

Prof. dr hab. Tomasz Jankowski  
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
ul. Wojska Polskiego 48  
60-627 Poznań

Poznań, 18 listopada 2014

## **Recenzja**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Kabzińskiego  
pt.: **„Wpływ dodatku polisacharydów nieskrobiowych na kształtowanie parametrów  
mieszania zawiesin skrobiowych”**

### **Ogólna charakterystyka rozprawy**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska została wykonanej pod kierunkiem Pana prof. dr hab. inż. Mirosława Grzesika oraz promotora pomocniczego Pana dr inż. Pawła Ptaszka w Katedrze Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

Opiniowana rozprawa zawiera 97 stron, a jej treść zawarto w 16 rozdziałach, a ponadto rozprawa obejmuje zestawienie wykorzystanej literatury (72 pozycje autorów polskich i zagranicznych) oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. Praca ma charakter doświadczalny i zawiera wszystkie elementy, które z formalnego punktu widzenia, powinny wejść w skład rozprawy doktorskiej, w tym wprowadzenie przedstawiające obszar nauki, w której lokuje się problem badawczy rozprawy, dalej przegląd stanu opracowania zagadnienia, sformułowanie celu i zakresu pracy, metody i narzędzia badawcze, omówienie wyników, ich dyskusję oraz wnioski.

### **Ocena trafności tematu i celów rozprawy**

W rozprawie doktorskiej Pan mgr inż. Macieja Kabzińskiego podjęto się charakterystyki zjawiska mechanicznego mieszania zawiesin natywnej skrobi ziemniaczanej, do których, w różnej ilości, wprowadzano polisacharydy nieskrobiowe, tj. karboksymetylocelulozę i gumę ksantanową. Do badania procesu mieszania skonstruowano specjalne stanowisko pomiarowe w skali ćwierć technicznej, wyposażone w trzy rodzaje mieszadeł przeznaczonych do mieszania cieczy o dużej lepkości, tj. kotwicowe, ramowe i wstęgowe. Wybór dwóch polisacharydów nieskrobiowych, dodawanych do zawiesin skrobi ziemniaczanej, Autor uzasadnia ich właściwościami stabilizującymi żele skrobiowe, m.in. hamowaniem zjawiska retrogradacji i poprawą ich konsystencji. Potrzebę oceny zjawiska mieszania wymienionych, ciekłych układów spożywczych Autor uzasadnia brakiem dostatecznie udokumentowanych informacji naukowych opisujących zjawiska towarzyszące mechanicznemu mieszanemu złożonych cieczy o właściwościach reologicznych niestabilnych w czasie. Należy sądzić, że wybór tematyki badań i koncepcja ich wykonania wynika z rozeznania Autora w literaturze przedmiotu, a także z ugruntowanych doświadczeń zespołu Katedry Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego w dziedzinie reologii roztworów i zawiesin różnych układów spożywczych. Zamierzenia Autora zostały ujęte w ogólnym celu badań i w ośmiu szczegółowych zadaniach badawczych, które mają na uwadze optymalizację procesu mieszania złożonych cieczy nienewtonowskich,

zarówno pod względem zużycia energii, jak i zachowania cech jakościowych mieszanych układów. Tak postawiony cel pracy wydaje się zasadny, gdyż pomimo unifikacji aparatów do mieszania cieczy, a szczególnie stosowania przez producentów zasady podobieństwa geometrycznego dla mieszalników wytwarzanych w różnej skali, zróżnicowanie i złożoność produktów spożywczych pod względem składu i cech fizycznych, a także brak dostatecznie dokładnych modeli procesu powoduje, że każdy przypadek praktyczny traktuje się indywidualnie. Przyznać trzeba, że postawione zadanie badawcze jest ambitne i trudne, z uwagi na dużą liczbę zmiennych wielkości mających wpływ na proces mieszania. Należy także zaznaczyć, że zaplanowane prace mają zarówno charakter badań podstawowych (ocena właściwości fizykochemicznych i reologicznych ciekłych układów), jak i badań technicznych o praktycznej przydatności.

### **Merytoryczna ocena rozprawy**

Rozprawę doktorską Pana mgr inż. Macieja Kabzińskiego rozpoczyna część wprowadzająca do dziedziny nauki, w której znajduje się problem badawczy rozpatrywany przez Autora. W pierwszym rzędzie, Autor ogólnie charakteryzuje operacje mieszania wykonywane w procesach technologicznych, przedstawia typowe urządzenia do mieszania oraz parametry i liczby kryterialne opisujące proces od strony inżynierskiej. Dalej Autor omawia podstawowe właściwości reologiczne cieczy i sposoby ich opisu, szczególnie zwracając uwagę na ciecze niestabilne reologicznie – tiksotropowe i antytiksotropowe. Oprócz typowych technik badania tych właściwości, Autor słusznie wskazuje na możliwość wykorzystania do tego celu mieszalnika mechanicznego, po odpowiednim przyporządkowaniu wielkościom mierzonym bezpośrednio, tych, które umożliwiają charakterystykę lepkościową mieszanego układu ciekłego. W tym miejscu Doktorant przedstawił sposób wyznaczania w mieszalniku średniej, zastępczej szybkości ścinania wg. procedury Matznera i Otto - autorów tej koncepcji. Następnie, Doktorant scharakteryzował cechy fizykochemiczne i funkcjonalne skrobi i hydrokoloidów nieskrobiowych, które wybrał jako obiekt badań, wskazując na ich rolę w kształtowaniu reologii i tekstury żywności. Ta część pracy jest opracowana starannie i wskazuje na śledzenie przez Autora treści czasopism naukowych, choć zauważono w niej kilka uchybień i niekonsekwencji. Dotyczy to np. oznaczenia liczby mocy symbolem „ $Eu_m$ ” lub wymiennie „ $Ne$ ”, podanie niewłaściwego zakresu wielkości wskaźnika płynięcia cieczy pseudoplastycznych ( $0 < n < 1$ , a nie  $n < 1$ ), a także niewłaściwej nazwy wielkości opisanej równaniem (21), która jest „średnią, zastępczą szybkość ścinania”. W kolejnym rozdziale pt. „Przegląd literatury” Autor skupia się na omówieniu aktualnego stanu wiedzy na temat wykorzystania badań reologicznych do kształtowania właściwości fizycznych różnych produktów żywnościowych, przede wszystkim produktów skrobiowych i wytwarzanych z dodatkiem różnych hydrokoloidów. Następnie Autor analizuje kilkanaście naukowych opracowań dotyczących problematyki mieszania cieczy nienewtonowskich, w tym układów niestabilnych reologicznie, wykorzystywanych m.in. w przetwórstwie żywności. Doktorant zwraca uwagę na opracowania dotyczące wykorzystania tradycyjnych mieszadeł oraz mieszadeł o nowych kształtach geometrycznych oraz użycie numerycznej mechaniki płynów (CFD) do modelowania ruchu cieczy nienewtonowskich w mieszalnikach i przedstawia najważniejsze wnioski wynikające z cytowanych przez siebie opracowań. Rozdział ten kończy się podsumowaniem, w którym Autor przytacza krytyczne argumenty uzasadniające potrzebę badań zagadnienia mieszania złożonych cieczy spożywczych, podatnych na działanie sił ścinających w mieszalnikach.

W rozdziale 7 przedstawiono cele i zakres badań. Poza wspomnianym już wcześniej, głównym zamiarem Autora, tj. określeniem wpływu dodatku dwóch hydrokoloidów na proces mieszania zawiesiny skrobi ziemniaczanej z użyciem różnych mieszadeł, sformułowano tu także kilka zadań szczegółowych, w tym scharakteryzowanie podstawowych właściwości fizykochemicznych wykorzystywanych substancji oraz ich roztworów i zawiesin, a także ocenę właściwości reologicznych badanych układów z wykorzystaniem reometru rotacyjnego.

W rozdziale 8, Doktorant szczegółowo opisał stanowisko badawcze i jego wyposażenie. Poszczególne elementy stanowiska zostały zaprojektowane i wykonane profesjonalnie, zaś system elektronicznej akwizycji danych, zbieranych w trakcie pomiarów umożliwił nie tylko obliczanie wielkości opisujących operację mieszania i wskaźników reologicznych mieszanych cieczy, ale także wizualizację przetworzonych wielkości. Podkreślić należy, że Autor zamieścił tu szczegółowe dane dotyczące tzw. inwariantów geometrycznych mieszadeł zastosowanych w badaniach. Wielkości te są odpowiadają standardowym, co z jednej strony umożliwia analizę porównawczą z badaniami innych autorów, wykonywanymi w innej skali, a z drugiej, przeniesienie bieżących wyników badań na większą skalę procesu.

W rozdziale 9 pt. „*Materiały i metody*”, przedstawiono pochodzenie, charakterystykę i sposób przygotowania materiału badawczego, którym były zawiesiny skrobi, karboksymetylocelulozy i gumy ksantanowej. Natywną skrobię o stałym stężeniu zawieszano tu w roztworach wodnych hydrokoloidów o zróżnicowanym stężeniu. Nasuwa się pytanie, gdzie w praktyce produkcyjnej w przetwórstwie żywności miesza się „surową” skrobię z wymienionymi lub innymi hydrokoloidami? Metody analityczne, przygotowane przez Pana mgr Kabzińskiego, obejmowały oznaczenie mas cząsteczkowych polisacharydów nieskrobiowych, gęstość badanych układów ciekłych oraz pomiary właściwości reologicznych z użyciem reometru rotacyjnego. Ponadto, Autor przedstawił metodę nazwaną „*identyfikacją układu pomiarowego*”, podyktowaną wyznaczeniu szybkości ścinania w badanych mieszalnikach z użyciem wzorcowej cieczy newtonowskiej, w tym przypadku syropu glukozowego. Doktorant odwołuje się tu do procedury Metznera i Otto, opisaną wcześniej na str. 19., choć w rezultacie postąpił inaczej i dokonał uproszczenia wykorzystując do obliczeń równanie opisujące naprężenia styczne w układzie współosiowych cylindrów (tzw. analogia Couette), typowe dla reometru rotacyjnego. Wydaje się że zjawisko ścinania w szczelinie pomiędzy dwoma cylindrami jest nieco inne niż to, wywołane ruchem mieszadeł zastosowanych przez Autora. W nawiązaniu do powyższego problemu, można zadać pytanie: czy Autorowi rozprawy są znane inne procedury wyznaczenia współczynnika  $k_s$  równania Metznera i Otto?

Czas zaplanowanych doświadczeń mieszania, przedstawiony w omawianym rozdziale jest bardzo długi i niekoniecznie wynika z potrzeb procesowych. Autor zaplanował je tak, aby zmiana obrotów mieszadła następowała co godzinę, co spowodowało, że jedno doświadczenie trwało 5 h. Czy w doświadczeniach sprawdzano, po jakim czasie osiągnano odpowiednią jednorodność układu? We wstępie rozprawy Autor pisze, że celem mieszania jest „*wytworzenie jednorodnego roztworu lub zawiesiny*”. Być może zamierzony efekt następował już po krótkim czasie mieszania, co byłoby korzystne z praktycznego punktu widzenia. Ponieważ nie oceniano tu stopnia zmieszania, działania Autora można uważać wyłącznie za badania modelowe służące udowodnieniu postawionej tezy.

W rozdziałach 10-14 Pan mgr inż. Kabziński przedstawił wyniki eksperymentów, omawiając kolejno rezultaty identyfikacji układu pomiarowego, dalej charakterystykę fizykochemiczną badanych cieczy, wyniki badań reometrycznych oraz pomiary mocy mieszania i lepkości pozornej. W pierwszym rzędzie, Autor wyznaczył współczynnik Metznera

i Otto dla trzech mieszadeł i przedstawił zależność liczby mocy ( $Ne$ ) w funkcji liczby Reynoldsa dla procesu mieszania wzorcowej cieczy newtonowskiej. Podane charakterystyki mocy wykazują uwarstwiony ruch cieczy, choć zdaniem oceniającego większą „czytelność” miałyby prezentacja tej charakterystyki w podwójnie logarytmicznym (klasycznym) układzie współrzędnych, gdzie prostoliniowość funkcji wskazuje na ten obszar ruchu. Odnosi się wrażenie, że Autor założył *a priori* istnienie ruchu uwarstwowionego w mieszalniku do granicznej wielkości  $Re_m=30$ , podczas gdy w literaturze przedmiotu wielokrotnie wykazywano rozszerzenie tego obszaru przy mieszaniu lepkich cieczy ponad tą wartość liczbową. Np. dla mieszadeł wstęgowych, obszar ruchu uwarstwowionego stwierdzano aż do  $Re_m = 50-100$ . Dalej Autor prezentuje rezultaty pomiarów lepkości pozornej w mieszalniku, przy wykorzystaniu równania Metznera i Otto opisującego średnią, zastępczą szybkość ścinania. Zgodność wielkości lepkości pozornej wyznaczonej w reometrze i w mieszalniku stwierdzono wyłącznie dla mieszadła kotwicowego. W komentarzu, Autor chyba słusznie tłumaczy rozbieżności zróżnicowaną budową geometryczną mieszadeł. Ponieważ przy określaniu wielkości współczynnika  $k_s$  dla poszczególnych mieszadeł dokonano uproszczenia skomentowanego już wcześniej, czy jest możliwe że dla mieszadła kotwicowego szybkość ścinania była najbardziej zbliżone do tej, odpowiadającej geometrii Couette?

W kolejnym akapicie przedstawiono charakterystyki reologiczne badanych układów z użyciem reometru rotacyjnego. Autor zaprezentował wyniki badań nie za pomocą klasycznej krzywej płynięcia lecz w postaci zależności lepkości pozornej od czasu działania sił ścinających. W ten sposób dość czytelnie wykazał reologiczną niestabilność układów, objawiającą się zarówno niszczeniem, jak i odbudową struktury wewnętrznej, odmienną dla testowanych hydrokoloidów. Interesujące, choć nie wyjaśnione przez Autora, jest zjawisko zilustrowane na rys. 12.3, gdzie układ skrobia-CMC dla dwóch mniejszych stężeń karboksymetylocelulozy gwałtownie „stracił” lepkość, w porównaniu do czystych roztworów CMC. Z kolei, zależność lepkości pozorna-czas ścinania układów skrobia-ksantan była podobna do tej, obserwowanej dla czystych roztworów ksantanu.

W rozdziale 13 przedstawiono wyniki pomiarów mocy mieszania czystych roztworów wodnych CMC i ksantanu oraz układów tych substancji ze skrobią. Do prezentacji wyników Autor użył wykresów zależności liczby mocy od liczby Reynoldsa we współrzędnych normalnych. Zdaniem recenzenta, do analizy zakresów ruchu laminarnego, przejściowego i burzliwego, właściwsze byłoby przedstawienie tych zależności w układzie współrzędnych  $\log(Ne)-\log(Re_m)$ . Poza jednoznacznym stwierdzeniem laminarności ruchu cieczy w mieszalniku, odcinki prostoliniowe tych zależności umożliwiłyby ponadto ewentualne wyznaczenie tzw. stałych geometrycznych mieszadeł wg równania (7). Interesujące byłoby także sprawdzenie, czy stałe geometryczne zastosowanych mieszadeł mają charakter uniwersalny i czy zależą lub nie zależą od rodzaju mieszanej cieczy. Dalej Autor prezentuje wykresy zmian chwilowej mocy mieszania w czasie, dla różnych szybkości mieszania. Na wykresach zauważa się efekty niestabilności reologicznej mieszanych układów wtedy, gdy czas mieszania jest wydłużony. Zauważa się także pewną niezgodność dotyczącą mocy mieszania poszczególnych mieszadeł. Na ryc. 13.1 do 13.12 liczba  $Ne$  wskazuje na największe zapotrzebowanie mocy przez mieszadło ramowe, następnie kotwicowe oraz wstęgowe dla wszystkich badanych układów. Inaczej wygląda to na ryc. 13.13 do 13.18, gdzie zaprezentowano wyniki pomiaru mocy chwilowej w czasie mieszania. Czy Autor rozprawy znajduje wytłumaczenie tej obserwacji?

Rozdział 14 poświęcił Autor prezentacji pomiarów lepkości pozornej układów ciekłych za pomocą zaprojektowanych mieszadeł, przy wykorzystaniu średniej, zastępczej szybkości

ścianania wyznaczonej wcześniej z korelacji Metznera i Otto. Wyniki badań przedstawił Autor w układzie współrzędnych lepkość pozorna-moment obrotowy mieszadła. Wynika z nich jednoznacznie, że badane układy ciekłe mają charakter cieczy pseudoplastycznych. Jednakże, można dyskutować z Autorem, czy rzeczywiście proponowana prezentacja danych dobrze charakteryzuje badane układy. Interesujące byłoby porównanie wyników pomiarów lepkości reometrem rotacyjnym, prezentowane wcześniej w rozdz. 12, z pomiarami w mieszalnikach, np. w postaci krzywych lepkość pozorna-szybkość ścinania (lub liczba obrotów mieszadła). Dałoby to możliwość oceny zasadności stosowanych przez Autora uproszczeń przy obliczaniu naprężeń stycznych w mieszalnikach, a przede wszystkim dokładności pomiaru. Na istnienie pewnych rozbieżności wskazują wyniki zaprezentowane na ryc. 14.4 i 14.5, gdzie występują dość duże różnice pomiędzy lepkością pozorną zmierzoną mieszadłem ramowym i kotwicowym (14.4) oraz mieszadłem ramowym i wstęgowym, przy podobnym momencie obrotowym.

W drugiej części rozdziału 14 przedstawiono zmienność lepkości pozornej oszacowanej w mieszalnikach w czasie wydłużonego mieszania z różnymi szybkościami obrotów mieszadła. Autor wyróżnił na wykresach obszary ruchu uwarstwionego i przejściowego. Ogólnie, przedstawione wyniki potwierdzają pseudoplastyczny charakter mieszanych cieczy. Ponadto, nie obserwuje się tu efektów niszczenia czy odbudowy struktury cieczy stwierdzonych wcześniej w rozdz. 12 przy ocenie właściwości reologicznych układów ciekłych. W tym miejscu rozprawy należy podkreślić dość rzeczową interpretację obserwowanych zjawisk. Autor stara się wyjaśnić zmienność lepkości pozornej zjawiskami związanymi z oddziaływaniem sił ścinających wytwarzanych przez dane mieszadło na molekularną strukturę substancji modyfikujących lepkość. Wskazuje przy tym na duże zróżnicowanie oddziaływań mechanicznych przez poszczególne mieszadła, wskazując które z nich wywołuje najbardziej widoczne zmiany w strukturze mieszanej substancji.

W rozdziale 15 rozprawy, zatytułowanym „Dyskusja”, Autor podsumował wykonane badania, nawiązując do postawionych wcześniej celów pracy. Dużą część dyskusji dotyczy informacji i wskazówek praktycznych, odnoszących się do zastosowania mieszadeł o różnej budowie w aspekcie zarówno zapotrzebowania energii na mieszanie oraz efektów związanych z niszczeniem struktury mieszanych układów. Autor odniósł się także do opublikowanych prac innych autorów, w których analizowano procesy mieszania różnych cieczy, w tym także spożywczych, zarówno od strony teoretycznej, jak i eksperymentalnej.

Kolejny rozdział „Wnioski” prezentuje 4 stwierdzenia ogólne, 8 wniosków szczegółowych oraz 6 wniosków przyszłościowych, wskazujących ewentualne dalsze badania Autora w obszarze mieszania ciekłych układów złożonych. Należy podkreślić, że treść wniosków ogólnych i szczegółowych jednoznacznie wynika z przedstawionych wyników badań. Pewne uwagi można zgłosić do sformułowania szczegółowego wniosku 4, gdzie Autor napisał, że rodzaj mieszadła ma wpływ na moc mieszania cieczy o dużych odstępstwach od prawa Newtona. Uważam, że stwierdzenie to odnosi się także do cieczy newtonowskich. Ponadto, we wniosku 6 należałoby dodać, że podobieństwo wyników uzyskanych metodami reometrii klasycznej i wyników uzyskanych w mieszalniku jest wyłącznie jakościowe.

### **Ocena formy językowej i technicznej strony opracowania**

Pisownia Autora rozprawy jest ogólnie poprawna, a użyte nazewnictwo, poza nielicznymi wyjątkami, prawidłowe. Praca została przygotowana starannie, zarówno pod względem przejrzystości treści, jak również w zakresie materiałów ilustracyjnych, czytelnych i dobrze opisanych legendami.

Do uchybień natury językowej i edytorskiej należą:

- na str. 29 powtórzono akapit ze str. 27,
  - na str. 47 Autor pisze: „...wartości lepkości pochodzące z operacji przeprowadzonej przy zastosowaniu mieszadła...”, a powinno być: „...wartości lepkości wyznaczone w czasie mieszania...”,
  - na str. 51 Autor pisze: „...stosuje się test pętli histerezy, który jest warunkiem koniecznym zachowań tiksotropowych...”, powinno być: „...stosuje się test pętli histerezy, który umożliwia identyfikację cech tiksotropowych...”,
  - na str. 58 Autor pisze: „...co wynika z obserwowanego, stopniowego zaniku zależności mocy mieszania od lepkości układu poddanego tej operacji.” Lepiej byłoby napisać: „...co wynika ze stopniowego zaniku wpływu lepkości na moc mieszania.”
  - na str. 58, nie podano zakresu liczby obrotów mieszadła,
  - na str. 75, „prędkość” występuje w liczbie mnogiej,
  - na str. 77 Autor pisze: „W obszarze laminarnym każde z mieszadeł generuje odmienne wartości lepkości pozornej.” Mieszadło nie generuje lepkości.
  - na str. 77, „nie zależnie” = „niezależnie”
  - na str. 80 Autor pisze: „...zachowanie zawiesin zarówno z CMC jak i z ksantanem dla mieszadła wstęgowego jest podobne i ma charakter malejący.” Lepiej napisać: „...zależność lepkości od czasu mieszania dla zawiesin zarówno z CMC jak i z ksantanem dla mieszadła wstęgowego ma trend malejący.”
  - na str. 88 Autor pisze: „Kształt mieszadła ma wyraźny wpływ na przebieg zmieniającej się w czasie lepkości pozornej.” Lepiej napisać: „Obserwowane wielkości lepkości pozornej zależą od kształtu mieszadła.”
- Na str. 97 Autor pisze: „Czynność tę przeprowadzono w oparciu o ciecz niutonowską, którą był wysokoscukrzony syrop skrobiowy oraz pomiary z użyciem reometru rotacyjnego.” Lepiej napisać: „Do tego celu użyto wysokoscukrzonego syropu skrobiowego o cechach cieczy niutonowskiej oraz pomiary za pomocą reometru rotacyjnego.”
- Na str. 97 umieszczono streszczenie anglojęzyczne. Przed jakimkolwiek opublikowaniem powinno być sprawdzone przez fachowca.

### **Ocena wartości naukowej i praktycznej rozprawy**

Biorąc pod uwagę cel pracy i szczegółowe zadania badawcze, jaki zaplanował Pan mgr inż. Maciej Kabziński, należy przyznać, że zostały one osiągnięte. Doktorant przygotował nowoczesne stanowisko badawcze wyposażone w system akwizycji danych, samodzielnie zrealizował postawione zadania planując oraz realizując doświadczenia w sposób zgodny z wymaganiami nauki, przy zastosowaniu metod odpowiadających jej współczesnemu poziomowi, a ponadto opracował dane pomiarowe oraz przeprowadził analizę wyników swoich badań. Do najważniejszych osiągnięć Jego pracy doktorskiej zaliczam:

- Ustalenie, że dynamika mieszania ciekłego układu będącego zawiesiną rozproszonej fazy stałej (nieskleikowana skrobia) w roztworach wodnych hydrokoloidów (karboksymetyloceluloza i ksantan) jest uwarunkowana właściwościami reologicznymi fazy ciągłej.
- Wykazanie, że mieszanie wymienionych ciekłych układów w dłuższym czasie, może wywołać strukturalne zmiany w mieszanej cieczy, objawiające się spadkiem lub wzrostem lepkości pozornej.

- Wykazanie, że siły ścinające wywołane ruchem mieszadeł w ciekłych układach złożonych oraz moc mieszania zależą od geometrycznego kształtu mieszadeł oraz właściwości fizycznych hydrokoloidu tworzącego fazę ciągłą.
- Wykazanie, że po zastosowaniu procedury umożliwiającej określenie średniej, zastępczej szybkości ścinania dla układu mieszadło-mieszalnik, jest możliwy pomiar lepkości pozornej w mieszalniku na zasadzie tzw. reometrii mieszadłowej

Do słabszych stron rozprawy Pana mgr Kabzińskiego należy brak ustalenia czasu, po którym mieszany układ złożony ze skrobi rozproszony w roztworach hydrokoloidów stawał się jednorodny, co ewentualnie uzasadniałoby doświadczenia z wydłużonym czasem mieszania. Uważam także, że Autor nie wykorzystał w pełni wielu wartościowych danych pomiarowych, ograniczając się do ich prezentacji na wykresach, choć mógł zbudować na ich bazie matematyczne korelacje i uogólnienia w postaci modeli.

Praktyczna wartość rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Kabzińskiego to przede wszystkim zwrócenie uwagi użytkownikom mieszadeł na ich odpowiedni dobór, zarówno pod kątem zapotrzebowania energii, jak również w aspekcie oddziaływań mechanicznych na mieszane układy, szczególnie wtedy, gdy są one wrażliwe na siły ścinające.

#### Uwaga końcowa

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Macieja Kabzińskiego pt. „*Wpływ dodatku polisacharydów nieskrobiowych na kształtowanie parametrów mieszania zawiesin skrobiowych*” spełnia wymagania stawiane przez Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym z dnia 14 marca 2003 roku, jest bowiem samodzielnym dorobkiem naukowym, wnosi do nauki dużo elementów poznawczych i ma znaczenie dla praktyki. Autor dowiódł w pracy, że dysponuje dużą wiedzą teoretyczną z inżynierii i technologii żywności, wykazuje się inwencją naukową i techniczną przy planowaniu zadań i kształtowaniu warunków doświadczeń w stopniu zapewniającym możliwość samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Proszę Wysoką Radę Wydziału Technologii Żywności Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja o przyjęcie pracy i dopuszczenie Pana mgr inż. Macieja Kabzińskiego do publicznej obrony.

T. Wukliński