

dr hab. inż. Małgorzata Nowacka, prof. SGGW Warszawa, 25.11.2024
Email: malgorzata_nowacka@sggw.edu.pl
Tel: +48 22 5937579

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Vadyma Chibrikova
pt. „Modelling of mechanical properties of hemicellulose-cellulose
networks in plant cell wall analogues”,
wykonanej w Zakład Mikrostruktury i Mechaniki Biomateriałów
Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego
pod kierunkiem Prof. dr hab. Artura Zdunka

Szkoła Główna Gospodarstwa
Wiejskiego w Warszawie

Katedra Inżynierii Żywności
i Organizacji Produkcji

Instytut Nauk o Żywności

ul. Nowoursynowska 159 C

02-776 Warszawa

+48 22 59 375 61

kizop@sggw.edu.pl

www.sggw.pl

Podstawą opracowania oceny jest:

- pismo Dyrektora Instytutu Agrofizyki PAN w Lublinie Prof. dr hab. Cezarego Sławińskiego, który zgodnie z uchwałą Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN (nr 159/P14/2024 z dnia 23.09.2024, dziedzina nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo) zwrócił się do mnie o opracowanie oceny ww. pracy doktorskiej;
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 r. poz. 742 ze zm.)
- praca doktorska mgr Vadyma Chibrikova pt. „Modelling of mechanical properties of hemicellulose-cellulose networks in plant cell wall analogues”.

Formalna ocena pracy

Praca doktorska mgr Vadyma Chibrikova zatytułowana „Modelling of mechanical properties of hemicellulose-cellulose networks in plant cell

wall analogues” była realizowana w Zakładzie Mikrostruktury i Mechaniki Biomateriałów Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego pod kierunkiem Prof. dr hab. Artura Zdunka. Ponadto niniejsza praca była realizowana w ramach dwóch projektów Narodowego Centrum Nauki (NCN) pt. „Modelowanie właściwości mechanicznych sieci hemicelulozowo-celulozowych w analogach roślinnych ścian komórkowych” (Sonata 15, kierownik dr inż. Piotr Pieczywek) oraz „Celulozowo-pektynowe hydrożele sieciowane jonami metali dwuwartościowych do immobilizacji drobnoustrojów antagonistycznych” (Opus 19, kierownik dr hab. inż. Justyna Cebulska, prof.), w których Pan mgr Vadym Chibrikov był stypendystą.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr Vadyma Chibrikova obejmuje streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz publikacji, stanowiących główne osiągnięcie Doktoranta, opis stanu wiedzy z zakresu tematyki rozprawy oraz opis problemu naukowego wraz z celem badawczym pracy i hipotezą badawczą, trzy cele szczegółowe, przegląd opublikowanych artykułów, metodykę, omówienie wyników i ich dyskusję. Podrozdziały omówienia wyników zostały podzielone zgodnie zakresem poszczególnych publikacji, stanowiących podstawę pracy doktorskiej. Autor podsumował uzyskane wyniki dziewięcioma wnioskami końcowymi. Załączono kopie czterech publikacji i jednego manuskryptu (obecnie opublikowany artykuł w czasopiśmie Scientific Reports) stanowiących podstawę pracy doktorskiej. W pracy znajduje się również wykaz wykorzystanej do przygotowania rozprawy bibliografii, zawierający 173 pozycje literatury w 100% anglojęzycznej, w tym większość pochodzi z okresu ostatnich 10-ciu lat. Do pracy załączono oświadczenia współautorów, potwierdzające ich udział oraz charakter udziału Doktoranta w ich przygotowaniu. Na końcu rozprawy został przedstawiony spis dorobku naukowego Doktoranta, uwzględniający przebieg kariery naukowej, udział w krajowych i zagranicznych konferencjach w formie prezentacji ustnych (łącznie 11) i posterów (3), udział w projektach oraz stażach, listę składanych aplikacji projektowych, a także różne certyfikaty, obowiązki i inne aktywności.

Merytoryczna ocena pracy doktorskiej

W pierwszej części pracy przedstawiono streszczenie w języku polskim i angielskim. Dalsza część pracy została przedstawiona w języku angielskim. Po spisie treści i symboli użytych w pracy, przedstawiono listę publikacji, wchodzących w skład rozprawy, obejmujących dwie prace przeglądowe i trzy prace badawcze:

- P1. Chibrikov, V., Pieczywek, P. M., Zdunek, A., 2023. Tailor–Made Biosystems—Bacterial Cellulose–Based Films with Plant Cell Wall Polysaccharides. *Polymer Reviews*, 63(1), 40–66. DOI: 10.1080/15583724.2022.2067869
- P2. Pieczywek, P. M., Chibrikov, V., Zdunek, A., 2023. *In silico* studies of plant primary cell walls—structure and mechanics. *Biological Reviews*, 98(3), 887–899. DOI: 10.1111/brv.12935
- P3. Chibrikov, V., Pieczywek, P. M., Cybulska, J., Zdunek, A., 2023. Evaluation of elastoplastic properties of bacterial cellulose–hemicellulose composite films. *Industrial Crops and Products*, 205, 117578. DOI: 10.1016/j.indcrop.2023.117578
- P4. Chibrikov, V., Pieczywek, P. M., Cybulska, J., Zdunek, A., 2024. Coarse-grained molecular dynamics model to evaluate the mechanical properties of bacterial cellulose–hemicellulose composites. *Carbohydrate Polymers*, 121827. DOI: 10.1016/j.carbpol.2024.121827
- P5. Chibrikov, V., Pieczywek, P. M., Cybulska, J., Zdunek, A. The effect of hemicellulose–specific enzymes on the structure and mechanical performance of cellulose–hemicellulose hydrogels. Manuskrypt złożony do czasopisma Scientific Reports (obecnie opublikowany).

Wyniki badań zamieszczono w czasopismach znajdujących się w bazie JCR, których łączna liczba punktów MEiN, uwzględniając publikację ostatniego artykułu w Scientific Reports, wynosi 820, a suma IF wynosi 44. Artykuły są dołączone do pracy, a przed każdym z artykułów zamieszczony jest graficzny abstrakt, co ułatwia zorientowanie się w zakresie badań zawartych w danej publikacji.

W opisie stanu wiedzy, zawartym na 14 stronach, przedstawiono skład ściany komórkowej roślin, wraz z charakterystyką poszczególnych jej składników tj. celulozy, hemicelulozy, w tym ksyloglukanu, mannanu, galaktomannanu, glukomannanu i galaktoglukomannanu, oraz arabinoksyłanu. Przedstawiono koncepcje oddziaływań celulozy i hemicelulozy w ścianie komórkowej roślin, wskazując na bardzo złożoną strukturę ściany komórkowej roślin. Następnie scharakteryzowano celulozę bakteryjną i istniejące badania dotyczące oddziaływania celulozy bakteryjnej z hemicelulozą w analogach ścian komórkowych oraz ich właściwości mechaniczne. Omówiono również modelowanie struktur ścian komórkowych roślin. Stan wiedzy został opracowany na podstawie publikacji przeglądowych (P1 i P2). Poruszane w części literaturowej zagadnienia są poprawnie dobrane i dobrze uzasadniają podjętą tematykę badawczą.

W rozdziale drugim przedstawiono hipotezy badawcze i cele pracy. Głównym celem rozprawy było opracowanie strukturalnego modelu celulozowo-hemicelulozowego ściany komórkowej roślin, który umożliwi jej charakterystykę od pojedynczego włókna do całej sieci włókien. Główny cel pracy realizowano w oparciu o trzy cele szczegółowe, które były przedmiotem badań w przedstawionych do oceny, w ramach pracy doktorskiej, publikacjach. Uważam, że postawione w pracy cele są sformułowane prawidłowo.

W kolejnym rozdziale (rozdział 3), zaprezentowanym na 11 stronach maszynopisu, Autor przedstawił przegląd opublikowanych manuskryptów i przedstawiono główne wnioski w nich zawarte. Dwie publikacje przeglądowe wprowadzają do podjętej tematyki badawczej w zakresie mechanicznych właściwości analogów ściany komórkowej roślin przygotowanych na bazie celulozy bakteryjnej oraz hemiceluloz, a także dwuskładnikowych analogów na bazie celulozy bakteryjnej z hemicelulozami oraz trójskładnikowych na bazie celulozy bakteryjnej z hemicelulozami i pektynami. Ponadto, w publikacjach omówiono zagadnienie istniejących modeli numerycznych ściany komórkowej roślin, zwracając uwagę na strukturę sieci włókien, ich właściwości oraz zdolność polisacharydów do wzajemnego wiązania.

Kolejne trzy publikacje są publikacjami badawczymi (P3, P4, P5) i realizują postawione cele szczegółowe dotyczące:

1. wpływu ksylanu, arabinoksyłanu, ksyloglukanu i glukomannanu na właściwości strukturalne, molekularne i mechaniczne analogów hemicelulozy bakteryjnej ściany komórkowej roślin w skali nano i makro w odniesieniu do zawartości hemicelulozy;
2. stworzenia modelu numerycznego, który ocenia właściwości mechaniczne analogów hemicelulozy bakteryjnej ściany komórkowej roślin;
3. walidacji właściwości mechanicznych modelu numerycznego uzyskanego w oparciu o właściwości mechaniczne w skali nano i makro analogów hemicelulozy bakteryjnej ścian komórkowych roślin, w zależności od konkretnego rodzaju hemicelulozy i jej zawartości.

Niniejsze wskazuje na przemyślaną koncepcję badań i dobrą znajomość tematyki badawczej.

Prace badawcze w publikacji P3 dotyczyły zbadania wpływu hemiceluloz na właściwości mechaniczne i molekularne analogów ścian komórkowych roślin na bazie celulozy bakteryjnej i hemiceluloz. Publikacja P4 miała na celu opracowanie numerycznego modelu analogów ścian komórkowych roślin celulozy bakteryjnej i hemicelulozy, co posłużyło do oceny właściwości mechanicznych analogów. Natomiast w publikacji P5 zastosowano enzymolizę *in vitro* hemiceluloz

ścian komórkowych roślin w analogach wyprodukowanych na bazie celulozy bakteryjnej, co pozwoliło na zbadanie wpływu dodatków hemicelulozowych na proces biosyntezy, wydajność procesu, a także skład, strukturę i właściwości mechaniczne analogów ścian komórkowych roślin celulozy bakteryjnej i hemicelulozy.

W pracy przedstawiono również, na 3 stronach maszynopisu, najważniejsze metody badawcze wykorzystywane przy przygotowaniu materiału i prowadzeniu badań. Dodatkowo, informacje metodyczne zostały szczegółowo opisane w poszczególnych publikacjach. Pomimo dołączonych graficznych abstraktów do publikacji, w tym miejscu brakuje mi schematu przedstawiającego cały plan badawczy. Jednak na szczególną uwagę zasługują umiejętności Doktoranta, który zapoznał się, opanował i wykonał badania wymagające znajomości różnych technik m.in. wysokosprawnej chromatografii cieczowej, obróbki enzymatycznej, mikroskopii sił atomowych, spektroskopii Ramana czy testy mechaniczne tj. rozciągania.

Kolejny 10-cio stronicowy rozdział zawiera omówienie wyników i ich dyskusję. Omówienie to stanowi charakterystykę najważniejszych wyników badań, zaprezentowanych w opublikowanych w renomowanych czasopismach, stanowiących rozprawę doktorską. W czterech publikacjach Doktorant jest pierwszym autorem, w jednej publikacji jest drugim autorem, a funkcję autora korespondencyjnego pełnił jednokrotnie. Wszystkie publikacje są wieloautorskie (od 3 do 4 autorów). Dołączone oświadczenia współautorów potwierdzają znaczący udział Doktoranta w współtworzeniu koncepcji badań, udział w opracowaniu metodologii badań, walidacji metod badawczych, przeprowadzeniu analizy danych literaturowych, wykonaniu eksperymentów oraz programowaniu, analizie matematycznej i statystycznej, opracowaniu wizualizacji i dyskusji wyników, przygotowywaniu manuskryptu, a także przygotowaniu odpowiedzi na recenzje.

Rozdział 5 pracy zawiera wnioski i spostrzeżenia w formie dziewięciu podpunktów. Autor w podsumowaniu wskazuje, że wyniki te przyczyniają się do poznania struktury i mechaniki ścian komórkowych roślin i mogą mieć znaczenie dla rozwoju kompozytów celulozy i innych naturalnych polisacharydów inspirowanych ścianami komórkowymi roślin. Jednak, według mojej opinii brak jest wskazania bardziej praktycznych zastosowań otrzymanych badań oraz opracowanego modelu. Wskazane jest uwypuklenie możliwości zastosowania wyników w praktyce.

Podsumowując ocenę merytoryczną stwierdzam, że osiągnięciem mgr Vadyma Chibrikova jest uzyskanie strukturalnego modelu celulozowo-hemicelulozowego ściany komórkowej roślin w oparciu o badania włókien celulozy bakteryjnej. Publikacje, będące podstawą ubiegania się o stopień naukowy doktora, były poddane wcześniej ocenie przez redakcje czasopism i niezależnych recenzentów, a biorąc pod uwagę rangę czasopism, w których wyniki zostały opublikowane, potwierdza to wysoką jakość badań i ważną rolę w wyjaśnieniu zagadnień związanych z budową i modelowaniem ściany komórkowej roślin. Przedstawioną rozprawę doktorską oceniam wysoko.

Podsumowanie

Recenzowana rozprawa mgr Vadyma Chibrikova pt.: „Modelling of mechanical properties of hemicellulose-cellulose networks in plant cell wall analogues”, stanowi samodzielne rozwiązanie problemu badawczego. Za szczególnie istotne należy uznać opracowanie metodologii badawczych w taki sposób, aby zapewnić pełną charakterystykę analogów ścian komórkowych roślin, ze szczególnym uwzględnieniem ich właściwości chemicznych (chromatografia cieczowa wysokosprawna, obróbka enzymatyczna), strukturalnych (mikroskopia sił atomowych), molekularnych (spektroskopia Ramana) i mechanicznych (testy rozciągania ze stałą i cykliczną szybkością odkształcania, itp.). Ponadto zadania nakreślone w celu pracy zostały przez Autora zrealizowane. Zarówno rezultaty doświadczeń, jak i wynikające z nich wnioski są wartościowe w ujęciu naukowym. Autor wykazał się umiejętnością przeprowadzenia wymagających eksperymentów, dyskusji naukowej i merytorycznie poprawnego wnioskowania, co wskazuje na pozyskanie przez Doktoranta wiedzy teoretycznej i praktycznej w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.

W mojej ocenie rozprawa doktorska mgr Vadyma Chibrikova odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim na stopień naukowy doktora i przedkładam do Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie wniosek o jej przyjęcie i dopuszczenie Autora do publicznej obrony.

Ponadto, biorąc pod uwagę wysoką jakość pracy, a także skomplikowanych charakter analizowanych zagadnień, znaczący udział Doktoranta w realizacji badań oraz szerokie rozpowszechnienie wyników w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym i bardzo wysokim współczynniku oddziaływania, zgłaszam formalny wniosek do Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN w Lublinie o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr Vadyma Chibrikova.

M. Nowacka

dr hab. inż. Małgorzata Nowacka, prof. SGGW