

dr hab. inż. Sławomir Obidziński, prof. PB
Politechnika Białostocka
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
Katedra Inżynierii Rolno-Spożywczej i Kształtowania Środowiska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Jakuba Soi

na temat: „Możliwości zagospodarowania wybranych produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego z wykorzystaniem techniki ekstruzji”.

Niniejsza recenzja została wykonana na podstawie umowy o dzieło nr RD IŚGiE/9/2025, zawartej z Uniwersytetem Przyrodniczym w Lublinie, reprezentowanym przez Rektora UP w Lublinie w imieniu, którego działa na podstawie udzielonego pełnomocnictwa Prorektor ds. Kadr - prof. dr hab. Andrzej Marczuk, podpisanej w związku z decyzją Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie (zgodnie z uchwałą nr RD IŚGiE 11/2025 z dnia 10 października 2025 r.), która powołała moją osobę na recenzenta w/w pracy doktorskiej.

1. Charakterystyka podjętego problemu

W związku z rosnącą w skali świata populacją ludzką, pogłębiającą się urbanizacją oraz zwiększającym się poziomem konsumpcji, w każdej dziedzinie życia i przemysłu rosną ilości odpadów: komunalnych, opakowaniowych oraz przemysłowych. Potwierdzają to raporty Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP) i innych instytucji (np. OECD, Eurostat, czy WWF), według których ilość generowanych odpadów na świecie systematycznie zwiększa się, a do 2050 roku może wzrosnąć nawet do 3,4 miliarda ton rocznie, co stanowi znaczny wzrost w porównaniu z obecną skalą.

Jedną z grup odpadów, których ilość systematycznie rośnie są odpady z przetwórstwa rolno-spożywczego (np. odpady pozbiorowe, niepełnowartościowe części owoców i warzyw, odpady z produkcji, czy odpady poprodukcyjne), powstające na różnym etapie - od zbiorów surowców, aż po końcowy etap ich przetwarzania. Odpady te stanowią poważne wyzwanie dla środowiska i gospodarki. Wzrost odpadów w tej grupie jest związany przede wszystkim ze zwiększającym się popytem na produkty spożywcze, rozwojem przemysłu spożywczego oraz ciągłymi zmianami w nawykach konsumentów.

W ostatnich latach nasila się tendencja do zrównoważonego zagospodarowania odpadów i traktowania ich jako surowców do ponownego wykorzystania, minimalizując ich negatywny wpływ na środowisko oraz wspierając gospodarkę o obiegu zamkniętym. Odzwierciedlają to wytyczne pojawiające się w aktualnych polskich i unijnych aktach prawnych, które nakładają do gospodarki w obiegu zamkniętym poprzez maksymalizację wartości zasobów, ich ponowne wykorzystanie, recykling oraz minimalizowanie ilości wytwarzanych odpadów.

Rosnące ilości odpadów z przemysłu spożywczego, coraz surowsze normy i przepisy dotyczące ich gospodarowaniem wymuszają na przedsiębiorstwach poszukiwanie i wdrażanie innowacyjnych technologii i metod zagospodarowania odpadów. W te poszukiwania wpisuje się ze swoimi badaniami wiele ośrodków i zespołów naukowych prowadzących zaawansowane, interdyscyplinarne badania, często w kooperacji z przemysłem. Badania te niejednokrotnie pozwalają na zagospodarowanie olbrzymich ilości surowców odpadowych

i ubocznych lub też ich minimalizację w realizowanych procesach produkcyjnych. Pozwalają również na optymalizację zużycia energii i innych czynników w realizowanych procesach (np. ograniczenie zużycia wody w procesie ekstruzji).

Przedstawiona praca doktorska mgr inż. Jakuba Soi wpisuje się w naukowe działania zmierzające do znalezienia innowacyjnej metody zagospodarowania wyłoków roślinnych (poprzez opracowanie kompleksowego rozwiązania technologicznego, z zastosowaniem m.in. techniki ekstruzji), pozwalającej na ich wykorzystanie jako dodatku funkcjonalnego w produkcji żywności.

2. Ogólna charakterystyka pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Jakuba Soi składa się z cyklu spójnych tematycznie pięciu publikacji, które w załączonej dokumentacji są zamieszczone na stronach 85-175. Rozprawę Doktorant zaprezentował również w postaci autoreferatu zredagowanego na 66 stronach (str. 3-69), po którym załączył również oświadczenie współautorów (str. 70-84). Autoreferat składa się z oświadczenia promotora, spisu publikacji stanowiących rozprawę, spisu treści, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz sześciu rozdziałów.

W pierwszej kolejności Doktorant zaprezentował spis pięciu publikacji stanowiących rozprawę doktorską.

Rozdział pierwszy autoreferatu zatytułowany „1. Wprowadzenie” zredagowany został na 6 stronach i wprowadza Czytelnika w tematykę rozprawy.

W rozdziale drugim „2. Założenia badawcze i cele naukowe” Autor przedstawia: sformułowany problem naukowy, hipotezy badawcze oraz cele szczegółowe rozprawy.

W rozdziale trzecim „3. Materiał i metodyka badawcza” Doktorant prezentuje przyjęte do badań surowce i dodatki, charakteryzuje proces przygotowań surowców, stanowisko badawcze, rodzaje przyjętych matryc formujących i systemów ciecienia, przebieg procesu ekstruzji, metody oceny wydajności i energochłonności procesu ekstruzji, metody oceny wybranych właściwości fizykochemicznych ekstrudatów, metodykę oceny potencjału biogazowego frakcji poprodukcyjnych z procesu ekstruzji, a także metody oceny statystycznej uzyskanych wyników.

W następnym – czwartym rozdziale „4. Omówienie wyników” zaprezentowane zostały wyniki badań (wydajności i energochłonności procesu ekstruzji, metody oceny wybranych właściwości fizykochemicznych ekstrudatów oraz potencjału biogazowego frakcji poprodukcyjnych z procesu ekstruzji) wraz z ich analiza statystyczną.

W rozdziale piątym „5 Wnioski” Doktorant prezentuje wnioski wynikające z badań zaprezentowanych w rozprawie.

W kolejnym - siódmym rozdziale „6. Literatura pomocnicza” Doktorant prezentuje spis literatury wykorzystanej w autoreferacie.

W dalszej kolejności Doktorant przedstawia oświadczenie współautorów oraz najważniejszą część swojej pracy – kopie pięciu publikacji stanowiących rozprawę doktorską.

3. Ocena pracy

Autoreferat prezentujący rozprawę doktorską mgr inż. Jakuba Soi napisany jest poprawnym i zrozumiałym językiem. Pomimo pewnej ilości drobnych uchybień edytorskich, od strony formalnej nie budzi większych zastrzeżeń. Należy uznać, iż przedstawiona w nim rozprawa doktorska przedstawia wartościowy wkład naukowy, uzupełniający wiedzę w obszarze dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Rozpoczynając swój autoreferat Doktorant zaprezentował spis cyklu spójnych tematycznie pięciu publikacji stanowiących rozprawę doktorską:

P1. Jakub Soja, Özge Özmen, Marta Krajewska, Kamila Kasprzak-Drozd: Effect of apple pomace (*Malus domestica* 'Gala') addition on the processing conditions and antioxidant potential of extruded snacks. *International Agrophysics*, 2023, 37, 401 – 413. <https://doi.org/10.31545/intagr/171927> (IF 1,70; 100 pkt. MNiSW)

P2. Jakub Soja, Maciej Combrzyński, Tomasz Oniszczyk, Marek Gancarz, Renata Różyło: Analysis of the influence of different plasticizing systems in a single-screw extruder on the extrusion-cooking process and on selected physical properties of snack pellets enriched with selected oilseed pomace. *Processes*, 2025, 13, 4, 1247. <https://doi.org/10.3390/pr13041247> (IF 2,80; 70 pkt. MNiSW)

P3. Jakub Soja, Maciej Combrzyński, Tomasz Oniszczyk, Agnieszka Wójtowicz: Management of selected fruit and vegetable pomace in fortified snack pellets through the single-screw extrusion-cooking under various process conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 2025, 26, 11. <https://doi.org/10.12911/22998993/207256> (IF 1,50; 70 pkt. MNiSW)

P4. Jakub Soja, Maciej Combrzyński, Tomasz Oniszczyk, Marek Gancarz, Anna Oniszczyk: Extrusion-cooking aspects and physical characteristics of snacks pellets with addition of selected plant pomace. *Applied Science*, 2024, 14, 19, 8754. <https://doi.org/10.3390/app14198754> (IF 2,50; 100 pkt. MNiSW)

P5. Jakub Soja, Tomasz Oniszczyk, Iryna Vaskina, Maciej Combrzyński, Agnieszka Wójtowicz: Integration of plant pomace into extruded products: analysis of process conditions, post-production waste properties and biogas potential. *Energies*, 2024, 17, 24, 6476. <https://doi.org/10.3390/en17246476> (IF 3,20; 140 pkt. MNiSW).

Łączna punktacja w/w opublikowanych prac wynosi 480 pkt. MNiSW, a łączny ich Impact Factor (IF) wynosi 11,70. **Moim zdaniem lepszym rozwiązaniem byłoby jednak umieszczenie w/w spisu publikacji tuż za spisem treści, który znajduje się bezpośrednio za spisem tychże publikacji.**

Po zaprezentowaniu streszczeń w języku polskim i angielskim, Doktorant przedstawił 6-stronicowe wprowadzenie. **Ponieważ w zaprezentowanym autoreferacie oraz artykułach stanowiących osiągnięcie występuje sporo symboli, skrótów, wzorów różnych związków chemicznych, to po zaprezentowaniu spisu treści powinien się tutaj również znaleźć spis ważniejszych oznaczeń stosowanych w autoreferacie, które pojawiają się zarówno w jego części teoretycznej, metodyce badawczej, jak również w zaprezentowanych artykułach P1-P5.**

Rozdział pierwszy autoreferatu zatytułowany „1. Wprowadzenie” zredagowany został na 6 stronach i wprowadza Czytelnika w tematykę rozprawy związaną ze zrównoważonym zagospodarowaniem odpadów z przetwórstwa rolno-spożywczego, a w szczególności wyłoków owocowo-warzywnych. W rozdziale tym Doktorant uświadamia również Czytelnikowi, że jedną z technologii wykorzystywanych do zagospodarowania odpadów, w tym wyłoków, która ma duży potencjał, jest technologia ekstruzji, która jak zauważa Doktorant „...*uznawana jest za jeden z najbardziej obiecujących kierunków rozwoju produkcji żywności w kontekście zagospodarowania produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego. Niemniej jednak, skuteczne wdrażanie wyłoków do procesów produkcyjnych w tej technologii wymaga dalszego doskonalenia parametrów technologicznych oraz precyzyjnej optymalizacji składów surowcowych ...*”.

Na uwagę zasługuje również promowanie przez Doktoranta integrowania zakładów przetwórstwa spożywczego z lokalnymi producentami żywności, poprzez tworzenie tzw. „symbioz przemysłowych”, w których, jak podaje Doktorant „...produkty uboczne z jednego zakładu (np. z rozruchu linii produkcyjnej lub produkty niespełniające norm) mogą być w efektywny sposób przetwarzane w energię i ciepło oraz wykorzystywane następnie przez ten sam lub sąsiadujący obiekt – np. w procesach suszenia, uruchomienia i pracy linii produkcyjnej czy wytwarzania pary procesowej...”.

Na podkreślenie zasługuje też fakt, że wprowadzenie zostało przygotowane w oparciu o 44 pozycje literatury (w większości autorów zagranicznych), z których 32 pochodzą z lat 2021-2025.

W rozdziale drugim, w podrozdziale „2.1. Problem naukowy, hipotezy badawcze i cele szczegółowe” Doktorant prezentuje problem naukowy: „Zagospodarowanie wybranych produktów ubocznych przetwórstwa rolno-spożywczego jako dodatków wzbogacających decyduje o przebiegu procesu ekstruzji i ma wpływ na kształtowanie wybranych właściwości fizykochemicznych i funkcjonalnych uzyskiwanych pelletów przekąskowych.”

W odpowiedzi na sformułowany problem naukowy Doktorant sformułował następujące trzy hipotezy badawcze:

„H1: Zastosowanie procesu ekstruzji pozwala na zagospodarowanie produktów ubocznych w postaci wyłoków owocowo-warzywnych i oleistych do uzyskania nowej gamy produktów ekstrudowanych w postaci pelletów przekąskowych ograniczając tym samym konieczność ich utylizacji.

H2: Ilość i rodzaj dodatku wyłoków roślinnych do mieszanek skrobiowych oraz konfiguracja układu plastyfikującego ekstrudera, prędkość obrotowa ślimaka i zastosowana matryca formująca determinują przebieg procesu ekstruzji oraz kształtują wybrane właściwości fizykochemiczne i funkcjonalne ekstrudatów, co może przyczynić się do uzyskania nowych wyrobów o zdefiniowanych cechach przy minimalizacji zapotrzebowania energetycznego.

H3: Materiały powstałe w procesie ekstruzji zawierają znaczną ilość łatworozkładalnych związków organicznych umożliwiających ich wykorzystanie jako substratu do przeprowadzenia fermentacji beztlenowej i produkcji biogazu, co przynosi pozytywny efekt środowiskowy.”

oraz cele szczegółowe pracy, wskazując artykuły, które pozwoliły na ich zrealizowanie.

W rozdziale trzecim „3. Materiał i metodyka badawcza”, który zasługuje na wyróżnienie, Doktorant w kolejnych podrozdziałach przedstawia charakterystykę materiałów badawczych tworzących ekstrudowaną mieszankę, w tym surowców podstawowych, dodatków funkcjonalnych oraz dodatków technologicznych. Dodatkowo w podrozdziale „3.2. Proces ekstruzji – przygotowanie mieszanek i przebieg procesu” oprócz dokładnego opisu przebiegu przygotowania mieszanek do procesu, przebiegu procesu ekstruzji, Doktorant przedstawia widoki: stanowiska badawczego (ekstrudera) – rys. 1, ślimaków ekstrudera (rys. 2), wkładki formujących (rys. 3), czy też biofermentora produkującego biogaz (rys. 4), z których tylko w/w rys. 4 pojawia się w pracy P5.

W rozdziale tym Doktorant dość szczegółowo prezentuje metodykę oceny wydajności i energochłonności procesu ekstruzji, metodyki oceny wybranych właściwości fizykochemicznych ekstrudatów (wskaźnika ekspandowania, odporności na uszkodzenia mechaniczne, gęstości nasypowej, wskaźnika absorpcji wody, wskaźnik rozpuszczalności w wodzie, całkowitej zawartości związków polifenolowych, zdolności zmiatania wolnych rodników oraz zdolności redukujących jony żelaza) oraz metodykę oceny potencjału biogazowego frakcji poprodukcyjnych z procesu ekstruzji. **Wartym podkreślenia jest wykorzystanie w prowadzonych badaniach nowoczesnych, aktualnych metod badawczych i nowoczesnej aparatury np. ocenę zdolności zmiatania wolnych rodników metodą DPPH, oznaczenie zdolności redukujących jony żelaza metodą FRAP (z wykorzystaniem z spektrofotometru UV-VIS Genesys 20 UV-VIS), czy też oznaczenie składu ilościowego gazów fermentacyjnych przy pomocy analizatora GA5000.**

Na uwagę i podkreślenie zasługuje też podrozdział „3.6. Analiza statystyczna wyników”, w którym Doktorant charakteryzuje analizy statystyczne (współczynnik korelacji Pearsona, jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA, metodę powierzchni odpowiedzi RSM, analizę głównych składowych PCA) otrzymanych wyników badań, zamieszczone w poszczególnych artykułach P1-P5.

W kolejnym rozdziale „4. Omówienie wyników” autoreferatu Doktorant przedstawia dość obszerne (jak na autoreferat), bo zredagowane aż na 22 stronach, ale syntetyczne przedstawienie najważniejszych wyników badań zaprezentowanych w pracach P1-P5, z najważniejszymi wycinkami ich dyskusji.

Część informacji przedstawionych w tym rozdziale, w których Doktorant nawiązuje do celu kolejnych prac i parametrów materiałowych, procesowych i konstrukcyjnych, przy których prowadzone były badania, to informacje, które w większości zostały wcześniej przedstawione w rozdziale omawiającym metodykę badań. Szkoda też, że Doktorant w tym rozdziale, autoreferatu nie umieszcza żadnych rysunków ani tabel prezentujących wyniki badań, które to w połączeniu z ich zwięzłym omówieniem przejrzysiej by je przedstawiły. Należy jednak podkreślić i Doktorant bardzo umiejętnie wplata w tekst omówienia badań odsyłacze do tabel i rysunków zamieszczonych w kolejnych pięciu publikacjach stanowiących rozprawę.

Szkoda też, że Doktorant w tym rozdziale autoreferatu tak niewiele miejsca poświęca analizie statystycznej wyników (zauważyłem jedynie jeden akapit w odniesieniu do pracy P4 i jeden w przypadku pracy P5), podczas gdy omówiona jest dość szczegółowo w rozdziale „3. Materiał i metodyka badawcza”. Wyniki analiz statystycznych wyników można oczywiście odnaleźć w załączonych publikacjach P1-P5.

Zwieńczeniem pracy jest rozdział piąty „5. Wnioski”, w którym Autor prezentuje 10 szczegółowych wniosków płynących z badań, stanowiące odpowiedzi na zdefiniowany problem naukowy oraz cele szczegółowe. Dodatkowo w tym rozdziale Doktorant zaproponował również szereg bardzo ciekawych propozycji dalszych badań, m.in.: a) nad możliwością wykorzystania frakcji poprodukcyjnych powstających podczas ekstruzji jako substratów do fermentacji metanowej w celu oceny ich potencjału energetycznego i środowiskowego, b) wpływu konfiguracji układu plastyfikującego oraz matryc formujących, których konstrukcja bezpośrednio determinuje końcową postać fizyczną ekstrudatu oraz energochłonność procesu ekstruzji, c) nad potencjałem prozdrowotnym wyłoków roślinnych jako źródła związków fenolowych i związaną z nimi aktywnością antyoksydacyjną, które mogą umożliwić wykorzystanie innych produktów ubocznych jako wartościowych dodatków do żywności. **Zasługuje to na szczególne podkreślenie, gdyż Doktorant dostrzega potencjał przeprowadzonych dotychczas badań, zdobytej na ich podstawie wiedzy i widzi możliwość ich rozszerzenia i kontynuacji w przyszłości.**

Mam jednak uwagę do tytułu tego rozdziału, gdyż z racji przedstawienia w nim w/w propozycji badań, a nie tylko wniosków, bardziej precyzyjny byłby tytuł „5. Podsumowanie”.

Brakuje mi też w tym rozdziale, w podsumowaniu, po przedstawieniu wniosków, wyraźnego odniesienia się Doktoranta do hipotez badawczych, mimo że przedstawione w rozdziale czwartym i w artykułach P1-P5 wyniki badań oczywiście je potwierdzają.

W rozdziale „6. Literatura pomocnicza” Doktorant prezentuje spis literatury wykorzystanej w autoreferacie. Literatura wykorzystana w tej części rozprawy, składająca się ze 112 pozycji, w przeważającej części autorów zagranicznych, jest wyczerpująca i odpowiada zagadnieniom poruszonym w pracy.

W rozdziale ósmym „8. Kopie publikacji” Doktorant prezentuje kopie swoich pięciu wcześniej wymienionych publikacji, stanowiących część badawczą pracy. **Wartym podkreślenia jest fakt, że w każdej z wymienionych pięciu publikacji Doktorant jest pierwszym autorem. Należy również podkreślić, że Doktorant w zaprezentowanych publikacjach dokonał bardzo bogatych przeglądów literatury we wprowadzeniach w/w artykułów, opartych na aktualnych, w większości przypadków, zagranicznych pozycjach literaturowych opublikowanych w renomowanych czasopismach.**

W odniesieniu do artykułów zaprezentowanych przez Doktoranta mam pewne uwagi krytyczne, jednak nie będę ich prezentował, ze względu na fakt, iż artykuły te podlegały już procesowi recenzji w w/w renomowanych czasopismach.

W artykułach P1-P5 pojawiają się np. przy doborze konkretnych zawartości poszczególnych składników ekstrudowanych mieszanek, stwierdzenia np., że: „*Stężenia te wybrano na podstawie wyników wybrano na podstawie wyników wcześniejszych badań i przeglądu dostępnej literatury; ...*”, brakuje natomiast w tych miejscach odsyłaczy to tych „*wcześniejszych badań i przeglądu dostępnej literatury*”.

Podsumowując, stwierdzam, że na uwagę i podkreślenie w pracy zasługuje:

1. Przeprowadzenie bardzo szerokiego przeglądu literatury dotyczącej tematyki rozprawy, zarówno w autoreferacie jak i w poszczególnych pięciu artykułach P1-P5, opartych głównie na zagranicznych pozycjach opublikowanych w renomowanych czasopismach.
2. Opracowanie bardzo szczegółowej metodyki oraz przeprowadzenie dużej ilości czasochłonnych badań:
 - oceny wydajności i energochłonności procesu ekstruzji
 - oceny wybranych właściwości fizykochemicznych ekstrudatów,
 - oceny potencjału biogazowego frakcji poprodukcyjnych z procesu ekstruzji.
3. Zaproponowanie, przeprowadzenie badań i potwierdzenie możliwości wykorzystania frakcji poprodukcyjnych z procesu ekstruzji jako substratów do fermentacji metanowej.
4. Dostrzeżenie potencjału przeprowadzonych przez siebie dotychczas badań, zdobytej na ich podstawie wiedzy i potrzeby rozszerzenia i dalszego prowadzenia w przyszłości.

4. Uwagi krytyczne oraz dyskusyjne

Analizując przedstawioną do recenzji pracę, dostrzec można w niej, zarówno w części teoretycznej jak i badawczej, drobne błędy redakcyjne i niedociągnięcia.

Poniżej przedstawiam swoje uwagi, uchybienia oraz nieścisłości, niektóre o charakterze dyskusyjnym, w kolejności w jakiej występują w pracy:

Str. 4-5 – szkoda, że w przedstawionym na tych stronach spisie treści Doktorant nie zaprezentował spisu stron, na których można znaleźć poszczególne artykuły P1-P5.

Str. 13 – w trzecim akapicie od góry Doktorant prezentuje podstawowe parametry procesu ekstruzji, jednak nie podaje w tym akapicie odsyłacza do literatury.

Str. 16 – można mieć pewne zastrzeżenia do sformułowanej hipotezy H1. Zamiast: „*H1: Zastosowanie procesu ekstruzji pozwala na zagospodarowanie produktów ubocznych w postaci wytlóków owocowo-warzywnych i oleistych do uzyskania nowej gamy produktów ekstrudowanych w postaci pelletów przekąskowych ograniczając tym samym konieczność ich utylizacji.*”, poprawniej stylistycznie byłoby: „*H1: Zastosowanie procesu ekstruzji do uzyskania nowej gamy produktów ekstrudowanych w postaci pelletów przekąskowych z udziałem produktów ubocznych w postaci wytlóków owocowo-warzywnych i oleistych pozwala na ich zagospodarowanie, ograniczając tym samym konieczność ich utylizacji.*”.

Str. 17 – uwagi dyskusyjne można mieć również do sformułowanej hipotezy H3.

Str. 17 – w drugim akapicie rozpoczynając prezentację celów szczegółowych Doktorant pisze: „*Na podstawie tak sformułowanego problemu naukowego i wyznaczonych hipotez badawczych sformułowane następujące cele szczegółowe:...*”. Poprawniej byłoby: „*Na podstawie tak sformułowanego problemu naukowego i zdefiniowanych hipotez badawczych sformułowano następujące cele szczegółowe:...*”.

Str. 17 – czytając prezentowane przez Doktoranta cele szczegółowe daje się zauważyć brak pewnej konsekwencji w nazewnictwie i kolejności wykorzystanych w badaniach procesu ekstruzji wytlókach roślinnych w celu 3 i 4 w stosunku do wcześniej zaprezentowanego,

moim zdaniem bardziej poprawnego, w celu 2. W celu 2 Doktorant podaje: „...przy dodatku różnej ilości i rodzaju wyłoków roślinnych (jabłkowych, aroniowych, dyniowych, z nasion czarnuszki i siemienia lnianego) ...”, podczas gdy w celach 3 i 4 używa innego nazewnictwa i innej kolejności dodawanych wyłoków: „...w zależności od ilości i rodzaju wyłoków roślinnych (jabłko, aronia, dynia, siemię lniane, czarnuszka...”. Czy zmiana kolejności była celowa i wynikała z jakiś względów, czy jest to tylko niedopatrzenie?

Str. 18 - w pierwszym zdaniu trzeciego akapitu Doktorant pisze: „W dalszych etapach prac [P2–P5] komponent bazowy stanowiły mieszanki skrobiowe oparte głównie na bazie ziemniaczanej, ...”. Precyzyjniej byłoby napisać: „W dalszych etapach prac [P2–P5] komponent bazowy stanowiły mieszanki skrobiowe oparte głównie na bazie produktów ziemniaczanych, ...”. Poza tym szkoda, że w tym akapicie Doktorant nie wymienił innych składników ekstrudowanej mieszanki, jak to miało miejsce w przypadku drugiego akapitu (mieszanki stosowane w trakcie badań opisanych w pracy P1). Oczywiście można je odczytać z tekstu poszczególnych artykułów P2-P5, np. z artykułu P2 możemy odczytać, że tymi surowcami była skrobia ziemniaczana, płatki ziemniaczane, wyłoki z nasion oleistych, olej rzepakowy, cukier buraczany i sól. Należałoby jednak te surowce/produkty (oprócz produktów ziemniaczanych) tutaj (w autoreferacie, dla jego lepszej przejrzystości) wymienić.

Str. 19 - podrozdział 3.2.1 Doktorant tytułuje „Funkcjonalne dodatki”. Czy nie bardziej stylistycznie byłoby „Dodatki funkcjonalne”?

Str. 21 – na pochwałę zasługuje przedstawienie w autoreferacie widoku stanowiska (rys. 1). Jednak bardziej czytelne byłoby zamieszczenie nieco większego zdjęcia, w innym ujęciu, oznaczenie poszczególnych (przynajmniej podstawowych) elementów stanowiska odnośnikami, a następnie wyjaśnieniu w podpisie rysunku, co poszczególne odnośniki przedstawiają, jak to miejsce np. w przypadku rysunku 4 przedstawiającego budowę biofermentatora do produkcji biogazu.

Str. 22 – Doktorant na rys. 2 przedstawia dwa ślimaki ekstrudera o stosunkach długości do jego średnicy odpowiednio 16:1 oraz 20:1. Czytelniej byłoby na rysunku wprowadzić oznaczenia tych ślimaków jako a) i b), a w podpisie rysunku opisać: a) $L/D=16$, b) $L/D=20$.

Str. 31 – na stronie tej w drugim akapicie Doktorant odwołuje się do normy DIN 38 414/S8, jednak norma ta nie pojawia się w spisie literatury autoreferatu ani też artykułu P5.

Str. 31 - podrozdział 3.6.2 Doktorant tytułuje: „Jednoczynnikowa ANOVA - test post hoc - test Tukeya”. Precyzyjniej byłoby zatytułować ten podrozdział jako: „Jednoczynnikowa analiza wariancji ANOVA - test post hoc - test Tukeya”.

Str. 34 – 35 – całość informacji podanych przez Doktoranta na stronie 34 oraz dwa pierwsze akapity i część trzeciego na stronie 35 to powtórzenie informacji, które pojawiły się już w rozdziale „3. Materiał i metodyka badawcza”. W ten sposób przedstawione niewiele wnoszą do omówienia wyników. Autor powinien wpleść je umiejętnie w dalszą część omówienia wyników (np. zamiast zdania - z 6-7 wiersza trzeciego akapitu na str. 35: „Wydajność procesu ekstruzji mieszanek z dodatkiem wyłoków jabłkowych mieściła się w przedziale 19,20–32,88 kg/h, co”, można było napisać: „Wydajność procesu ekstruzji mieszanek z rosnącym od 10 do 30% dodatkiem wyłoków jabłkowych mieściła się w przedziale 19,20–32,88 kg/h, co ...”), co spowodowałoby, iż spełniałyby swoją rolę.

Str. 39 – 40 – większość informacji podanych w ostatnim akapicie na stronie 39 oraz dwa pierwsze akapity na stronie 40, to powtórzenie informacji, które pojawiły się już w rozdziale „3. Materiał i metodyka badawcza”. Informacje te można było umiejętnie wpleść w dalszą część omówienia wyników i wówczas nie byłoby efektu powtórzenia informacji.

Str. 46 – informacji podane w drugim akapicie na tej stronie to powtórzenie informacji, które pojawiły się już w rozdziale „3. Materiał i metodyka badawcza”. Informacje te można było umiejętnie wpleść w dalszą część omówienia wyników i wówczas nie byłoby efektu to powtórzenia informacji.

Str. 49 – informacji podane w ostatnim od dołu akapicie na tej stronie to powtórzenie informacji, które pojawiły się już w rozdziale „3. Materiał i metodyka badawcza”.

Str. 49 – zaprezentowany przez Doktoranta rys. 7 bardziej pasowałby do rozdziału „3. Materiał i metodyka badawcza”, gdyż dotyczy metodologii prowadzonych badań.

Str. 54 – w autoreferacie w kilku miejscach, szczególnie w rozdziale „4. Omówienie wyników” da się zauważyć pewne niedociągnięcia, które można nazwać tzw. „skrótami myślowymi”. Przykładowo w ostatnim zdaniu na tej stronie Doktorant pisze: „*Fracje poprodukcyjne pelletów spożywczych z dodatkiem 20% wycieków jabłkowych charakteryzowały się niższą zawartością metanu, ...*”. Poprawniej byłoby napisać: „*Fracje poprodukcyjne pelletów spożywczych z dodatkiem 20% wycieków jabłkowych pozwalały na niższy uzysk metanu powstałego z nich w procesie fermentacji, ...*”. Podobne „skrótowe” zaważyłem w jeszcze kilku miejscach autoreferatu

Po przeanalizowaniu zarówno osiągnięć Doktoranta przedstawionych w rozprawie jak i niedociągnięć w niej zauważonych, stwierdzam, że nie wpływają one znacząco na moją wysoką jej ocenę.

4. Podsumowanie

Mając na uwadze złożony charakter badanych przez Doktoranta procesów technologicznych ekstruzji oraz procesu fermentacji metanowej (wynikający z dużej ilości różnorodnych czynników wpływających na ich przebieg, które mają równocześnie wpływ na jakość otrzymanego w ich wyniku produktu), które w recenzowanej rozprawie zostały poparte oznaczeniem oceny wydajności i energochłonności procesu ekstruzji oraz oceną wybranych właściwości fizykochemicznych ekstrudatów oraz wyznaczania efektywności biogazowej frakcji poprodukcyjnej z procesu ekstruzji pelletów przekąskowych wzbogacanych dodatkiem wycieków roślinnych, uznaję, że praca doktorska mgr inż. Jakuba Soi wnosi oryginalny wkład naukowy w dyscyplinę inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, a jednocześnie istotny dla praktyki przemysłowej, w obszarze technologii wytwarzania produktów/pelletów przekąskowych na bazie surowców odpadowych z przemysłu owocowo-warzywnego, jak również w obszarze technologii wytwarzania biogazu.

Na podstawie przedłożonej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że mgr inż. Jakub Soja wykazał się dużą wiedzą zarówno naukową jak i techniczną. Opracowanie metodyki badań dwóch różnych procesów, przeprowadzenie tak dużej ilości różnorodnych badań laboratoryjnych przebiegu tych procesów oraz oznaczeń jakości uzyskanych w ich efekcie produktów, analiza uzyskanych wyników badań, dostrzeżenie potencjału przeprowadzonych przez siebie dotychczas badań oraz potrzeby ich znacznego rozszerzenia i dalszego prowadzenia w przyszłości, świadczą o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz o dużej wiedzy Doktoranta z obszaru inżynierii środowiska, górnictwa i energetyki jak i inżynierii mechanicznej.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Jakuba Soi na temat: „*Możliwości zagospodarowania wybranych produktów ubocznych przemysłu rolno-spożywczego z wykorzystaniem techniki ekstruzji*”, spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.) i może być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w związku z tym wnoszę o dopuszczenie Autora do jej publicznej obrony.