

Kraków, 17 maja 2024

dr hab. inż. Paweł Ptaszek, prof. URK
Katedra Technologii Fermentacji i Mikrobiologii,
Wydział Technologii Żywności,
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie,
ul. Balicka 122,
30-140 Kraków

Ocena osiągnięcia naukowego w postaci cyklu jednorodnych tematycznie publikacji pt.: „Rola ultradźwięków w procesach wymiany ciepła oraz masy na przykładzie wybranych operacji jednostkowych, oraz ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego i współpracy międzynarodowej w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Dominika Mierzwy,

Podstawa formalna opracowania recenzji:

Opinię przygotowano na podstawie uchwały nr 6/62/23 Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Łódzkiej oraz Rady Doskonałości Naukowej (pismo: DRKN.Z2.400.233.2023 z dn. 14.02.2024 r.) która dnia 14.02.2024 powołała mnie na recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym pana dr inż. Dominika Mierzwy. Dokumenty przedstawione do oceny stanowią: wniosek z dnia 22 września 2023 r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna, dane wnioskodawcy, odpis dyplomu uzyskania stopnia doktora, autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny, cykl publikacji stanowiący osiągnięcie naukowe, oświadczenia współautorów publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe. Dodatkowo wniosek wraz ze wszystkimi załącznikami dołączono w formie informacji zapisanych na nośniku elektronicznym. Otrzymane dokumenty są dobrze przygotowane i wystarczającym materiałem do dokonania analizy dorobku naukowego w postępowaniu habilitacyjnym. Spełniają one wymogi formalne określone w art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (DZ. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.)

Informacje ogólne o wykształceniu i przebiegu pracy zawodowej Habilitanta:

Pan dr inż. Dominik Mierzwa jest absolwentem i pracownikiem Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Tytuł zawodowy magistra inżyniera otrzymała w 2008 roku, w obszarze nauk technicznych, na podstawie pracy magisterskiej pt. „Badanie odkształcania próbek podczas suszenia konwekcyjnego” napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Grzegorza Musielaka. Stopień doktora nauk technicznych Habilitant uzyskał w 2012 roku broniąc pracę pt. „Efektywność suszenia hybrydowego materiałów biologicznych”. Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. inż. Stefan Jan Kowalski. Przebieg całej dotychczasowej pracy zawodowej Habilitanta związany jest z macierzystą Uczelnią i Wydziałem. Dr inż. Dominik Mierzwa rozpoczął pracę jako asystent naukowy (2012-2015) następnie pracował jako asystent

dydaktyczno-naukowy (2015-2016) w Zakładzie Inżynierii Procesowej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Od 2016 do chwili obecnej Habilitant pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Inżynierii Procesowej Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Dorobek naukowy pana dr inż. Dominika Mierzwy obejmuje 76 prac w tym 29 publikacji indeksowanych przez *JCR*. Po otrzymaniu stopnia doktora Habilitant zadeklarował: 22 prace znajdujące się w czasopismach z listy *JCR*, 3 prace opublikowanych w czasopismach o zasięgu ogólnopolskim i międzynarodowym (spoza listy *JCR*), 2 rozdziały w monografiach naukowych. Sumaryczny *Impact Factor* $IF = 90,919$. Sumaryczna liczba punktów MNiSW, $M = 2583$ (w tym 1165 punktów dla prac wchodzących w skład recenzowanego osiągnięcia naukowego oraz 1418 punktów dla pozostałego dorobku naukowego). Sumaryczny *IF* wynosi 90,919 dla publikacji stanowiących recenzowane osiągnięcie naukowe wynosi 54,522. Sumaryczna liczba cytowań z pominięciem autocytowań jest równa 617, a indeks Hirscha 15.

Ocena osiągnięcia naukowego:

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe składa się z cyklu trzynastu jednorodnych tematycznie publikacji, które opatrzone wspólnym tytułem: **Rola ultradźwięków w procesach wymiany ciepła oraz masy na przykładzie wybranych operacji jednostkowych**. Wszystkie pozycje w prezentowanym cyklu są publikacjami w czasopismach naukowych znajdujących się w wykazie bazy *JCR*. W większości przedstawionych prac widoczny jest dominujący udział Habilitanta oraz jest autorem wyszczególnionym do kontaktu, jednak tylko w pięciu publikacjach jest pierwszy autorem. W zaprezentowanych pracach pan dr inż. Dominik Mierzwa przygotował całą koncepcję badań oraz zajmował się planowaniem, optymalizacją doświadczeń i analizą otrzymanych danych.

Przedstawiony cykl trzynastu jednorodnych tematycznie publikacji dotyczy zastosowania technik ultradźwiękowych wspomagających procesy wymiany ciepła i masy. Rozważania Habilitanta dotyczą głównie suszenia oraz nasycania próżniowego materiału biologicznego pochodzenia roślinnego. Tematykę tych badań należy uznać za interdyscyplinarną, gdyż łączy w sobie typowe zagadnienia związane z inżynierią procesową (chemiczną) i technologią żywności. Takie podejście stwarza nowe perspektywy dla rozwoju obu dyscyplin. Ponadto omawiana tematyka badawcza dobrze wpisuje się w nurt intensyfikacji i optymalizacji procesów przemysłowych, a także technik kombinowanych. Zastosowanie technik ultradźwiękowych w inżynierii chemicznej jest znane od wielu lat, gdzie używa się ich do wspomagania wytwarzania układów wielofazowych typu ciecz-ciecz oraz wspomagania reakcji chemicznych. Obecnie coraz częściej można spotkać publikacje oraz wdrożenia przemysłowe dotyczące wspomagania klasycznego suszenia konwekcyjnego polem ultradźwiękowym i/lub mikrofalowym. Ta tematyka stanowi jeden z punktów w przedstawionym do oceny osiągnięciu naukowym. Autor w publikacji [H1] (najwyżej punktowanej) zaprezentował przegląd zastosowań technik ultradźwiękowych w procesach suszarniczych. Można przyjąć, że na podstawie wniosków z [H1] Autor sformułował hipotezy badawcze, które następnie rozwinął w dalszej części autoreferatu. W pracy [H3] Habilitant skoncentrował się

na problemach dyssypacji energii fal mechanicznych w wyniku którego obserwuje się istotny wzrost temperatury powierzchni materiału na którym ogniskowane są fale ultradźwiękowe. W pracy [H5] oraz [H9] Habilitant przeprowadził dyskusję wspomaganego suszenia konwekcyjnego przez zastosowanie fal mechanicznych o częstotliwości 21 kHz. Zostały przeanalizowane różne warunki przepływu czynnika suszącego oraz różna moc ultradźwięków. Otrzymane rezultaty w postaci krzywych narastania temperatury zdają się potwierdzać tezę Autora, że dyssypacja energii fal ultradźwiękowych powoduje wzrost temperatury materiału suszonego. Rodzi się jednak wątpliwość, czy otrzymane wyniki dotyczą tylko powierzchni czy całej objętości elementu suszonego. Ponadto Autor nie przeprowadził żadnych badań zmian rozchodzenia się fal ultradźwiękowych w materiale, czy to w odniesieniu do prędkości dźwięku w ośrodku czy impedancji akustycznej materiału. Ponadto nie jest znana moc akustyczna dostarczana do układu suszonego, a jedynie moc pobierana przez generator, przy nieznanym jego sprawności akustycznej. Należy jeszcze zwrócić uwagę na niefortunne sformułowania Autora dotyczące wilgoci, ponieważ czytelnik autoreferatu może dojść do wniosku, że wilgoć to nowy stan skupienia materii występujący w materiale suszonym. Jest to oczywiście skrót myślowy jednak utrudniający analizę całości tekstu.

W dalszej części autoreferatu Autor omawia wpływ pola ultradźwiękowego na morfologię suszonego materiału. Habilitant w pracy [H3] wykonał szereg badań w oparciu o technikę SEM, gdzie widoczne są wyraźnie zmiany morfologiczne wywołane obecnością fal akustycznych. Przemiany strukturalne w tym przypadku mają istotny wpływ na intensyfikację procesów transportu w suszonym materiale. Habilitant zidentyfikował dwa podstawowe zjawiska mogące występować podczas obecności pola ultradźwiękowego w materiale. Pierwszym jest efekt gąbki wspomagający ruch wody uwiecznionej w kapilarach do strefy odparowania, poprzez sprężanie i rozprężanie struktury. Drugim zjawiskiem wyróżnionym przez Autora jest kawitacja, która może niszczyć strukturę materiału. W myśl hipotez badawczych Habilitanta w pracy [H6] i [H9] został wprowadzony efektywny współczynnik dyfuzji i parametr ten posłużył do określenia zmian szybkości zjawisk transportu masy. W pracach [H6] i [H9] wyznaczono wartości D_{eff} dla suszonych ma-
lin i pieczarek, oraz przedyskutowana została zmiana tej wielkości w zależności od warunków suszenia. Dodatkowo Autor odniósł otrzymane wyniki (suszenie konwekcyjne i wspomaganie ultradźwiękowo) do suszenia wspomaganego polem mikrofalowym. W tym przypadku otrzymane rezultaty nie są zaskoczeniem (zmiana efektywnego współczynnika dyfuzji o ponad 2000%), ponieważ pole mikrofalowe zupełnie inaczej oddziałuje na wodę związaną/obecną w materiale niż pole ultradźwiękowe. Z przedstawionych danych widać wyraźnie dlaczego suszenie w polu mikrofalowym jest częściej stosowane w warunkach przemysłowych niż w przypadku pola ultradźwiękowego.

W dalszej części autoreferatu przeanalizowano wpływ oporów zewnętrznych transportu ciepła, gdzie jako materiał referencyjny wybrano kształtki stalowe o różnej geometrii. Autor interpretuje otrzymane rezultaty, wzrostu wartości współczynników przenikania ciepła intensyfikacją wnikania ciepła od rdzenia fazy gazowej do powierzchni kształtki, jako redukcję grubości war-

stwy przyściennej oraz pulsację ośrodka w pobliżu powierzchni kształtki.

Kolejnym elementem autoreferatu jest analiza procesu odwadniania osmotycznego wspomaganego polem ultradźwiękowym ([H2], [H4], [H7]). W tym przypadku analizie poddano tkankę jabłka, a czynnikami osmoaktywnymi były: fruktoza i sorbitol oraz marchew w roztworze fruktozy. Przeanalizowany został także układ owocu kiwi w roztworach erytrołu, sorbitolu oraz sacharozy. Habilitant przeprowadził szereg doświadczeń z których wynika, że obecność pola ultradźwiękowego podczas odwadniania osmotycznego istotnie intensyfikuje jego szybkość. Jednak szybkość tych procesów zależy wydatnie od rodzaju czynnika osmoaktywnego, czyli od budowy jego cząsteczki oraz ciśnienia osmotycznego. Autor wskazuje na kawitację jako główny czynnik intensyfikujący proces wymiany masy i podobnie jak w przypadku wymiany ciepła interpretuje go jako zmianę zachodzącą w laminarnej warstwie przyściennej. Natomiast trudno jest się zgodzić z Autorem, że obecność pola ultradźwiękowego powoduje zmianę gęstości i lepkości roztworu.

Ostatnim procesem wspomaganym ultradźwiękowo był proces impregnacji próżniowej ([H10], [H11], [H13]). Doświadczenia wykonano w oparciu o zaprojektowane przez Autora prototypowe stanowisko badawcze. Jako materiał badawczy zastosowano żurawinę, ziemniaka i marchew, jako czynnik impregnujący wykorzystano kwas askorbinowy. Przeprowadzona analiza otrzymanych wyników dowiodła, że możliwa jest intensyfikacja procesu impregnacji próżniowej owoców o małej porowatości oraz części roślin o dużej zawartości skrobi czy silnie heterogenicznej strukturze. Autor przedstawił bardzo obiecujące wyniki mogące posłużyć do projektowania nowych produktów spożywczych o charakterze prozdrowotnym lub terapeutycznym.

Podsumowując, Habilitant podjął się bardzo trudnego zadania jakim są badania suszarnicze materiału biologicznego oraz badania z wykorzystaniem pola ultradźwiękowego. Tematyka ta dobrze wpisuje się w rozwój zarówno dyscypliny inżynieria chemiczna jak i technologia żywności. Przedstawione wyniki i ich interpretacja jest bardzo ciekawa i rzuca nowe światło na obserwowane zjawiska. Ponadto pan dr inż. Dominik Mierzwa wskazał kierunki dalszych badań nad intensyfikacją procesów suszenia, odwadniania osmotycznego i impregnacji próżniowej, co może w przyszłości zaowocować odpowiednimi rozwiązaniami aplikacyjno/komercyjnymi.

Jednak po analizie tekstu autoreferatu nasuwa się kilka uwag krytycznych. W inżynierii procesowej mówi się raczej o intensyfikacji procesów a nie o ich przyspieszaniu (dotyczy to wymiany masy i ciepła). Autor używa tych terminów zamiennie co nie jest do końca poprawne. Również używanie terminu kinetyka jest przez Habilitanta różnie rozumiane co może prowadzić do wielu nieporozumień. Z całości autoreferatu trudno jest rozróżnić, które zjawiska Autor traktuje jako dyfuzyjne a które jako konwekcyjne. Dopiero szczegółowa analiza dostarczonych publikacji rozwiewa te kwestie. Kolejnym dużym mankamentem pracy jest wykorzystywanie statystyki do analizy danych. Habilitant wielokrotnie używa metod statystycznych (analiza wariancji i testy *post-hoc*) do potwierdzania swoich tez tam gdzie jest mu to wygodne, a w tekście autoreferatu są fragmenty gdzie odwołania dotyczą otrzymanych danych i są one interpretowane jako istotne, a testy statystyczne mówią inaczej. Takie podejście jest błędne ponieważ metody

statystyczne opisują całą populację, natomiast wnioskowanie na podstawie próby dotyczy tylko małego wycinka populacji (w sensie statystycznym). W całości pracy można napotkać liczne skróty myślowe, które mogą prowadzić do nieporozumień. Dopiero analiza załączonych publikacji rozwiewa te wątpliwości.

Ocena osiągnięć naukowo-badawczych Habilitanta, niewchodzących w skład głównego osiągnięcia oraz istotna aktywność naukowa realizowana w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej w szczególności zagranicznej:

Dorobek naukowy pana dr inż. Dominika Mierzwy oscyluje wokół problemów suszenia, odwadniania osmotycznego oraz nasycania próżniowego i intensyfikacji tych procesów z wykorzystaniem metod ultradźwiękowych, mikrofalowych oraz NIR. W ramach tych aktywności Habilitant prowadził badania nad suszeniem różnych części owoców i warzyw w różnych konfiguracjach układów suszących. Uzyskane wyniki zaprezentowane zostały w pracach [IF2], [IF3], [IF4], [IF7], [IF9], [R2], [R1], [P1], [H6], gdzie szeroko przedyskutowano hybrydowe warunki prowadzenia procesu suszenia. Drugą grupę prac stanowią badania nad niestacjonarnym prowadzeniem procesu, polegającym na okresowych zmianach warunków prowadzenia procesów suszenia (prace [R2], [IF3], [IF4], [IF8]). W publikacjach tych podjęto próbę poprawy jakości uzyskanych produktów poprzez zmienne warunki suszenia. Dr inż. Dominik Mierzwa prowadził również badania nad intensyfikacją suszenia produktów niespożywczych takich jak glina kaolinitowa. Materiał ten charakteryzuje się typową kinetyką suszenia i dlatego zastosowanie metod hybrydowych w tym przypadku przyniosło znaczącą poprawę szybkości suszenia.

W czasie swojej pracy na Politechnice Poznańskiej Habilitant nawiązał współpracę z innymi ośrodkami naukowo-badawczymi krajowymi jak i zagranicznymi. Dr inż. Dominik Mierzwa współpracuje z Uniwersytetem w Magdeburgu gdzie prowadzone są wspólne badania nad suszeniem wspomaganym mikrofalowo i ultradźwiękowo. Wynikiem tej współpracy były publikacje [H6] oraz [IF4]. Ponadto Habilitant współpracuje z następującymi krajowymi jednostkami naukowymi: Instytutem Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy w Skierniewicach, Instytutem Agrofizyki PAN w Lublinie, Centralnym Ośrodkiem Badań Odmian Roślin Uprawnych – Państwowy Ośrodek Badawczy w Słupi Wielkiej oraz Uniwersytetem Przyrodniczym w Poznaniu, Wydziałem Nauk o Żywności i Żywieniu. Dr inż. Dominik Mierzwa odbył również staż naukowy na Wydziale Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. W trakcie jego trwania pogłębiał swoją wiedzę z zakresu HPLC, ekstrakcji substancji bioaktywnych z materiału roślinnego oraz badań tekstury żywności. Habilitant brał udział w szeregu projektów badawczych, zarówno przed jak i po doktoracie w których to projektach pełnił funkcję kierownika oraz wykonawcy. Ponadto dr inż. Dominik Mierzwa jest recenzentem wielu prac w uznanych czasopismach z zakresu inżynierii chemicznej jak i szeroko pojętej technologii żywności, był również recenzentem projektów badawczych dla NCN. Z przedstawionych przez Habilitanta danych wynika, że prowadzi badania naukowe nie tylko w swojej macierzystej jednostce ale również prowadzi szeroką współpracę z innymi instytucjami badawczymi. Działal-

ność ta jest niezwykle korzystna w aspekcie interdyscyplinarności badań prowadzonych przez dr inż. Dominika Mierzwę i łączenia klasycznej inżynierii chemicznej z technologią żywności. Dlatego działalność Habilitanta na tym polu należy uznać za satysfakcjonującą.

Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego Habilitanta:

Dr inż. Dominik Mierzwa prowadzi zajęcia dydaktyczne na studiach I i II stopnia Wydziału Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Prowadzone zajęcia obejmują zagadnienia związane z klasyczną inżynierią chemiczną jak i przedmioty związane ściśle z tematyką podejmowanych przez Habilitanta badań naukowych. Zajęcia te prowadzone są na różnych kierunkach studiów. Dr inż. Dominik Mierzwa był promotorem 13 prac inżynierskich oraz 9 magisterskich. Działalność dydaktyczna Habilitanta obejmowała również przygotowanie materiałów dydaktycznych i szkoleniowych w czasie pandemii COVID-19. Ponadto Habilitant brał czynny udział w obchodach jubileuszu 50 lecia Politechniki Poznańskiej, gdzie prowadził warsztaty dla uczniów szkół średnich oraz prezentował potencjał naukowy swojej Uczelni. Dr inż. Dominik Mierzwa wchodził w skład komitetu organizacyjnego i naukowego 8 Europejskiej Konferencji Suszarniczej (Eurodrying 2023) organizowanej przez Politechnikę Łódzką i Politechnikę Poznańską, która odbyła się w Łodzi w dniach 4-7 lipca 2023 r. Ponadto Habilitant jest zaproszonym członkiem w grupie roboczej ds. suszenia przy Europejskiej Federacji Inżynierii Chemicznej EFCE – WPD.

Wniosek końcowy:

Pan dr inż. Dominik Mierzwa jest osobą posiadającą ukierunkowany dorobek naukowy przede wszystkim w obszarze inżynierii chemicznej, a całokształt Jego pracy należy ocenić zadowalająco. Dorobek ten został istotnie rozszerzony po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych. Osiągnięcie naukowo-badawcze **Rola ultradźwięków w procesach wymiany ciepła oraz masy na przykładzie wybranych operacji jednostkowych** przedstawione w formie cyklu trzynastu jednorodnych tematycznie publikacji, wnosi wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria chemiczna i spełnia kryteria oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce Dz. U. z 2022 roku, poz. 574, ze zm.). Pan dr inż. Dominik Mierzwa jest przygotowany do samodzielnej pracy naukowej. Całokształt dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego pana dr inż. Dominika Mierzwy spełnia wymagania wymienione w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. **Wniosuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Chemiczna Politechniki Łódzkiej o dopuszczenie pana dr inż. Dominika Mierzwy do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.**



dr hab. inż. Paweł Ptaszek, prof. URK