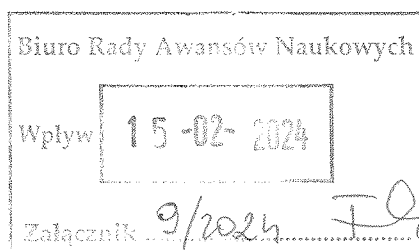


prof. dr hab. inż. Małgorzata Krzywonos
Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wydział Zarządzania
Katedra Zarządzania Procesami

Wrocław, dnia 07.02.2024 r.



Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Marii Mikołajczak pt. „Zaprojektowanie innowacyjnego aktywnego materiału opakowaniowego o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych”, zrealizowanej pod kierunkiem promoterek: prof. dr hab. Marty Ligaj, prof. UEP i dr hab. Joanny Kobus-Cisowskiej, prof. UPP.

1. Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Podstawą wykonania niniejszej recenzji było pismo Przewodniczącej Rady Awansów Naukowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, prof. dr hab. Barbary Jankowskiej, z dnia 28.11.2023, zgodnie z uchwałą Rady z dnia 17.11.2023 r. oraz rozprawa doktorska mgr inż. Anny Marii Mikołajczak. Podstawę prawną stanowi Ustawa z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (DZ.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zmianami).

2. Uzasadnienie podjętego tematu badań

Opracowywanie nowych materiałów opakowaniowych stanowi kluczowy element innowacji produktowych w kontekście inteligentnych opakowań żywnościowych, zdolnych do wykrywania ewentualnych zagrożeń, takich jak zanieczyszczenia chemiczne czy mikroorganizmy. Dzięki monitorowaniu warunków transportu i przechowywania oraz szybkiej identyfikacji potencjalnych ryzyk, producenci mogą zapewnić wyższy poziom bezpieczeństwa żywności dla konsumentów. Dążenie do zrównoważonego rozwoju skłania producentów do poszukiwania materiałów, które są bardziej przyjazne dla środowiska i jednocześnie spełniają wysokie standardy bezpieczeństwa i trwałości. W kontekście bezpieczeństwa żywności coraz częściej podejmuje badania polegające na opracowywaniu materiałów opakowaniowych, które są bezpieczne dla zdrowia i środowiska. Badania naukowe nad nowymi materiałami opakowaniowymi są kluczowe dla rozwoju inteligentnych opakowań żywnościowych. Dzięki nim możliwe jest wprowadzenie bardziej zrównoważonych rozwiązań, które nie tylko minimalizują negatywny wpływ na środowisko, ale także spełniają oczekiwania klientów pod względem trwałości, bezpieczeństwa i funkcjonalności. Ponadto produkcja opakowań biodegradowalnych lub wykorzystanie alternatywnych materiałów, takich jak papier czy materiały

kompostowalne, przyczynia się do ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko i promuje gospodarkę obiegu zamkniętego.

Naprzeciw tym oczekiwaniom wychodzi przedstawiona do oceny rozprawa doktorska mgr inż. Anny Marii Mikołajczyk.

3. Ocena formalna rozprawy

Formalny układ rozprawy jest typowy dla prac naukowych. Praca liczy 118 stron, a jej treść podzielono na dwie części: literaturową i badawczą, które uzupełniają spis treści; bibliografia; spisy rysunków i tabel oraz załączniki. Część literaturowa poprzedzona wstępem, składa się z czterech rozdziałów, przybliżających niezbędne pojęcia i zagadnienia związane z opracowaniem rozprawy. Część badawcza została podzielona na cztery części i zawiera: cel, odpis materiału badawczego, wyniki badań i ich omówienie oraz podsumowanie i wnioski. W pracy nie zamieszczono streszczenia w j. polskim ani w j. angielskim. Streszczenie w j. angielskim stanowiło dodatek do rozprawy. Bibliografia zawiera 133 pozycje literaturowe, w większości anglojęzyczne; tylko cztery z nich są sprzed roku 2000. W spisie nie wydzielono spisu aktów prawnych. Cytowane pozycje są przywołane poprawnie i zawierają pełne dane bibliograficzne. Opracowanie zawiera 39 rysunków i 3 tabele. Wszystkie są przywołane w tekście. Podsumowując, od strony formalnej praca nie budzi moich zastrzeżeń.

4. Charakterystyka i ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

W ocenianej rozprawie Autorka podjęła się trudnego zadania tj.: opracowania innowacyjnego aktywnego materiału opakowaniowego, o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych, na bazie żelaza i ekstraktu z oregano, poczynając od koncepcji do testów w warunkach operacyjnych.

Tytuł dobrze oddaje zawartość pracy. Można było dodać też „wykonanie”, bo Autorka nie tylko zaprojektowała, ale też wykonała materiał opakowaniowy.

Rozprawa rozpoczyna się od wstępu, który opisuje pokrótce poszczególne części pracy. Część literaturowa składa się z czterech rozdziałów, w których Autorka podkreśla ważkość i aktualność podjętego tematu badawczego. Pierwszy rozdział przybliży zagadnienia związane z zarządzaniem innowacjami, nakreśli ich miejsce w zarządzaniu firmą oraz wskazuje, dlaczego są one niezbędne dla rozwoju firm. Przy stwierdzeniach (s. 8) „Dotychczas przeważająca część badań poświęcona była zrozumieniu w jaki sposób firmy lub organizacje mogą stymulować rozwój” oraz „Zaczęły się pojawiać także nowe sposoby prowadzenia badań, inne niż te standardowe prowadzone w laboratorium, prowadzące do rozwoju nowych produktów”, s. 9 „Od tamtego czasu na ich podstawie, pojawiło się wiele rozwiniętych modeli zarządzania innowacjami” powinny znaleźć się przykłady badań z literatury przedmiotu.

Następnie Autorka przedstawiła czynniki wpływające na zarządzanie innowacjami w organizacji. Autorka wzmiankuje, co jest uważane za innowacje, ale w mojej opinii w tym miejscu zabrakło wyjaśnienia pojęcia innowacji. Proszę o przywołanie w trakcie obrony najbardziej powszechnych definicji wraz z podziałem na rodzaje innowacji.

Następnie Doktorantka charakteryzuje modele procesu innowacyjnego. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego zdaniem Autorki „zarządzanie innowacjami w sektorze publicznym jest mniej reprezentowane”. Na s. 10 zamieszczono opis faz modelu Stage Gate Coopera i jednocześnie zobrazowano go na rysunku 2, który powinien znaleźć się zaraz po przywołaniu. W mojej opinii można zrezygnować z opisu, jest on dobrze oddany na wspomnianym rysunku.

Na s. 11 Autorka stwierdza „Wielu autorów zwraca uwagę...” i następnie „Dane literaturowe wskazują...”, zaś na s. 13 „Stąd też na przestrzeni lat zauważyć można pojawienie się...”. Te stwierdzenia powinny być uzupełnione przywołaniem stosownych pozycji literaturowych.

Kolejne podrozdziały zostały poświęcone ocenie innowacyjności oraz uwarunkowaniom rozwoju innowacji opakowaniowych. Można było tę część wzbogacić o przedstawienie wielkości rynku opakowań, by pokazać skalę problemu.

W rozdziale 2 Doktorantka scharakteryzowała materiały opakowaniowe, jakie są stosowane w opakowalnictwie żywności. Rozpoczęła od przedstawienia pojęcia opakowania, a następnie wskazała, jakie powinno spełnić funkcje. Następnie dokonała charakterystyki stosowanych materiałów. Przed przedstawieniem każdego z rodzajów dobrze byłoby zastosować wprowadzenie zapowiadające, co czeka czytelnika dalej. Każdy z omawianych przez Autorkę materiałów został dokładnie opisany z podaniem jego zalet i wad. Rys. 3 i jego opis powinien znaleźć się przed punktem a) tego podrozdziału. Zbędny jest tytuł na rysunku 3, skoro ma on inny w podpisie. Uważam też, że należało sięgnąć po nowsze dane. Przywołano pozycję z 2011, a od tego czasu sporo się zmieniło w zakresie opakowań. Moje wątpliwości budzi też stwierdzenie ze s. 17, w odniesieniu do tego samego rys. 3: tworzywa sztuczne są drugim, co powszechności wykorzystania typem materiału opakowaniowego wybieranym przez projektantów i konstruktów opakowań. Proszę Doktorantkę o odniesienie się do tej kwestii, czy nadal tak jest. Proszę też o zweryfikowanie danych dotyczących informacji, jaką Autorka zamieściła na s. 19: „w Niemczech wskaźnik recyklingu dla opakowań szklanych wynosi 80%”.

W trzecim podrozdziale Doktorantka scharakteryzowała opakowania inteligentne i aktywne. Nieprecyzyjne jest stwierdzenie ze s. 20 „tylko ograniczona liczba tych patentów została skomercjalizowana”. Brak w tym miejscu odniesienia do bazy danych patentowych lub innego opracowania, a jeśli obejmuje to zdanie też pozycja cytowana w kolejnym zdaniu (2002), to należałoby przywołać nowsze opracowanie.

Opakowania inteligentne zostały omówione ze względu na ich funkcje (pomiar czasu i temperatury) wskaźniki tlenu i ditlenku węgla, wskazano też ich wady i zalety. Na s. 23 znalazło się odniesienie do literatury patentowej, zabrakło jednak zacytowania stosownych patentów.

Następnie Autorka dokonała charakterystyki opakowań aktywnych, omówiła pochłaniacze tlenu, regulatory etylenu, pochłaniacze niepożądanego smaku lub zapachu, emitery CO₂, pochłaniacze wody, pakowanie w modyfikowanej atmosferze. Najwięcej miejsca poświęciła opakowaniom o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych, wskazała czynniki, jakie można wykorzystać w opakowaniach i je opisała.

W kolejnym podrozdziale Doktorantka zaprezentowała rynek opakowań aktywnych i inteligentnych. Szkoda, że analiza nie została uzupełniona o najnowsze dane lub prognozy. Doktorantka nawiązała do problemu marnotrawienia żywności oraz wskazała obowiązujące uregulowania prawne dotyczące opakowań dedykowanych żywności. Autorka poprawnie umiejscowiła też problem opakowań na tle celów zrównoważonego rozwoju.

W ostatnim rozdziale części literaturowej, Doktorantka scharakteryzowała możliwości wykorzystania nanocząstek w opakowaniach przeznaczonych dla żywności, skupiła się na opakowaniach na bazie nanocząstek złota i srebra, z dodatkiem nanocząstek glinki oraz żelaza. Dokonała też syntetycznego opisu metod chemicznych i fizycznych syntezy nanocząstek („top down”, „bottom up”), a następnie przedstawiła sposoby biologiczne. W kolejnym podrozdziale zaprezentowała metody pozwalające badanie nanocząstek w tym transmisyjną mikroskopię elektronową, skaningową transmisyjną mikroskopię elektronową, dyfrakcję promieni rentgenowskich, spektroskopię UV-VIS. W przypadku tytułu podrozdziału 4.3 powinna być podana pełna nazwa omawianej techniki, jak przy wcześniejszych tytułach, a nie tylko jej akronim (UV-VIS). Niemniej jednak ta część jest bardzo dobrze opracowana, prezentuje najnowsze osiągnięcia w zakresie oraz w sposób przystępny przedstawia trudny materiał. W ostatnim podrozdziale Autorka scharakteryzowała rynek i regulacje prawne wprowadzania cząstek do obrotu. Na rys. 8 (s. 58), zbędny jest tytuł umieszczony na rysunku, wystarczyłby sam tytuł umieszczony w podpisie rysunku. Na s. 58 i 59 Autorka przywołuje przepisy i ustawy dotyczące organów związanych z kontrolą nanomateriałów. Do części z nich brak przypisów, a te zacytowane nie są umieszczone w bibliografii.

Na s. 59 Autorka stwierdza, że przewiduje się wzrost produkcji nanomateriałów na bazie tlenków metali i niemetali „na poziomie 20,7% w skali roku na przestrzeni ostatnich 6 lat”, powołuje się na opinię ekspertów Allied Market Research, ale brak jest jednak przypisu bibliograficznego, by te dane uwiarygodnić. Na s. 60, na rys.9 zaprezentowano nanomateriały używane produktach w zależności od branży. Mylący jest jednak podpis tego rysunku: „udział”; brak też jednostki na osi OY, nie można więc wnioskować, w jaki sposób jest ten udział wyrażony. Na s. 61, na rys. 10, również brak

opisu osi OY, więc trudno przy zaprezentowanych jednostkach mówić o „udziale” w rynku produktów nanotechnologii. Proszę o komentarz w tej kwestii.

W tym miejscu rozprawy Autorka mogła mocniej zaakcentować kwestię nanomateriałów w branży spożywczej, ze szczególnym uwzględnieniem branży mleczarskiej, bo tam znalazło zastosowanie opracowane przez nią rozwiązanie. Ponadto, Doktorantka pisząc o rozwoju badań z wykorzystaniem nanomateriałów i nanotechnologii, wzmiankuje o wzroście aktywności patentowej krajów (wzrost liczby patentów), ale nie poparła tego stwierdzenia stosownymi danymi z baz danych.

Podsumowując, przegląd literatury jest generalnie dobrze osadzony na tle osiągnięć innych badaczy, nakreśla postawiony problem badawczy, wskazuje konieczność jego rozwiązania, co jest niezwykle istotne i trudne zwłaszcza ze względu na holistyczne podejście do problemu projektowania innowacyjnego materiału opakowaniowego. Uważam jednak, że Autorka rozprawy słabo definiuje lukę badawczą, można było wyraźniej zaakcentować elementy nowości.

Część druga rozprawy to część badawcza, która składa się z czterech rozdziałów. Za cel pracy Doktorantka przyjęła zaprojektowanie i rozwój przeciwdrobnoustrojowego opakowania aktywnego. Następnie sformułowała poprawnie trzy hipotezy badawcze oraz pięć celów szczegółowych. Bardzo pomógłby w tym miejscu schemat logiczny przeprowadzonych badań, by zobrazować logikę postępowania Autorki pracy.

Rozdział 2 został zatytułowany „Materiał badawczy, odczynniki i aparatura badawcza”, a powinien Materiały i metody (podrozdziały 2.2-2.6 są opisem zastosowanych technik). W mojej opinii zabrakło w tym miejscu opisu dotyczącego sposobu przeprowadzenia badania dotyczącego analizy preferencji konsumenckich (przedstawioną ją później w części opisującej wyniki).

Rozdział trzeci to przedstawienie wyników badań i ich omówienie. Autorka rozpoczęła od zaprezentowania opracowanego modelu innowacyjnego. Model ten został dobrze podsumowany w Tabeli 1.

Następnie przeszła do analizy potrzeb rynku, wskazała na podstawowe wytyczne, jakie powinny zostać uwzględnione przy projektowaniu innowacyjnego opakowania. Zabrakło moim zdaniem w tym miejscu odniesienia się do branży w jakiej zostało ostatecznie zastosowane opakowanie.

W dalszym kroku Autorka przedstawiła badania konsumenckie, sposób przeprowadzenia tego badania w mojej opinii powinien się znaleźć w rozdziale „Materiały i metody”. Autorka wskazuje, że badania przeprowadzono na losowo dobranej grupie 200 respondentów. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego zdecydowała się na taką liczbę respondentów, skąd ona wynikała. Zabrakło mi też podstawowych statystyk opisowych oraz danych socjo-demograficznych badanej grupy respondentów. Dzięki tym danym można by przeanalizować zagadnienia pokazane na rys. 13-15, co miało wpływ na odpowiedzi. Ponadto uważam, że użycie do opisu tych rysunków słowa „analiza”, jest niepoprawne, ponieważ na rysunkach przedstawiono zestawienie odpowiedzi.

Po wskazaniu zapotrzebowania, Autorka zaprezentowała wyniki badań podstawowych, w zakresie opracowania preparatów na bazie żelaza uzyskanych metodą biosyntezy. Uzyskała 3 preparaty, które zostały scharakteryzowane z wykorzystaniem SEM, STEM, oraz TEM w celu określenia wielkości otrzymanych cząstek żelaza i ich struktury, a następnie z wykorzystaniem EXD ustalono skład chemiczny pozyskanych preparatów. Następnie dokonała oceny aktywności przeciwdrobnoustrojowej opracowanych materiałów na bazie cząstek żelaza. Badała aktywność preparatów wobec *Candida sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Salmonella sp.*, *Escherichia coli* i *Listeria sp.* Dwa z trzech preparatów wykazały aktywność wobec *Salmonella sp.*, *Escherichia coli* i *Listeria sp.* Stwierdziła, że wyższa aktywność uzyskano dla preparatów na bazie chlorków niż siarczanów. Autorka wspomina, że żaden z preparatów nie wykazał zahamowania wobec *Candida sp.* (tabela 3), ale na podstawie danych z tabeli 3 stwierdzić można, że dotyczy to też *Lactobacillus sp.* Proszę o komentarz.

W kolejnym podrozdziale opisała badania przemysłowe, które polegały na opracowaniu sposobu nanoszenia powłoki aktywnej na materiały opakowaniowe w postaci lakieru dopuszczonego do kontaktu z żywnością oraz chitozanu, oraz pergaminu i polietylenowej. Po zbadaniu trwałości, do testów Doktorantka wybrała jako materiał bazowy powłoki na bazie lakieru, ponieważ te wytworzone z chitozanu okazały się pękać przy próbach pakowania i rozpakowywania. W warunkach laboratoryjnych wytworzono sześć prototypów na bazie trzech wcześniej opracowanych biopreparatów. Materiały opakowaniowe były wykorzystane do przechowywania sera twarogowego przez okres 4 tygodni. Szkoda, że informacja o kierunku praktycznego wykorzystania opracowanych materiałów (mleczarstwo) pojawiła się dopiero w tym miejscu rozprawy. W zestawieniu z próbą kontrolną (bez biopreparatu), opracowane prototypy wykazały dużą funkcjonalność w zakresie ograniczania wzrostu drobnoustrojów na powierzchni testowanego produktu

Kolejny etap opisany przez Doktorantkę to prace rozwojowe. Na podstawie wyników badań laboratoryjnych, do dalszych testów wybrała preparat OR1, prototyp wytworzony metodą redukcji siarczanu (VI) żelaza (III) z wykorzystaniem ekstraktu z oregano, ze względu na aktywność przeciwustrojową względem *Salmonella sp.* i *Escherichia coli*; oraz na brak hamowania wzrostu *Lactobacillus sp.*, co ma szczególne znaczenie punktu widzenia pakowanego produktu – twarogu. Doktorantka potwierdziła też, że prototyp OR1 wykazał średnicę cząstek, powyżej skali charakterystycznej dla nanocząstek z wykorzystaniem technik mikroskopii elektronowej.

W kolejny kroku materiał skomponowany przez Autorkę pracy został użyty do wytworzenia prototypowych aktywnych materiałów opakowaniowych metodą druku fleksograficznego przez firmę ECOR Produkt sp. z o.o. Co istotne, cena końcowa opakowania wzrosła nie więcej niż 10% w stosunku do materiału wyjściowego.

Ostatnim etapem rozprawy, było określenie poziomu gotowości technologicznej (TRL) opracowanego produktu. Doktorantka oszacowała TRL na poziomie 7, tj. dokonanie demonstracji prototypu technologii w warunkach operacyjnych.

Część badawczą kończy podsumowanie i poprawnie sformułowane wnioski przedstawiające osiągnięcia Doktorantki wraz z rzeczowymi do nich komentarzami. Choć hipotezy zostały potwierdzone, w mojej opinii zabrakło odniesienia się bezpośrednio do sformułowanych hipotez badawczych, oraz wyraźnego wskazania, czy zostały one potwierdzone czy też nie.

Podsumowując, ta część pracy została opisana logicznie i zwięźle, a moje uwagi mają charakter dyskusyjny, nie mają wpływu na ocenę końcową przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej. Autorka poprawnie dokonała interpretacji własnych wyników badań, przeanalizowała je i wyciągnęła wnioski. Świadczy to o umiejętności analizy i interpretacji własnych wyników badań, zabrakło mi odniesienia się do wyników w świetle osiągnięć przedstawionych w literaturze przedmiotu, np. w zakresie aktywnych biomateriałów, choć zdaję sobie sprawę, że to bardzo trudne zadanie, przy tak holistycznym podejściu do problemu, jaki zdecydowała się rozwiązać w ramach ocenianej rozprawy Doktorantka.

Oceniana rozprawa doktorska jest niewątpliwie oryginalnym dziełem naukowym, w którym Doktorantka wykazała przygotowanie teoretyczne, w tym wiedzę w dziedzinie nauk społecznych w dyscyplinie nauk o zarządzaniu i jakości, samodzielność w prowadzeniu badań naukowych, znajomość metod analitycznych i badawczych; umiejętność obiektywnej oceny z krytycznym komentarzem oraz interpretacji wyników badań. Docenić należy pracę wykonaną w ramach prac przed wdrożeniowych i rozwojowych oraz to, że potrafiła zainteresować swoim prototypem producentów opakowania, zarówno ze względu na koszty takich prób, jak i ryzyko ich przeprowadzania w skali przemysłowej. To dodatkowo podnosi jakość ocenianej rozprawy. Rzadko bowiem zdarzają się okazje, w których doktorant może testować założenia swojego rozwiązania w realnych warunkach produkcyjnych. Z tego powodu wysoko oceniam przedstawione w rozprawie rozwiązanie.

5. Uwagi edytorskie, językowe, redakcyjne i inne

Rozprawa napisana jest bardzo dobrym językiem, układ i struktura pracy jest prawidłowa. Praca jest również bardzo dobrze przygotowana od strony edycyjnej, błędy edytorskie są nieliczne.

Z formalnego obowiązku recenzenta muszę wspomnieć, że nie powinno się używać potocznych wyrażeń np. „zarządzać swoim biznesem” (s. 9). „nasi zagraniczni sąsiedzi” (s. 19).


Autorka stosuje formy osobowe; w publikacjach naukowych powinno unikać się tego typu form (s. 12 „jesteśmy”, s. 13, 14, 15, 20, 77: „możemy”). Lepiej zastosować formy bezosobowe lub stronę bierną.

W spisie bibliografii nazwy łacińskie drobnoustrojów powinny być pisane kursywą. Tabele i rysunki generalnie zostały odpowiednio przywołane w tekście rozprawy (drobne uwagi zamieściłam przy omawianiu charakterystyki pracy). Są to jednak uchybienia, które nie wpływają na wartość merytoryczną pracy.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Anny Marii Mikołajczak prezentuje wymagany poziom merytoryczny, posiada istotne elementy nowatorskie oraz znaczną wartość aplikacyjną, a moje uwagi mają charakter porządkowy, wyjaśniający i nie umniejszają wartości pracy. Zagadnienie właściwie umiejscowiono na tle literatury przedmiotu. Część doświadczalna została przedstawiona jasno i przejrzysto. Badania przeprowadzono konsekwentnie i użyciem dobrze dobranych, metod badawczych. Poprawnie przeprowadzono analizę uzyskanych danych, a prawidłowa interpretacja wyników pozwoliła na sformułowanie wniosków, które nie wykraczają poza uzyskane wyniki. Autorka poprawie zweryfikowała postawione hipotezy badawcze, a sformułowane wnioski korespondują z celem badań, jaki nakreśliła sobie Doktorantka.

Podsumowując, przedstawiona do oceny rozprawa doktorska, w pełni odpowiada wymogom stawianym rozprawom doktorskim w myśl ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (DZ.U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zmianami). W związku z tym wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Anny Marii Mikołajczyk dalszych etapów postępowania prowadzącego do otrzymania stopnia naukowego dra w dyscyplinie nauk o zarządzaniu i jakości.



prof. dr hab. inż. Małgorzata Krzywonos