Prof. dr hab. Adam Figiel
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wrocław, 2022-09-02

RECENZJA

pracy doktorskiej **mgra inż. Łukasza Masewicza**

pt. **„Opracowanie modelu opisującego transport wody w produktach spożywczych w ujęciu molekularnym"**

wykonanej pod kierunkiem **prof. UPP dr. hab. Hanny Marii Baranowskiej**

Ogólna charakterystyka pracy

Tematyka ocenianej pracy dotyczy złożonego i ważnego z naukowego i praktycznego punktu widzenia zagadnienia, jakim jest opis transportu wody w produktach spożywczych, który występuje m.in. w procesie suszenia, rehydracji i przechowywania. Opis transportu wody w produktach spożywczych w ujęciu molekularnym jest oryginalnym podejściem stwarzającym możliwość wzbogacenia wiedzy na temat zjawisk termodynamicznych i reologicznych zachodzących podczas procesów związanych z przetwarzaniem i przechowywaniem żywności.

Praca doktorska napisana przez mgra inż. Łukasza Masewicza, licząca 95 stron maszynopisu, składa się z siedmiu zasadniczych rozdziałów. Odrębne części w postaci streszczenia w języku polskim i angielskim oraz spisów rysunków, tabel i literatury są uzupełnieniem pracy. Najbardziej obszerny rozdział, liczący 36 stron, dotyczy wyników badań, które zostały przedstawione z wykorzystaniem 50 rysunków i 14 tabel i przedyskutowane na pięciu stronach w odrębnym rozdziale.

Autor powołał się na 80 pozycji literaturowych dobranych adekwatnie do zakresu pracy, przy czym ponad 90% z tych pozycji zostało napisanych w języku angielskim, co świadczy o umiejętności przeglądania doniesień naukowych związanych z tematem pracy w międzynarodowych zasobach literaturowych. Aktualność przytoczonych doniesień potwierdzona jest tym, że ponad 50% z nich pochodzi z ostatnich 10 lat, a powołanie się na 28 pozycji z ostatnich 5 lat świadczy o śledzeniu najnowszych osiągnięć i dbałość o nowatorski charakter pracy. Warto dodać, że wśród tych pozycji znalazło się doniesienie konferencyjne, którego pierwszym współautorem jest mgr inż. Łukasz Masewicz.

Praca posiada tradycyjny układ stosowany w opracowaniach eksperymentalnych i ogólnie napisana jest poprawnym językiem naukowym z prawidłowym umieszczeniem odnośników do literatury.

Ocena merytoryczna

W krótkim wstępie, zawierającym przegląd literatury, Autor w sposób syntetyczny przedstawił rolę wody w żywności akcentując różny charakter jej występowania w strukturach biologicznych decydujący o jej mobilności w ujęciu dynamicznym. Zdefiniowanie oraz przedstawienie sposobów wyznaczania aktywności wody i dyfuzji ułatwiło mu omówienie problemu pomiaru mobilności wody w żywności. Doktorant, po zaprezentowaniu podstawowej techniki pomiaru dynamiki molekularnej wody w produktach spożywczych przy użyciu spektroskopii niskopolowego rezonansu magnetycznego, przytoczył związek między szybkością relaksacji R_2 będącym parametrem określającym tę dynamikę i aktywnością wody oraz między aktywnością wody i współczynnikiem dyfuzji. Nie jest przy tym jasne stwierdzenie, że „prac w których zmierzono współczynnik D i aktywność wody nie znaleziono" wobec zamieszczonego rysunku nr 6 przykładu powiązania wartości współczynników dyfuzji oraz aktywności wody autorstwa Songa i in. (2020). Warto było nieco dokładniej prześledzić doniesienia literaturowe, aby prawidłowo ocenić zakres opracowań dotyczących powiązania transportu wody w produktach spożywczych z aktywnością wody i precyzyjnie sformułować problem badawczy stanowiący genezę podjęcia tematu pracy. Dzięki temu prawidłowo sformułowany cel pracy i zakres badań znalazłyby bardziej przekonywujące uzasadnienie, a zaproponowane hipotezy mogłyby być bardziej uszczegółowione i poparte odpowiednimi założeniami.

Kolejny rozdział zatytułowany „Fenomenologiczny model transportu wody" dotyczy głównego osiągnięcia pracy. Nie jest jasne, dlaczego występuje on przed częścią metodyczną, a nie w ramach wyników badań zmierzających do osiągnięcia celu pracy, którym było „opracowanie fenomenologicznego modelu opisującego transport wody w produktach spożywczych oraz ewakuację wody z powierzchni tych produktów". Koncepcja opracowania modelu transportu wody na podstawie krzywej przedstawiającej wzrost wartości mierzonego parametru w czasie podczas pomiaru aktywności wody jest oryginalna i mogąca istotnie przyczynić się do rozwoju wiedzy w zakresie dyscypliny technologia żywności i żywienia. Stanowi ona alternatywę w stosunku do wyznaczania parametrów związanych z transportem wody na podstawie kinetyki suszenia. Nie jest przy tym jasne na czym polegały wspomniane w tym rozdziale analizy dotyczące dopasowania do punktów eksperymentalnych. Można

przypuszczać, że dopasowywane były różne formuły matematyczne, a efektem tego postępowania było zaproponowanie modelu określonego wzorem nr 6. Konstrukcja tego modelu jest prawidłowa i dobrze uzasadniona przez podzielenie kinetyki przyrostu aktywności wody na trzy etapy. O ile opis pierwszego etapu jest prawidłowy, to interpretacja drugiego i trzeciego etapu budzi zastrzeżenia. Mianowicie, należy uważać, aby w przypadku wilgotnego materiału nie pomylić procesów towarzyszących wyznaczaniu współczynnika dyfuzji metodą suszarkową z procesami towarzyszącymi wyznaczaniu aktywności wody. Otóż podczas wyznaczaniu współczynnika dyfuzji w układzie wilgotny materiał – owiewające suche powietrze znaczny ubytek wody z materiału zmierza do osiągnięcia równowagowej zawartości wody w odniesieniu do wilgotności względnej powietrza stanowiącego czynnik suszący. Wówczas może wystąpić pierwszy okres suszenia związany z odparowaniem wolnej wody powierzchniowej przy stałej szybkości suszenia oraz/lub drugi okres suszenia związany z usuwaniem wody dyfundującej z wnętrza materiału przy malejącej wykładniczo szybkości suszenia. Z kolei w przypadku wyznaczania aktywności wody stosunkowo niewielki ubytek wody z wilgotnego materiału prowadzi do osiągnięcia równowagowej wilgotności względnej powietrza w odniesieniu do zawartości wody w materiale umieszczonym w komorze pomiarowej o stosunkowo małej objętości. Wówczas kinetyka przyrostu wilgotności względnej powietrza, tożsamej z aktywnością wody, zależy od charakteru wymiany masy determinowanej stopniem uwalniania wody z materiału. Tę kinetykę można rozpatrywać w ujęciu molekularnym, a występujące w modelu fenomenologicznym dwa składniki wykładnicze mają uzasadnienie w oparciu o wyniki pochodzące ze spektroskopii niskopolowego magnetycznego rezonansu jądrowego. Warto byłoby przy tym sprawdzić, czy związek zachodzący między aktywnością wody i parametrami modelu nie zależy od temperatury, w której odbywa się wymiana masy między wilgotnym materiałem i otaczającym powietrzem. Ta uwaga ma uzasadnienie w tym, że o ile aktywność wody i poszczególne parametry zależą od temperatury, co zostało bardzo dobrze udokumentowane w dalszej części pracy, to nie wiadomo, czy ta zależność jest rekompensowana w modelu i nie ma potrzeby wprowadzania do niego dodatkowego parametru temperaturowego korygującego jego dopasowanie do punktów eksperymentalnych. Aby to stwierdzić należałoby przedstawić wartości parametrów statystycznych, takich jak współczynnik determinacji lub błąd dopasowania, świadczących o jakości dopasowania modelu do punktów eksperymentalnych. Szkoda, że Doktorant wyznaczając wartości parametrów Vd i Vp modelu (Tabela 8) nie dokonał oceny statystycznej dopasowania tego modelu do punktów eksperymentalnych. Poza tym nietrudno zauważyć, że w tym modelu stanowiącym wielomian wykładniczy zabrakło składnika związanego z

pierwszym etapem wspomnianym przez Kandydata. Obejmuje on wprawdzie stosunkowo niewielki zakres zmienności aktywności wody i przez to może zostać pominięty bez znacznego uszczerbku dla dokładności opisu kinetyki wzrostu zawartości wody, ale wymaga to odpowiedniego skomentowania.

W rozdziale dotyczącym metodyki badań Doktorant precyzyjnie scharakteryzował materiał badawczy w postaci układów modelowych sporządzonych na bazie skrobi modyfikowanej, a także w postaci gotowych produktów spożywczych. Zabrakło przy tym wyjaśnienia dlaczego w grupie produktów spożywczych znalazły się majonezy, farsze pasztetów drobiowo-wieprzowych i kiełbas oraz chleby z dodatkiem makuchów z pestek owoców. Takiego rodzaju wyjaśnienie pojawia się dopiero w rozdziale dotyczącym wyników badań w odniesieniu do farszów. O ile nie budzi zastrzeżeń opis urządzeń i sposobów obliczeń stosowanych do wyznaczania aktywności wody, czasów relaksacji, współczynników samoindukcji i przewodnictwa elektrycznego, to nie jest jasne, czy temperatura pomiaru przewodnictwa elektrycznego wynosząca 21°C towarzyszyła także pomiarom pozostałych wielkości fizycznych.

W kolejnym rozdziale Autor przedstawił wyniki badań otrzymane dzięki realizacji celu pracy zgodnie z przyjętą metodyką. Decyzja o sprawdzeni wpływu tzw. „czynnika temperaturowego była słuszna, przy czym pewność stwierdzenia, że parametr „b" nie zależy od badanego materiału wymaga przebadania nie tylko różnych farszów opisanych w rozdziale 4.1.2, ale także innych produktów, tak jak to zostało zrobione w przypadku parametru „z". Doktorant kontynuując omawianie wyników trafnie zauważył, że istnieje bezpośrednia korelacja między energią aktywacji i równowagową aktywnością wody. Wyznaczenie tej korelacji podniosłoby wartość naukową pracy. Z kolei dokonane i poprawnie przedyskutowane skorelowanie wartości parametrów modelu V_d oraz V_p z wartościami wielkości fizycznych, które zostały wyznaczone w ramach pracy, takich jak: przewodnictwo elektryczne, czasy relaksacji i współczynnik samodyfuzji otwiera drogę do podjęcia próby modyfikacji modelu fenomenologicznego w kierunku uogólnienia jego postaci, którą należałoby poddać weryfikacji w oparciu o dane eksperymentalne dotyczące różnych produktów spożywczych. Przedstawione w pracy zależności równowagowej aktywności wody od czasu relaksacji T_1 oraz parametrów V_d i V_p, a także czasów relaksacji T_1 i T_2 od stopnia stężenia kleików skrobiowych stwarzają szerszy pole manewru w dążeniu do uogólnienia postaci zaproponowanego modelu fenomenologicznego. Podobne znaczenie mogą mieć zależności V_d od T_1 i T_{22} oraz V_p od T_{21} wyznaczone dla próbek chleba z dodatkiem makuchów pestek malin i tryskawek. Z kolei, zmiany wartości parametrów T_1, T_2, V_d, V_p, zachodzące podczas przechowywania majonezów

można uznać za uzupełnienie pracy, które posiada znaczenie praktyczne, ale trudne do bezpośredniego wykorzystania w modelu fenomenologicznym.

Rozdział zatytułowany „Dyskusja”, który w domyśle powinien dotyczyć omówieniu uzyskanych wyników w oparciu o doniesienia innych Autorów, Doktorant rozpoczął od uzasadnienia stosowania zaproponowanej metodyki pomiaru aktywności wody. To uzasadnienie ewidentnie powinno znaleźć się w części metodycznej poświęconej wyznaczaniu aktywności wody. Nie jest przy tym jasne, dlaczego starannie przygotowane uzasadnienie opiera się na wynikach badań aktywności wody oleju rzepakowego, który nie był materiałem badawczym wykorzystanym do opracowania modelu fenomenologicznego. Z kolei, stosunkowo krótkie przedyskutowanie dynamiki molekularnej wody w układach modelowych i produktach spożywczych mogło znaleźć miejsce w rozdziale poświęconym wynikom badań, w którym Doktorant profesjonalnie komentował uzyskane rezultaty odwołując się także do doniesień innych Autorów. W takim ujęciu ostatni podrozdział „Dyskusji” poświęcony analizie statystycznej głównych zmiennych (PCA) mógł stanowić odrębny rozdział. Należy przy tym zauważyć, że wyniki analizy PCA w sposób przejrzysty pozwoliły ocenić istotność korelacji występującej między parametrami wyznaczanymi w ramach badań związanych z opracowanie modelu fenomenologicznego.

Uwieńczeniem rozprawy jest czternaście wniosków, których treść przedstawia najważniejsze osiągnięcia o charakterze naukowym i utylitarnym wynikające z analizy uzyskanych wyników. Wątpliwość budzi druga część wniosku nr 3 mówiąca o tym, że opracowany model nie wymaga wcześniejszego wyznaczenia parametrów geometrycznych zarówno badanej próbki oraz komory pomiarowej. To stwierdzenie wymagałoby przeprowadzenia dodatkowych testów z użyciem tego samego materiału o różnej geometrii, przy czym zmiana geometrii komory pomiarowej mogłaby być kłopotliwa. Stwierdzona we wniosku nr 8 możliwość powiązania czasów relaksacji z aktywnością wody dla układów modelowych, choć uzasadniona teoretycznie, jest w sprzeczności z wynikami analizy PCA. Wniosek nr 14 oraz wyniki badań, na podstawie których został on sformułowany wymagają przedyskutowania, ponieważ nie jest jasne dlaczego 5% dodatek wytłoków drastycznie obniża wartości wyznaczanych parametrów w stosunku do próbki kontrolnej bez dodatków, a dalsze zwiększanie tego dodatku przyczynia się do zwiększenia wartości tych parametrów aż do uzyskania poziomu typowego dla próbki kontrolnej przy dodatku 15%.

Ocena formalna

Doktorant dbając o poprawność strony formalnej pracy nie ustrzegł się od popełnienia szeregu błędów. Mimo podjętych starań o właściwy podział treści, poszczególne rozdziały nie zawsze występują w odpowiedniej kolejności, a niektóre fragmenty zawarte w wybranych rozdziałach powinny zostać przesunięte do innych rozdziałów, o czym wspomniano już w ocenie merytorycznej. Podczas przygotowywania publikacji na podstawie wyników zawartych w pracy należy zwrócić uwagę na niedociągnięcia, które łatwo wyeliminować. Warto uściślić niejednoznaczne sformułowania, do których należy znajdujące się na str. 7 niejasne stwierdzenie, że „woda związana strukturalnie nie zamarza, bądź zamarza w temperaturze -40°C". Poza tym nie powinno się stosować niezręcznych skrótów myślowych, których przykładem jest wyrażenie na str. 10: „"Aktualnie aktywność wody stosuje się jako pomiar wartości równowagowej i porównuje się ją z bezpieczeństwem mikrobiologicznym". Na tej samej stronie znajduje się przykład skrócenia nazwy parametru „aktywność wody" do terminu „aktywność", który niekoniecznie musi dotyczyć wody i w ten sposób może wprowadzić zamieszanie utrudniające percepcję treści. Z drugiej strony zdarzają się niezręczności związane z występowaniem zbędnych określeń, czego przykładem jest znajdujące się na str. 12 sformułowanie „zmiany ilości ubytku wody w czasie", które można skrócić do terminu „ubytku wody w czasie". Na początku str. 18 znajduje się odesłanie do rozdziału 3.2.1 zamiast 4.2.1. Warto uściślić, że wyrażenia matematyczne 7, 8 i 9, stanowiące składniki modelu fenomenologicznego, wprawdzie decydują o charakterze przebiegu fragmentów kinetyki aktywności wody przedstawionych na rysunkach 8, 9 i 10, ale występujące na tych rysunkach wartości można obliczyć jedynie na podstawie kompletnej formuły 6 stanowiącej sumę aktywności wody w stanie równowagi a_r oraz wyrażeń 7, 8 i 9. Ponadto, w wyrażeniu 9 zamiast a_w powinno być a_r. Należy sprawdzić, czy na str. 37 na początku rozdziału 4.3 prawidłowo wykorzystano równanie 15, w którym występuje jedynie parametr T_1, do wyznaczenia parametrów transportu wody w układach modelowych. Na str. 40 i 41 termin „wyrażenie 16" należy zastąpić terminem „wyrażenie 7".

Nie jest jasne, dlaczego rozdział 7 nazwano „Stwierdzenia i wnioski" zamiast „Wnioski".

Do uchybień o charakterze formalnym należy zaliczyć zbyt powierzchowne przedstawienie we wstępie stanowiącym przegląd literatury podstaw teoretycznych dotyczących spektroskopii niskopolowego magnetycznego rezonansu jądrowego.

Występujące w pracy błędy stylistyczne i redakcyjne nie wpływają znacząco na percepcję treści i wartość merytoryczną opracowania.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Oceniana praca autorstwa mgra inż. Łukasza Masewicza dotyczy innowacyjnego opisu transportu wody w produktach spożywczych w ujęciu molekularnym przy użyciu oryginalnego modelu fenomenologicznego. Mimo zbyt wąskiego przedstawienia stanu wiedzy Autorowi udało się sformułować cel pracy, który został zrealizowany w oparciu o bogaty warsztat metodyczny. Bardzo szeroki zakres badań pozwolił uzyskać wyniki wzbogacające wiedzę naukową w dyscyplinie technologia żywności i żywienia. Wyniki te mają przede wszystkim znaczenie poznawcze, ale mogą być wykorzystane w praktyce do optymalizacji procesów przetwarzania i przechowywania żywności, w których występuje zmiana zawartości wody. Doktorant realizując cel pracy, mimo szeregu uchybień merytorycznych i formalnych, wykazał opanowanie niezbędnych metod badawczych oraz cechy świadczące o umiejętności formułowania i rozwiązywania problemów naukowych w oparciu o zdobytą wiedzę teoretyczną i praktyczną. Mam nadzieję, że uwagi przedstawione w recenzji będą pomocne w redagowaniu wartościowych publikacji naukowych z wykorzystaniem materiału zawartego w rozprawie oraz pozwolą ukierunkować dalsze badania zmierzające do uogólnienia zaproponowanego modelu fenomenologicznego i głębszej interpretacji zjawisk fizycznych opisywanych przez ten model.

Stwierdzam, że praca doktorska mgra inż. Łukasza Masewicza pt. „Opracowanie modelu opisującego transport wody w produktach spożywczych w ujęciu molekularnym" spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim i stawiam wniosek o dopuszczenie mgra inż. Łukasza Masewicza do publicznej obrony.

Adam Figiel