



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 48  
60-627 Poznań

**WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIU**

**Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności**

Dr hab. inż. Wojciech Białas, Prof. UPP  
Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań, 25.08.2023 r.

### **Recenzja**

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek pt. „Enzymatyczna funkcjonalizacja bakteryjnej nanocelulozy”**

wykonanej w Instytucie Biotechnologii Molekularnej i Przemysłowej

Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności

Politechnika Łódzka

pod kierunkiem

dr hab. inż. Anety Białkowskiej, prof. uczelni

promotor pomocniczy:

dr inż. Karolina Ludwicka, profesora Uczelni

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani **mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek** została wykonana na zlecenie Pani Prodziekan ds. Kształcenia Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej zgodnie z uchwałą Rady do Spraw Stopni Naukowych w dyscyplinach nauki chemiczne, inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia z dnia 20 czerwca 2023 roku.

#### **1. Przedstawienie podstawowych informacji na temat kandydatki i jej dorobku naukowego:**

Mgr inż. Monika Agata Kaczmarek ukończyła w 2019 r. studia na kierunku Biotechnologia na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej. Doktorantka zgodnie z treścią załączonego do dokumentacji oświadczenia nie ubiegała się wcześniej o nadanie stopnia doktora. Mgr inż. Monika Agata Kaczmarek jest współautorką 2



publikacji naukowych oraz 2 komunikatów wygłoszonych na konferencjach międzynarodowych (5<sup>th</sup> International Symposium on Bacterial Cellulose, Jena, Germany; 3rd International Conference on Biotechnology – Research and Industrial Applications, *BRIA*, Wrocław, Polska). Wspomniane publikacje zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych: *Polymers* oraz *International Journal of Molecular Sciences*. Mgr inż. Monika Agata Kaczmarek prezentowała wyniki swoich badań także na 3 sympozjach doktorantów (XIII Sesja Magistrantów i Doktorantów Łódzkiego Środowiska Chemików, Łódź; VIII Łódzkie Sympozjum Doktorantów Chemii, Łódź; XIV Kopernikańskie Seminarium Doktoranckie, Toruń). Ponadto kierowała jednym projektem finansowanym z Własnego Funduszu Stypendialnego Politechniki Łódzkiej oraz była wykonawcą w projekcie dotyczącym analizy organizmów endofitycznych występujących w pokrzywie zwyczajnej (*Urtica dioica*) kierowanym przez dr hab. inż. Olgę Marchut-Mikołajczyk. Odbyła także staż naukowy w BOKU University of Natural Resources and Life Sciences (Wiedeń, Austria). Opisany wyżej dorobek naukowy, szczególnie wspomniane publikacje, oceniam bardzo wysoko.

## **2. Przedstawienie podstawowych informacji o ocenianej rozprawie doktorskiej**

Przedstawiona mi do oceny praca doktorska Pani mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek pt. „Enzymatyczna funkcjonalizacja bakteryjnej nanocelulozy” stanowi bardzo obszerny materiał, liczący 174 strony maszynopisu. Tytuł rozprawy doktorskiej doskonale odzwierciedla jej treść. Obszerny wstęp do pracy jest bezpośrednio powiązany z celem badań. W pracy zamieszczono 22 tabele oraz 18 wykresów i 25 rycin stanowiących opracowanie własne dokumentujące wykonane badania. Struktura rozprawy jest typowa dla prac o charakterze doświadczalnym. Rozprawa jest podzielona na 8 części, w których przedstawiono kolejno: wprowadzenie, wstęp literaturowy, część doświadczalną, wyniki badań, dyskusję, wnioski końcowe, dorobek naukowy kandydatki oraz bibliografię. W pracy zamieszczono także obszerny wykaz skrótów ułatwiających czytelnikowi lekturę dysertacji oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. W pracy zacytowano 246 pozycji literaturowych. Zdecydowana większość cytowanych pozycji pochodzi z ostatniej dekady i są one właściwie dobrane pod względem merytorycznym.

Pod względem redakcyjnym oraz graficznym praca jest przygotowana poprawnie i bardzo starannie. W mojej opinii oceniana rozprawa spełnia wymagania formalne stawiane pracom dysertacyjnym na stopień naukowy doktora, ma bowiem charakter eksperymentalny i zawiera wszystkie niezbędne rozdziały, które uszeregowano w sposób typowy dla prac o charakterze doświadczalnym.

## **3. Ocena merytoryczna rozprawy**

Celem rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek była



ukierunkowana enzymatyczna modyfikacja bakteryjnej celulozy, prowadząca do powstania nowego biomateriału, charakteryzującego się unikatowymi właściwościami funkcjonalnymi. Pod tym względem oceniana rozprawa doskonale wpisuje się w popularny w ostatnich latach trend związany z rozwojem nowoczesnej inżynierii materiałowej, zorientowanej na projektowanie i wytwarzanie nowych biomateriałów o niespotykanych dotąd właściwościach. Podjęte w rozprawie badania należy uznać za bardzo aktualne i mające szeroko zakrojony wymiar poznawczy oraz aplikacyjny. Warto podkreślić, że w swoich badaniach doktorantka skupiła się na opracowaniu skutecznej metody utleniania bakteryjnej celulozy za pomocą niedawno odkrytych enzymów zaliczanych do grupy oksydoreduktaz. Zaprezentowane podejście wychodzi w ten sposób naprzeciw nowym trendom związanym z poszukiwaniem przyjaznych dla środowiska zielonych technologii bazujących na surowcach naturalnych, charakteryzujących się bardzo ograniczonym lub wręcz zerowym wykorzystaniem substancji chemicznych, potencjalnie szkodliwych dla środowiska. Zastosowane w badaniach lityczne polisacharydowe monooksygenazy (LPMO) pełnią bardzo istotną rolę w procesach enzymatycznej konwersji biomasy lignocelulozowej do biopaliw, co zostało szczegółowo opisane we wstępie literaturowym do rozprawy. Wspomniany wstęp, liczący 40 stron maszynopisu, składa się z trzech podrozdziałów opisujących kolejno strukturę, właściwości fizyko-chemiczne i funkcjonalne BNC, sposoby modyfikacji struktury i właściwości BNC oraz mechanizm działania LPMO. W wymienionych podrozdziałach autorka opisała możliwości jak i ograniczenia związane z wytwarzaniem oraz modyfikacją BNC, zwracając uwagę na relatywnie małą ilość danych dostępnych w literaturze naukowej odnoszących się do omawianych zagadnień. Treści prezentowane w pierwszym rozdziale dysertacji to syntetyczny i logicznie przygotowany przegląd dostępnych danych literaturowych, który stanowi doskonale wprowadzenie do omówienia wyników badań zrealizowanych w ramach recenzowanej pracy.

Umiejętne wykorzystanie przez doktorantkę aktywności enzymatycznej LPMO doprowadziło do powstania zupełnie nowych produktów: oxBNC oraz oxBNC-LYS. Efekt ten osiągnięto dzięki konsekwentnej realizacji pięciu doskonale zaplanowanych, wzajemnie ze sobą powiązanych etapów badań zaprezentowanych w sposób bardzo przejrzysty na rys. 13 i obejmujących kolejno:

- Etap 1 – Przygotowanie substratu BNC
- Etap 2 – Utlenianie BNC katalizowane przez LPMO
- Etap 3 – Charakterystyka utlenionej bakteryjnej nanocelulozy (oxBNC)
- Etap 4 – Immobilizacja enzymu na oxBNC
- Etap 5 – Charakterystyka kompozytów oxBNC-LYS



Prawidłowa realizacja wymienionych etapów wymagała od doktorantki zastosowania szeregu różnego rodzaju materiałów oraz metod badawczych i analitycznych. Zostały one szczegółowo opisane w rozdziałach „Materiały” oraz „Metody”. Na szczególną uwagę zasługuje fakt wykorzystania, obok tradycyjnych metod hodowlanych stosowanych np. do produkcji bakteryjnej celulozy czy oznaczenia aktywności przeciwdrobnoustrojowej, także nowoczesnych metod instrumentalnych takich jak: skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM), spektroskopia osłabionego całkowitego odbicia w podczerwieni z transformacją Fouriera (ATR–FTIR) oraz dyfraktometria rentgenowska (XRD), pozwalających między innymi na kompleksową charakterystykę właściwości produkowanych biomateriałów. Bardzo silną stroną dysertacji jest także wykorzystanie zaawansowanych narzędzi statystycznych wspomagających planowanie i realizację prac eksperymentalnych dotyczących w głównej mierze optymalizacji parametrów enzymatycznego utleniania bakteryjnej celulozy. W mojej opinii dobór metod badawczych oraz statystycznych wykorzystanych podczas analizy i omawiania wyników należy uznać za w pełni zasadny i prawidłowy.

Poprawne zaplanowanie badań i konsekwentna ich realizacja przez doktorantkę dostarczyła wielu bardzo ciekawych i oryginalnych wyników zaprezentowanych w kolejnym rozdziale dysertacji. Punktem wyjścia podjętych badań był wybór właściwej metody przygotowania i wstępnej obróbki bakteryjnej nanocelulozy, pozwalającej na osiągnięcie możliwie jak największej wydajności reakcji enzymatycznego utlenienia. Na podstawie analizy izoterm wiązania enzymu do substratu oraz ilości wygenerowanych miejsc utlenień do badań wytypowano BNC poddaną suszeniu liofilizacyjnemu. Z jednej strony jest to korzystne, bowiem utrwalony w ten sposób biomateriał można przechowywać przez długi okres czasu zanim zostanie poddany dalszym modyfikacjom za pomocą badanych enzymów. Wybór ten jest natomiast zdecydowanie niekorzystny z punktu widzenia kosztów ewentualnej produkcji modyfikowanej BNC. Etap suszenia liofilizacyjnego BNC poprzedzający jej obróbkę enzymatyczną prowadzoną „na mokro”, a więc wymagający jej ponownej hydratacji będzie zdecydowanie pogarszał bilans ekonomiczny wdrażanej technologii. W kolejnych badaniach skupiono się na odpowiednim zaprojektowaniu eksperymentów pozwalających na zwiększenie efektywności enzymatycznej obróbki BNC przy zachowaniu określonych założeń technicznych, ekonomicznych oraz środowiskowych. Doktorantka w toku dalszych badań wykazała między innymi, że stopień oksydacji BNC rośnie wraz ze wzrostem stężenia suplementowanego H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, osiągając maksimum wynoszące  $35,5 \pm 2,4 \mu\text{M}$ . Uzyskane dane umożliwiły rozpoczęcie prac zmierzających w kierunku wyznaczenia optymalnych parametrów procesu utleniania BNC z wykorzystaniem metodologii powierzchni odpowiedzi. W badaniach tych doktorantka



uwzględniła trzy zmienne niezależne: stężenie nadtlenu wodoru, czas trwania procesu oraz ilość LPMO. Statystyczna analiza uzyskanych wyników wykazała, że zdecydowanie największy wpływ na wydajność utleniania BNC ma stężenie nadtlenu wodoru. Z powodzeniem udało się także wyznaczyć optymalne warunki procesu i wykonać ich walidację w warunkach eksperymentalnych, potwierdzając w ten sposób adekwatność zastosowanego modelu regresji. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń otrzymano  $40,2 \pm 2,4 \mu\text{M}$  końców utlenionych, utworzonych w błonach bakteryjnej celulozy.

W kolejnym etapie badań doktorantka dokonała oceny wpływu stopnia krystaliczności BNC na wydajność jej enzymatycznego utleniania katalizowanego przez NcLPMO9C. W tym celu polimer ten poddano merceryzacji, która umożliwia konwersję obszarów krystalicznych w amorficzne. Analiza widm spektroskopowych ATR-FTIR wskazywała, że na skutek merceryzacji dochodzi do rozrywania wiązań wodorowych, odpowiedzialnych za stabilizację struktury celulozy, co ilościowo zilustrowano za pomocą wartości liczbowych empirycznego indeksu krystaliczności (LOI) i całkowitego indeksu krystaliczności (TCI). W ten sposób doktorantka jednoznacznie potwierdziła, że obróbka alkaliczna BNC spowodowała spadek wartości parametrów TCI i LOI. Dalsze badania polegające na określeniu powinowactwa wiązania NcLPMO9C do liofilizowanych, merceryzowanych membran BNC, bazujące na analizie izoterm wiązania enzymu do natywnych i modyfikowanych alkalicznie błon bakteryjnej celulozy wykazały, że optymalne stężenie NaOH stosowanego na tym etapie powinno wynosić 13%. Przeprowadzona modyfikacja, skutkująca obniżeniem się stopnia krystaliczności materiału, pozwoliła czterokrotnie zwiększyć efektywność procesu enzymatycznego utleniania BNC. Opracowana w ten sposób technologia modyfikacji BNC stanowi jedno z ważniejszych osiągnięć naukowych doktorantki. Bardzo wartościowym dopełnieniem wykonanych badań jest także analiza właściwości morfologicznych i strukturalnych zmodyfikowanego materiału z wykorzystaniem wspomnianych wcześniej technik mikroskopowych oraz spektroskopowych (SEM, ATR-FTIR, XRD). Doktorantka zaobserwowała na ich podstawie, że natywna oraz merceryzowana bakteryjna celuloza różni się istotnie pod względem średnicy włókien i wielkości porów, co może stanowić o potencjalnie różnym zastosowaniu dla badanych materiałów. Widma FTIR potwierdziły także, że na skutek podjętych działań nastąpiło oksydacyjne rozszczepienia wiązań  $\beta$ -1,4-glikozydowych celulozy. Istotne pod względem poznawczym są także wnioski wyciągnięte na podstawie analizy profili krzywych XRD, zgodnie z którą merceryzacja BNC wpłynęła w sposób istotny na stopień krystaliczności materiału, podczas gdy próbki przed i po enzymatycznym utlenianiu nie wykazywały żadnych zmian w obrębie tego parametru. Tym samym doktorantka wykazała, że oksydacja przez NcLPMO9C nie



ma wpływ na stopień uporządkowania struktury badanego polimeru.

Bardzo ważnym elementem recenzowanej rozprawy są także badania mające na celu weryfikację podatności enzymatycznie utlenionej bakteryjnej nanocelulozy, błon natywnych i merceryzowanych na degradację w środowisku naturalnym (glebie) i hydrolizę enzymatyczną z zastosowaniem komercyjnego preparatu celulolitycznego. Mają one kluczowe znaczenie w aspekcie potencjalnego wdrożenia opracowanych biomateriałów do praktyki. Na podstawie wykonanych badań doktorantka udowodniła, że merceryzacja obniża podatność BNC na degradację, zarówno w środowisku naturalnym jak i hydrolizę enzymatyczną. Odwrotny efekt zaobserwowano natomiast w odniesieniu do wspomnianych biomateriałów uzyskanych na drodze reakcji oksydacji katalizowanej przez *NiLPMO9C*. Warto dodać, że enzymatyczne utlenianie badanych materiałów doprowadziło także do istotnego statystycznie zwiększenia ich zdolności do adsorpcji barwnika wskaźnikowego, jakim była czerwień kongo. W ten sposób doktorantka pośrednio wykazała, że rodzaj końcowej aplikacji biomateriału będzie istotnie rzutował na sposób jego obróbki w procesie produkcji.

Ostatnim, bardzo istotnym elementem rozprawy doktorskiej były badania mające na celu ocenę aplikacyjnego potencjału opracowanych biomateriałów. Białkiem modelowym wykorzystanym w trakcie badań był lizozym. W wyniku realizacji tego etapu badań autorka rozprawy opracowała warunki prowadzenia procesu unieruchamiania enzymu na powierzchni błon bakteryjnej nanocelulozy oraz potwierdziła jego skuteczność. Korzystając z omawianych wcześniej metod instrumentalnych dokonała także pełnej charakterystyki uzyskanych kompozytów BNC(oxBNC)-LYS. Na podstawie uzyskanych wyników wykazała, że oxBNC stanowi skuteczny nośnik do unieruchamiania enzymów, pozwalający na związanie istotnie większej ilości lizozymu w porównaniu do błon natywnych. Co ważne pokazała także, że unieruchomienie lizozymu na powierzchni oxBNC poprzez adsorpcję fizyczną prowadzi niestety do spadku aktywności hydrolitycznej tego enzymu. Spadek ten, jak pokazują dane eksperymentalne zaprezentowane przez doktorantkę, można jednak w pewnym sensie zniwelować przez znaczącą poprawę stabilności preparatu w trakcie przechowywania oraz możliwość jego wielokrotnego wykorzystania w procesie, co zważywszy na koszt zakupu tego białka, może być poważną zaletą. Warto także zauważyć, że doktorantka udowodniła, że kompozyty oxBNC-LYS charakteryzują się większą zdolnością do hamowania wzrostu bakterii *B. subtilis* i *E. coli* oraz lepszymi właściwościami antyoksydacyjnymi w porównaniu do materiału wyjściowego.

W kolejnym rozdziale zatytułowanym „Dyskusja” doktorantka przeprowadziła szczegółową dyskusję zaprezentowanych danych eksperymentalnych, trafnie nawiązując do



badań innych naukowców zajmujących się podobną tematyką. Swoje rozważania zilustrowała tabelami zawierającymi dane zaczerpnięte z cytowanych prac. Bardzo ciekawym elementem dyskusji są rozważania mające na celu analizę porównawczą wpływu merceryzacji BNC na wydajność reakcji utleniania oraz na charakterystykę oxBNC i oxMBNC. Doktorantka analizując dane odnoszące się do charakterystyki zmodyfikowanego materiału celulozowego trafnie zauważyła jego bardzo szeroki potencjał aplikacyjny. Podkreśliła, że może on znaleźć zastosowanie nie tylko w przemyśle spożywczym, jako aktywne/inteligentne opakowania do żywności, ale także w ochronie środowiska jako składnik biofiltrów czy urządzeń stosowanych do oczyszczania wody i ścieków, czy wreszcie w biotechnologii jako nośniki do immobilizacji enzymów lub związków bioaktywnych. Sposób prowadzenia dyskusji wskazuje na dojrzałość naukową doktorantki oraz bardzo dobrą znajomość literatury naukowej dotyczącej nie tylko zagadnień stanowiących przedmiot rozprawy, ale także szerszej problematyki związanej z technologią żywności, biotechnologią oraz inżynierią materiałową.

Ostatnim elementem rozprawy są wnioski, które stanowią kompleksowe podsumowanie uzyskanych wyników. Sposób sformułowania wniosków jest poprawny, ich treść w pełni nawiązuje do celu pracy oraz wykonanych badań. Doktorantka pogrupowała je zgodnie z kolejnością realizowanych etapów badań, co znacznie ułatwia ostateczną ocenę dokonań prezentowanych w ramach ocenianej rozprawy. W świetle przedstawionych wyników oraz ich bardzo dojrzałej dyskusji sformułowane wnioski należy uznać za w pełni uzasadnione. Podsumowując stwierdzam, że oceniana rozprawa zawiera wiele elementów nowości naukowej, które wyraźnie rozszerzają wiedzę na temat otrzymywania oraz możliwości zastosowania bakteryjnej nanocelulozy. Oprócz istotnych walorów poznawczych rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek ma wyraźne praktyczne ukierunkowanie, co stanowi jej niezaprzeczalny atut.

#### **4. Komentarze i uwagi**

Recenzowana rozprawę należy ocenić bardzo wysoko, jednakże podczas jej lektury znalazłem nieliczne drobne błędy, których przykłady wymienię poniżej. Nie mają one wpływu na jakość rozprawy i stąd nie powinny być dyskutowane podczas publicznej obrony rozprawy:

- Na stronie 17 doktorantka wspomina o egzopolisacharydach podając jednocześnie odpowiednik tego terminu w j. angielskim wraz z skrótem ESP. W tym miejscu powinien się raczej znaleźć skrót EPS,
- W tekście brak odwołania do Rys. 25 przedstawiającego widma FTIR natywnej (BNC) i utlenionej (oxBNC) bakteryjnej celulozy,



- Na stronie 17 brak kropki pomiędzy [92] oraz początkiem nowego zdania rozpoczynającym się od Kolejna rodzina.....
- Na stronie 40 w zdaniu: „w drugim przypadku reduktant zużywany substechiometrycznie” brakuje słowa jest,
- Na stronie 45 w nazwie firmy Merck brakuje litery k,

Natomiast poniżej wskazuję pewne pytania i wątpliwości, które powinny stanowić podstawę do dyskusji z doktorantką podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej:

- W celu oznaczenia zawartości białka w preparacie enzymatycznym NewCell Conc L wykorzystano kolorymetryczną metodę Bradforda, która jest dość wrażliwa na obecność substancji stabilizujących obecnych w komercyjnych preparatach enzymatycznych. W tym celu można było wykorzystać metodę kolorymetryczną bazującą na reakcji z BCA, stosowanym przez doktorantkę do oznaczenia stopnia utlenienia BNC,
- Do oceny właściwości przeciwdrobnoustrojowych wykorzystano metodę bazującą na pomiarze absorbancji przy długości fali 600nm. Wydaje mi się, że w przypadku tego rodzaju badań znacznie bardziej wiarygodne wyniki można uzyskać wykonując posiew mikrobiologiczny. Warto zauważyć, że bakterie z rodzaju *Bacillus* tworzą spory o rozmiarach mniejszych od komórek wegetatywnych, co powoduje zmianę odczytu na spektrofotometrze. Chciałbym także zapytać dlaczego wytypowano właśnie te bakterie wskaźnikowe? Proszę także o komentarz odnośnie możliwej adsorpcji komórek do powierzchni stosowanego nośnika.
- Wykres 4 przedstawia wpływ stężenia H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na ilość wygenerowanych miejsc utlenień w BNC. Doktorantka w trakcie badań wykazała, że to właśnie H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ma największy wpływ na wydajność reakcji katalizowanej przez badany enzym. Czy była wykonywana próba kontrolna w podanych warunkach reakcji zawierająca H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pozbawiona dodatku enzymu?
- Na stronie 82 i 83 doktorantka wspomina, że dodatkowo sporządzona macierz wejść zawiera w swoim układzie zalecaną liczbę sześciu doświadczeń centralnych, co przyczyni się do uzyskania wiarygodnych oraz powtarzalnych wyników. To stwierdzenie jest dość niefortunne, punkty centralne pozwalają na dokonanie oceny błędu generowanego przez eksperymentatora i raczej nie są gwarantem uzyskania powtarzalnych wyników. Ich jakość zdecydowanie zależy od rzetelności badacza i jakości jego warsztatu,
- Ubytek masy natywnej (BNC) i merceryzowanej (MBNC) bakteryjnej celulozy oraz jej enzymatycznie utlenionych odpowiedników (oxBNC i oxMBNC) po różnych okresach





degradacji w glebie jak wskazuje kształt krzywych ma przebieg wielofazowy. Czy można to w jakiś sposób wytłumaczyć?

- Na stronie 111 doktorantka stwierdza, że obniżenie temperatury powodowało spadek ilości unieruchomionego lizozymu do nawet 20% (15 °C). Patrząc na wykres 13 jestem przekonany, że było odwrotnie. Lizozym jest białkiem charakteryzującym się bardzo dobrą stabilnością termiczną, wydaje mi się, że w podanych temperaturach nie powinien następować spadek jego aktywności.

Proszę także doktorantkę o komentarz odnoszący się do możliwości immobilizacji innych, znacznie większych białek na badanych w pracy biomateriałach. Lizozym ma relatywnie niską masę cząsteczkową, czy w przypadku większych białek można spodziewać się jakiś negatywnych efektów związanych z tym czynnikiem?

## 5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek pt. „Enzymatyczna funkcjonalizacja bakteryjnej nanocelulozy” wykonana została z należytą starannością oraz zachowaniem właściwej metodologii badań. Czytałem ją z przyjemnością oraz uznaniem dla doktorantki, która wykazała się wysoką wiedzą oraz umiejętnością dyskusji uzyskanych wyników.

W mojej ocenie przedłożona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek spełnia wszystkie warunki określone w art. 187 ust.1-4 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018, poz. 1668 ze zm.). Zwracam się zatem do Rady do Spraw Stopni Naukowych w dyscyplinach nauki chemiczne, inżynieria chemiczna, technologia żywności i żywienia o dopuszczenie mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Mając na uwadze wysoką wartość merytoryczną rozprawy oraz dojrzałą dyskusję zaprezentowanych wyników wnoszę także do Rady o wyróżnienie ocenianej rozprawy doktorskiej.

Poznań, 25.08.2023 r.

*Wojciech Proś*  
.....



Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 48  
60-627 Poznań

**WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI I ŻYWIENIU**  
**Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności**

Dr hab. inż. Wojciech Białas, Prof. UPP  
Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań, 25.08.2023 r.

Rada do Spraw Stopni Naukowych w  
dyscyplinach nauki chemiczne, inżynieria  
chemiczna, technologia żywności i  
żywienia

Recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska mgr inż. Moniki Agaty Kaczmarek pt. „Enzymatyczna funkcjonalizacja bakteryjnej nanocelulozy” stanowi istotny wkład w rozwój nauki związany z badaniami nad biopolimerami o unikatowych właściwościach funkcjonalnych. Rozprawa wykonana została z należytą starannością oraz zachowaniem właściwej metodologii badań. Czytałem ją z przyjemnością oraz uznaniem dla doktorantki, która wykazała się wysoką wiedzą oraz umiejętnością dyskusji uzyskanych wyników. Doktoranta jest również współautorką publikacji naukowych, które ukazały się renomowanych czasopismach naukowych. Stąd, mając na uwadze wysoką wartość merytoryczną rozprawy oraz dojrzałą dyskusję zaprezentowanych wyników wnoszę do Wysokiej Rady o jej wyróżnienie.

Poznań, 25.08.2023 r.

*Wojciech Białas*  
.....