

Wrocław, 15.04.2026

prof. dr hab. inż. Joanna Kawa-Rygielska,
Katedra Technologii Fermentacji i Zbóż
Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Łukasza Ściubaka

pt. „Optymalizacja składu mieszanek biomasy i biomasy odpadowej dla procesu spalania
w kotle instalacji energetycznej małej mocy”

realizowanej, pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Andrzeja Barygi, prof. Uczelni,
(Politechnika Łódzka, Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności) oraz promotora
pomocniczego dr inż. Wojciecha Kosakowskiego (Polmos Żyrardów Sp. z o.o.)

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania niniejszej recenzji jest Uchwała Nr XI/16/2025 Rady Naukowej Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im prof. W. Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego z dnia 09.12.2025, oraz pismo Przewodniczącej Komisji Kwalifikacyjnej RN IBPRS-BIP prof. dr hab. Bożeny Waszkiewicz - Robak, z dnia 12.01.2026.

2. Ocena wyboru tematu pracy

Uzasadnienie podjęcia badań nad wykorzystaniem odpadów przemysłu rolno-spożywczego, jako odnawialnych źródeł energii wynika z rosnącej potrzeby transformacji energetycznej oraz ograniczenia negatywnego wpływu działalności człowieka na środowisko. Przemysł rolno-spożywczy generuje znaczne ilości odpadów organicznych, które często są niewłaściwie zagospodarowywane, prowadząc do emisji gazów cieplarnianych oraz degradacji środowiska. Jednocześnie odpady te stanowią cenny surowiec energetyczny, możliwy do wykorzystania m.in. w procesach fermentacji beztlenowej, produkcji biogazu czy biopaliw. Prowadzenie badań w tym obszarze pozwala na opracowanie efektywnych

technologii przetwarzania odpadów w energię, co przyczynia się do zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym. Ma to szczególne znaczenie w kontekście ograniczania zależności od paliw kopalnych oraz wzmacniania bezpieczeństwa energetycznego. Przekształcanie odpadów rolno-spożywczych w energię wpisuje się w ideę ponownego wykorzystania surowców, zamykając ich cykl życia i ograniczając potrzebę eksploatacji nowych zasobów naturalnych. Dodatkowo sprzyja to tworzeniu nowych modeli biznesowych oraz zwiększa konkurencyjność przedsiębiorstw poprzez obniżenie kosztów utylizacji i produkcji energii. Podjęcie badań w tym kierunku ma więc istotne znaczenie zarówno z perspektywy ochrony środowiska, jak i rozwoju zrównoważonej gospodarki, łącząc aspekty ekologiczne, ekonomiczne i społeczne.

Warte podkreślenia, w odniesieniu do ocenianej rozprawy doktorskiej, jest kompleksowe podejście do problematyki badawczej obejmującej zagospodarowanie odpadowej biomasy przemysłu rolno-spożywczego do procesu spalania w kotle instalacji energetycznej małej mocy w firmie Polmos Żyrardów Sp. z o.o., jak również ocenę możliwości zagospodarowania produktów spalania, takich jak popioły, w obszarze rolno-produkcyjnym. Temat ten odgrywa również kluczową rolę w rozwoju gospodarki o obiegu zamkniętym, której podstawowym założeniem jest maksymalne wykorzystanie zasobów oraz minimalizacja ilości odpadów. Wybór tematyki badawczej realizowanej w ramach ocenianej rozprawy doktorskiej jest trafny i wartościowy pod względem aspektów naukowych i aplikacyjnych. W świetle powyższych informacji, badania przeprowadzone przez mgr inż. Łukasza Ściubaka w ramach pracy doktorskiej uznają za aktualne i uzasadnione.

Praca została zrealizowana w ramach V edycji programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Doktorat wdrożeniowy”.

3. Ocena formalna pracy

Rozprawa liczy 219 stron i zawiera następujące rozdziały: streszczenie w języku polskim i angielskim, wstęp, cel pracy i hipotezy badawcze, materiał i metody badań, część wyników, wnioski, podsumowanie, spis literatury oraz rysunków i tabel. Cytowane piśmiennictwo obejmuje 159 pozycji literatury, w tym 44 prace w j. polskim i 90 w języku angielskim, (co stanowi blisko 60% prac o zasięgu międzynarodowym). Pozostałą część stanowią akty prawne: rozporządzenia, ustawy, dyrektywy, normy, itp.. Literatura z ostatnich 5 lat stanowi ok 40 %. Dobór literatury jest trafny i uzasadniony. Język pracy jest zrozumiały, typowy dla tego typu opracowań naukowych, uwagi szczegółowe zamieszczono na końcu recenzji.

4. Ocena merytoryczna rozprawy

Tytuł pracy doktorskiej koresponduje z jej treścią. W streszczeniu i wstępie Doktorant przedstawiał w formie syntetycznej główne założenia i zagadnienia będące przedmiotem przedłożonej do recenzji pracy doktorskiej. Następnie dokonał szerokiego przeglądu literatury, omówił m.in.: potencjał wykorzystania biomasy roślinnej (biomasy odpadowej przemysłu rolno-spożywczego) w gospodarce obiegu zamkniętego, regulacje prawne i aspekty środowiskowe dotyczące wykorzystania biomasy, a także zwrócił uwagę na produkty spalania biomasy możliwe do zagospodarowania w rolnictwie. W kolejnym rozdziale Autor skupił się na analizie rynku biomasy energetycznej w otoczeniu Firmy Polmos Żyrardów oraz typował biomasę do badań. Doktorant przedstawił rodzaje biomasy odpadowej, dokonał ich klasyfikacji na grupy i podgrupy, powołując się na odpowiednie akty prawne, w tym Rozporządzenia Ministra Klimatu. Spośród dostępnych propozycji Autor wybrał odpady, które technologicznie i środowiskowo były odpowiednie do spalania w instalacji zakładu, biorąc pod uwagę ich kaloryczność i właściwości fizykochemiczne. Dla każdego odpadu wskazał formę obróbki wstępnej, umożliwiającą ich bezpieczne i efektywne wykorzystanie w procesie spalania (m.in.: suszenie, rozdrabnianie, zagęszczanie). Autor wskazał biomasę możliwą do wykorzystania w technologii Polmos Żyrardów skupiając się na analizie biomasy odpadowej z dwóch województw łódzkiego i mazowieckiego, następnie przeprowadził selekcję danych pod kątem skali działalności, wyeliminował źródła rozdrobnione, potencjalnie nieefektywne pod względem logistycznym i ekonomicznym.

Rozdziały 1 i 2 stanowią bardzo obszerne opracowanie (łącznie 53 strony), zostały przygotowane w oparciu o właściwe źródła literatury oraz obowiązujące akty i przepisy prawne. Doktorant wykazał się dobrą orientacją i znajomością tematyki. Prezentowane treści stanowią wprowadzenie do podjętych w dalszej części badań i koresponduje z częścią eksperymentalną pracy.

Celem pracy było opracowanie wytycznych do spalania mieszaniny biomasy i biomasy odpadowej o różnej kaloryczności w instalacjach energetycznych małej mocy na przykładzie zakładu Polmos Żyrardów Sp. z o.o.. Cel pracy poddano weryfikacji w ramach zaplanowanych eksperymentów. Zakres badań obejmował 4 główne zdania badawcze. Jak wynika z zakresu badań jest on szerszy niż wskazuje na to sformułowany cel pracy. Należało rozszerzyć cel o zadanie dotyczące zagospodarowania popiołów. Ponieważ cel powinien stanowić uszczegółowienie tematu pracy, proponuję rozważenie i doprecyzowanie w celu określenia „paliw biomasowych”. Doktorant sformułował 4 hipotezy badawcze, część poddał

weryfikacji w ramach zaplanowanych badań w części eksperymentalnej. Niektóre hipotezy są dość ogólnikowe, część z nich trudno zweryfikować w ramach zaplanowanych doświadczeń, np. H1 nie badano emisji CO₂.

Kluczowe założenia dotyczące organizacji pierwszych etapów badań zostały przedstawione w części doświadczalnej pracy (rozdział 4). Autor zamieścił informacje dotyczące materiału i zakresu badań oraz wymienił wykorzystywane w jego realizacji metody. Autor przedstawił w tym rozdziale kluczowe oznaczenia i parametry charakteryzujące potencjał wykorzystania biomasy odpadowej przemysłu rolno-spożywczego na cele energetyczne zgodne z założeniami pracy. W wykazie metod (p.4.3, str. 66) Autor nie uwzględnił metod badawczych, jakie wykonano w 4 etapie badań. Informacje dotyczące organizacji pracy, metod i wykonanych oznaczeń znajdują się w dopiero w części pracy opisującej wyniki tych badań (rozdział 7).

Zakres prac badawczych i stosowanych metod analitycznych został dobrany adekwatnie do założeń i celu pracy, pozwolił na wybór biomasy roślinnej, śledzenie i optymalizację przebiegu projektowanego procesu technologicznego podczas wdrożenia w warunkach zakładu przemysłowego. Część metodyki dotycząca sposobu realizacji zadań badawczych została przedstawiona w sposób bardzo syntetyczny natomiast jej uzupełnieniem jest opis rozwiązań technologicznych i stanu techniki w zakładzie Polmos Żyrardów sp. z o.o. znajdujący się w kolejnych rozdziałach pracy. Znaczna część badań została wykonana w warunkach Polmosu Żyrardów z wykorzystaniem infrastruktury zakładu. Realizacja pracy wymagała znajomości procesu i obsługi specjalistycznego sprzętu, co wymaga znacznych umiejętności i wskazuje na dobrą znajomość aspektów technicznych i technologicznych oraz dobry warsztat pracy Doktoranta.

W kolejnym rozdziale Doktorant omówił najważniejsze założenia, opisał stan techniki oraz rezultaty badań. Uzyskane wyniki Autor przedstawiał w postaci tabel i wykresów. Ponadto przedstawił rysunki/schematy/ zdjęcia uzupełniające opis procesów technologicznych stosowanych w zakładzie produkcyjnym. Dokumentacja stanowi dobre uzupełnienie treści pracy doktorskiej.

W pierwszej kolejności Doktorant scharakteryzował działalność produkcyjną Polmosu Żyrardów – Destylarnia Belveder, wskazał na potrzeby energetyczne wynikające z profilu działalności firmy oraz kierunki strategiczne firmy w tym zakresie. Autor szczegółowo przedstawił obiekt badań i realizacji wdrożenia, opisując parametry technologiczne kotłowni (5.2), systemy sterowania, podawania i mieszania paliwa (5.3) koncepcję wykorzystania produktów ubocznych z produkcji rolno-spożywczej w systemach paliwowych w Polmosie

Żyrardów (5.4) oraz wyniki badań dotyczące charakterystyki biomasy będącej przedmiotem badań (5.5). Doktorant przy wyborze biomasy koncentrował się na ocenie dostępności i jakości biomasy w tym ocenie jej składu fizykochemicznego, efektywności procesu spalania oraz ocenie wpływu na niezawodność pracy instalacji przemysłowych. Efektem badań podjętych przez Doktoranta była charakterystyka wybranych odpadów przemysłu rolno-spożywczego, która pozwoliła na ocenę potencjału ich wykorzystania na cele energetyczne, następnie optymalizacja składu mieszaniny biomasy, opracowanie sposobu jej magazynowania, mieszania oraz podawania do zasobnika kotła z uwzględnieniem kluczowych parametrów technologicznych.

Na podstawie analizy zebranych danych przygotowano algorytmy mieszania kluczowych surowców roślinnych, dokonano optymalizacji parametrów pracy poszczególnych urządzeń wykorzystując algorytmy uczenia maszynowego ML (Machine Learning). W efekcie prowadzonych badań w obiekcie przemysłowym Polmosu Żyrardów dokonano kompleksowej oceny efektywności i wpływu wybranych mieszanek na parametry pracy kotła, monitorując kluczowe wskaźniki techniczne i środowiskowe w określonych przedziałach czasowych. Uzyskane przez Doktoranta wyniki prezentują istotne rozwiązania w zakresie wykorzystania biomasy, jako paliwa w przemyśle rolno-spożywczym, umożliwiły optymalizację warunków eksploatacji kotłów opalanych biomasą, minimalizując negatywny wpływ zmienności surowców na parametry pracy instalacji oraz negatywne oddziaływania na środowisko. Ważnym aspektem pracy była kontynuacja badań w zakresie zagospodarowania popiołów powstających ze spalania biomasy w kotłowni energetycznej (rozdział 7). Na podstawie oceny wybranych parametrów jakości oraz zawartości metali ciężkich w popiołach, Doktorant wskazał na potencjał ich wykorzystania w produkcji rolniczej, ocenił jego wpływ na właściwości gleby i plonowania żyta w badaniach wazonowych. Uzyskany materiał roślinny stanowił surowiec do produkcji etanolu i oceny wydajności fermentacji zacierów żytnich.

Z perspektywy procesu technologii fermentacji i destylacji uzyskane rozwiązanie wskazuje, na to, że nowatorskie podejście, przyjazne środowisku nawożenie popiołami ze spalania wskazanych przez Autora produktów ubocznych z przemysłu rolno-spożywczego ma szansę znaleźć zastosowanie w uprawie surowców gorzelnicznych, których jakość może istotnie wpłynąć na przebieg i efekty procesu technologicznego w gorzelnii. Na podkreślenie zasługuje kompleksowe podejście Doktoranta do realizowanego tematu badawczego i projektowanego procesu technologicznego, wpisujące się w strategię zrównoważonego rozwoju, stąd wypracowane rozwiązania powinny dodatkowo wpłynąć na przewagę konkurencyjną przedsiębiorstwa na rynku. Na podstawie przeprowadzonych badań Doktorant

sformułował 4 wnioski, ich strona merytoryczna znajduje uzasadnienie w analizie prezentowanych wyników badań.

Uwagi ogólne i szczegółowe:

Z obowiązku recenzenta proszę Doktoranta o uzupełnienie informacji lub komentarz w zakresie podejmowanej dyskusji w odniesieniu do całej pracy:

- Proszę o uporządkowanie i doprecyzowanie informacji na temat charakterystyki materiału badawczego w pracy. W pierwszej kolejności proszę o doprecyzowanie informacji na temat rodzaju zrębek drzewnych stosowanych na poszczególnych etapach pracy, wyjaśnienia wymaga co oznacza zrębka drzewna mieszana 1 i 2 (metodyka pkt.4.2 str.65 oraz tab. 12), proszę o wyjaśnienie czy różnica dotyczy wielkości zrębków ??, w dalszej części pracy spotykamy się innym podziałem (zrębki leśna, zrębka agro, zrębka przemysłowa, tab.14). W kolejnych etapach badań pojawia się również pelet z łusek słonecznika, którego nie wymieniono w materiale badawczym w p.4.2.metodyki. Rodzaje biomasy badane pod względem wpływu na pracę kotła (p. 4.2 materiał badawczy, str.65) nie są tożsame z tymi opisywanymi i prezentowanymi w omówieniu wyników (s. 107-108). Nomenklatura w części metodycznej i opisie wyników powinna być spójna. Proszę również o charakterystykę wywaru gorzelniczego stosowanego w pierwszym etapie badań. Na str. 67 metodyki znajduje się punkt zatytułowany „Przygotowanie próbek żyta do badań”, podczas gdy w opisie analiza obejmuje 1 g zmielonej gleby. W ilu powtórzeniach wykonano doświadczenia i analizy w pracy?. Proszę o informacje czy podczas przygotowania zacierów żytnich, po dodaniu enzymów amyloglukozydazy i proteazy w procesie zacierania zacier schłodzono od razu czy stosowano przerwę scukrzającą. Jaką metodę stosowano SHF czy SSF (s.188). W części metodycznej brak informacji jakimi metodami oznaczono: zawartość skrobi w ziarnach żyta (rozd. 7.5 str. 187), skład związków lotnych po fermentacji, brak informacji na temat analiz w próbach odfermentowanych. Pojawia się również pytanie, dlaczego opis metod badawczych do kolejnych etapów pracy znajduje się na początku tych rozdziałów w omówieniu wyników, a nie w części metodycznej. W opisie badań występują sformułowania, które wymagają przedyskutowania. Sformułowanie „wywar gorzelniczny to gęsty odciek z pierwszego procesu fermentacji (str. 65 metodyki) jest niefortunne, proszę zatem o poprawne zdefiniowanie tego produktu ubocznego. Proszę o interpretację sformułowania „Ocena wpływu nawożenia popiołami na wydajność fermentacji” (pkt 7.5, str. 187) – proszę w trakcie dyskusji Doktoranta o wyjaśnienie kontekstu tego sformułowania.

Przy opisie wyników błędnie podano odnośniki w tekście do „ tabel 23 i 24” podczas gdy opisywane wyniki znajdują się w tabelach nr 22 i 23 (str. 162). Podobna uwaga dotyczy cytowania w tekście (tab. 32) podczas gdy opisywane wyniki znajdują się w tab. 28 (str. 190 - 191). Błędnie zatytułowano tabelę nr 22 „ stopień wymywania metali ciężkich....” podczas gdy w tabeli umieszczono również inne metale spoza tej grupy (np. Na, K), (str. 163, 164).

Niektóre wyniki są prezentowane kilkakrotnie w pracy – np. wyniki zamieszczone na rysunkach 26-30 (str. 174-178) zamieszczono również w zbiorczej tabeli 24 str. 178. Sposób zapisu jednostek różni się pomiędzy rozdziałami, np. $g\ kg^{-1}$, lub g/kg , powinien być ujednoczony.

Z obowiązku recenzenta należy wymienić uchybienia zauważone podczas lektury niniejszej rozprawy, takie jak błędy językowe, stylistyczne, skróty myślowe czy błędy w nomenklaturze (np.: „pożywczej” czy spożywczej (str. 87), „zmienić cię” czy się (str. 87), pozostawiono w tekście „(nazwa województw do uzupełnienia)” (str. 58), nazwy szczepów „Salmonella” piszemy kursywą (str.162), na jednej stronie „pellet” z łusek słonecznika, „pelet”, „palet” ? (str. 107), itp.

Przedstawione w pracy uwagi nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy doktorskiej. Oceniana praca doktorska jest oryginalnym dziełem naukowym, w którym Doktorant wykazał dobre przygotowanie teoretyczne, samodzielność w planowaniu i prowadzeniu badań naukowych. Określony w pracy cel i zakres badań został zrealizowany. Na szczególne wyróżnienie zasługuje wdrożenie efektów pracy w zakładzie produkcyjnym. Zawarte w recenzji uwagi mają charakter uzupełniający, redakcyjny i dyskusyjny, mają na celu lepsze uporządkowanie prezentowanych treści, nie mają wpływu na ocenę końcową przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej.

Podsumowanie i wniosek końcowy

W podsumowaniu stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr inż. Łukasza Ściubaka jest oryginalnym i wartościowym opracowaniem w dyscyplinie technologia żywności i żywienia. Zawarte w niej wyniki badań są źródłem wiedzy o charakterze naukowym, jak i aplikacyjnym, na temat optymalizacji składu mieszanek biomasy i biomasy odpadowej do procesu spalania w kotle instalacji energetycznej małej mocy. Doktorant poprawnie sformułowała temat pracy, właściwie zaplanował i przeprowadził prace eksperymentalne służące jego realizacji, umiejętnie wykorzystwała narzędzia badawcze, analityczne, co podnosi znacząco wiarygodność ustaleń prezentowanych w rozprawie. Przedłożoną do recenzji rozprawę doktorską oceniam pozytywnie i stwierdzam, że rozprawa ta spełnia wszystkie

ustawowe wymogi i kryteria określone w art.187 ust.1-4 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024, poz.1571 ze zm). Zwracam się do Rady Naukowej Rady Naukowej Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im prof. Wacława Dąbrowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego o dopuszczenie Pana mgr inż. Łukasza Ściubaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie biorąc pod uwagę w wyróżniający charakter aplikacyjny pracy, kompleksowe podejście do realizowanego tematu badawczego i projektowanego procesu technologicznego, zakończone pełnym wdrożeniem efektów badań w zakładzie produkcyjnym, wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. Prof. Wacława Dąbrowskiego PIB wniosek o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Łukasza Ściubaka.


Joanna Kawa-Rygielska