Prof. dr hab. inż. Jolanta Król
Zakład Bezpieczeństwa Żywności i Produktów Regionalnych
Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa
Produktów Zwierzęcych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Lublin, 14.06.2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Purkiewicz

pt.:" Kształtowanie się zawartości wybranych związków biologicznie czynnych w żywności dla niemowląt"

wykonanej pod kierunkiem

dr hab. inż. Renaty Pietrzak-Fiećko, prof. UWM

w Katedrze Towaroznawstwa i Badań Żywności

na Wydziale Nauki o Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego

w Olsztynie

Recenzję wykonano na podstawie Uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z dnia 28.03.2025 r.

Podstawę pracy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Purkiewicz stanowią cztery publikacje naukowe opublikowane w latach 2022-2024:

P1. Purkiewicz, A., Pietrzak-Fiećko, R., Sörgel, F., Kinzig, M. (2022). Caffeine, Paraxanthine, Theophylline, and Theobromine Content in Human Milk. *Nutrients*, *14*(11), 2196

P2. Purkiewicz, A., Czaplicki, S., Pietrzak-Fiećko, R. (2022). The Occurrence of Squalene in Human Milk and Infant Formula. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19), 12928

P3. Purkiewicz, A., Pietrzak-Fiećko, R. (2024). Changes in the Fatty Acid Profile of Lactating Women Living in Poland—A Comparison with the Fatty Acid Profile of Selected Infant Formulas. *Nutrients*, *16*(15), 2411

P4. Purkiewicz, A., Mumtaz, W., Tońska, E., Pietrzak-Fiećko, R. (2024). Mineral Content in Initial and Follow-On Infant Formulas in Poland: Nutrient Adequacy and Comparison with Breast Milk. *Applied Sciences*, *14*(22), 10235

oraz nieopublikowane wyniki dotyczące analizy porównawczej profilu kwasów tłuszczowych i wskaźników jakości lipidów preparatów do żywienia niemowląt.

Należy podkreślić, że wszystkie prace wyodrębnione przez Doktorantkę zostały opublikowane w czasopismach cieszących się znaczącym międzynarodowym prestiżem, indeksowanych w bazie Journal Citation Reports (JCR), tj. dwie (P1 i P3) w czasopiśmie Nutrients (IF=5,9/4,8; MEiN=140 pkt), P2 w czasopiśmie International Journal of Environmental Research and Public Health (IF=4,614; MEiN=140 pkt), a P4 w Applied Sciences (IF=2,5; MEiN=100 pkt). Łączny IF publikacji ujętych w cyklu, zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **17,81**, a suma punktów według wykazu MEiN = **520**.

Warte podkreślenia jest fakt, że we wszystkich publikacjach Doktorantka jest pierwszym autorem. Z deklaracji złożonych przez Autorkę wynika, że jej rola w ramach wszystkich prac, wchodzących w skład cyklu polegała na opracowaniu koncepcji, celu i hipotezy badań, przygotowaniu próbek do badań, zestawieniu, opracowaniu i interpretacji uzyskanych wyników, wykonaniu analizy statystycznej, samodzielnym przygotowaniu manuskryptu oraz weryfikacji i udzieleniu odpowiedzi na recenzje. Dodatkowo w pracy P2, P3 i P4 udział w części eksperymentalnej przy wykonywaniu badań. Należy zatem podkreślić, iż udział Doktorantki w badaniach i przygotowywaniu prac był wiodący i pierwszoplanowy. Deklaracje Autorki, co do jej indywidualnego wkładu w przygotowanie prac znajdują potwierdzenie w oświadczeniach współautorów.

Opracowanie oprócz wykazu przedmiotowych publikacji zawiera spis stosowanych skrótów, standardowy układ rozdziałów dla prac naukowych, tj. Wstęp, Cel badań, Hipotezy badawcze, Materiał badawczy, Metody badawcze, Wyniki uzyskanych badań, Dyskusja wyników, Podsumowanie i wnioski oraz Bibliografię. Praca zawiera streszczenie w języku polskim i angielskim.

Praca doktorska stanowi spójny tematycznie zbiór czterech prac i nieopublikowanych wyników badań, ujętych w tytule „Kształtowanie się zawartości wybranych związków biologicznie czynnych w żywności dla niemowląt". Jednotematyczny cykl badań, opublikowane prace naukowe i nieopublikowane wyniki badań stanowią przemyślaną,

komplementarną całość, zawierającą wszystkie badawcze i formalne elementy, merytorycznie związane z przeglądem aktualnego piśmiennictwa, sformułowaniem hipotez badawczych, określeniem celu prac, charakterystyką przyjętych metod badawczych oraz poprawnego przeprowadzenia analizy uzyskanych wyników, pozwalających na sformułowanie zasadnych wniosków. Praca doktorska spełnia zatem wszystkie wymagania formalne. Należy podkreślić, iż poszczególne rozdziały stanowią logiczną całość, są opracowane przejrzyście, umożliwiając czytelnikowi łatwe zapoznanie się z założeniami pracy.

Cykl artykułów składających się na rozprawę doktorską mgr inż. Aleksandry Purkiewicz dotyczy istotnego i aktualnego problemu związanego z żywieniem niemowląt, obejmującego zarówno mleko matki, jak i dostępne na rynku preparaty do żywienia niemowląt.

We „Wstępie" Doktorantka przekonywująco uzasadnia podjęcie przeprowadzonych badań, wprowadzając czytelnika w tematykę pracy. Podkreśla, iż prawidłowe żywienie niemowląt stanowi jeden z kluczowych elementów wpływających na zdrowie i rozwój dziecka już od pierwszych dni życia. Optymalne źródło pożywienia dla niemowląt stanowi mleko matki, które oprócz podstawowych niezbędnych składników odżywczych dostarcza, także czynniki bioaktywne, chroniące niemowlęta przed zakażeniami bakteryjnymi oraz stymulującymi ich układ odpornościowy. W sytuacjach, kiedy z różnych powodów karmienie piersią jest niemożliwe, uzasadnione jest stosowanie preparatów mlekozastępczych dla niemowląt, które służą jako odpowiednia alternatywa żywieniowa do mleka matki. Niewłaściwe żywienie w okresie niemowlęcym, w tym niedobór ważnych składników odżywczych może niekorzystnie wpływać na programowanie metaboliczne i żywieniowe, w konsekwencji zaś prowadzić do zaburzeń w odżywianiu i łączyć się ze zwiększonym ryzykiem wystąpienia chorób dietozależnych w kolejnych latach życia.

Doktorantka omówiła biologicznie aktywne składniki mleka kobiecego, będące przedmiotem rozprawy doktorskiej, w tym kwasy tłuszczowe, skwalen i składniki mineralne. Szkoda jednak, że w pracy pominięto inne istotne składniki bioaktywne obecne w mleku kobiecym, w tym wybrane frakcje białkowe. Warto podkreślić, że białko – zarówno w mleku matki, jak i w preparatach do żywienia niemowląt – stanowi ważne źródło licznych składników bioaktywnych. Uprzejmie proszę Doktorantkę o rozwinięcie tego tematu podczas obrony. Dodatkowo proszę o odpowiedź na pytanie: Czy spotkała się Pani na rynku z preparatami do żywienia niemowląt wzbogacanymi w laktoferynę lub lizozym?

Wybór między karmieniem piersią a stosowaniem preparatów mlekozastępczych to decyzja, która często wiąże się z wieloma emocjami, dylematami i pytaniami ze strony

rodziców. W dobie dynamicznego wzrostu liczby dostępnych na rynku preparatów i ich zróżnicowania pod względem składu, rośnie potrzeba zwiększania świadomości konsumentów, a zwłaszcza rodziców i opiekunów, na temat jakości i wartości odżywczej poszczególnych produktów. Znajomość zawartości związków biologicznie czynnych staje się niezbędna do podejmowania świadomych i odpowiedzialnych decyzji dotyczących wyboru najlepszego sposobu żywienia niemowlęcia, w szczególności w sytuacjach, gdy karmienie piersią nie jest możliwe. Istotne jest zatem zwrócenie uwagi konsumentów na fakt, że preparaty do żywienia niemowląt są opracowywane w sposób mający na celu możliwie najwierniejsze odwzorowanie składu mleka kobiecego, z uwzględnieniem fizjologicznych potrzeb niemowląt. Kluczowe jest również określenie, w jakim stopniu preparaty te odzwierciedlają skład mleka matki w kontekście zawartości składników bioaktywnych.

Podjęta przez Panią mgr inż. Aleksandrię Purkiewicz tematyka jest zatem ważna nie tylko z perspektywy naukowej, ale również praktycznej, wpisując się w standardy badań krajowych, jak również międzynarodowych. Celem głównym badań niniejszej pracy doktorskiej była bowiem analiza wybranych związków biologicznie czynnych w żywności dla niemowląt (mleko matki, preparaty do żywienia niemowląt - infant formula (IF)) determinowanej wybranymi czynnikami. Założony cel główny pracy Autorka realizowała poprzez cele szczegółowe (5), powiązane z poszczególnymi publikacjami. Hipotezy badawcze (3) zostały sformułowane poprawnie, a szeroki zakres przeprowadzonych badań pozwolił na ich wiarygodną weryfikację.

Część metodyczna pracy została podzielona na podrozdziały przez co stała się przejrzysta i chronologicznie wprowadzała czytelnika w dalszą część pracy z podziałem na prezentowane publikacje. W rozdziale „Materiał badawczy" Doktorantka dokładnie opisała sposób i ilość pobranych prób mleka oraz ilość i rodzaj preparatów przeznaczonych do żywienia niemowląt. Warty podkreślenia jest szeroki zakres prowadzonych badań opisany szczegółowo w sekcji „Metody badawcze". Obejmuje ona wyszczególnienie wykonanych oznaczeń w mleku i preparatach do żywienia niemowląt oraz metody opisowe i obliczeniowe. Doktorantka skrupulatnie zaplanowała i wykonała część doświadczalną pracy. Zastosowane metody badawcze zostały właściwie dobrane i opisane. Należy zwrócić uwagę na różnorodność metod i stopień ich zaawansowania, co wymagało od Doktorantki opanowania wielu metod analitycznych i poświęcenia ogromu czasu na przeprowadzenie analiz. Jestem pełna uznania za dokonania Doktorantki. Na podkreślenie zasługuje również rozbudowana analiza statystyczna wyników badań.

W kolejnym rozdziale Doktorantka w sposób syntetyczny omówiła główne wyniki prac eksperymentalnych. W pracy opublikowanej w *Nutrients* (P1) przedstawiono wyniki badań dotyczące zawartości metyloksantyn w mleku kobiecym w zależności od wyborów żywieniowych determinowanych wiekiem, miejscem zamieszkania, poziomem wykształcenia kobiet oraz okresem laktacji. Autorka zwraca uwagę, iż do mleka matki oprócz składników korzystnych dla niemowląt, mogą przedostawać się związki potencjalnie szkodliwe. Grupę tych związków stanowią właśnie metyloksantyny, do których zalicza się kofeinę i jej metabolity (paraksantyna, teofilina, teobromina). Badania wykazały, że kofeina albo jej metabolity występowały w każdej próbce mleka, przy czym dominującym metabolitem była teobromina (0.399±0.506 μg/ml). Stanowi ona główny związek aktywny w czekoladzie, co może sugerować, że jej wyższy poziom w mleku kobiet karmiących wynika ze zwiększonego spożycia produktów czekoladowych. Na podstawie zebranych wywiadów żywieniowych oszacowano ilość spożytej kofeiny przez kobiety karmiące. Odnotowano znaczące różnice względem częstotliwości spożycia kawy a miejscem zamieszkania, poziomem wykształcenia, wiekiem oraz okresem laktacji ($p<0.05$). Uzyskano ponadto wysokie korelacje pomiędzy ilością spożytej kofeiny, a zawartością kofeiny w mleku ($r=0.72$, $p<0.05$) oraz pomiędzy zawartością kofeiny a jej metabolitami (kofeiną - paraksantyną ($r=0.92$, $p<0.05$); kofeina – teofilina ($r=0.73$, $p<0.05$) i kofeina – teobromina ($r=0.64$, $p<0.05$)). Z uwagi na odnotowane stosunkowo wysokie spożycie kofeiny wśród kobiet karmiących piersią, jak trafnie zauważa Doktorantka, zasadne jest promowanie prawidłowych nawyków żywieniowych w tej grupie, w tym zalecenie ograniczenia spożycia napojów i produktów zawierających kofeinę, aby zminimalizować ryzyko potencjalnych negatywnych skutków dla dziecka.

Wyniki pracy opublikowanej w *International Journal of Environmental Research and Public Health* (P2) są kontynuacją poprzednich badań i dotyczą oceny zawartości skwalenu w mleku ludzkim względem wieku karmiących, wskaźnika BMI i okresu laktacji. Dodatkowo oceniono również zawartość skwalenu w trzech preparatach do żywienia niemowląt na bazie mleka krowiego (A, B, C). Warto podkreślić, że skwalen wykazuje silne właściwości antyoksydacyjne, przyczyniając się do neutralizacji reaktywnych form tlenu oraz ochrony struktur komórkowych przed uszkodzeniem. Z tego względu zasadne jest jego dostarczanie wraz z pożywieniem. Badania wykazały istotny wpływ wieku kobiet i fazy laktacji na zawartość skwalenu w mleku. Wraz z wiekiem kobiet karmiących oraz w miarę upływu laktacji zawartość skwalenu w mleku zmniejszała się. Z kolei wraz ze wzrostem wskaźnika BMI zaobserwowano wzrost poziomu skwalenu w mleku, co znalazło potwierdzenie w dodatniej korelacji pomiędzy tymi parametrami ($r=0.78$). Z kolei w przypadku analizowanych

preparatów zawartość skwalenu była bardzo niska – poniżej granicy oznaczalności. Co zdaniem Doktorantki może być przyczyną tak niskiej, nieoznaczalnej zawartości skwalenu w analizowanych preparatach?

Bardzo proszę również Doktorantkę o wyjaśnienie na jakiej podstawie metodologicznej dokonano podziału na grupy wiekowe kobiet (18–25, 26–33, 34–42 lata) oraz fazy laktacji (1. — siara: mleko matki do kilku dni po porodzie; 2. — mleko przejściowe: mleko matki do dwóch tygodni po porodzie; 3. i 4.: mleko dojrzałe— mleko matki od 4. tygodnia karmienia piersią) w obu analizowanych pracach, tj. P1 i P2?

W kolejnej pracy opublikowanej w czasopiśmie *Nutrients* (P3) dokonano oceny profilu kwasów tłuszczowych mleka kobiecego w odniesieniu do poszczególnych okresów laktacji, a następnie porównano go z profilem kwasów tłuszczowych dwóch preparatów do żywienia niemowląt. Zasadne wydaje się pytanie, dlaczego w analizie porównawczej nie uwzględniono preparatów opisanych w publikacji P2. Włączenie ich do badań pozwoliłoby uzyskać bardziej kompleksowy obraz różnic w składzie pomiędzy mlekiem kobiecym a komercyjnymi preparatami do żywienia niemowląt. Badania wykazały istotny wpływ okresu laktacji na profil kwasów tłuszczowych. Odnotowano również znaczące różnice w zawartości poszczególnych kwasów tłuszczowych pomiędzy mlekiem kobiecym a ocenianymi preparatami do żywienia niemowląt. W rozdziale „Dyskusja" Doktorantka w sposób szczegółowy odniosła się do zaobserwowanych różnic, przedstawiając ich możliwe przyczyny i interpretacje.

W pracy P4 Doktorantka podjęła się oceny preparatów do żywienia niemowląt w zależności od ich rodzaju i żywieniowego przeznaczenia (14 preparatów) pod względem zawartości składników mineralnych (makroelementów: Ca, Mg, Na, K, P; mikroelementów: Fe, Zn, Cu, Mn) oraz porównała je z zawartością tych składników w mleku kobiecym. Zawartość Na, P, Fe i Zn była istotnie wyższa w siarze w porównaniu do mleka z kolejnych okresów laktacji. We wszystkich preparatach dla niemowląt, bez względu na rodzaj i przeznaczenie żywieniowe, zawartość Ca, K, P, Fe i Mn była wyższa w porównaniu do mleka kobiecego, co jak podkreśla Doktorantka determinowane jest koniecznością kompensacji niższej biodostępności składników mineralnych z preparatów IF. Proszę Doktorantkę o odpowiedź na pytanie: Z czego wynika niższa biodostępność poszczególnych składników mineralnych z preparatów w porównaniu do mleka?

W pracy P4 dokonano również oceny zgodności zawartości poszczególnych składników mineralnych w ocenianych preparatach względem wartości deklarowanych przez producenta oraz standardów Komisji Europejskiej regulujących minimalne i maksymalne

poziomy poszczególnych składników, zarówno w konwencjonalnych jak i specjalistycznych preparatach. Stwierdzono szereg odchyleń w stosunku do wartości deklarowanych na etykietach, co wskazuje na konieczność okresowego monitorowania zawartości składników mineralnych w produktach przeznaczonych dla niemowląt oraz weryfikacji ich zgodności z obowiązującymi normami.

Dodatkowe badania uzupełniające dotyczą oceny preparatów do żywienia niemowląt w zależności od ich rodzaju i żywieniowego przeznaczenia (8 preparatów) pod względem zawartości kwasów tłuszczowych i oszacowanych wskaźników jakości lipidów (DFA, OFA, AI, TI i H/H). Uzyskane wyniki (nieopublikowane) wskazują, że jakość tłuszczu w preparatach do żywienia niemowląt była zróżnicowana, co wynikało głównie z rodzaju zastosowanych olejów roślinnych oraz końcowego stężenia i proporcji poszczególnych kwasów tłuszczowych.

Na uwagę zasługuje bardzo rozbudowana dyskusja oraz odpowiedni i bardzo obszerny dobór cytowanych pozycji literatury (173 pozycje), co potwierdza ogromny wkład Autorki w przygotowania merytoryczne do eksperymentów a następnie do interpretacji wyników.

Wartość pracy mierzy się głównie konkluzją wyrażoną w formie wniosków końcowych. Oceniana rozprawa zakończona jest rozdziałem „Podsumowanie i Wnioski", w którym Autorka sformułowała 7 trafnych wniosków, znajdujących odzwierciedlenie w uzyskanych wynikach własnych. Stanowią one pozytywną weryfikację przyjętych hipotez badawczych.

Chciałabym wskazać również na bardzo znaczny już dorobek naukowy Kandydatki do stopnia doktora. Obejmuje on, oprócz wspomnianych wcześniej czterech publikacji, współautorstwo w 11 artykułach naukowych, które zostały opublikowane również w renomowanych czasopismach międzynarodowych z bazy JCR, 14 - w czasopismach branżowych, głównie w Przeglądzie Mleczarskim oraz 11 rozdziałów w monografiach pokonferencyjnych. Wyniki swoich badań prezentowała podczas 42 konferencji naukowych, w tym 13 międzynarodowych. Doktorantka przebywała kilkukrotnie na stażach naukowym, czy też wyjazdach badawczych. Brała udział w realizacji sześciu projektów, w tym w dwóch pełniąc funkcję kierownika. Ponadto, mgr inż. Aleksandra Purkiewicz aktywnie angażuje się w działalność organizacyjną, współpracując przy planowaniu i realizacji warsztatów, szkoleń oraz różnorodnych wydarzeń naukowo-edukacyjnych.

Podsumowanie

Podsumowując bardzo wysoko oceniam dysertację doktorską mgr inż. Aleksandry Purkiewicz. Szeroki zakres badań wymagał dużego nakładu pracy i umiejętności analitycznych oraz pisania prac naukowych. Oceniana praca jest oryginalnym wartościowym opracowaniem, wnoszącym nowe poznawcze aspekty. O wysokiej wartości naukowej uzyskanych wyników świadczy ich opublikowanie w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, co stwarza duże szanse na wielokrotne ich cytowania. Uważam ponadto, że wyniki badań uzupełniających mają dużą szansę na publikację w renomowanym czasopiśmie.

Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że dysertacja doktorska autorstwa mgr inż. Aleksandry Purkiewicz pt. „Kształtowanie się zawartości wybranych związków biologicznie czynnych w żywności dla niemowląt" spełnia wymagania stawiane tego rodzaju pracom naukowym określone w art. 187 Ustawy Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce z dnia 20 lipca 2018 r. (tj. Dz. U. 2024.0.1571 ze zm.) i może być podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie technologia żywności i żywienia. Mając na uwadze powyższe wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o dopuszczenie Pani mgr inż. Aleksandry Purkiewicz do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

Jednocześnie uwzględniając wysoką wartość naukową uzyskanych wyników, ich opublikowanie w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, jak również wysoką wartość praktyczną uzyskanych wyników wnioskuję do Wysokiej Rady o wyróżnienie tej rozprawy doktorskiej.

Lublin, 14.06.2025 r.

Prof. dr hab. Jolanta Król

