współautorów) oraz erratę (publikacja 4 w cyklu).

W rozprawie doktorskiej zawarto informację o dodatkowym, imponującym dorobku naukowym jak na tak wczesny etap kariery naukowej. Dorobek ten, oprócz prac ujętych jako osiągnięcie naukowe w ramach doktoratu, obejmuje dziewięć dodatkowych publikacji, z czego osiem znajduje się na liście Journal Citation Reports (JCR), a także jeden rozdział w monografii oraz dwa patenty. Ponadto Pani Magister aktywnie uczestniczyła w licznych projektach badawczych, zarówno skierowanych do młodych naukowców, jak i w większych projektach naukowych finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu SONATA. Prezentowała wyniki z badań na 16 wystąpieniach ustnych oraz 12 prezentacjach plakatowych. Dodatkowo jest współautorką czterech wystąpień ustnych oraz pięciu prezentacji plakatowych. Jej działalność naukowa została wielokrotnie doceniona poprzez nagrody za pracę inżynierską i magisterską, liczne wyróżnienia za prezentacje konferencyjne oraz nagrody naukowe Rektora Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Pani Magister była także laureatką licznych stypendiów Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia, Stypendium Prezydenta Miasta Torunia, jak również Stypendium Rektora dla najlepszych studentów. Na szczególne podkreślenie zasługuje również jej aktywność w zakresie mobilności naukowej. Odebrała dwa zagraniczne staże naukowe, trwające łącznie cztery miesiące, w Lancaster University oraz w Chemistry Technology Centre of Catalonia, a także dwa krajowe staże przemysłowe, również o łącznym czasie trwania czterech miesięcy. Całość przedstawionego dorobku świadczy o wyjątkowej aktywności naukowej, dojrzałości badawczej oraz bardzo wysokim potencjale rozwojowym, znacznie wykraczających poza standardy przyjęte dla tak wczesnego etapu kariery naukowej.

W pierwszej części rozprawy doktorskiej, Autorka wprowadza czytelnika w tematykę badań. Omawia budowę i funkcję skóry, porusza problematykę globalnego kryzysu wody. Podkreśla, że w chemii kosmetycznej widoczny jest obecnie wyraźny trend ekologiczny, obejmujący formułację produktów i strategię pakowania, a badania w tym zakresie koncentrują się głównie na materiałach biodegradowalnych i surowcach naturalnych, podczas gdy narastający globalny kryzys wodny pozostaje w dużej mierze pomijany. Nadmienia także, że kolejnym pilnym problemem środowiskowym jest zanieczyszczenie tworzywami sztucznymi, wynikające z gwałtownie rosnącej ich produkcji i niestety przemysł kosmetyczny także generuje ten problem. W podrozdziałach 3, 4, 5 wprowadzenia, Doktorantka przedstawiła odpowiednio tematykę kosmetyków bezwodnych oraz

zdefiniowała pojęcia emulsji, biżeli i mikrokapsułkowania funkcjonujących w przemyśle kosmetycznym. Moim zdaniem w tym zakresie opisy są za ogólne, powinny one zawierać wnikliwe studium literaturowe na temat istniejących już rozwiązań tego typu, które zostały już przedstawione w dostępnej literaturze. Znacznie podkreśliłoby to innowacyjny charakter badań prowadzonych przez Doktorantkę. W kolejnych wprowadzających w tematykę podrozdziałach scharakteryzowała ekstrakty roślinne i polimery, które zostały przez nią użyte zarówno do tworzenia emulsji, biżeli i mikrokapsulek, podkreślając jednocześnie fakt, że funkcjonalność nowatorskich formułacji jest silnie uzależniona od polimerów stosowanych jako środki strukturyzujące.

W kolejnej części rozprawy doktorskiej została przedstawiona hipoteza badawcza, główny cel oraz cele szczegółowe, które dotyczyły ekstrakcji i badania fitochemicznych związków aktywnych z polskich roślin oraz ich enkapsulacja w mikrocząstkach chitozanu, opracowania metodyki otrzymywania emulsji liofilizowanych na bazie biopolimerów, krioprotektantów, lipidów, emulgatora oraz charakterystyka fizykochemiczna otrzymanych materiałów, optymalizacji metodyki otrzymywania materiałów na bazie liofilizowanych biżeli i charakterystyka fizykochemiczna tych materiałów oraz modyfikację emulsji liofilizowanej i biżeli poprzez dodanie mikrocząstek chitozanu obciążonych ekstraktem z kwiatów bzu czarnego (*Sambucus nigra*). Następnie został omówiony plan pracy, który uwzględniał wcześniej wymienione cele szczegółowe z odniesieniem się do publikacji, w których zostały one szczegółowo opisane.

W mojej opinii rozprawa doktorska stanowi dobrze przemyślany i logicznie uporządkowany cykl publikacyjny. Należy podkreślić fakt, że prace te są wynikiem nie tylko badań prowadzonych na Wydziale Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika ale także w School of Engineering w Lancaster University. Zarówno hipoteza jak i cele są sformułowane jasno, a sposób ich weryfikacji jest czytelnie przedstawiony i dobrze uzasadniony.

W kolejnej części autoreferatu publikacje zostały krótko scharakteryzowane. Pierwsza publikacja z cyklu dotyczy opracowania metodyki pozyskanie ekstraktów z wyselekcjonowanych polskich ziół: bratek trójbarwny (*Viola tricolor*), przetacznik lekarski (*Veronica officinalis*), bluszcz kurdybanek (*Glechoma hederacea*), babka lancetowata (*Plantago lanceolata*); kwiatów: krwawnika pospolitego (*Achillea millefolium*), bzu czarnego (*Sambucus nigra*), lipy drobnolistnej (*Tilia cordata*); kłączy: pięciornika kurze ziele (*Potentilla erecta*) z użyciem aparatu Soxhleta z wodą i etanolem jako rozpuszczalnikami. Na otrzymanych ekstraktach przeprowadzono badania fitochemiczne (całkowitej zawartości polifenoli i flawonoidów) oraz ocenę aktywności antyoksydacyjnej (CUPRAC, FRAP i DPPH RSA) przygotowanych ekstraktów zarówno pojedynczo jak i w kombinacjach. Autorka udowodniła, że ich profile fitochemiczne istotnie zależą od rodzaju rośliny i medium ekstrakcyjnego. Wieloskładnikowe ekstrakty roślinne, z których każdy charakteryzował się wysoką zawartością fitochemikaliów, dały w rezultacie nowe ekstrakty o jedynie umiarkowanej aktywności TPC, TFC i antyoksydacyjnej. Potwierdziła przy tym to, że składniki roślinne mogą wykazywać działanie addytywne i zasugerowała, że starannie dobrany ekstrakt może być skuteczniejszy niż łączenie wielu źródeł, ponieważ zapewnia bardziej przewidywalne i zoptymalizowane właściwości funkcjonalne. Co także jest bardzo cennym wnioskiem przy tworzeniu tego typu materiałów. Następnie zostało przeprowadzone kapsułkowanie wybranych ekstraktów roślinnych w mikrocząstki chitozanu metodą ekstruzji z użyciem enkapsulatora. Na otrzymanych substancjach przeprowadzono badania ich morfologii, ocenę pojemności i profilu uwalniania in vitro ekstraktów umieszczonych w mikrosferach. Opracowane mikrocząstki charakteryzowały się powtarzalną wielkością, gładką powierzchnią i kulistym kształtem, co ma istotne znaczenie dla minimalizacji ryzyka podrażnienia skóry. Dodatkowo opracowane formułację emulsji i hydrożeli ziołowych przebadano pod kątem oceny koloru skóry, nawilżenia jej powierzchni i wyznaczono transepidermalną utratę wody (TEWL) po ich zastosowaniu

na skórze probantów. Autorka udowodniła, że zastosowanie otrzymanych preparatów nie spowodowało uszkodzeń, podrażnień ani rumienia skóry. Odnaczały się one również czasowym działaniem okluzyjnym, zapobiegając nadmiernemu odparowywaniu wilgoci z najgłębszej warstwy naskórka.

W kolejnej publikacji Autorka szczegółowo przedstawiła optymalizację metod przygotowywania liofilizowanych emulsji na bazie biopolimerów. Badania obejmowały szeroki zakres zmiennych, takich jak stosunek fazy olejowej do wodnej, stężenia izolatu białka serwatkowego (WPI), rodzaju i ilości krioprotektantów, a także typu olejów oraz zawartości wosku pszczelego. Równie istotnym aspektem była optymalizacja parametrów homogenizacji, zarówno czasu, jak i prędkości, w celu uzyskania emulsji o najbardziej jednorodnym rozkładzie wielkości kropli. Z przeprowadzonych eksperymentów wynika, że najbardziej stabilne emulsje powstawały przy stosunku fazy olejowej do wodnej 10/90 oraz stężeniu 3% WPI, przy homogenizacji trwającej 3 minuty i prędkości 20 000 obr./min. Doktorantka dokładnie przeanalizowała wpływ wszystkich składników na właściwości fizykochemiczne emulsji i materiałów po liofilizacji. Zwróciła uwagę, że wyższe stężenia krioprotektantów zwiększały średnią wielkość kropli oleju, co mogło wynikać z ich wpływu na lepkość i właściwości międzyfazowe, a dodatek wosku pszczelego również wpływał na wielkość kropli i gęstość materiału, a wybór rodzaju oleju determinował barwę końcowego produktu.

Zwróciła także uwagę na strukturę porowatą materiałów liofilizowanych, która powstaje w wyniku sublimacji kryształków lodu w sieci polimerowej. Porowatość i gęstość materiału miały istotny wpływ na jego zdolność do wchłaniania wody i powrotu do postaci emulsji po rehydratacji, co jest szczególnie ważne z punktu widzenia potencjalnych zastosowań kosmetycznych i farmaceutycznych. Wyznaczono także podstawowe właściwości mechaniczne (statyczna próba na ściskanie), które są kluczowymi czynnikami decydującymi o sposobie obchodzenia się z produktem, stabilności podczas przechowywania i wydajności dla użytkownika końcowego. Podsumowując, otrzymane wyniki wskazują na potencjał liofilizowanych emulsji biopolimerowych jako przyjaznej dla środowiska i dostosowanej do potrzeb opcji do zastosowań w przemyśle kosmetycznym i dermatologicznym.

Wszystkie obserwacje i wnioski przedstawione w tej pracy są starannie powiązane z mechanizmami fizykochemicznymi otrzymanego materiału. Pokazuje to, że Autorka nie tylko skutecznie przeprowadziła szeroki zakres eksperymentów, ale także dokładnie analizowała zależności między składem, procesem a właściwościami materiałów, co świadczy o jej dużej dojrzałości naukowej. Całość pracy prezentuje przemyślaną, kompleksową i logiczną analizę problemu, uwzględniając zarówno aspekty technologiczne, jak i funkcjonalne materiałów, a przedstawione wyniki w sposób klarowny uzasadniają wybór optymalnych warunków przygotowania liofilizowanych emulsji.

W kolejnej publikacji [P3] Autorka szczegółowo opisuje przygotowanie i charakterystykę fizykochemiczną liofilizowanych biżeli, będących kompozytami hydrożelu i oleożelu. Hydrożel składał się z WPI, alginianu sodu i gliceryny, natomiast oleożel z etylocelulozy, oleju słonecznikowego i emulgatora Span 80. Badania obejmowały różne stężenia polimerów oraz proporcje mieszania fazy hydrożelowej i oleożelowej, co pozwoliło na kompleksową ocenę wpływu składu na właściwości finalnego materiału. Po liofilizacji wszystkie próbki uzyskały porowatą, jednorodną matrycę bez widocznych obszarów separacji faz. Autorka zauważyła jednak, że morfologia porów zmieniała się w zależności od zawartości oleożelu, niższe jego stężenia powodowały powstawanie szorstkich, pomarszczonych ścianek porów z charakterystycznymi odciskami kryształków lodu, natomiast wyższe stężenia oleożelu prowadziły do gładszych powierzchni. Przeanalizowano również wpływ składu na właściwości mechaniczne, porowatość, gęstość, zawartość wilgoci, pęcznienie oraz degradację materiałów. Właściwości mechaniczne wykazywały silną korelację z proporcjami hydrożelu i oleożelu – wyższa zawartość EC zwiększała sztywność materiału, podczas gdy hydrożel

WPI wpływał na elastyczność. Autorka także starannie omówiła proces degradacji biżeli w warunkach zbliżonych do pH skóry. Materiały o wyższej zawartości oleożelu tworzyły gęstszą, bardziej zwartą matrycę, co spowalniało degradację nawet do kilku dni. Jednocześnie obserwowała powiązanie między pęcznieniem a degradacją – większe wchłanianie wody przez hydrofilowe polimery przyspieszało rozpad struktury, podczas gdy frakcja hydrofobowa oleożelu ograniczała penetrację wody i stabilizowała matrycę.

Podsumowując podkreślam wysoki poziom naukowy tej pracy, w którym starannie powiązano skład i strukturę materiału z jego właściwościami fizykochemicznymi i funkcjonalnymi. Autorka nie tylko przedstawiła metody przygotowania biżeli, ale również rzetelnie omówiła wpływ poszczególnych komponentów na pęcznienie, degradację i właściwości mechaniczne, podkreślając praktyczny potencjał takich materiałów do zastosowań dermatologicznych, kosmetycznych.

W czwartej publikacji z cyklu [P4] przedstawione badania obejmują modyfikację liofilizowanej emulsji i biżelu dodatkiem mikrocząsteczek chitozanu zawierających ekstrakt z kwiatów bzu czarnego. Przygotowane materiały scharakteryzowano pod kątem morfologii powierzchni, właściwości mechanicznych, wilgotności resztkowej, porowatości, gęstości oraz analizując parametry biofizyczne skóry, w tym kolor skóry oraz TEWL.

Udowodniono, że połączenie biopolimerów (WPI, ALG) i lipidów (wosk pszczeli, olej rokitnikowy) zarówno w biżelu, jak i emulsji skutkowało silnymi interakcjami wewnętrznymi i splątanymi sieciami. Jednak obecność etylocelulozy w biżelach dodatkowo przyczyniła się do zwiększenia sztywności mechanicznej. Doktorantka udowodniła, że wzrost właściwości mechanicznych biżeli w porównaniu z emulsjami może wynikać przede wszystkim z obecności dwóch faz strukturalnych - hydrożelu i oleożelu. Ten dwufazowy układ stworzył bardziej połączoną i wzmocnioną sieć, zwiększając sztywność i odporność na odkształcenia. Ponadto, wprowadzenie mikrocząstek chitozanu do ww. materiałów może dodatkowo wzmacniać sieć poprzez zwiększenie oddziaływań międzycząsteczkowych, co prowadziło do polepszenia właściwości mechanicznych. Ponadto Autorka zaobserwowała także nieznacznie zmniejszoną porowatość zaobserwowaną w biżelach. Ciekawą opisaną obserwacją jest to, że biżele wykazywały nieco niższą gęstość niż emulsje. Co zdaniem Pani Magister sugeruje, że biżele, choć strukturalnie sztywniejsze, mogą zachowywać inną architekturę wewnętrzną lub rozkład faz, co z kolei wpływało na rozkład masy i zagęszczanie. Ponadto Autorka udowodniła, że wprowadzenie do emulsji mikrocząstek chitozanu z ekstraktem zwiększa jej gęstość, co może wynikać z działania mikrocząstek jako wypełniaczy strukturalnych, które modyfikują sieć porów, jednocześnie zwiększając masę na jednostkę objętości. Z uzyskanych danych wynika, że miejscowe leczenie wszystkimi testowanymi materiałami doprowadziło do wzrostu nawilżenia warstwy rogowej. Największy wzrost zawartości wody w najbardziej zewnętrznej warstwie naskórka zaobserwowano po zastosowaniu biżelu modyfikowanego mikrocząsteczkami z ekstraktem z bzu. Na podstawie wskazań kolorymetru stwierdzono, że wszystkie opracowane próbki doprowadziły do zmniejszenia zaczerwienienia skóry. Podsumowując połączenie mikrokapsułkowania i materiałów o strukturze gąbki zaowocowało opracowaniem innowacyjnej, ekologicznej formy materiału, która jest skuteczna i odpowiednia do zastosowań kosmetycznych i dermatologicznych.

Wymienione prace stanowią istotny wkład w rozwój chemii kosmetycznej. Uzyskane wyniki mają nie tylko charakter badań podstawowych, ale również zawierają potencjał aplikacyjny. Ponadto po zapoznaniu się z otrzymaną dokumentacją stwierdzam, że rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej o stopień doktora nauk chemicznych oraz Doktorantka wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz formułowania trafnych wniosków.

Rozdział pracy poświęcony podsumowaniu i uwagom krytycznym został wypunktowany w postaci 11 wniosków szczegółowych, które zostały logicznie uporządkowane. Każdy punkt odnosi się bezpośrednio do wyników badań. Należy podkreślić, że wyraźnie pokazano ciąg badawczy: od pozyskania ekstraktów, przez wytworzenie nośników, zaprojektowanie i syntezę systemów złożonych w postaci emulsji i biżeli, ich szczegółową charakterystykę morfologii właściwości fizyko-chemicznych, mechanicznych oraz poprzez badania kliniczne poprzez zastosowanie miejscowe ich na skórę. Konsekwentnie wskazano powiązanie kolejnych po sobie następujących publikacji [P1–P4]. Stwierdzam jednak, że w tej części pracy zauważalne jest nadmierne użycie pojęcia „optymalizacja”, co może być metodologicznie ryzykowne. Ponadto część wniosków wybrzmiewa jak wnioski cząstkowe, a nie końcowe, które powinny być jednoznaczną odpowiedzią na postawione cele w pracy.

Do omówionego powyżej materiału mam kilka uwag i pytań do Doktorantki:

- w wprowadzeniu Doktorantka powinna znacznie szerzej przedstawić dane w przeprowadzonego przeglądu literatury, w której zostały opisane materiały/substancje zbliżone składem i zastosowaniami do tych omawianych w pracy doktorskiej,
- pomimo zamieszczenia wykazu skrótów, skróty użyte po raz pierwszy w tekście powinny być zdefiniowane,
- w opracowaniach naukowych należy unikać potocznych określeń, takich jak „plastik”, i zastępować je terminami bardziej precyzyjnymi, np. „tworzywo sztuczne”.
- proszę wyjaśnić, dlaczego do sieciowania chitozanu wykorzystano sól sodowa kwasu tripolifosforowego (TPP),
- czy na podstawie przeprowadzonych badań, Doktorantka jest w stanie oszacować, ile użytkownik danego produktu (emulsji, czy biżelu) potrzebuje dodać wody, aby spełniał on swoją założoną funkcjonalność i jak taka procedura powinna przebiegać. Proszę przygotować instrukcję „obsługi” tych produktów,
- zdaniem recenzentki ze względu na to, że woda w przemyśle dermatologicznym, kosmetycznym musi spełniać ściśle określone normy czystości i nie może być użyta ponownie bez oczyszczania oraz kontroli mikrobiologicznej i chemicznej. Dlatego bez dodatkowego uzdatniania kondensat nie może nadawać się do bezpośredniego ponownego użycia w formułacjach, o czym w ogóle Doktorantka nie wspomniała. Ponadto musi być ona także magazynowana w odpowiednich warunkach. Czy w takim układzie, koszty uzdatniania nie przewyższą korzyści?
- Doktorantka w liofilizacji emulsji i biżeli w zastosowaniach dermatologicznych upatruje się zmniejszanie zużycia wody, co może odegrać kluczową rolę w ochronie środowiska i zrównoważonym rozwoju. Uważam jednak, że analiza tego zagadnienia wymaga rozróżnienia pomiędzy bezpośrednim zużyciem wody procesowej, a całkowitym „śladem wodnym” produktu, obejmującym cały jego cykl życia. Z punktu widzenia technologii wytwarzania, liofilizacja nie eliminuje potrzeby użycia wody na etapie formułacji emulsji lub biżeli. Woda jest nadal podstawowym składnikiem fazy ciągłej i musi zostać użyta w ilości porównywalnej do tej stosowanej w klasycznych formach półstałych. W tym sensie liofilizacja nie stanowi technologii bezpośrednio oszczędzającej wodę procesową. Następnie użytkownik musi ponownie użyć nową porcję wody tuż przed użyciem danego produktu.

Oczywiście tak jak stwierdziła Doktorantka wodę procesową można odzyskać i ponownie wykorzystać, ale to wymaga gruntownego jej oczyszczania zarówno pod kątem chemicznym jak i mikrobiologicznym. Z drugiej strony, kluczowym ograniczeniem liofilizacji jest jej wysoka energochłonność. Proces zamrażania, utrzymywania głębokiej próżni oraz długotrwałej sublimacji wiąże się ze znacznym zużyciem energii elektrycznej. W wielu systemach energetycznych produkcja

energii związana jest z istotnym poborem wody. Zatem zwiększone zapotrzebowanie energetyczne może prowadzić do wzrostu pośredniego „śladu wodnego”. Oznacza to, że potencjalne korzyści wynikające z redukcji wody w produkcji końcowym mogą zostać częściowo lub całkowicie zniwelowane już na etapie wytwarzania energii. Bardzo proszę Panią Magister o odniesienie się do mojej uwagi.

Powyższe pytania i uwagi nie umniejszają wartości naukowej pracy, stanowią natomiast zaproszenie Doktorantki do merytorycznej dyskusji naukowej w trakcie publicznej obrony rozprawy doktorskiej

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona przez Panią mgr Weronikę Walendziak rozprawa doktorska pt. *„Liofilizowane emulsje i bizele zawierające mikrocząstki z ekstraktem roślinnym jako ekologiczny prototyp materiałów zaprojektowanych z uwzględnieniem zrównoważonej gospodarki wodnej”* stanowi oryginalne rozwiązanie ważnego i niezwykle aktualnego problemu badawczego w obszarze dyscypliny nauki chemiczne. Autorka wykazała się bardzo wysokim poziomem dojrzałości naukowej, obejmującą umiejętność samodzielnego planowania i realizacji badań, właściwego doboru i stosowania metod badawczych, a także rzetelnej analizy, interpretacji i przejrzystej prezentacji uzyskanych wyników. Podjęcie istotnych z punktu widzenia teorii i praktyki zagadnień badawczych oraz ich konsekwentne rozwiązanie, poparte wartościowymi wynikami i logicznym wnioskowaniem, jednoznacznie potwierdzają opanowanie przez Autorkę warsztatu badawczego na bardzo wysokim poziomie. Głównym dowodem na to jest wytworzenie wysokiej jakości emulsji i bielek przeznaczonych do liofilizacji, co jest trudnym zadaniem technologicznym, ponieważ wymaga jednoczesnej kontroli: stabilności fizycznej i chemicznej, kompatybilności składników z procesem sublimacji oraz zachowania właściwości po ich rehydratacji. Z tego powodu przygotowanie takich układów wymaga starannie opracowanej metodologii, odpowiedniego doboru składników, użycia substancji ochronnych oraz optymalizacji parametrów liofilizacji, co Doktorantce z powodzeniem udało się zrealizować.

Mimo drobnych niedopowiedzeń, pytań oraz uwag stwierdzam, że recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska Pani mgr Weroniki Walendziak obejmuje właściwie udokumentowane i przedstawione ustalenia w zakresie przyjętych celów badawczych oraz weryfikacji hipotezy.

Reasumując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” i wnioskuję o dopuszczenie Pani mgr Weroniki Walendziak do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

Wnoszę ponadto o wyróżnienie pracy doktorskiej.

Uzasadnienie:

W zakresie naukowym niniejsza rozprawa wykracza znacząco poza średni poziom prac doktorskich. Powstała metodyka badań na tle istniejących metod wyróżnia się oryginalnością zastosowanych narzędzi i opracowanych metod. Ma również duże znaczenie użytkowe i przydatność w rozwiązywaniu problemów w ramach dyscypliny nauki chemiczne. Na dodatkowe uznanie zasługuje wysoka aplikacyjność, wartość merytoryczna, która została zweryfikowana ich opublikowaniem w recenzowanych czasopiśmie znajdujących się na liście JCR i wysoko punktowanych w strukturze oceny Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Doktorantka posiada także wyjątkowo dojrzały i

wszechstronny dorobek naukowy, obejmujący liczne publikacje, patenty, staże naukowe, nagrody oraz aktywny udział w konferencjach krajowych i międzynarodowych. Potwierdzam także, że Doktorantka spełnia wszystkie kryteria zawarte w pkt. 5 Uchwały nr 94/2023 Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Wydziału Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu z dnia 13 grudnia 2023 roku w sprawie przyjęcia kryteriów wyróżniania rozpraw doktorskich na Wydziale Chemii UMK.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gr. 2023' followed by a stylized name.

