



WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI

UNIwersytet Rolniczy

im. Hugona Kołłątaja
ul Balicka 122, 31-149 KRAKÓW - POLAND

prof. dr hab. inż. Ewelina Jamróz

Kraków, 30.04.2026 r.

Katedra Chemii

Wydział Technologii Żywności

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

30-149 Kraków, ul. Balicka 139

email: ewelina.jamroz@urk.edu.pl

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Magdaleny Karoliny Mikus pt. *‘Biopolimerowe folie aktywne i ich zastosowanie jako powłoki ochronne w monitorowaniu jakości pozbiorczej jabłek’*

Wybór i aktualność podjętej tematyki badawczej

Pani mgr inż. Magdalena Karolina Mikus wykonała rozprawę doktorską w Instytucie Nauk o Żywności, w Katedrze Inżynierii Produkcji pod kierunkiem Pani dr hab. inż. Sabiny Galus, prof. SGGW. Celem pracy było otrzymanie folii na bazie pektyny jabłkowej wzbogaconych w wybrane kwasy fenolowe (ferulowy, galusowy, kawowy, kumarowy, protokatechowy, synapinowy) oraz ich charakterystyka użytkowa.

Znaczenie problematyki

Opracowanie powłok na bazie pektyn i wybranych kwasów fenolowych do ochrony pozbiorczej jabłek jest niezwykle ważne i ma znaczenie zarówno gospodarcze, środowiskowe oraz zdrowotne. Po zbiorze, jabłka nadal podlegają procesom fizjologicznym, a oddychanie czy dojrzewanie prowadzi do stopniowej utraty jędrności, smaku i wartości odżywczych. Powłoki zawierające składniki aktywne mogą spowalniać te przemiany poprzez ograniczenie wymiany gazowej i redukcję tempa oddychania owoców, co znacząco wydłuża ich trwałość. Kolejnym istotnym aspektem jest ochrona przed mikroorganizmami, gdyż jabłka po zbiorze są narażone na rozwój pleśni i bakterii. Powłoki wzbogacone w substancje o działaniu przeciwdrobnoustrojowym i/lub przeciwutleniającym mogą skutecznie ograniczać rozwój



WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI

UNIwersytet Rolniczy

im. Hugona Kołłątaja

ul. Balicka 122, 31-149 KRAKÓW - POLAND

patogenów, zmniejszając potrzebę stosowania środków chemicznych, które są szkodliwe dla środowiska i zdrowia konsumentów. Powłoki oparte na naturalnych, biodegradowalnych składnikach stanowią bardziej zrównoważoną alternatywę, wpisującą się w rosnące wymagania dotyczące bezpieczeństwa żywności i ochrony środowiska. Dodatkowo, takie rozwiązania pomagają ograniczyć straty żywności w całym łańcuchu dostaw, od producenta, przez transport i magazynowanie, aż po konsumenta. Wydłużenie trwałości jabłek oznacza mniejsze marnotrawstwo, co ma ogromne znaczenie w obszarze globalnych wyzwań związanych z bezpieczeństwem żywnościowym.

Ocena rozprawy doktorskiej

Praca doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Karoliny Mikus składa się z 66 stron i liczy 5 rozdziałów. Resztę stanowi spis literatury, dorobek naukowy oraz kserokopie publikacji, które wchodzi w skład pracy doktorskiej. Do rozprawy dołączone są trzy oświadczenia współautorów o ich wkładzie w powstawanie konkretnej publikacji. Na początku rozprawy doktorskiej znajduje się streszczenie pracy w języku polskim i angielskim, indeks używanych skrótów, wprowadzenie oraz cel pracy i hipoteza badań. Na końcu pracy doktorskiej znajdują się spis literatury liczący 95 pozycji literaturowych oraz dorobek naukowy Doktorantki.

W rozdziale 1 *'Uzasadnienie podjęcia tematu pracy doktorskiej'*, Doktorantka, opierając się na pierwszej publikacji [P1] wliczonej do rozprawy doktorskiej, przedstawia dogłębny przegląd dostępnej wiedzy na temat jabłek. W niniejszej publikacji, zostały uwzględnione informacje dotyczące jabłek, ich wartości odżywczej, wymagań uprawowych, czynników, które wpływają na jakość owocu oraz możliwości zagospodarowania odpadów jabłkowych. Najważniejszym celem publikacji była kompleksowa charakterystyka powłok i folii jadalnych w kontekście ich właściwości aktywnych oraz określenie wpływu powłok biopolimerowych na jakość przechowywania jabłek. Doktorantka przedstawiła aktualny stan wiedzy dotyczący wykorzystanych składników do produkcji folii oraz powłok, metod otrzymywania oraz ich komercyjnych rozwiązań w obszarze przechowywania jabłek. Rozdział 1 został podzielony na podrozdziały, w których szczegółowo omówiono zagadnienia związane z prezentowaną tematyką w ramach rozprawy doktorskiej.

Po przeprowadzonym przeglądzie literatury zwrócono uwagę na lukę badawczą, którą jest brak wykorzystania pektyn jabłkowych oraz wybranych kwasów fenolowych do otrzymywania powłok dedykowanych przechowywaniu jabłek. W związku z powyższym,



WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI

UNIwersytet Rolniczy

im. Hugona Kołłątaja

ul Balicka 122, 31-149 KRAKÓW - POLAND

Doktorantka w sposób przejrzysty przedstawiła cel pracy oraz dwie hipotezy badawcze (rozdział 2), które następnie były weryfikowane podczas przeprowadzenia badań w ramach publikacji [P2, P3 oraz P4].

W rozdziale 3, została przedstawiona organizacja badań z uwzględnieniem zastosowanych materiałów oraz metod. Pani mgr inż. Magdalena Mikus zdecydowała się na przedstawienie swojej pracy doktorskiej w kilku etapach, które zilustrowała na Rysunku 2:

-Etap 1 – dogłębny przegląd literaturowy tematyki związanej z foliami i powłokami na bazie pektyn i kwasów fenolowych [P1];

-Etap 2 – badania wstępne skoncentrowane na opracowaniu optymalnej procedury folii biopolimerowych na bazie pektyny oraz wybranych kwasów fenolowych, z uwzględnieniem doboru składników, ilości plastyfikatora oraz warunków suszenia materiału foliotwórczego. W ramach tego etapu, przeprowadzono szereg badań wstępnych przy opracowaniu najbardziej optymalnego składu folii pektynowych z kwasami fenolowymi. Przeprowadzone badania nie zostały uwzględnione w rozprawie doktorskiej, są tematem publikacji, która jest obecnie w recenzji.

-Etap 3 – badania reologiczne przygotowanych roztworów powłokotwórczych wraz z kinetyką uwalniania kwasu kawowego oraz protokatechowego podczas przechowywania jabłek [P4].

-Etap 4 – wykorzystanie opracowanych materiałów opakowaniowych w ramach Etapu 2 do analizy właściwości fizycznych [P2 oraz P3].

-Etap 5 – ocena wpływu zastosowania roztworów powłokotwórczych na bazie pektyn oraz kwasu kawowego i protokatechowego na cechy jakościowe jabłek [P4].

W kolejnej części tego rozdziału, Doktorantka opisuje wybrany materiał badawczy, skład roztworów zarówno folio- jak i powłokotwórczych, a następnie w sposób przejrzysty przedstawia szereg metod badawczych, które zostały wykorzystane w niniejszej rozprawie doktorskiej.

W rozdziale 4, 'Omówienie i dyskusja wyników', Doktorantka charakteryzuje obszar wiedzy dotyczący wpływu wybranych kwasów fenolowych na właściwości strukturalne, sorpcyjne i zwilżalność folii pektynowych [P2]. Badania wstępne wykazały, że kwasy wanilinowy oraz syringowy nie są odpowiednie jako dodatki aktywne do roztworu pektynowego. Utworzone z tych składników folie nie powodują powstawania jednorodnych i stabilnych folii. W dalszym etapie, sprawdzono jak sześć kolejnych kwasów fenolowych



WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOSCI

UNIwersytet Rolniczy

im. Hugona Kołłątaja

ul Balicka 122, 31-149 KRAKÓW - POLAND

(kawowy, kumarowy, ferulowy, galusowy, protokatechowy, synapinowy) wpływa na strukturę i właściwości folii pektynowych. Uzyskane folie charakteryzowały się gładką, jednorodną strukturą o dobrej kompatybilności składników. Dodatek każdego z kwasów do matrycy pektynowej spowodował wzrost wartości grubości folii, a także zmniejszenie zawartości wody, co może sugerować o interakcjach pomiędzy grupami funkcyjnymi biopolimeru a składnikami aktywnymi. Folie pektynowe z dodatkiem kwasów fenolowych wykazywały porównywalną zdolność do adsorpcji wody, a analiza kąta zwilżania wody wskazywała na charakter hydrofilowy prezentowanych aktywnych folii biopolimerowych. W niniejszej rozprawie doktorskiej, oceniono również wpływ dodatku wybranych kwasów fenolowych na właściwości funkcjonalne folii pektynowych [P3]. Folie pektynowe z kwasami fenolowymi odznaczały się, bardzo dobrą barierowością wobec promieniowania UV, co jest niezwykle ważne podczas przechowywania produktów spożywczych, jednakże dodatek kwasów do matrycy pektynowej nie spowodował znacznych zmian w obniżeniu wartości barierowości wobec pary wodnej, tlenu oraz ditlenku węgla. Ponadto, folie na bazie pektyny i kwasów fenolowych wykazywały niską stabilność termiczną, co również nie jest korzystne podczas przechowywania produktów spożywczych. Zanotowano, że folie pektynowe z dodatkiem kwasu synapinowego, spośród wszystkich badanych folii, charakteryzowały się najwyższymi parametrami przepuszczalności wobec tlenu i ditlenku węgla oraz ulegały degradacji w najniższych temperaturach w zakresie 280-600°C, co jednoznacznie można przypisać zaburzeniom struktury foliotwórczej. Otrzymane folie przebadano pod kątem właściwości mechanicznych, uzyskując następujące wyniki: folie z dodatkiem kwasu kawowego, protokatechowego oraz synapinowego charakteryzowały się najwyższą wytrzymałością na rozciąganie, natomiast folie zawierające kwas kawowy, ferulowy i protokatechowy wykazywały największą elastyczność. Wartości modułu Younga wskazują, że wszystkie folie modyfikowane wybranymi kwasami fenolowymi cechowały się wyższą sztywnością w porównaniu z folią kontrolną. Aktywne folie z dodatkiem kwasów fenolowych charakteryzowały się potencjałem antyoksydacyjnym (mierzonym metodą ABTS oraz DPPH), co jest niezwykle kluczowe w kontekście pakowania produktów spożywczych, gdyż taka właściwość może przyczynić się do ograniczenia procesów psucia się żywności.

W dalszym etapie swojej rozprawy doktorskiej, Pani mgr inż. Magdalena Mikus oceniała wpływ wybranych kwasów fenolowych na właściwości reologiczne roztworów



WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI

UNIwersytet Rolniczy

im. Hugona Kołłątaja

ul Balicka 122, 31-149 KRAKÓW - POLAND

powłokotwórczych na bazie pektyn (P4). Najlepsze wyniki uzyskano dla roztworu pektynowego z dodatkiem kwasu protokatechowego, w którym zaobserwowano obniżenie lepkości pozornej; zjawisko to przypisano stopniowi dysocjacji grup karboksylowych oraz potencjalnym zaburzeniom w tworzeniu sieci między łańcuchami polisacharydowymi. Nie było możliwości oceny wpływu kwasu kawowego oraz protokatechowego na kinetykę uwalniania z folii pektynowych, gdyż obie folie ulegały 100% rozpuszczeniu zarówno w wodzie jak i 50% etanolu. Oceny tego zjawiska dokonano w środowisku 96% etanolu i zaobserwowano różnice pomiędzy kwasem kawowym i protokatechowym, które mogą wynikać z różnego składu chemicznego i konkretnych właściwości kwasów.

Doktorantka w ostatniej części swojej rozprawy doktorskiej poruszyła ważną tematykę badań jaką jest powlekanie jabłek (P4). Proces powlekania jest niezwykle istotny, gdyż stanowi bardzo dobrą ochronę przed utratą wody, drobnoustrojami, a także poprawia ich wygląd. Ponadto, powlekanie owoców lepiej znoszą transport i magazynowanie. W związku z powyższym, sprawdzono jak bioaktywne powłoki jadalne na bazie pektyny oraz kwasów fenolowych wpływają na cechy jakościowe jabłek odmiany *Golden Delicious* podczas przechowywania. Przeprowadzone szczegółowo analizy, wskazują, że powlekanie jabłek roztworami pektynowymi wzbogaconymi w kwas kawowy oraz protokatechowy powoduje wydłużenie czasu przechowywania jabłek, jednocześnie zmniejszając utratę jędrności oraz ograniczenie produkcji etylenu. Spowolnienie procesów fizjologicznych zachodzących w jabłkach nie tylko wydłuża ich trwałość, ale także poprawia ich wygląd, gdyż nadaje im połysk, dzięki czemu prezentują się świeżo i apetycznie, co zwiększa ich atrakcyjność dla konsumentów.

Przeprowadzenie tylu badań oraz analiz w rozprawie doktorskiej doprowadziło do potwierdzenia dwóch stawianych hipotez:

H1. Dodatek wybranych kwasów fenolowych wpływa pozytywnie na właściwości użytkowe folii na bazie pektyn.

H2. Opracowane powłoki na bazie pektyn oraz kwasów: kawowego i protokatechowego przedłużają trwałość i przydatność jabłek odmiany *Golden Delicious* do spożycia.

Sama praca ma nie tylko wymiar naukowy, ale również charakter aplikacyjny, co również wskazuje na bardzo wysoką jakość rozprawy doktorskiej.



WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI

UNIwersytet Rolniczy

im. Hugona Kołłątaja
ul Balicka 122, 31-149 KRAKÓW - POLAND

W trakcie czytania pracy nasunęły się następujące spostrzeżenia, które mogą być tematem dalszej dyskusji:

1. Dlaczego wybór padł na kwasy fenolowe jako dodatki aktywne?
2. Planowane dalsze prace nad wykorzystaniem opracowanych folii w przemyśle spożywczym. W rozprawie doktorskiej przedstawiono wykorzystanie powłok aktywnych do powlekania jabłek, natomiast w pracy badano też właściwości użytkowe samych folii.

Uwagi przedstawione powyżej oczywiście nie umniejszają wartości poznawczej i naukowej rozprawy doktorskiej.

Rozprawa doktorska jest ujęta w czterech artykułach opublikowanych w *Applied Sciences*, *Molecules* oraz *Processes*, których sumaryczny IF wynosi 12.4, a liczba punktów ministerialnych to 410 pkt. Istotnym osiągnięciem w procesie przygotowywania rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Magdaleny Mikus jest opracowanie publikacji współautorskich (dwu- i trzyosobowych). Niezwykle rzadko czyta się publikacje, gdzie jest dwóch autorów (doktorant i promotor). Tego rodzaju prace wymagają nie tylko wysokiego poziomu merytorycznego, ale również znaczącego wkładu własnego doktoranta w planowanie badań, przeprowadzanie analiz oraz interpretację wyników. Realizacja licznych i złożonych analiz w ramach każdej publikacji świadczy o ugruntowanym, samodzielnym warsztacie badawczym, umiejętności krytycznego myślenia oraz zdolności do prowadzenia badań naukowych na zaawansowanym poziomie. Ponadto, współautorstwo w niewielkich zespołach badawczych potwierdza kompetencje w zakresie współpracy naukowej przy jednoczesnym zachowaniu wyraźnie określonego wkładu indywidualnego. W mojej ocenie, niniejsza rozprawa reprezentuje poziom, który uzasadnia przyznanie wyróżnienia.

Podsumowanie

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Mikus nie buzi zastrzeżeń ani pod względem formalnym ani merytorycznym. Praca została przedstawiona w sposób klarowny i wnosi wiele nowych elementów, jest oryginalna i przedstawia samodzielny dorobek Doktorantki.



WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWNOSCI

UNIwersytet Rolniczy

im. Hugona Kołłątaja
ul. Balicka 122, 31-149 KRAKÓW - POLAND

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Magdaleny Mikus spełnia wymogi formalne w odniesieniu do pracy doktorskiej, odpowiada wymogom w oparciu o Ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) oraz Uchwały nr 89-2022/2023 Senatu SGGW z dnia 26 czerwca 2023 roku w sprawie uchwalenia Regulaminów przeprowadzenia postępowań w sprawie nadania stopnia doktora w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Zwracam się zatem do Rady Dyscypliny Naukowej Technologia Żywności i Żywnienia SGGW w Warszawie o przyjęcie pracy oraz dopuszczenie Pani mgr inż. Magdaleny Mikus do dalszych etapów postępowania przewidzianego w przewodzie doktorskim. Ponadto, wnoszę o wyróżnienie rozprawy doktorskiej. Po pierwsze, Doktorantka opracowała wiele formułacji zarówno folii jak i powłok na bazie pektyn oraz wybranych kwasów fenolowych. Następnie, przeprowadziła ścisłą charakterystykę opracowanych materiałów i znalazła dla nich praktyczne zastosowanie. Wszystkie wyniki zostały opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. Ponadto na wyróżnienie, w mojej ocenie, zasługuje udział Doktorantki w zgłoszonych publikacjach dwu i trzyosobowych, co wskazuje na bardzo dużą samodzielność naukową. Moim zdaniem, rozprawy doktorskie o takim poziomie powinny być standardowo wyróżniane.

prof. dr hab. inż. Ewelina Jamróz



INWENTYSTY ROLNICZY
 Instytut Hortyki i Florystyki w Krakowie
WYDZIAŁ TECHNOLOGII ŻYWIWOSCI
 Kancelaria Główna
 30-149 Kraków, ul. Balicka 122
 Tel./Fax: +4812 662 4336, e-mail: info@inrakod.pl
 adres do korespondencji: 31-120 Kraków, ul. Modułowa 21

prof. dr hab. inż. Ewelina Janda

KANCELARIA GŁÓWNA SGGW
 2026 -05- 06
 WPLYNĘŁO DNIA -5-


 RPU/13479/2026 N
 Data: 2026-05-06

OPŁATA POBRANA
TAKI PERCJUE - POLOGNE
 Umowa z Poczta Polska S.A.
 ID nr 617618/K


 56170 30.04.2026 02 POLECONA

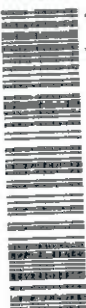


Biuro Obsługi Nauk Szkoła Główna
 Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
 ul. Nowoursynowska 166
 02-787 Warszawa

PRIORYTET

R

(00)659007734570717060



(00)659007734570717060

(00)659007734570717060



Poczta Polska

Opłata pobrana _____ zł _____ gr

2024