

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Eweliny Kosteckiej pt. "Technologiczne uwarunkowania recyklingu biokompozytów oparte na teorii cukrowo-białkowej kondensacji"

Podstawa opracowania:

Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Mechanicznego Akademii Morskiej w Szczecinie z dnia 16.06.2021

Uwagi wstępne:

Podjąłem się oceny naukowej pracy doktorskiej mgr inż. Eweliny Kosteckiej pt. "Technologiczne uwarunkowania recyklingu biokompozytów oparte na teorii cukrowo-białkowej kondensacji" gdyż: zagadnienia przetwórstwa tworzyw polimerowych, właściwości materiałów przetwarzanych w tym tworzyw modyfikowanych, szczególnie ich recykling, wchodzi w zakres moich zainteresowań naukowych i były przedmiotem wielu krajowych i zagranicznych publikacji własnych i zespołu.

Oceny dokonałem na podstawie przekazanego mi maszynopisu rozprawy wraz z ilustracjami, obejmującego:

- 136 stron formatu A4 z 9 tabelami, 83 rysunkami, 172 poz. literatury (30 źródeł internetowych), 59 pozycji od 2015 roku, w tym 2 współautorskie publikacje doktorantki,
- 6 rozdziałów merytorycznych.

Ocena formalno – merytoryczna:

W ocenie rozprawy przyjęto kryteria wynikające z obowiązującej Ustawy 2.0 regulującej postępowania dotyczące stopni naukowych i tytułów naukowych.

Oceniana rozprawa składa się z części literaturowej i badań własnych i obejmuje 5 rozdziałów merytorycznych a także rozdziału 6 stanowiący podsumowanie pracy. Ponadto w pracy zamieszczono spis literatury i streszczenia w języku polskim i angielskim. Autorka poszczególnym głównym rozdziałom nadała wynikające z przyjętego zakresu pracy następujące tytuły:

1. Ogólna charakterystyka kompozytów polimerowych i ich przetwórstwo,
2. Biopolimery, biokompozyty i ich przetwórstwo (kompostowanie),
3. Teza i cel pracy
4. Metodyka badań własnych, technologia wytwarzania i przetwarzania biokompozytów oraz materiał badawczy,
5. Właściwości mechaniczne i fizykochemiczne wytwarzanych biokompozytów,
6. Podsumowanie i wnioski.

Znaczenie pracy, polega przede wszystkim, na poszerzeniu wiedzy o zjawiskach występujących w procesach przetwórstwa i recyklingu tworzyw biodegradowalnych. Ponadto znaczenie pracy polega na wzbogaceniu wiedzy o metodyce badań materiałów polimerowych, uwzględniającej ocenę i efektywność procesu kompostowania tych materiałów w zależności od zastosowanych modyfikatorów procesowych i czasu użytkowania. Istotnym elementem pracy jest stosowanie z jednej strony metodyki standardowej wynikającej z podstaw przetwórstwa tworzyw a z drugiej metodyki znamiennej dla procesów przygotowania i realizacji kompostowania materiałów biodegradowalnych.

Treść pracy jest zgodna z jej przedmiotem i tytułami rozdziałów. Literatura została dobrana według zakresu wymaganego tematem pracy i przetworzona zgodnie z przyjętą koncepcją rozwiązania problemu naukowego. Wybór metody opracowania programu badań, został poprawnie uzasadniony z punktu widzenia przyjętych do realizacji celów badań.

Rozdziały są zaplanowane prawidłowo i kończą się syntetyzującymi uogólnieniami, a zakończenie pracy ogólną syntezą i podsumowaniem o istotnym ładunku poznawczym i praktycznym.

Oryginalnym osiągnięciem Autorki pracy jest potwierdzenie możliwości zintensyfikowania i poprawienie skuteczności procesu biodegradacji polilaktydu, poprzez zastosowanie dodatku cukrów złożonych, zgodnie z teorią cukrowo-białkowej kondensacji. Rozwiązanie tego zagadnienia może sprzyjać uzupełnieniu podstaw przetwórstwa tworzyw w zakresie relacji jakie występują pomiędzy warunkami przetwórstwa, właściwościami użytkowymi przetwarzanego polilaktydu a jego podatnością na recykling, w warunkach „wzmacniania” procesu kompostowania dodatkiem intensyfikującym ten proces.

Uzasadnienie:

Nieustanny wzrost zastosowania wytworów z materiałów polimerowych, praktycznie we wszystkich ważnych obszarach gospodarki a także intensywny rozwój procesów ich przetwórstwa, zgodnie z oczekiwaniami społecznymi a przede wszystkim środowiskowymi, generuje potrzebę obniżenia szkodliwego oddziaływania tworzyw, po okresie użytkowania (koniec cyklu życia). Istnieje zatem potrzeba takiego sposobu projektowania wytworów z tworzyw które uwzględnia ich unieszkodliwienie. Przypadkiem szczególnym jest tu zastąpienia tworzyw bazujących na surowcach petrochemicznych tworzywami biodegradowalnymi. Zadania związane z recyklingiem tworzyw rozwijane są według dwóch głównych modeli, służących zagospodarowaniu odpadów tzw. poużytkowych. W pierwszym przypadku materiały i elementy konstrukcyjne, po okresie użytkowania (zakończenie cyklu życia) kierowane są do ponownego przetwórstwa (recykling materiałowy). Drugie rozwiązanie dotyczy szczególnie recyklingu elementów wykonanych z materiałów pochodzenia naturalnego i całkowicie biodegradowalnych. W sytuacji ciągłej nadprodukcji dóbr konsumpcyjnych i przy ogromnym wzroście masy składowanych wytworów, przyjęta strategia winna uwzględniać wszystkie dostępne rozwiązania w tym również recykling energetyczny i surowcowy. Wobec nieuchronnego zużycia surowców nieodnawialnych, ciągle poszukuje się źródeł alternatywnych i takim rozwiązaniem jest wzrost zainteresowania stosowaniem tworzyw biodegradowalnych, na bazie surowców naturalnych. W pewnym sensie ma miejsce tu powrót do historii tworzyw, jako że na początku był celulozoid (do dziś wytwarzane piłki ping pongowe).

Zalety wynikające ze stosowania tworzyw polimerowych związane są z aspektami zarówno ekonomicznymi jak i technicznymi. Należy podkreślić tu wysoką podatność na przetwórstwo i potencjalnie duży, szczególnie w grupie tworzyw termoplastycznych, potencjał materiałowy po okresie użytkowania. Problemem który utrudnia w pełni realizowanie

korzystnego dla środowiska recyklingu jest względnie niska cena surowca i ciągły brak dobrego rozwiązania nawrotu tworzyw do zamkniętego obiegu (GOZ). Brak jest poszanowania tworzywa jako surowca, ale także niedostatki w kulturze użytkowania. Trudno jednak sobie dziś wyobrazić produkcję żywności bez opakowań barierowych, czy też systemów przesyłania wody, gazu, informacji (światłowody) bez instalacji z PE czy PP. Redukcja zużycia energii ogólnie w transporcie, ze względu na zastosowanie materiałów polimerowych i kompozytów, zdecydowanie zmniejsza masę pojazdów, czym wpływa na redukcję zużycia energii i emisji CO₂. Sytuacja która wyniknęła w związku z pandemią Covid 19, wykazała paradoksalnie, że bez elementów jednorazowego użytku z tworzyw (strzykawki, rękawiczki i inne środki ochrony osobistej) trudno byłoby zachować niezbędne środki bezpieczeństwa. Z wielu badań wynika, że trudne byłoby choćby ze względu na całkowity bilans ekologiczny wykonać te wyroby z innych alternatywnych materiałów.

Ciągle rosnący udział stosunkowo nowych materiałów jakimi są tworzywa biodegradowalne, generuje ważną potrzebę pełnego rozeznania ich podatności na przetwórstwo, użytkowanie i oczywiście recykling - w tym przypadku kompostowanie. Wykorzystanie biodegradowalności (kompostowalności) w ramach których, w specyficznych warunkach przemysłowych kompostowników realizowany jest proces degradacji tych materiałów jest jednym z ważnych działań w obszarze nauki i gospodarki. Jakość wytworów z tworzyw biodegradowalnych w zakresie warunków przetwórstwa i użytkowania nie powinna istotnie odbiegać od tworzyw standardowych tym bardziej, że zarówno w przetwórstwie jak i ocenie ich właściwości użytkowych przyjmuje się standardowy zbiór cech i wielkości. Rozpowszechnienie użytkowania tych materiałów zależy więc od wielu czynników w tym:

- pełnego poznania mechanizmu destrukcji i produktów rozkładu w tym, tzw. mikroplastiku,
- opracowania selektywnej zbiórki i kierowania ich do instalacji kompostowania (rozdzielenie ich od innych polimerów),
- zidentyfikowanie wpływu prodegradentów (katalizatorów) na środowisko.

Z aktualnej analizy stanu wiedzy i technologii wytwarzania a także podatności na recykling tworzyw biodegradowalnych, etapy te nie są do końca zidentyfikowane. Ważnym jest zatem poszukiwanie rozwiązań, w których kierunek niniejsza praca, z jej założeniami dobrze się wpisuje.

Złożoność problemu recyklingu związana jest z tym, że dotyczy zarówno materiałów jak i obiektów złożonych w tym wielkogabarytowych. Wyzwania stawiane elementom konstrukcyjnym wykonanych z tworzyw biodegradowalnych, podobnie jak w przypadku tworzyw standardowych związane są przede wszystkim z potrzebą zachowania:

- tolerancji wymiarowej wytworu i jej stabilności,
- odwzorowania kształtu, (brak odkształceń, zapadnięć),
- odporności na odkształcenia i warunki użytkowania,
- innych specyficznych właściwości użytkowych w tym podatności na recykling.

Należy podkreślić, że już na etapie projektowania w zakresie modyfikowania (komponowania) materiałów polimerowych, istnieje potrzeba przewidywania ich właściwości po spełnieniu funkcji użytkowych. Ocena jakości wytworów, coraz częściej przenoszona jest z sfery oceny samych detali, na w pełni powtarzalne warunki przetwórstwa, w jakich zostały one wykonane, a więc na kontrolę procesu technologicznego.

Z zaproponowanej tezy pracy zamieszczonej w rozdziale 3 wynika, że „Istnieje możliwość wytworzenia biomateriałów i przeprowadzenie całkowitego procesu recyklingu organicznego nanokompozytów polilaktydowo/haloizytowych w oparciu o warunki symulowane w pryzmie przemysłowej z autorskim zastosowaniem cukrów złożonych, w celu potwierdzenia teorii cukrowo-białkowej kondensacji przy recyklingu tych biokompozytów”. Z kolei cel pracy

wskazuje na potrzebę i możliwość wytworzenie biomateriałów i opracowanie technologii recyklingu organicznego z wykorzystaniem teorii cukrowo-białkowej kondensacji nanokompozytów polilaktydowo/haloizytowych.

Przyjęty w pracy algorytm postępowania obejmuje:

- przygotowanie poszczególnych składników kompozycji,
- wytworzenie próbek konstrukcyjnych, przeznaczonych do weryfikacji zbioru właściwości charakteryzujących właściwości użytkowe w tym przede wszystkim podatność na recykling organiczny (kompostowanie),
- weryfikację, zgodnie z programem badań, wskaźników charakteryzujących wytwór przed i po procesie kompostowania,
- poddawanie próbek PLA/HNT, obciążeniom środowiskowym w warunkach kompostowania,
- ocenę efektywności tego procesu w dwóch przyjętych do realizacji sekwencjach badawczych umożliwiającą wykazanie istotnego efektu wynikającego z zastosowania przyjętego w tezie pracy modyfikatora (katalizatora).

W konsekwencji działanie to prowadzi do wytworzenia - elementów konstrukcyjnych – próbek - o zdefiniowanych i przewidywalnych właściwościach użytkowych o zdeterminowanej podatności na proces rozkładu tzw. recykling organiczny.

Podsumowując, w wyniku procesu przetwórstwa, polegającego na jednoczesnym zmieszaniu w zaprogramowanych przez Autorkę warunkach, dwóch składników (PLA i HNT), materiał ten poddano granulowaniu metodą na zimno. Uzyskany w ten sposób kompozyt poddany został następnie recyklingowi z udziałem i bez udziału cukrów złożonych. Można przyjąć, że działanie to dobrze wpisuje się w aktualny trend poszukiwania rozwiązań, minimalizujących zagrożenia środowiska naturalnego od nadmiaru odpadów polimerowych pochodzących szczególnie z obszaru opakowań.

Wśród wartości poznawczo-porządkujących pracy należy zauważyć przede wszystkim, skuteczną próbę oceny wpływu czasu użytkowania nowej kompozycji polimerowej opartej na polilaktydzie, zmodyfikowanej dodatkiem cukrów złożonych, w celu zwiększenia intensywności rozpadu PLA w warunkach kompostowania i porównanie rezultatów do kompozytów stosowanych standardowo. Na podkreślenie zasługuje również zaproponowanie oryginalnej metodyki badań, w tym przede wszystkim metody modyfikowania procesu kompostowania z użyciem cukrów złożonych, wytworzenie próbek i zrealizowanie (w warunkach laboratoryjnych) procesu kompostowania.

Spostrzeżenia i uwagi wynikające z analizy poszczególnych rozdziałów:

W rozdziale 1 i 2 pracy dotyczących analizy literatury, w sposób wyczerpujący dokonano przeglądu stanu wiedzy z tego zakresu, z równoczesną oceną dokonań światowej i krajowej nauki. Autorka zamieściła tu obowiązującą klasyfikację materiałów kompozytowych z szczegółowym opisem funkcji materiałów pomocniczych (additive) wzmacniających strukturę materiałów podstawowych, biopolimerów i biokompozytów. Opisano także podstawy kompostowania i warunki niezbędne do prowadzenia tego procesu. Szczegółowo opisała teorię cukrowo-białkowej kondensacji, której mechanizm wykorzystano w pracy, w celu zintensyfikowania powstawania związków próchnicznych.

W tej części pracy omówiono kryteria doboru materiałów podstawowych (polimerów) i dodatków modyfikujących głównie napelniaczy, metody badań i pomiarów. Wynika z tego uzasadnienie, z jednej strony poszukiwania warunków do większej efektywności procesu

kompostowania i założenie, że zastosowanie metody modyfikacji polegającej na dodawaniu do polilaktydu cukrów złożonych taką rolę spełni.

W opisie przedstawiono m.in. wybrane obszary zastosowania kompozytów na bazie duroplastów, co ze względu na przyjęte cele i zakres pracy można byłoby potraktować zdawkowo, mniej jest natomiast informacji o kompozytach do wytwarzania których stosuje się napełniacze roślinne i od lat stosowanych kompozytach na bazie polimerów i mączki drzewnej tzw. WPC. Stosowanie tych kompozytów dobrze wpisuje się w trend używania materiałów o podwyższonej podatności na utylizację, przy zachowaniu korzystnych cech użytkowych.

W części literaturowej pracy Autorka nie ustrzegła się pewnych błędów o charakterze formalnym i stylistycznym np.:

- str. 6 „problemy związane z eksploatacją kompozytów polimerowych” – właściwe byłoby użycie sformułowanie użytkowanie lub zastosowanie, jako że eksploatacja zarezerwowane jest najczęściej do oceny działania obiektów złożonych, rzadziej materiałów,

- str. 7 „minerały z gromady krzemianów” – właściwe byłoby grupy,

- str. 16 szkoda, że w pracy nie odniesiono się do oryginalnej grupy kompozytów tzw. jednopolimerowych na bazie PP czy PET, bardziej predysponowanych niż przywołany PE,

- str. 20 w tab. 1.3. zamieszczono skład procentowy haloizytu który nie sumuje się do 100%, co z resztą składu?

- str. 24 dominującym w procesach wytwarzania powinna być „potrzeba” a model liniowy w budowie maszyn opisywany jest poprzez relacje pomiędzy: projektowaniem-wytwarzaniem- eksploatacją, w ostatnich latach uzupełnione o recykling,

- str. 33 czy dobrym określeniem jest to, że biopolimery i biokompozyty ze względu na pochodzenie można przetwarzać metodą kompostowania może przekształcać?

- str. 35 nadużywane jest określenie „system”, i kolejno na str. 36 „Rodzaj tego systemu jest przepływem tłokowym” itd.

- str. 41 produkt w postaci kompostu jako materiał do użyzniania gleby, podobnie jak osady z oczyszczalni i uzdatniania wody podlega ograniczeniom ze względu na zmianę struktury, w tym kwasowości gleby.

Jak zauważyła Autorka, w dostępnej literaturze brak jest wyników badań z zakresu modyfikowania polilaktydu cukrami złożonymi, stąd po szczegółowej analizie literatury stanowiło to podstawę do sformułowania własnego problemu naukowego pracy.

Materiał zamieszczony w rozdziałach 3, 4 i 5, jest opracowaniem oryginalnym i stanowi istotną część rozwiązane przez Autorkę zagadnienia naukowego, sformułowanego w tezie rozprawy. Wskazuje jednocześnie Jej ogólną dobrą wiedzę teoretyczną z przetwórstwa tworzyw polimerowych, szczególnie z uwzględnieniem recyklingu poprzez kompostowanie.

Brakuje w części metodycznej pracy jasnego schematu postępowania, (algorytmu) który moim zdaniem dość przypadkowo został umieszczony w rozdziale pt. „Podsumowanie i wnioski”. Wydaje się, że właściwym miejscem dla tego schematu (rys. 6.1) jest część metodyczna pracy.

Kolejne rozdziały, które stanowią istotny element merytoryczny pracy, ze względu na realizację jej celów, związane są z opisem metodyki badań i pomiarów. Na szczególną uwagę zasługuje bardzo szeroki i złożony program badań, z wykorzystaniem autorskiej metodyki, w tym adaptacji warunków rzeczywistych kompostowania do warunków laboratoryjnych.

Uwagi merytoryczne i redakcyjne do tej części pracy to m.in.:

- „symulacja” w technice jest określeniem dedykowanym najczęściej działaniom o charakterze wirtualnym, dlatego bardziej odpowiednim byłoby określenie „w warunkach laboratoryjnych”, pojęcie to nadużywane jest w całej pracy,

- str. 53 „powiększenie około 50 razy np. przy pomocy lupy”, dlaczego nie użyto mikroskopu o zdefiniowanym powiększeniu,

-str. 54 ...ważenie badanego materiału ”raz w powietrzu, drugi raz w cieczy wzorcowej, najczęściej w wodzie destylowanej”. W pracy powinno jednoznacznie opisać warunki realizacji eksperymentu,

- str. 60 polilaktyd charakteryzuje się strukturą amorficzną? z czego zatem wynika ocena stopnia krystaliczności metodą DSC?

- str. 60 Rozdział 4.3: Technologia wytwarzania oraz przetwarzania (recyklingu) biokompozytów PLA/HNT – na początku pracy byłaby potrzeba zdefiniowania co Autorka rozumie pod pojęciem wytwarzania, przetwarzania, recyklingu – często w pracy stosowane zamiennie między innymi dotyczy to określenia recykling, kompostowanie,

- str. 61 w jaki sposób z próbek o grubości 0,5 mm wycinano ręcznie znormalizowane próbki (2 mm x 4 mm x 80 mm),

- str. 64 niezrozumiałe i nieuzasadnione jest używanie nazwy poszczególnych etapów realizowanych badań, w tym m.in. rozdrabnianie – rozumiane jako wstępne odseparowanie ..., mieszanie – w rozumieniu rozdrabniania ..., definicje tych procesów są dostępne, dlaczego zastosowano tak zagmatwane opisy,

- str. 68 nieprecyzyjne jest sformułowanie, że „dodatek melasy buraczanej podyktowany był teorią rozkładu masy przez cukry...” właściwie byłoby sformułowanie ...podyktowane było wykorzystaniem teorii...

- str. 70 „Melasę buraczaną w temperaturze 230 C mieszano z kompostem w mechanicznym mieszalniku laboratoryjnym” brak jest w opisie stosowanej metodyki i stanowisk badawczych charakterystyki tego urządzenia,

- str. 76 czy z porównania gęstości zmieszanych materiałów można wyznaczyć czy wyłącznie albo w jakim stopniu gęstość poszczególnych składników kompozycji decyduje o wzroście gęstości próbek, czy może to mieć związek z udziałem fazy krystalicznej?

- str. 95 wydaje się, że wykres z rozkładem ziarnowym umożliwiłby dokładniejszą niż zdjęcia, ocenę udziału poszczególnych frakcji w otrzymanym kompoście,

- str. 97 co oznacza sformułowania „rozpad powierzchni próbki”, czy „miałkość mikrostruktury”.

Wymieniony zbiór uwag i uzupełnień, w dużej części dotyczący warstwy językowej i „mieszania” różnych dobrze zdefiniowanych w literaturze pojęć, nie zmienia faktu, że ta część pracy została przygotowana wnikliwie i interesująco i spełnia oczekiwania co do potencjalnych efektów i rezultatów badań.

Rozdział 6: „Podsumowanie i wnioski” Autorka przedstawiła w formie obszernego i szczegółowego opisu poszczególnych etapów badań, z zamieszczeniem wniosków końcowych (poznawczych i użytkowych). Z wniosków poznawczych chciałbym odnieść się do tego, który potwierdza przyjętą tezę, a więc weryfikującego efektywność zastosowania modyfikatora w postaci cukrów złożonych na proces kompostowania kompozytu na bazie polilaktydu. W pracy wyczerpująco opisano i udokumentowano uzyskane w obszernym eksperymencie wyniki badań, co stanowi niewątpliwie oryginalne i najważniejsze osiągnięcie Autorki. Rosnące wymagania stawiane wielu procesom technologicznym i elementom wykonanym z tworzyw biodegradowalnych, często specyficzny zakres ich zastosowania, stawiają osiągnięcia pracy w bardzo ważnym obszarze dotychczasowych poszukiwań i rozwiązywania zagadnień poznawczo-użytkowych tworzyw biodegradowalnych.

W opisie podsumowującym pracę zamieszczono sformułowania, które dobrze byłoby jeszcze raz przedyskutować przed dalszym upowszechnianiem pracy:

- str. 102 W podsumowaniu pracy powinno się bardziej precyzyjnie rozdzielić efekty pracy wynikające z analizy literatury i te będące wynikami badań własnych,
- str. 104 co oznacza sformułowanie, że „obecność aglomeratów HNT prowadziła do osłabienia materiału ze względu na różnorodną charakterystykę osnowy i nanorurek – czy można oszacować (błąd) z tego wynikający?
- str. 105 zamiast „wytrzymałość na rozciąganie biokompozytów” powinno być rozciągania próbek z biokompozytów,
- str. 109 co oznacza „wzrost kruchości”, jaką definicję kruchości przyjęto w pracy?
- str. 112 Znacznie łatwiej można byłoby zrozumieć główne przesłanie pracy, gdyby rysunek 6.1, jako schemat realizacji pracy został zamieszczony w części charakteryzującej badania (rozd.4).

W ramach dyskusji podczas publicznej obrony bardzo proszę odnieść się do zasygnalizowanych w recenzji następujących zagadnień:

1. **Dotyczące metodyki pomiaru:** (str. 54) ważenie badanego materiału” raz w powietrzu, drugi raz w cieczy wzorcowej, najczęściej w wodzie destylowanej”. W pracy powinno jednoznacznie opisać warunki realizacji eksperymentu.
2. **Potrzeba porządkowania i systematyzowania używanych w pracy pojęć i definicji:** (str. 60 i 64) Rozdział 4.3: Technologia wytwarzania oraz przetwarzania (recyklingu) biokompozytów PLA/HNT – na początku pracy byłaby potrzeba zdefiniowania co Autorka rozumie pod pojęciem wytwarzania, przetwarzania, recyklingu – często w pracy stosowane zamiennie między innymi dotyczy to określenia recykling, kompostowanie. Niezrozumiałe i nieuzasadnione jest używanie nazwy poszczególnych etapów realizowanych badań, w tym m.in. rozdrabnianie – rozumiane jako wstępne odseparowanie ..., mieszanie – w rozumieniu rozdrabniania ..., definicje tych procesów są dostępne, dlaczego zastosowano tak zagmatwane opisy.
3. **Interpretacja wyników badań:** (str. 76) czy z porównania gęstości zmieszanych materiałów można wyznaczyć czy wyłącznie albo w jakim stopniu gęstość poszczególnych składników kompozycji decyduje o wzroście gęstości próbek, czy może to mieć związek z udziałem fazy krystalicznej?

Wniosek końcowy:

W oparciu o przeprowadzoną ocenę pracy doktorskiej stwierdzam, że Autorka rozwiązała w sposób właściwy sformułowane w pracy zadania;

- wykazała się znajomością niezbędnej do realizacji tematu wiedzy teoretycznej, którą wykorzystwała w należyтым stopniu podczas analizy i syntezy wyników oryginalnych badań,
- wykazała się umiejętnościami w planowaniu oraz w prowadzeniu eksperymentu w warunkach laboratoryjnych,
- zawarte w pracy wyniki badań eksperymentalnych rozszerzają wiedzę o procesach przetwarzania materiałów polimerowych, w specyficznych obszarach tworzyw biodegradowalnych
- uzyskane przez Autorkę wyniki badań eksperymentalnych polegające na porównaniu dwóch technologii, umożliwiają lepsze poznanie procesu degradacji kompozytu na bazie polilaktydu, w warunkach zbliżonych do kompostowania w przemyśle przemysłowej.

Wkład Doktorantki w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna stanowi oryginalne opracowanie technologii wytwarzania biokompozytów polimerowych o podwyższonej podatności na recykling (kompostowanie), zaproponowanie i zweryfikowanie na poszczególnych etapach badań wskaźników weryfikujących stan wejściowy i efekty wynikające z wymuszonego procesu starzenia.

W związku z powyższym uważam, że przedstawiona mi do oceny praca doktorska mgr inż. Eweliny Kosteckiej pt. "Technologiczne uwarunkowania recyklingu biokompozytów oparte na teorii cukrowo-białkowej kondensacji" spełnia kryteria wynikające z obowiązującej Ustawy 2.0 stawiane pracom doktorskim, wnoszę więc o dopuszczenie Autorki do publicznej obrony.

