

Prof. dr hab. Jerzy Tys
Instytut Agrofizyki
im. Bohdana Dobrzańskiego
PAN w Lublinie

Lublin, 10.11.2015 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Krzysztofa Combrzyńskiego
pt.: „*Ekstruzja spienionych skrobiowych materiałów opakowaniowych*”

Praca doktorska została wykonana na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie pod kierunkiem prof. dr hab. Leszka Mościckiego na Wydziale Inżynierii Produkcji.

Wykonana praca obejmuje swym zasięgiem kilka ważnych obszarów badawczych z pogranicza ekologii, inżynierii rolniczej, inżynierii bioprosesowej oraz biotechnologii. Główny jednak nacisk jest położony na ochronę środowiska naturalnego. Zagospodarowanie materiału z jakiego są wykonane w większości opakowania jest jednym z ważniejszych wyzwań obecnych czasów. Szkoda, że ten problem (ciągle przecież otwarty) czeka na rozwiązanie od tylu lat. Recenzowana praca wpisuje się więc idealnie w istniejące zapotrzebowania rynkowe i stanowi istotny wkład zarówno do wiedzy podstawowej, jak i praktycznej tj. do poprawy istniejącego stanu rzeczy w kierunku zwiększenia tanich i ekologicznie uzasadnionych sposobów produkcji biodegradowalnych opakowań. Obecnie prawie każdy wyrób posiada opakowanie. Główną rolą materiału opakowaniowego jest przede wszystkim ochrona produktów np. w trakcie ich transportu. To właśnie uszkodzenia mechaniczne najczęściej stanowią poważny problem podczas późniejszego wykorzystania różnych artykułów. Aby produkt w stanie nienaruszonym trafił od wytwórcy do odbiorcy ważne jest zastosowanie opakowań o strukturze spienionej, które dzięki swej budowie i właściwościach są w stanie uchronić przedmiot przed zniszczeniem. Spienione materiały opakowaniowe bazują na tworzywach sztucznych. Przykładem jest popularny i obecnie mający wiele zastosowań styropian będący spienionym polistyrenem. Pomimo swych właściwości

i możliwości aplikacji w ochronie produktów opakowania spienione są wciąż zagrożeniem dla środowiska naturalnego. Tworzywa sztuczne jak wiemy nie ulegają w łatwy sposób rozkładowi, stąd też narastający problem ich zagospodarowania i utylizowania. Zarówno unijne, jak i krajowe przepisy odnośnie ograniczania wpływu negatywnych czynników (w tym substancji) na przyrodę wymuszają na badaczach i producentach opakowań, opracowywania nowych, innowacyjnych materiałów, które będą miały wartość dodaną z punktu widzenia ekologii. W wielu już krajach napotkać można w sklepach opakowania przyjazne dla środowiska naturalnego, które składają się z surowców roślinnych i tym samym przyspieszają defragmentację, a nawet rozkład samego tworzywa. Biopolimery to obecnie intensywnie rozwijająca się dziedzina opakowalnictwa, w której pokładane są duże nadzieje i która może przyczynić się do lepszej, czystszej rzeczywistości. Do tej właśnie dziedziny można zakwalifikować przedstawione przez doktoranta badania nt. produkcji za pomocą metody ekstruzji spienionych, skrobiowych materiałów opakowaniowych.

W rozprawie doktorskiej Pana Macieja Krzysztofa Combrzyńskiego zaprezentowano badania nad wytwarzaniem funkcjonalnych i relatywnie tanich opakowań spienionych bazujących na surowcach naturalnych, które w porównaniu do tworzyw sztucznych, są przyjazne dla środowiska naturalnego. Doktorant wykorzystał w swojej pracy skrobię - surowiec łatwo dostępny w prawie każdym regionie świata i charakteryzujący się dość niską ceną. Jak wykazuje literatura skrobia jest już od wielu lat popularnym składnikiem w produkcji biopolimerów. Badania nad jej stosowaniem są jednak potrzebne i niezbędne ze względu na charakter surowca (pochodzenie organiczne) i wciąż nieprzewidywalne jego zachowanie w połączeniu z innymi substancjami. Zaprezentowana i zastosowana przez doktoranta technika ekstruzji to również technologia wymagająca szczegółowego poznania. Znana przede wszystkim z produkcji żywności stanowi bardzo interesujący aspekt w możliwości otrzymania uniwersalnej technologii przetwórstwa surowców naturalnych. Przedstawiona do oceny praca doktorska jest także ważna ze względu na rosnące zapotrzebowanie opinii krajowej, jak i międzynarodowej na produkty przyjazne dla środowiska naturalnego.

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska składa się z 229 stron, włączając spis tabel, rysunków, fotografii oraz aneks. Podzielona jest na 10 rozdziałów, 19 podrozdziałów i 38 podpodrozdziałów. W jej skład wchodzi 41 fotografii, 73 rysunki i 88 tabel. Rozbudowana i w zdecydowanej większości obcojęzyczna bibliografia liczy 253 pozycje. Skondensowane wnioski liczą 11 pozycji.

W rozdziale *Wstęp* podkreślono problemy związane z zastosowaniem materiałów opakowaniowych, jak również z ich zagospodarowaniem. Jako szansę dla rozwiązania tego

zagadnienia wskazano materiały biodegradowalne bazujące na surowcach naturalnych oraz zastosowanie w ich produkcji techniki ekstruzji.

W rozdziale *Cel pracy* postawiono rozwiązanie następujących problemów naukowych:

- Czy możliwe jest zastosowanie ekstrudera jednoślismakowego typu TS-45, szeroko stosowanego w produkcji żywności przez drobnych producentów, do wytwarzania skrobiowych materiałów spienionych?
- Jaki wpływ na przebieg procesu ekstruzji i właściwości gotowego wyrobu mają rodzaje skrobi, dodatki funkcjonalne, wilgotność przetwarzanego materiału oraz parametry procesu?
- Czy wytworzone ekstrudaty ulegają rozkładowi w zdefiniowanych warunkach glebowych?

Sformułowane przez doktoranta powyższe cele są prawidłowe, biorąc pod uwagę cały charakter rozprawy. Świadczą o podjęciu trudnej tematyki, szerokiego zakresu badawczego i wkładzie pracy podjętej przez doktoranta. Realizacja założonych celów prognozuje cenny wkład w dziedzinę produkcji przyjaznych dla środowiska materiałów opakowaniowych z ukierunkowaniem na możliwość zastosowania technologii przez drobnych producentów.

W rozdziale poświęconym przeglądowi literatury szczegółowo przybliżono tematykę związaną z realizowaną pracą. Przedstawiono podział materiałów porowatych, dokonano ich krótkiego i zwięzłego opisu, w szczególności zwracając uwagę na spienione opakowania. Dokonano opisu podstawowych środków spieniających oraz metod produkcji polimerowych tworzyw spienionych. Ze względu na podjętą we wstępie dyskusję dotyczącą przeciwdziałania nadmiernego gromadzenia się w środowisku materiałów opakowaniowych, doktorant opisał naturalne tworzywa mogące zastąpić popularne polimery. W końcowym rozdziale części literaturowej przedstawiono najważniejsze informacje z zakresu techniki ekstruzji i jej aplikacji w produkcji biodegradowalnych materiałów opakowaniowych.

Uważam, że dokonany przegląd literatury jest przejrzysty, zrozumiały i zwięzły. Dokonany podział tematyki na rozdziały i podrozdziały jest prawidłowy biorąc pod uwagę temat pracy i charakter przeprowadzonych badań. Liczne odwołania do zagranicznych prac badawczych oraz podkreślenie dotychczasowego doświadczenia, dorobku jednostki badawczej, w której doktorant realizował podjętą tematykę badań, świadczą o naprawdę przemyślanym, dojrzałym działaniu młodego naukowca i poznaniu szerokiej wiedzy z zakresu omawianej problematyki. Oczywiście doktorant nie ustrzegł się kilku błędów z zakresu stylistyki,

powtórzeń i błędnych cytowań. Są to jednak błędy nieistotne i nie podważają wartości przeprowadzonego przeglądu literatury.

Rozdziały 4 i 5 dotyczą opisu miejsca i przedmiotu badań oraz metodologii badawczej. Doktorant trafnie i przejrzysto przedstawił sposób realizacji swoich badań. W metodyce odwołał się zarówno do norm, jak i do metod badawczych stosowanych przez innych naukowców. W przypadku niektórych badań nasunęły mi się pytania, które przedstawię w dalszej części recenzji.

Rozdział 6, liczący najwięcej stron, to wyniki przeprowadzonych badań i ich analiza. Doktorant dokonał trafnej i zwięzłej analizy, przy współpracy z Katedrą Zastosowań Matematyki i Informatyki UP w Lublinie. Dobraną analizę statystyczną uważam za słuszną biorąc pod uwagę ilość czynników biorących udział w interpretacji wyników. Duże uznanie budzi syntetyczne zebranie danych i przedstawienie najistotniejszych zależności, zwłaszcza, że badaniom poddano aż 252 kombinacje mieszanek surowcowych. Drobne uwagi dotyczące tego rozdziału przedstawię również w dalszej części recenzji.

W rozdziale 7, zamieszczono podsumowanie i wnioski z przeprowadzonych badań. Doktorant dokonał syntetycznej analizy uzyskanych wyników zbierając wszystkie uwagi, w tym własne przemyślenia, w formie 11 wniosków. Swoje uwagi na temat tego rozdziału także opiszę w kolejnym punkcie recenzji.

Rozdziały 8 – 10, poświęcono użytej w pracy bibliografii, spisie rysunków, fotografii, tabel oraz aneksowi.

Układ i treść pracy nie budzą zastrzeżeń od strony merytorycznej. Tematyka rozprawy ma charakter poznawczy i praktyczny, gdyż wiąże się z opracowaniem wskazówek, wytycznych nt. możliwości wytwarzania spienionych materiałów opakowaniowych na bazie skrobi. Autor przyjął prawidłową metodykę badawczą, która jest spójna i bezpośrednio wynika z postawionych problemów naukowych. Zaprezentowany przegląd literatury jest obszerny, ale i niezbędny dla czytelnika do zapoznania się z problematyką tematu. Ogromny podziw budzi także realizacja badań podzielona na dwa etapy.

Autor w fazie wstępnej obserwował przebieg procesu ekstruzji w różnych warunkach obróbki i przy zmiennych parametrach, w tym przy zastosowaniu wielu mieszanek skrobiowych z różnorodnym udziałem dobranych dodatków funkcjonalnych. Przeprowadzone próby pozwoliły doktorantowi na selekcję najlepszych składników i parametrów procesu ekstruzji.

Z opisu fazy wstępnej wynika nabieranie przez doktoranta wiedzy i doświadczenia z zakresu aplikacji techniki ekstruzji w produkcji biodegradowalnych materiałów

opakowaniowych. Przeprowadzone doświadczenia, dojście do uzyskania zadowalających efektów prac i tym samym opracowanie optymalnych parametrów procesu wytwórczego świadczą o złożoności podjętej problematyki i praktycznego poszukiwania możliwości przełożenia wiedzy na rzeczywistą wartość dodaną. Fakt ten zasługuje na szczególne uznanie, gdyż do celów każdego naukowca powinno należeć podejmowanie prac badawczych z uwzględnieniem możliwości zastosowania otrzymanych rezultatów w praktyce. Wartość aplikacyjna i technologia przemysłowego wdrożenia wyników to obecnie również bardzo ważna kwestia brana pod uwagę przez szereg instytucji, w tym Organy Wspólnoty Europejskiej.

W fazie głównej badań autor skupił się już na dobranym składniku głównym – skrobi ziemniaczanej, którą otrzymał od trzech różnych producentów. Za środki spieniające posłużyły dwie substancje: środek PDE oraz alkohol poliwinylowy. Podkreślić należy, że doktorant skupił się na możliwości wytworzenia przydatnych w aplikacji opakowaniowej materiałów zawierających min. 97% skrobi, a więc prawie w całości złożonych z substancji naturalnych. Jak podaje literatura, obecnie nie ma możliwości, by biopolimery składały się tylko z surowców naturalnych. Tym bardziej należy uznać to za szczególnie ważne, że podjęte przez autora próby wytworzenia (przy największym możliwym udziale skrobi) materiałów opakowaniowych o cechach przydatnych w praktycznym zastosowaniu.

Doktorant słusznie zauważył, że wiele czynników należy wziąć pod uwagę podczas analizy przeprowadzonych prac badawczych. Sam proces ekstruzji to szereg zmiennych parametrów, które mogą mieć istotny wpływ na jego przebieg i uzyskiwane efekty pracy. Dodatkowo pod uwagę wzięto zmienne parametry samych mieszanek surowcowych, w tym surowca bazowego – skrobi, różniącego się w poszczególnych próbach zawartością amylozy w składzie.

Praca została napisana poprawnie pod względem językowym. Układ pracy oraz struktura podziału treści nie budzą zastrzeżeń. Szata graficzna pracy jest dobra, rysunki i tabele są staranne i przejrzyste. W czasie zapoznawania się z treścią pracy stwierdziłem jednak pewne niedociągnięcia i usterki, w większości o charakterze dyskusyjnym, które przedstawiam poniżej:

- str. 15 w.13 od góry - styl,
- str. 15 w. 5 od dołu – styl,
- str. 18 w. 6 od góry - styl,
- rys. 3.5. w opisie - warunki chyba raczej beztlenowe,
- str. 41 w. 8 od góry [Narajan 1989],

- str. 41 w. 16 od dołu – w nawiasie brak roku,
- str. 159, 178 i inne stosować raczej poziom wilgotności mieszanek a nie dowilżenia.

Brakuje mi typowego rozdziału – *Dyskusja wyników*. Jakkolwiek taka dyskusja została zamieszczona w bardzo obszernym rozdziale – *Wyniki badań i ich analiza*.

Mając na uwadze Pańskie doświadczenie chciałbym zadać następujące pytania:

Pytanie 1.

Biorąc pod uwagę zapisany cel dotyczący rozkładu ekstrudatów w zdefiniowanych warunkach glebowych, pytanie brzmi:

- gleba jest środowiskiem o bardzo różnorodnym charakterze. Czy określenie tylko rozpuszczalności badanego materiału to nie zbyt ubogi i mało precyzyjny zakres badawczy w stosunku do wybranego środowiska glebowego? Czy nie należałoby przeprowadzić np. doświadczenia wazonowego lub polowego w zróżnicowanych warunkach klimatycznych?

Pytanie 2.

Czy widzi Pan faktycznie praktyczne zastosowanie opracowanej przez Pana metody wykorzystania ekstrudera do produkcji opakowań? Czy spotkał się Pan z zainteresowaniem środowiska przemysłowego na zapotrzebowanie takiej metody produkcji?

Pytanie 3.

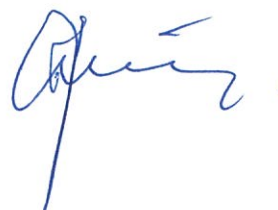
Czy planuje Pan dalsze badania z wykorzystaniem innego typu ekstruderów, np. dwuślimakowych? Czy widzi Pan szansę na powodzenie takiego założenia?

Podsumowując, przedstawiona mi przez Pana Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji UP w Lublinie rozprawa doktorska Pana Macieja Krzysztofa Combrzyńskiego, przygotowana została zgodnie ze wszystkimi wymogami i zasadami, które obowiązują dla prac doktorskich. Założone przez doktoranta cele zostały w pełni osiągnięte, a tytuł odpowiada treści zawartej w niniejszej pracy. O realizacji postawionych problemów naukowych świadczy odpowiednio dobrana metodyka badań, stanowiska badawcze oraz osiągnięte rezultaty z pomiarów wraz z ich interpretacją. Pracę oparto na eksperymencie, podczas którego doktorant wykazał się bardzo dobrym opanowaniem warsztatu badawczego. Otrzymane wyniki badań stanowią cenny wkład w dorobek nauki, i tym samym mogą być podstawą do dalszego pogłębiania zdobytej wiedzy przez młodego naukowca.

W związku z powyższym stwierdzam, że praca spełnia wymagania Art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami). Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i odpowiada wymaganiom stawianym rozprawom doktorskim, dlatego przedkładam Radzie

Wydziału Inżynierii Produkcji Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie wniosek o dopuszczenie Pana mgr inż. Macieja Krzysztofa Combrzyńskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Biorąc pod uwagę wysoką wartość naukową, jakość pracy, oryginalność i obszerny wkład doktoranta w przeprowadzonych badaniach i analizach wyników uważam także, że praca zasługuje na wyróżnienie.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Maciej Combrzyński', written in a cursive style.