

prof. dr hab. inż. Ewa Domian
Instytut Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 159c
02-776 Warszawa

Recenzja

rozprawy doktorskiej pt. WPŁYW ZMIAN W UKŁADZIE EMULSYJNYM NA TECHNOLOGICZNE WŁAŚCIWOŚCI MLEKA

stanowiącej podstawę ubiegania się o nadanie stopnia doktora

Kandydatce mgr inż. Annie Garczewskiej-Murzyn w postępowaniu wszczętym 14.05.2021 r.

(Wykonana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywnienia Uniwersytetu
Warmińsko – Mazurskiego w Olsztynie,

stosownie do Uchwały nr 24/2024 z dnia 17 maja 2024 roku)

Informacje ogólne

Autorem przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ zmian w układzie emulsyjnym na technologiczne właściwości mleka” jest Pani mgr inż. Anna Garczewska-Murzyn. Praca została wykonana pod promotorstwem dr hab. inż. Michała Smoczyńskiego, prof. UWM w Katedrze Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.

Tematyka badawcza podjęta przez Panią mgr inż. Annę Garczewską-Murzyn jest niezwykle istotna, nie tylko odnośnie poszerzenia wiedzy, w zakresie złożonego zestawu czynników wpływających na strukturę i funkcjonalność technologiczną emulsji mleka, ale również ze względu na aspekt praktyczny, uzyskania nowych rozwiązań technologicznych zgodnych z założeniami zrównoważonego rozwoju, to jest z wykorzystaniem produktu ubocznego, jakim jest maślanka. Układ emulsyjny mleka, jego właściwości fizykochemiczne i przetwórcze są przedmiotem zainteresowania Doktorantki głównie w aspekcie zmian wywołanych homogenizacją wysokociśnieniową HHP i/lub dodatkiem maślanki, która ze względu na swój skład jest klasyfikowana jako żywność funkcjonalna. W światowej literaturze przedmiotu podkreśla się, że niezbędne są badania nad zmianami struktury i składu MFG/MFGM podczas procesów przetwórczych, ponieważ mogą one dostarczyć kluczowych informacji odnośnie ich właściwości fizjologicznych i funkcji technologicznych. Z tego względu, badania naukowe podjęte przez Panią mgr inż. Annę Garczewską-Murzyn wpisują się w obecne trendy światowe.

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji dysertacja stanowi spójny tematycznie zbiór czterech artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, które są wymienione w wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych Ministerstwa Edukacji i Nauki (MEiN) z dnia 18 lutego 2021 r., 21 grudnia 2021 r. oraz z dnia 5 stycznia 2024 r. Tematyczne powiązanie opublikowanych artykułów naukowych dotyczy problematyki wpływu modyfikacji układu emulsyjnego mleka krowiego na jego właściwości technologiczne.

Łączna punktacja osiągnięcia, obejmującego cztery prace w języku angielskim opublikowane w latach 2021-2022, zgodnie z załącznikiem do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 5 stycznia 2024 r., wynosi 250 pkt. ministerialnych, zaś sumaryczny Impact Factor publikacji wynosi 9,7. Zgodnie z zamieszczonymi oświadczeniami współautorów, we wszystkich stanowiących rozprawę doktorską pracach, samodzielna i możliwa do wyodrębnienia część każdej z prac wykazuje indywidualny wkład Kandydatki w ich przygotowaniu. W trzech z czterech publikacji Kandydatka jest pierwszym autorem i Jej wkład w przygotowanie tych prac jest dominujący od 65 do 80%, a w jednej publikacji Jej wkład wynosi 40%, co świadczy o istotnym wkładzie w powstanie wszystkich publikacji. Prace stanowiące przedstawiony do oceny cykl publikacji są wieloautorskie, co potwierdza umiejętność Kandydatki pracy w zespołach badawczych.

Opiniowana rozprawa obejmuje 112 stron, w tym: 59 stron stanowi tekst pracy oraz 40 stron - kopie publikacji wchodzących w skład cyklu stanowiącego rozprawę doktorską i 12 stron – załączniki z oświadczeniami autora rozprawy i współautorów publikacji odnośnie wkładu merytorycznego w przygotowaniu poszczególnych publikacji. Tekst pracy poprzedza wykaz skrótów stosowanych w rozprawie, streszczenie w języku polskim i angielskim stanowiące syntezę cyklu publikacji oraz wykaz publikacji wchodzących w skład cyklu stanowiącego rozprawę doktorską wraz z danymi metrycznymi każdej pracy (punkty MEiN, Journal Impact Factor i liczba cytowań).

Tekst pracy stanowi spójną całość, zawiera siedem rozdziałów ułożonych adekwatnie do wymagań stawianych rozprawom naukowym. W kolejnych rozdziałach Doktorantka przedstawia wstęp wprowadzający w zagadnienia dotyczące obecnego stanu wiedzy z zakresu układu emulsyjnego mleka, uzasadnia wybór problemu badawczego, przedstawia cel główny, cele pośrednie pracy i hipotezy badawcze, następnie zamieszcza opis materiałów i metod badań. Omówienie najważniejszych wyników badań, wraz z ich dyskusją, zaprezentowano w postaci czterech podrozdziałów, a podstawą podziału były osobne problemy badawcze poszczególnych publikacji. Doktorantka podsumowała uzyskane wyniki w rozdziale *Wnioski i stwierdzenia końcowe*, a następnie przedstawiła bibliografię, która posłużyła do przedstawienia aktualnego stanu wiedzy oraz przeanalizowania i przedyskutowania omówionych rezultatów badań. Spis tabel, rysunków i wykresów z odniesieniem do numeru publikacji zapewnia dogodny przegląd rozprawy jako całości dokumentu.

Podrozdział wstępu pt. „Układ emulsyjny mleka” stanowi przegląd literatury nakreślający aktualny stan wiedzy w tych aspektach, w których zaprojektowana jest praca doktorska. Doktorantka przedstawia podstawy teoretyczne oraz pojęcia i zagadnienia, których poznanie jest niezbędne dla zrozumienia zasadności podjęcia problemów badawczych i całościowej koncepcji pracy.

Doktorantka w syntetyczny sposób przedstawia istotę i złożoność dyspersyjnego układu mleka, wskazując na współzależności pomiędzy składnikami mleka w tworzeniu właściwości odżywczych i technologicznych mleka. Znaczną część przeglądu Doktorantka poświęca fosfolipidowo-białkowej otoczce kuleczek tłuszczowych mleka (ang. MFGM), omawiając: strukturę i funkcję otoczki w emulsji mleka, skład i składniki otoczki, funkcjonalne i prozdrowotne właściwości fosfolipidów i białek otoczki oraz funkcjonalne właściwości maślanki – produktu ubocznego bogatego w MFGM. Aspekt zastosowań dodatku maślanki w kierunku modyfikacji właściwości technologicznych mleka do dalszego przerobu, Doktorantka omawia na przykładzie jogurtu i mleka rekombinowanego.

Interesującym opracowaniem w tej części pracy jest wyjaśnienie mechanizmów i omówienie danych literaturowych dotyczących wpływu homogenizacji ciśnieniowej prowadzonej pod wysokim ciśnieniem

(HPH) na zmiany w strukturze mleka, istotne w ocenie przydatności technologicznej mleka. Doktorantka podkreśla, że zmiany natywnej struktury zawartych w mleku składników bioaktywnych, w wyniku przeprowadzania procesów technologicznych, takich jak homogenizacja, prowadzą również do pogorszenia wartości odżywczej. Homogenizację wysokociśnieniową rozdzielną, wyróżnia niższy wpływ na zmiany stabilności koloidalnej mleka w porównaniu z procesem przeprowadzonym metodą łączną, ale mleko wykazuje większe rozmiary kuleczek tłuszczowych i ich agregację. Homogenizacja rozdzielna polega na stosowaniu homogenizacji samej śmietanki, którą później normalizuje się zawartość tłuszczu w mleku odtłuszczonym, natomiast w homogenizacji łącznej homogenizowane jest mleko o standaryzowanej zawartości tłuszczu. Doktorantka konkluduje, że dodatek składników powierzchniowoczynnych naturalnie występujących w mleku, takich jak MFGM z jednoczesnym zastosowaniem homogenizacji rozdzielnej, może być jedną z metod ograniczenia zmian fazy koloidalnej mleka.

Oceniając tę część pracy uważam, że została napisana interesująco. Uważam, że tak opracowana część pracy wystarczająco spełnia swoją funkcję w aspekcie nakreślenia stanu wiedzy i badań odnośnie problemów badawczych podejmowanych w rozprawie.

Spójne i klarowne uzasadnienie wyboru problemu badawczego znajduje się w podrozdziale 1.2.

Ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej

W tekście pracy cytowane są 83 pozycje piśmiennictwa, głównie prace oryginalne (76 pozycji) opublikowane w renomowanych czasopismach.

Pozycje zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej pochodzą z lat 1978-2022. W tym 51% (42) pozycji piśmiennictwa pochodzi z lat 2011-2022 lat, 37% (31) pozycji z lat 2000-2010 oraz 12% (10) pozycji z lat 1978-2000. Świadczy to o stałym zainteresowaniu podejmowanymi zagadnieniami w świecie, jak i o aktualności cytowanej literatury i o bieżącym śledzeniu omawianych zagadnień przez Autorkę.

Cytowane publikacje osadzone są głównie w dyscyplinie technologia żywności i żywienia.

Znaczna ilość cytowanych pozycji (łącznie 36 pozycji) opublikowana została w wiodących recenzowanych czasopismach o zasięgu światowym specjalizujących się w nauce o mleku i technologii mleczarstwa, w tym czasopismach takich jak: International Dairy Journal, Journal of Dairy Science, Journal of Dairy Research, Australian Journal of Dairy Technology, International Journal of Dairy Technology, Lait, Dairy Science & Technology i Milchwissenschaft; oraz monografii takich jak: Advanced Dairy Chemistry (Springer), Bioactive Components in Milk and Dairy Products (Wiley-Blackwell).

Pozostałe cytowane publikacje pochodzą z wiodących międzynarodowych czasopism zajmujących się różnymi aspektami nauk o żywności i żywieniu, w tym czasopism takich jak: LWT, Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, European Journal of Lipid Science and Technology, Food Research International, Food Reviews International, Innovative Food Science and Emerging Technologies, International Food Research Journal, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Journal of Analytical Methods in Chemistry, Journal of Food Science, Journal of Lipid Research, The Trends in Peptide and Protein Sciences, Trends in Food Science & Technology, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, Nutrients, Nutrition Bulletin.

W bibliografii znajdują się pozycje z uznanych czasopism specjalizujących się w nauce o koloidach i układach heterogenicznych zdyspergowanych (Food Hydrocolloids, Current Opinion in Colloid & Interface Science, Advances in Colloid and Interface Science). W bibliografii znajdują się też pozycje z uznanych czasopism specjalizujących się w biochemii i biologii (Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes, Agricultural and Biological Chemistry, Analytical Biochemistry, Biomembranes, Bioscience reports, Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, European Journal of Cell Biology, International Journal of Molecular sciences, Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia, Journal of Neuroimmunology).

Kilka pozycji zastosowanego piśmiennictwa stanowią pozycje niezbędne w metodyce badań i/lub interpretacji wyników, takie jak normy i instrukcje i raporty badawcze.

Pozytywnie oceniam dobór i wykorzystanie źródeł w aspekcie wiarygodności, trafności i zupełności, jak też w zakresie jednolitości i kompletności danych. Uważam, że taki dobór wysokiej jakości i wpływowych czasopism cytowanych publikacji stanowi właściwe forum do dyskusji wyników recenzowanej dysertacji.

Wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata

W rozdziale 1.2 Doktorantka uzasadnia, że pomimo dużego zainteresowania biofunkcjonalnymi właściwościami otoczek kuleczek tłuszczowych mleka (MFGM), w dostępnej literaturze występują stosunkowo nieliczne badania dotyczące wpływu modyfikacji układu emulsyjnego mleka jako surowca z wykorzystaniem pochodnych z mleka zawierających składniki otoczek, w tym z zastosowaniem różnych warunków homogenizacji.

Główny cel pracy został sformułowany dość ogólnie: „określenie wpływu zmian w układzie emulsyjnym mleka na jego właściwości technologiczne” i w zasadzie jest powtórzeniem tytułu. Następnie Doktorantka, wskazując pięć celi pośrednich, w przejrzysty sposób przedstawia założone cele pracy, które są ściśle powiązane z założeniami artykułów naukowych stanowiących dysertację. Do rozwiązania postawionego problemu naukowego Doktorantka podjęła prace badawcze służące weryfikacji sześciu hipotez badawczych, które zostały sformułowane następująco:

1. składniki otoczek kuleczek tłuszczowych posiadają biofunkcjonalne, prozdrowotne właściwości, opisane w literaturze i mogą być wykorzystane jako technologiczny dodatek wpływający na właściwości mleka,
2. zastosowane warunki podczas procesu homogenizacji, w istotny sposób wpływają na układ koloidalny i emulsyjny mleka,
3. istnieje możliwość wykorzystania maślanki w proszku w celu modyfikacji lub poprawy właściwości układu emulsyjnego mleka i produktów mleczarskich,
4. zastosowanie odpowiednio dobranej techniki homogenizacji (ciśnienie, temperatura) wraz z dodatkiem maślanki, bogatej w funkcjonalne składniki otoczki kuleczki tłuszczowej, umożliwi otrzymanie produktu o wysokiej jakości, ze stabilnym układem koloidalnym i emulsyjnym,
5. wykorzystanie maślanki w proszku może pozytywnie wpłynąć na charakterystykę otrzymywanych produktów mleczarskich,
6. istnieje możliwość wykorzystania, opisanych w literaturze, prozdrowotnych i technologicznych cech maślanki w proszku, w produkcji innowacyjnych produktów mleczarskich.

Uważam, że postawione w pracy pośrednie cele naukowe zostały prawidłowo sformułowane, zaś hipotezy, które w istocie powinny uzasadniać kierunek i zakres przeprowadzonych prac badawczych, zarówno w ilości jak i w treści znacznie odbiegają od zwięzłości.

Wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych

Wysoko oceniam sposób przedstawienia metodycznej części rozprawy zawartej w rozdziale 3. W podrozdziale 3.1 *Organizacja badań*, Doktorantka przedstawia w sposób przejrzysty zakresy badań poszczególnych publikacji, zaś w podrozdziale 3.2. *Materiał badawczy* prezentuje szczegółowy opis wykorzystywanych surowców oraz stosowanych procedur technologicznych przy realizacji badań tych publikacji. W podrozdziale 3.3. *Metody badań* Doktorantka przedstawia procedury metod analitycznych i analiz statystycznych z adnotacją numeru publikacji, w której dana metoda (wariant metody) była stosowana. Metody analityczne obejmują, takie pomiary jak: pomiar rozkładu wielkości cząstek, pomiar lepkości, ocena stabilności cieplnej, analiza mikroskopowa, separacja faz, zawartość tłuszczu, pomiar barwy, zawartość suchej masy, kwasowość, zawartość kwasu mlekowego, synereza, ekstrakcja frakcji lipidowej, profil kwasów tłuszczowych.

Opis metod, podający niezbędne szczegóły mogących mieć znaczenie w przeprowadzeniu oznaczeń, nie tylko obrazuje sposób prowadzenia badań i wiarygodność uzyskanych wyników, ale również pozwala na powtórzenie identycznego eksperymentu przez innych badaczy. W przypadku metod dokładnie opisanych w przedmiotowych normach lub publikacjach, Doktorantka nie zamieszcza opisu a powołuje się na odpowiednią literaturę.

Zastosowane metody pomiarów i analiz są wiarygodne oraz adekwatne do zakresu badań. W części doświadczalnej wykorzystano wysokiej klasy aparaturę oraz wysoce specjalistyczne techniki analityczne i badań struktury. Sposób prezentacji pozwala na prześledzenie poszczególnych etapów pracy i świadczy o opanowaniu bardzo rozległego i zróżnicowanego warsztatu metodycznego niezbędnego do przeprowadzenia licznych testów analitycznych.

Ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań

Omówienie wyników przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anny Garczewskiej-Murzyn oparto na publikacjach, tworzących cykl czterech publikacji, stanowiących tematycznie związany materiał dysertacji.

W rozdziale 4.1. Doktorantka informuje, że w publikacji 1 dokonano przeglądu literaturowego dotyczącego lipidów polarnych, pochodzących z otoczek kuleczek tłuszczowych mleka (MFGM), pod kątem ich właściwości biofunkcjonalnych. W pracy przeglądowej: omówiono lipidowe składniki mleka, ich zawartość w mleku oraz sposób powstawania; zaprezentowano udział procentowy poszczególnych grup lipidowych, występujących jako składniki MFGM; scharakteryzowano fosfolipidy, w tym fosfatydylocholinę, fosfatydyloetanolaminę, sfingomielinę, fosfatydyloinozytol, fosfatydyloserynę oraz inne fosfolipidy, przedstawiając ich budowę chemiczną, występowanie i miejsce powstawania oraz funkcje jakie pełnią w otoczce kuleczki tłuszczowej mleka. Ważnym aspektem artykułu było wskazanie na bezpośredni związek pomiędzy spożyciem składników MFGM, w tym lipidów polarnych, a profilaktyką i leczeniem chorób. Na podstawie analizy zawartości polarnych lipidów w poszczególnych produktach mleczarskich, wskazano,

że maślanka, zaraz po serum masła, zawiera najwięcej lipidów polarnych, w przeliczeniu na zawartość tłuszczu, co czyni ją bardzo dobrym źródłem tych składników z możliwością wykorzystania w przemyśle mleczarskim.

W rozdziale 4.2. Doktorantka omawia wpływ dodatku maślanki w proszku na stabilność fazy emulsyjnej i koloidalnej mleka homogenizowanego (publikacja 2). Analizowano tu wpływ połączonego efektu homogenizacji w różnych warunkach homogenizacji (konwencjonalnej HP przy ciśnieniu 20 MPa i temperaturze 60°C oraz wysokociśnieniowej HPH przy ciśnieniu 100 MPa i temperaturze 4, 20, 40 i 60°C) oraz dodatku maślanki w proszku (od 0 do 1,5% w/v, co 0.3%) na rozkład wielkości kuleczek tłuszczowych mleka, stabilność cieplną oraz lepkość mleka surowego (o zawartości tłuszczu i białka odpowiednio 3,81% i 3,54%). Mleko surowe niehomogenizowane charakteryzowało się przeciętną średnicą d_{43} (średnica De Brouckere'a) kuleczek tłuszczowych 4.85 μm , zaś w próbkach mleka homogenizowanego d_{43} przyjmowała wartości od 1.47 do 4.69 μm . Wykazano, że dodatek maślanki w proszku i zastosowane warianty homogenizacji oraz interakcja między tymi czynnikami, w istotny sposób wpływają na zmniejszenie średnicy d_{43} kuleczek tłuszczu mlekowego w mleku. Przykładowo, zauważono, że w mleku z dodatkiem 0,3%-1,5% maślanki wartości d_{43} zmniejszyły się po obróbce HPH w temperaturze $\geq 40^\circ\text{C}$ i po konwencjonalnej homogenizacji. W mleku poddanym HPH w temperaturze 60°C średnica kuleczek tłuszczu zmniejszała się wraz ze wzrostem dodatku maślanki do 0,6%, po czym nie stwierdzono zmian tego parametru. Generalnie stwierdzono wpływ temperatury HPH w zakresie 4°C-60°C na zmniejszenie rozmiaru kuleczek tłuszczowych, w tym w większym zakresie im wyższą temperaturę zastosowano. Doktorantka wyjaśnia, że fosfolipidy, pochodzące z MFGM, są składnikami powierzchniowo czynnymi i ustawiają się, z jednej strony w kierunku polarnych cząsteczek wody, a drugą stroną do niepolarnych cząsteczek tłuszczu. W mleku homogenizowanym fosfolipidy pochodzące z MFGM pokrywają małe kuleczki tłuszczu i zapobiegają ich agregacji w większe jednostki.

Stabilność cieplna (HS) oznacza stabilność białek mleka poddanych działaniu wysokiej temperatury, przy zachowaniu właściwości koloidalnych mleka. Niska wartość HS może doprowadzić do sedymentacji lub żelowania białek mleka podczas obróbki w wysokiej temperaturze. Mleko surowe niehomogenizowane charakteryzowało się HS 6.53 min, w próbkach mleka homogenizowanego bez dodatku maślanki HS przyjmowała wartości od 5,08 do 5,86 min, zaś w próbkach mleka homogenizowanego z dodatkiem maślanki HS wynosiła od 5,65 do 8.56 min. Wykazano, że na HS próbek mleka istotny wpływ miała homogenizacja i dodatek maślanki (bez interakcji). I dalej Doktorantka pisze: „Z kolei nie zaobserwowano wpływu interakcji pomiędzy zastosowanymi procesami na HS badanego mleka. Brak wpływu, przy zastosowaniu obydwóch procesów równocześnie, można tłumaczyć różnym wpływem samej homogenizacji na HS, jak i dodatku maślanki.” To stwierdzenie wymaga wyjaśnienia. Według mnie, brak interakcji raczej oznacza, że efekt działania danego czynnika jest niezależny od poziomów czynnika drugiego.

W kwestii HS Doktorantka wyjaśnia, że obróbka termiczna indukuje zmiany w białkach MFGM, w tym denaturację i interakcje z białkami mleka. Białka serwatkowe mogą wiązać się z MFGM poprzez reakcje wymiany sulfhydrylowo-disiarczkowej. Procesowi temu sprzyja rozpad MFGM podczas ogrzewania, dzięki czemu tworzy się przestrzeń dla białek serwatkowych (zdenaturowanych lub nie, na tym etapie) na nowo odsłoniętej powierzchni kuleczek tłuszczowych. Homogenizacja wpływa na zmniejszenie wielkości kuleczek tłuszczu mlekowego i mniejszy, w porównaniu z mlekiem, jest też ładunek białka w fazie emulsyjnej słodkiej maślanki. Takie zmiany mają prawdopodobnie istotny wpływ na właściwości

funkcjonalne produktów mlecznych, np. na czas krzepnięcia przy udziale podpuszczki czy stabilność termiczną.

Homogenizacja nie miała wpływu na lepkość próbek mleka, z wyjątkiem obróbki HPH w temperaturze 40°C, która zwiększała lepkość mleka bez dodatku maślanki i mleka z dodatkiem 0,6% maślanki. Według mnie ta obserwacja wymaga wyjaśnienia.

W rozdziale 4.3. Doktorantka prezentuje wpływ HPH łącznej i rozdzielnej na właściwości emulsyjne mleka (publikacja 3). Przy wykorzystaniu wysokociśnieniowej homogenizacji łącznej mleko, o zawartości tłuszczu 3,5% i temperaturze odpowiednio 20°C, 40°C i 60°C, homogenizowano pod ciśnieniem 100 MPa/20 MPa. W procesie wysokociśnieniowej homogenizacji rozdzielnej, homogenizowano w tych samych warunkach tylko śmietankę (zawartość tłuszczu 20%), którą następnie użyto do standaryzacji mleka odtłuszczonego. W próbkach analizowano rozkład wielkości cząstek, mikrostrukturę, parametry barwy i separację faz.

Stwierdzono zmniejszenie kuleczek tłuszczowych mleka wraz ze wzrostem temperatury po HPH łącznej, podczas gdy HPH rozdzielna skutkowała agregacją kuleczek tłuszczu mlekowego przez zaadsorbowaną na ich powierzchni kazeinę, co wykazano na podstawie pomiarów wielkości cząstek bez i z dodatkiem antyflokułantów, jak też zdjęć mikrostruktury. W mleku, po zastosowaniu procesu łącznej HPH, nie obserwowano śmietankowania oraz nie oznaczono różnic w zawartości tłuszczu w górnej (10% całkowitej objętości) i dolnej warstwie próbki (90% całkowitej objętości). Mleko po rozdzielnej HPH wyraźnie śmietankowało – obserwowano oddzielenie warstwy śmietanki od warstwy dolnej, o większej objętości warstwy górnej, ale niższej zawartości tłuszczu w górnej warstwie tego mleka, w porównaniu z mlekiem niehomogenizowanym. Doktorantka wyjaśnia, że przy zastosowaniu łącznej HPH – białka, które są zaadsorbowane na powierzchni kuleczek tłuszczu mlekowego, mają wysoki ciężar właściwy, co ogranicza lub nawet eliminuje śmietankowanie. W mleku poddanym rozdzielnej HPH powstałe agregaty białko-lipidowe o dużej wielkości grawitacyjnie oddzielają się w górnej warstwie mleka, a zawarte białka opóźniają rozdzielanie faz.

Parametry barwy mleka różniły się dla próbek poddanych różnym warunkom HPH. Wpływ temperatury na różnicowanie całościowej różnicy barwy próbek obserwowano tylko dla rozdzielnej HPH. Doktorantka wyjaśnia, że zmiany w barwie mleka homogenizowanego można wytłumaczyć modyfikacją składników fazy koloidalnej i emulsyjnej – zmianami wielkości agregowanych i dezagregowanych miceli kazeinowych, zmianami wielkości i liczby kuleczek tłuszczu mlekowego oraz ich agregatów.

W rozdziale 4.4. Doktorantka omawia wpływ dodatku maślanki i odtłuszczonego mleka w proszku na właściwości jogurtu niskotłuszczowego (publikacja 4).

Do doświadczenia, wykorzystano mleko surowe 1,5% tłuszczu, w którym zawartość suchej masy na poziomie 13%, otrzymano przy użyciu maślanki w proszku i odtłuszczonego mleka w proszku. Próbki mleka poddano następnie dwuetapowemu procesowi homogenizacji w temperaturze 65°C i ciśnieniu 15 MPa / 3 MPa oraz pasteryzacji w temperaturze 95°C przez 60 s. Do mleka o temperaturze 45°C dodano liofilizowaną kulturę starterową zawierającą szczepy *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*. Próbki inkubowano do osiągnięcia pH 4,6-4,7. Schłodzone do 4°C jogurty poddano analizom po 1 dniu, 7 i 21 dniach przechowywania pod kątem składu, kwasowości, synerезy, zawartości kwasów tłuszczowych i fosfolipidów. Wykazano, że dodatek maślanki w proszku nie wpływał na szybkość ukwaszenia mleka. W jogurcie z dodatkiem maślanki stwierdzono niższą zawartość fosfolipidów i nieco większą ich stratę przy przechowywaniu oraz wyższą zawartość kwasu mlekowego w

porównaniu z jogurtem z dodatkiem odtłuszczonego mleka w proszku. Nie stwierdzono różnic pomiędzy jogurtami w zawartości i profilu kwasów tłuszczowych.

Próby zinterpretowania wyników i ich oceny w świetle dostępnych aktualnie danych literaturowych Doktorantka dokonuje każdorazowo po przedstawieniu wyników własnych. Doktorantka dokonuje podsumowań i wyjaśnia obserwowane zależności na tle potencjalnych mechanizmów, bardzo często przywołując liczne pozycje piśmiennictwa, co jest świadectwem bardzo dobrej znajomości przedmiotowych zagadnień z dyscypliny technologia żywności i żywienia.

Całość opracowania poświęconego prezentacji wyników i dyskusji zamyka rozdział 6., zatytułowany Wnioski i stwierdzenia końcowe. Doktorantka sformułowała osiem wniosków, które odpowiadają jasno na zagadnienia określone w celach pracy i w całości wynikają z przeprowadzonych badań. Niestety, Doktorantka nie odniosła się do postawionych hipotez badawczych.

Najważniejszych naukowe i praktyczne osiągnięcia ocenianej pracy

Po przeczytaniu rozprawy doktorskiej, za istotne osiągnięcie naukowe i praktyczne Pani mgr inż. Anny Garczewskiej-Murzyn można uznać:

1. Wykazanie, że dodatek maślanki w proszku do mleka surowego skutkuje: bardziej efektywnym rozdrobnieniem kuleczek tłuszczowych podczas homogenizacji, zwłaszcza homogenizacji wysokociśnieniowej w podwyższonej temperaturze; większą stabilnością cieplną mleka homogenizowanego, zależnie od poziomu dodatku maślanki.
2. Wykazanie, że maślanka w proszku może być wykorzystywana w zastępstwie odtłuszczonego mleka w proszku do wytwarzania jogurtów niskotłuszczowych.
3. Potwierdzenie, że w mleku poddanym homogenizacji wysokociśnieniowej rozdzielnej, występuje zjawisko agregacji kuleczek tłuszczowych i tworzenia dużych kompleksów białkowo-tłuszczowych w mleku, niezależnie od zastosowanej temperatury homogenizacji.

Uwagi do dyskusji

W trakcie czytania pracy nasunęły mi się następujące spostrzeżenia, które mogą być tematem dalszej dyskusji.

1. Tytuł pracy jest sformułowany dość ogólnikowo, powinien zawierać więcej słów znaczących odnośnie rodzaju czynników uwzględnianych w badaniach.
2. Czy na podstawie uzyskanych wyników w publikacji 2, można wskazać potencjalne kierunki przetwórcze mleka homogenizowanego z dodatkiem maślanki? Jakie były by to aplikacje? Który wariant homogenizacji i dlaczego należałoby rozpatrywać do danej aplikacji?
3. Tabela 3 publikacja 2: Próbki mleka bez i z dodatkiem maślanki homogenizowanego przy ciśnieniu 100 MPa i temperaturze 20°C i 40°C charakteryzują się zauważalnie wyższą lepkością. Jak jest wyjaśnienie tej obserwacji?

4. Publikacja 2: Która ze zmiennych niezależnych, wariant homogenizacji czy dodatek maślanki, "bardziej wpływa" (większa siła efektu) na wyniki przeciętnej średnicy kuleczek tłuszczowych, stabilności termicznej i lepkości? Czy pomiędzy zmiennymi zależnymi występuje korelacja?

5. Jakie mogłyby być aplikacyjno/badawcze kierunki dla mleka przetwarzanego z wykorzystaniem homogenizacji wysokociśnieniowej rozdzielnej?

Uwagi przedstawione powyżej oczywiście nie umniejszają wartości poznawczej i naukowej rozprawy doktorskiej.

Warto podkreślić, że opublikowane prace naukowe, które wchodziły w skład rozprawy były recenzowane w procesie wydawniczym i zostały docenione przez uznane międzynarodowe czasopisma o wysokiej randze wydawnictwa Springer.

Podsumowanie

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anny Garczewskiej-Murzyn nie budzi zastrzeżeń ani pod względem formalnym ani merytorycznym i przedstawia samodzielny dorobek Autorki. Praca została przedstawiona w sposób klarowny, prezentuje oryginalne rozwiązanie problemu badawczego i wykazuje, że Doktorantka posiada zadowalającą wiedzę teoretyczną w dyscyplinie naukowej technologia żywności i żywienia, a także umiejętność planowania i samodzielnego prowadzenia badań oraz interpretowania ich wyników.

Stwierdzam, że przedłożona rozprawa spełnia wymogi formalne stawiane pracom doktorskim, jak również stanowi osiągnięcie naukowe odpowiadające wymaganiom określonym w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r., poz. 742 ze zm.).

Zwracam się zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Technologia Żywności i Żywienia Uniwersytetu Warmińsko – Mazurskiego w Olsztynie o przyjęcie pracy oraz dopuszczenie Pani mgr inż. Anny Garczewskiej-Murzyn do dalszych etapów postępowania przewidzianego w postępowaniu doktorskim.

Warszawa, 12.07.2024r.

prof. dr hab. inż. Ewa Domian

