DR HAB. INŻ. BARTOSZ SOŁOWIEJ, PROF. UPL
ZAKŁAD TECHNOLOGII MLECZARSTWA I ŻYWNOŚCI FUNKCJONALNEJ
KATEDRA TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO
WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI I BIOTECHNOLOGII
UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W LUBLINIE
ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, tel. 81 4623350

Lublin 05.11.2022

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Justyny Tarapata
pt. „Fractionation of milk components and valorization of by-products obtained with membrane filtration of dairy streams"
wykonanej na Wydziale Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
promotor: dr hab. Justyna Żulewska, prof. UWM
prof. dr hab. Marcin Zieliński

Podstawę formalną recenzji stanowi:

- Pismo Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, prof. dr hab. Iwony Zofii Konopki o powierzeniu mojej osobie przez ww. Radę w dniu 21.10.2022 r. wykonania recenzji rozprawy doktorskiej mgr inż. Justyny Tarapata (WNoŻ-DZ.6350.291.2022).
- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.).
- Rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Tarapata pt. „Fractionation of milk components and valorization of by-products obtained with membrane filtration of dairy streams".

Formalna ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Justyny Tarapata została wykonana w ramach programu Interdyscyplinarne Studia Doktoranckie w zakresie biogospodarki (POWR.03.02.00-00-I034/16-00), finansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego (EFS). Przeprowadzone badania zostały również wsparte finansowo z projektu WPC1/DairyFunInn/2019, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR).

Rozprawa doktorska została przygotowana w formie spójnego tematycznie cyklu 3 artykułów opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych tj. *Journal of Food Engineering* (P1 - IF_{2021}=6,203 (MEiN=140 pkt), *International Dairy Journal* (P2 - IF_{2021}=3,572 (MEiN=100 pkt), *Energies* (P3 - IF_{2021}=3,252 (MEiN=140 pkt) znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR). Artykuły opublikowano w roku 2022, a ich współczynnik wpływu (IF) na dzień sporządzania recenzji wynosi łącznie **13,027**. Liczba punktów MEiN za wszystkie publikacje wynosi **380** pkt.

W ww. pracach, co jest istotne, Doktorantka jest pierwszym autorem i Jej udział w ich powstaniu był znaczący. Dołączono również oświadczenia Doktorantki oraz współautorów, w których potwierdzono wkład wszystkich autorów w powstanie prac stanowiących rozprawę doktorską (dodatkowo udział potwierdzono procentowo: 70-75% - wkład Doktorantki). Pani mgr inż. Justyna Tarapata odegrała wiodąca rolę we współtworzeniu koncepcji pracy/opracowaniu modelu doświadczenia, zebraniu i analizie materiałów źródłowych, przeprowadzeniu badań, opracowaniu i analizie wyników uzyskanych w badaniach oraz przygotowaniu manuskryptów. Dodatkowo była również autorem korespondującym w 2 z 3 publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej.

Merytoryczna ocena pracy

Rozprawę doktorską, której podstawą są wyżej wymienione artykuły zatytułowano „Fractionation of milk components and valorization of by-products obtained with membrane filtration of dairy streams" i napisano w języku angielskim. Rozprawa obejmuje listę skrótów, streszczenie w j. angielskim i polskim oraz została uzupełniona komentarzem liczącym 69 stron w j. angielskim, na który składa się: wprowadzenie, cel pracy i cele szczegółowe, hipoteza pracy, materiały i metody badań, lista publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej wraz z deklaracjami współautorów, omówienie wyników przeprowadzonych badań, podsumowanie i wnioski wraz z weryfikacją postawionych hipotez oraz bibliografia. Przegląd literatury oparty jest o 109 prawidłowo dobranych źródeł, z czego 108 stanowią źródła angielskojęzyczne, w większości z ostatnich 10 lat.

Część 1 – „Wprowadzenie". Pani mgr inż. Justyna Tarapata przedstawiła informacje na temat odzysku białek z serwatki, frakcjonowania składników maślanki, zarastania i wydajności membran, jak również waloryzacji produktów ubocznych powstających podczas filtracji membranowej strumieni mlecznych. Wprowadzenie przedstawiono zwięźle, koncentrując się na najważniejszych aspektach badawczych poruszanych w rozprawie doktorskiej.

Część 2 – „Cele". Doktorantka przedstawiła cel główny pracy oraz 5 celów szczegółowych, jak również 4 hipotezy badawcze. Cele pracy oraz hipotezy sformułowano prawidłowo.

Uwaga: Moim zdaniem niniejszy rozdział rozprawy mógł zostać nazwany „Cele pracy i hipotezy badawcze", ponieważ zawarto w nim także hipotezy.

W części 3 – „Materiały i metody" Doktorantka scharakteryzowała materiał badany oraz wymieniła metody badawcze.

Uwagi i pytania:

- 3.1.1 i 3.1.2. Materiał badany: serwatka słodka, kwaśna i maślanka.

Jak długo przechowywano ww. materiał i w jakim stanie? Czy materiał był użyty do badań po takim samym czasie przechowywania?

Jaka była prędkość (obr./min) i czas wirowania? Przedstawiono jedynie temperaturę w przypadku serwatki kwaśnej i maślanki.

- 3.1.3. Brak nazwy lokalnego zakładu mleczarskiego w przypadku pozyskanego mleka (str. 25, 26) tak jak podano np. w przypadku maślanki. Strony 24, 25, 26, 29, 31, 32, 39, 40 – brak detali odnośnie zastosowanych urządzeń (miasto/państwo).

Jaka była prędkość (obr./min) i czas wirowania mleka (str. 25, 26)?

Część 4 – „Publikacje". Doktorantka przedstawiła publikacje składające się na rozprawę doktorską wraz z opisowymi i procentowymi deklaracjami wszystkich autorów.

W części 5 – „Wyniki badań w powiązanym tematycznie cyklu publikacji", przedstawiono zwięźle najważniejsze wyniki badań otrzymanych w ramach rozprawy doktorskiej wraz z ich dyskusją. Dyskusję przeprowadzono należycie.

Uwaga: Moim zdaniem zabrakło w Części 5 rysunków i tabel (przynajmniej najważniejszych), co zdecydowanie ułatwiłoby interpretację ora dyskusję uzyskanych wyników. Oczywiście można znaleźć je w poszczególnych publikacjach.

Prace stanowiące niniejszą rozprawę (3 publikacje) są tematycznie spójne, badania zostały właściwie zaplanowane i przeprowadzone, natomiast wysoki sumaryczny Impact Factor czasopism wskazuje na bardzo dobry poziom naukowy. Metodyka i wyniki zawarte

w tych publikacjach zostały już ocenione przez recenzentów czasopism, w których ukazały się i generalnie merytorycznie nie budzą zastrzeżeń.

Pierwsza spośród oryginalnych prac stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej P1 „Tarapata, J., Dybowska, B.E., Zulewska, J. 2022. Evaluation of fouling during ultrafiltration process of acid and sweet whey. *Journal of Food Engineering,* 328, 111059." dotyczyła oceny mechanizmu (zjawiska) zarastania membran podczas ultrafiltracji serwatki słodkiej oraz kwaśnej. Badania zmniejszenia strumienia przepływu ww. materiału przeprowadzono na podstawie analizy fizykochemicznej zewnętrznych i wewnętrznych strumieni, a także matematycznego modelowania procesu z wykorzystaniem modelu RIS (resistance-in-series). Stwierdzono, że β-laktoglobulina i α-laktoalbumina były główną przyczyną blokowania porów membran. Wyniki uzyskane w ww. publikacji przyczyniają się do lepszego zrozumienia mechanizmu foulingu (zarastania membran) układów wielodyspersyjnych, jak np. serwatka kwasowa powstająca podczas produkcji twarogu. Ponadto zastosowany model RIS, oparty na mechanizmach tworzenia się „placka", polaryzacji stężeniowej i adsorpcji, został dopasowany się do danych eksperymentalnych z dużą dokładnością pod względem współczynnika regresji i odchylenia standardowego. Daje to możliwość praktycznego zastosowania ww. modelu w procesie ultrafiltracji serwatki kwaśnej i słodkiej, wykorzystującego membrany ceramiczne 20 nm, przy ciśnieniu transmembranowym równym 3 bar oraz prędkości przepływu poprzecznego 4,1 m/s.

W pracy P2, „Tarapata, J., Maciejczyk, M., Zulewska, J. 2022. Microfiltration of buttermilk: Partitioning of proteins and modelling using a resistance-in-series model. *International Dairy Journal,* 134, 105445." przedstawiono wyniki badań dotyczące procesu mikrofiltracji maślanki (z wykorzystaniem membran ceramicznych). Proces został zbadany pod kątem skuteczności frakcjonowania białek oraz mechanizmów zarastania membran (foulingu), wpływających na ich wydajność. Ponadto model RIS został dopasowany do danych eksperymentalnych. Doktorantka m.in. stwierdziła, że opór związany z adsorpcją i polaryzacją stężeniową był dominujący w pierwszych minutach procesu i gwałtownie zwiększał się wraz z czasem. Natomiast opory związane z tworzeniem „placka" zwiększały się przez cały czas trwania procesu mikrofiltracji. Doktorantka zaobserwowała również, że warstwa „placka" składała się głównie z kazeiny i frakcji białek serwatkowych - laktoferyny. Ponadto kazeina brała również udział w mechanizmie blokowania porów membrany.

Warto podkreślić, że liczba badań dotyczących modelu RIS, dotyczącego oporów tarcia podczas filtracji membranowej płynnych produktów mleczarskich jest ograniczona. Z tego powodu badania z wykorzystaniem ww. modelu uważam za niezwykle cenne.

Pytanie: Które z białek mleka (kazeina czy białka serwatkowe) zdaniem Doktorantki bardziej negatywnie wpływa na zarastanie membran?

Tematyka ostatniej publikacji (P3) „Tarapata, J., Zieliński, M., Zulewska, J. 2022. Valorization of dairy by-products: Efficiency of energy production from biogas obtained in anaerobic digestion of ultrafiltration permeates. *Energies*, 15, 6829." nawiązuje do możliwości waloryzacji permeatów powstających w procesach diafiltracji poprzez wykorzystanie ich w produkcji biogazu oraz porównanie ich efektów z typowymi permeatami po procesie ultrafiltracji. W publikacji podjęto próby oszacowania zależności pomiędzy stopniem odzysku laktozy a ilością uzyskanego biogazu. Jakość uzyskanego biogazu wskazywała na fakt, że wszystkie próbki poddane fermentacji beztlenowej były równie dobrymi substratami do produkcji biometanu. Doktorantka stwierdziła, że ilość wytworzonego biometanu jest wystarczająca do pokrycia całkowitego zapotrzebowania na ciepło i energię elektryczną dużego zakładu mleczarskiego, który ponownie wykorzystuje własne ścieki. Ponadto uzyskane wyniki wskazują, że większość składników obecnych w badanych permeatach była łatwo biodegradowalna przez zastosowaną biomasę. Dodatkowo zawartość laktozy była wysoko skorelowana z wartością ChZT (chemiczne zapotrzebowanie tlenu) badanych substratów. Analizowany biochemiczny potencjał metanowy dla permeatu po procesie diafiltracji i permeatu po procesie ultrafiltracji wykazał podobne wartości wydajności produkcji metanu.

Ponadto ww. publikacja dotyczy również potencjalnej produkcji ciepła i energii elektrycznej z biogazu uzyskanego podczas fermentacji beztlenowej z permeatów po procesie ultrafiltracji i diafiltracji pozyskanych w ilościach porównywalnych z tymi, które powstają podczas zagęszczania białka w wielkotowarowym zakładzie mleczarskim. Doktorantka stwierdziła, że oprócz pełnienia funkcji potencjalnych substratów dla fermentacji beztlenowej, analizowane permeaty uzyskane po procesie ultrafiltracji i diafiltracji mogą być także traktowane jako opłacalny materiał do produkcji laktozy, co jest warte rozważenia w szerszym kontekście, postulowanym przez Komisję Europejską (zmniejszenia uzależnienia energetycznego od niezrównoważonych i nieodnawialnych źródeł). Warto zwrócić uwagę, że uzyskane przez Doktorantkę wyniki są obiecujące i mogą zostać z powodzeniem wdrożone i wykorzystane w praktyce.

Część 6. „Podsumowanie i wnioski". Wnioski sformułowano prawidłowo, hipotezy badawcze zostały zweryfikowane.

Uwaga: Zazwyczaj w rozprawach doktorskich zamieszcza się jedynie wnioski z przeprowadzonych badań. Moim zdaniem nie powinno się łączyć podsumowania z wnioskami.

Uwagi do cyklu publikacji:

Publikacja 1 (P1)

- Rys. 1 (str. 73), Rys. 8 (str. 78) - brak oznaczeń dot. istotności statystycznej. Czy była przeprowadzona analiza statystyczna otrzymanych wyników badań?
- Rys. 6 i 7 (str. 77) - brak oznaczeń dot. istotności statystycznej, mimo informacji o odchyleniu standardowym (n = 9).

Publikacja 2 (P2)

- Tabela 1 (str. 84) - brak oznaczeń dot. istotności statystycznej, mimo informacji o odchyleniu standardowym (n = 6). Natomiast dokonano analizy statystycznej w analogicznym przypadku w Tabeli 2 (str. 95) w *Publikacji 3 (P3).*
- Tabela 3 (str. 86) - brak oznaczeń dot. istotności statystycznej, mimo informacji o odchyleniu standardowym (n = 3).

Publikacja 3 (P3)

- Tabela 1 (str. 93) - brak oznaczeń dot. istotności statystycznej, mimo informacji o odchyleniu standardowym.

Ponadto Autorka w niniejszej pracy nie uniknęła pomyłek interpunkcyjnych, stylistycznych, np. „rosnącą produkcję", „spadku natężenia", zamiast „zwiększającą się produkcję", „zmniejszenia natężenia" (Streszczenie w języku polskim). Dodatkowo liczba skrótów zastosowanych w pracy jest bardzo duża, przez co utrudnia czytanie rozprawy. Są to jednakże niewielkie uchybienia, które w żaden sposób nie rzutują na merytoryczną wartość recenzowanej rozprawy.

W dorobku naukowym Pani mgr inż. Justyna Tarapata posiada łącznie 8 prac (5 poza publikacjami wchodzącymi w skład rozprawy doktorskiej) indeksowanych w bazie Scopus. Wskaźnik cytowań wszystkich prac naukowych Kandydatki (na dzień sporządzania recenzji) wynosi: wg bazy Scopus: 12 (bez autocytowań: 11), natomiast Indeks Hirscha opublikowanych prac wg bazy Scopus: 2.

Podsumowanie

Oceniając przedłożoną do recenzji rozprawę doktorską mgr inż. Justyny Tarapata, której głównym celem była ocena efektywności frakcjonowania składników mleka i waloryzacja produktów ubocznych otrzymanych poprzez filtrację membranową w produkcji mleczarskiej, stwierdzam, że mgr inż. Justyna Tarapata osiągnęła ww. cel oraz cele szczegółowe, realizując wcześniej ustalone założenia pracy i weryfikując postawione hipotezy badawcze. Autorka wykazała się bardzo dobrą znajomością tematyki badań. Właściwie zaplanowała i wykonała doświadczenia, wykazując się umiejętnością posługiwania dostępną aparaturą oraz uzyskując interesujące wyniki, które mają znaczenie naukowe, ale przede wszystkim praktyczne. Ciekawym moim zdaniem było zastosowanie w analizie matematycznego modelowania procesu z wykorzystaniem modelu RIS (resistance-in-series) do zbadania zmniejszenia strumienia przepływu permeatu (podrozdział 3.7). Ponadto informacje odnośnie wytworzonego biometanu jako pokrycia całkowitego zapotrzebowania na ciepło i energię elektryczną dużego zakładu mleczarskiego, wykorzystującego ponownie własne ścieki (Publikacja 3) uważam za bardzo wartościowe przede wszystkim w aspekcie gospodarczym. Niniejszą rozprawę doktorską oceniam wysoko, a umieszczone w recenzji pytania/sugestie mają na celu zwrócenie Doktorantce uwagi na sposób przedstawiania i interpretacji uzyskanych wyników badań.

Zawarty w rozprawie cykl publikacji jest spójny tematycznie i przyczynia się do lepszego poznania omawianej tematyki, toteż jest cennym uzupełnieniem dostępnej bibliografii naukowej. Rozprawa doktorska ma dużą wartość poznawczą i stanowi podstawę do kontynuowania badań naukowych w dziedzinie nauk rolniczych, w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

Uważam, że będąca przedmiotem oceny rozprawa Pani mgr inż. Justyny Tarapata pt. „Fractionation of milk components and valorization of by-products obtained with membrane filtration of dairy streams" spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim zawarte w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.). W związku z powyższym przedkładam Wysokiej Radzie Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie wniosek o dopuszczenie Pani mgr inż. Justyny Tarapata do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Jednocześnie wnioskuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o wyróżnienie niniejszej rozprawy doktorskiej.

Dr hab. inż. Bartosz Sołowiej, prof. UPL