
AUTOREFERAT

Aneta Brodziak

1. Habilitant

Imię i nazwisko: **Aneta Brodziak**

Adres służbowy: Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności
Pracownia Ekologicznej Produkcji Żywności Pochodzenia
Zwierzęcego
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Telefon: +48 81 4456704

E-mail: aneta.brodziak@up.lublin.pl

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

20.04.2011 **Doktor nauk rolniczych**

Dziedzina Nauki rolnicze

Dyscyplina Technologia żywności i żywienia

Specjalność Chemia i technologia mleka

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii

Tytuł pracy „Wpływ wybranych czynników środowiskowych i genetycznych na zawartość i właściwości funkcjonalne białek serwatkowych mleka”
promotor: prof. dr hab. Anna Litwińczuk

19.06.2006 **Magister**

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Wydział Chemii

Tytuł pracy „Właściwości sorpcyjne materiałów krzemionkowych MCM-41 na podstawie pomiarów wielkości adsorpcji”
promotor: prof. dr hab. Jacek Goworek

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.09.2017-obecnie	adiunkt Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Instytut Hodowli Zwierząt i Ochrony Bioróżnorodności Pracownia Ekologicznej Produkcji Żywności Pochodzenia Zwierzęcego
01.03.2012-31.08.2017	adiunkt Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła Pracownia Ekologicznej Produkcji Żywności Pochodzenia Zwierzęcego
01.03.2011-29.02.2012	asystent Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła Pracownia Ekologicznej Produkcji Żywności Pochodzenia Zwierzęcego

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

4.1. Osiągnięciem, stanowiącym podstawę do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego jest cykl publikacji powiązanych tematycznie pod tytułem:

Czynniki warunkujące zawartość składników bioaktywnych w mleku surowym i dostępnym na rynku mleku spożywczym

4.2. Publikacje lub inne prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

[H1] **Brodziak A.**, Król J., Litwińczuk Z.: Whey protein content and fatty acids profile in milk of cows used in intensive and conventional production systems with regard to stage of lactation. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39, 6, 745-750, 2015.

IF₂₀₁₅ – 0,352; 15 pkt MNiSW₂₀₁₆

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wiodącym udziale w planowaniu eksperymentu, opracowaniu metodyki i jej realizacji, pobieraniu materiału badawczego, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, przygotowaniu bazy danych do analizy statystycznej, statystycznej analizie wyników, interpretacji uzyskanych wyników oraz napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

[H2] **Brodziak A.**, Król J., Litwińczuk Z., Barłowska J.: Differences in bioactive protein and vitamin status of milk from certified organic and conventional farms. *International Journal of Dairy Technology*, 70, 1-12 (doi: 10.1111/1471-0307.12462), 2017.

IF_{2016/2017} – 0,813; 20 pkt MNiSW₂₀₁₆

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wiodącym udziale w planowaniu eksperymentu, pobieraniu materiału badawczego, opracowaniu metodyki i jej realizacji, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, przygotowaniu bazy danych do analizy statystycznej, statystycznej analizie wyników, interpretacji uzyskanych wyników, napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku oraz korespondencji z redakcją. Mój udział procentowy szacuję na 65%.

[H3] Król J., **Brodziak A.**, Zaborska A., Litwińczuk Z.: Comparison of whey proteins and lipophilic vitamins between four cow breeds maintained in intensive production system. *Mljekarstvo*, 67, 1, 17-24, 2017.

IF_{2016/2017} – 0,631; 20 pkt MNiSW₂₀₁₆

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w planowaniu eksperymentu, pobieraniu materiału badawczego, realizacji metodyki, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, przygotowaniu bazy danych do analizy statystycznej, statystycznej analizie wyników, interpretacji uzyskanych wyników oraz napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku. Mój udział procentowy szacuję na 40%.

[H4] **Brodziak A.**, Król J., Litwińczuk Z., Zaborska A., Czernecki T.: Effect of storage time under home refrigeration conditions on the quality of opened drinking milk. *Mljekarstvo*, 67, 4, 283-296, 2017.

IF_{2016/2017} – 0,631; 20 pkt MNiSW₂₀₁₆

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w planowaniu eksperymentu, pobieraniu materiału badawczego, opracowaniu metodyki i jej realizacji, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, przygotowaniu bazy danych do analizy statystycznej, statystycznej analizie wyników, interpretacji uzyskanych wyników, napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku oraz korespondencji z redakcją. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

[H5] **Brodziak A.**, Król J., Litwińczuk Z., Nowakowicz-Dębek B., Czernecki T.: Wpływ zachowania łańcucha chłodniczego na wartość odżywczą mleka spożywczego, w tym zawartość składników bioaktywnych. *Przemysł Chemiczny*, 96, 6, 1378-1380, 2017.

IF_{2016/2017} – 0,385; 15 pkt MNiSW₂₀₁₆

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na udziale w planowaniu eksperymentu, pobieraniu materiału badawczego, opracowaniu metodyki i jej realizacji, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, przygotowaniu bazy danych do analizy statystycznej, statystycznej analizie wyników, interpretacji uzyskanych wyników, napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku oraz korespondencji z redakcją. Mój udział procentowy szacuję na 50%.

[H6] **Brodziak A.**, Król J., Barłowska J.: Mleko i produkty mleczne źródłem składników biologicznie czynnych. *Przemysł Spożywczy*, 72, 10, 8-13, 2017.

12 pkt MNiSW₂₀₁₆

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wiodącym udziale w opracowaniu koncepcji, gromadzeniu literatury przedmiotu, napisaniu i przygotowaniu manuskryptu do druku oraz korespondencji z redakcją. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

- **Ogólna liczba punktów za cykl publikacji** powiązanych tematycznie według czasopism naukowych MNiSW zgodna z rokiem ukazania się pracy **wynosi 102 punkty**.
- **Sumaryczny współczynnik Impact Factor (IF)** według bazy Journal Citation Reports (JCR) **za cykl publikacji** powiązanych tematycznie zgodny z rokiem ukazania się pracy **wynosi 2,812**.

Oświadczenia współautorów przedstawionych powyżej prac naukowych wraz z określeniem ich indywidualnego udziału wykazano w załączniku nr 4.



4.3. Omówienie celu naukowego ww. publikacji, jak również osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wprowadzenie i cel naukowy

Współcześni konsumenci coraz większą uwagę zwracają na jakość spożywanej żywności. Dotyczy to również produktów mlecznych, które z uwagi na wysoką wartość odżywczą, w tym zawartość składników pozytywnie oddziałujących na organizm człowieka, w ostatnich latach cieszą się coraz większym zainteresowaniem. Sektor mleczarski jest istotnym elementem rynku żywnościowego w Polsce, stanowiąc około 13% udziału w wartości sprzedaży. Skupowany surowiec przetwarzany jest zwłaszcza na mleko spożywcze (ponad 50% ogólnej produkcji przetworów mleczarskich), którego produkcja w 2016 r. wyniosła 1,6 mln ton (IERiGŻ-PIB, 2017). W modelu konsumpcji produktów nabiałowych zdecydowanie dominuje mleko spożywcze (około 40 litrów na osobę), przy czym około 50% ogólnego spożycia mleka płynnego stanowi mleko UHT.

Istotnym elementem w produkcji i dystrybucji żywności jest zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego, poprzez spełnienie wymagań prawnych na każdym etapie jej wytwarzania i dostarczania do klienta, tj. „od pola do stołu”. Ważną wskazówką dla konsumenta jest termin przydatności do spożycia informujący o trwałości danego produktu w przypadku zachowania idealnych warunków przechowywania. Okres ten zależy w dużym stopniu od jakości surowca, stosowanych procesów technologicznych, warunków produkcji, magazynowania i transportu, a także przechowywania wyrobu gotowego w warunkach domowych przez konsumenta (*Codex Alimentarius*, 2009; Szpakowska i Tymoszuć, 2011; Claeys i wsp., 2014). Jakość pozyskiwanego surowca, a w konsekwencji wyrobów mlecznych, wynika ze specyficznych warunków panujących w gospodarstwach nastawionych na produkcję mleka. Determinowana jest między innymi technologią produkcji. Coraz więcej gospodarstw produkujących mleko decyduje się na wprowadzanie intensywnych systemów produkcji, w których przez cały rok stosowany jest jednolity pełnodawkowy system żywienia zwierząt, tj. TMR (ang. Total Mixed Ration) lub PMR (ang. Partial Mixed Ration). Krowy utrzymywane w ten sposób nie korzystają jednak z pastwiska w ogóle lub jedynie w sposób ograniczony. Istnieją prace (Barłowska i Litwińczuk, 2009; Król i wsp., 2010; Kuczyńska i wsp., 2012) wskazujące, że zawartość substancji biologicznie czynnych jest warunkowana możliwością dostępu i czasem przebywania zwierząt na pastwisku. Wzrastające

systematycznie wymagania współczesnych konsumentów sprawiają, że powszechniejsza staje się produkcja mleka w systemie ekologicznym, w którym zwierzęta mają zapewniony nieograniczony dostęp do wybiegu i zielonki pastwiskowej.

Istotne znaczenia mają również stosowane procesy technologiczne oraz warunki produkcji i obrotu. Z uwagi, iż mleko spożywcze, a zwłaszcza pasteryzowane, zalicza się do produktów nietrwałych, łatwopsujących się, na wszystkich etapach jego przetwarzania i dystrybucji wymagane jest zachowanie ciągłości łańcucha chłodniczego, aby w momencie spożycia przez konsumenta nie zagrażało jego zdrowiu oraz charakteryzowało się pożądanymi cechami jakościowymi (Walstra i wsp., 2006). Warto wspomnieć, że jeszcze dwadzieścia lat temu w około 50% polskich sklepów mleko spożywcze przechowywane było w temperaturze pokojowej, aż do momentu zakończenia zbytu (Cais-Sokolińska i wsp., 1999). Przypadki nieprzestrzegania zaleceń chłodniczego przechowywania mleka w okresie jego dystrybucji zdarzają się również obecnie. Zgodnie z informacją podaną przez producenta na opakowaniu mleko UHT po otwarciu można przechowywać w warunkach chłodniczych nie dłużej niż 48 godz., a pasteryzowane – 24 godz. Bardzo często klienci nie przestrzegają tych zaleceń, spożywając mleko po upływie tego czasu. Jego jakość oceniają subiektywnie na podstawie cech organoleptycznych. Nie są jednak w stanie ocenić rzeczywistych walorów odżywczych w tym prozdrowotnych produktu.

Istnieje zatem potrzeba poznawania i monitorowania zawartości składników biologicznie czynnych w mleku surowym, jak również w produktach wytwarzanych na jego bazie, w tym zwłaszcza w najczęściej spożywanym – mleku spożywczym. Nie bez znaczenia jest także troska o jakość produktów w czasie ich dystrybucji i przechowywania. W przypadku produktów mlecznych, które zaliczane są do kategorii wyrobów nietrwałych, szczególnie istotne jest zachowanie ciągłości łańcucha chłodniczego. Jego przerwanie może bowiem bezpośrednio wpływać na bezpieczeństwo zdrowotne konsumenta. Posiadanie wiarygodnych informacji o właściwościach prozdrowotnych i jakości konsumpcyjnej produktów mlecznych może przyczynić się do profilowania produkcji w kierunku projektowania i dostarczania na rynek nowych wyrobów, które powiększą grono żywności funkcjonalnej. W związku z tym podjęto badania dotyczące analizy jakościowej i ilościowej mało poznanych związków bioaktywnych występujących w mleku surowym i najczęściej spożywanym produkcie wytwarzanym na jego bazie, jakim jest mleko spożywcze. Uzyskane w badaniach wyniki stanowią cykl prac powiązanych tematycznie dla określenia jakości prozdrowotnej i konsumpcyjnej surowca i dostępnego na rynku mleka spożywczego.

Aby zweryfikować istniejący stan wiedzy oraz uzupełnić go o nowe elementy, na główny cel badawczy złożyły się następujące **cele szczegółowe**:

1. **Określenie zawartości wybranych bioaktywnych białek serwatkowych i witamin lipofilnych, a także profilu kwasów tłuszczowych w mleku pozyskiwanym z gospodarstw konwencjonalnych (stosujących tradycyjny i intensywny system produkcji), a także certyfikowanych gospodarstw ekologicznych.**
2. **Określenie zawartości wybranych związków biologicznie czynnych oraz jakości mikrobiologicznej i konsumpcyjnej różnych rodzajów mleka spożywczego przechowywanego w różnych warunkach.**
3. **Oszacowanie stopnia pokrycia mlekiem zapotrzebowania osoby dorosłej na analizowane witaminy lipofilne.**
4. **Dostarczenie informacji o pozytywnym, udokumentowanym wpływie zawartych w mleku związków biologicznie aktywnych, tj. białka serwatkowe, kwasy tłuszczowe i witaminy, na organizm człowieka.**

Wyniki

Ad. 1. Określenie zawartości wybranych bioaktywnych białek serwatkowych i witamin lipofilnych, a także profilu kwasów tłuszczowych w mleku pozyskiwanym z gospodarstw konwencjonalnych (stosujących tradycyjny i intensywny system produkcji), a także certyfikowanych gospodarstw ekologicznych

W pracach [H1], [H2] i [H3] dokonano określenia zawartości wybranych bioaktywnych niezdenaturowanych białek serwatkowych i witamin lipofilnych, a także profilu kwasów tłuszczowych w mleku surowym pozyskiwanym z gospodarstw konwencjonalnych (stosujących tradycyjny i intensywny system produkcji), a także certyfikowanych gospodarstw ekologicznych.

W pracy [H2] badaniami objęto surowiec (360 próbek) pozyskiwany od krów rasy simentalskiej utrzymywanych w trzech systemach produkcji mleka, tj. ekologicznym, tradycyjnym i intensywnym. W efekcie prowadzonych badań stwierdzono, że mleko pozyskiwane z gospodarstw niskonakładowych (stosujących system ekologiczny i tradycyjny) charakteryzowało się wyższą zawartością białek serwatkowych, w porównaniu do gospodarstw intensywnych (system PMR). Stężenie głównej albuminy – β -laktoglobuliny (β -LG), wykazującej właściwości przeciwutleniające i zdolność wiązania retinolu, witaminy D czy długołańcuchowych kwasów tłuszczowych okazało się porównywalne w surowcu produkowanym systemem ekologicznym i tradycyjnym, tj. 3,32 i 3,26 g/l, odpowiednio. W stosunku do systemu PMR stanowiło to o 0,10 g/l więcej. W badaniach własnych nie wykazano statystycznie istotnego wpływu systemu produkcji na zawartość α -laktoalbuminy (α -LA) – jednego z głównych komponentów kompleksu syntazy laktozowej odpowiedzialnego za kontrolę laktacji i sekrecji mleka. Jej stężenie kształtowało się od 1,14 g/l (system PMR) do 1,19 g/l (system ekologiczny). W przypadku krowiej albuminy serum – BSA stwierdzono istotny ($p \leq 0,05$) wpływ systemu produkcji na jej zawartość w mleku. Ilość BSA była większa w mleku produkowanym systemem intensywnym (0,45 g/l), w porównaniu do systemów niskonakładowych (średnio 0,43 g/l). Zauważono, że przy zbliżonym poziomie BSA w mleku produkowanym różnymi systemami, liczba komórek somatycznych – LKS była zdecydowanie wyższa w mleku ekologicznym. Szczególną uwagę zwrócono na różnice w zawartości białek antybakteryjnych, tj. laktoferyny i lizozymu. Surowiec produkowany przez krowy utrzymywane w systemie intensywnym stanowił uboższe ich źródło (o około 10%) w odniesieniu do systemów ekstensywnych (ekologicznego

i tradycyjnego). Najwięcej laktoferyny (123,8 mg/l) i lizozymu (11,14 µg/l) zawierało mleko pochodzące z certyfikowanych gospodarstw ekologicznych. Ponadto w badaniach własnych wykazano, że zawartość laktoferyny i lizozymu była statystycznie istotnie dodatnio skorelowana. Uzyskano bowiem współczynnik korelacji – r na poziomie 0,485. Podobnie jak zawartość α -LA i β -LG – r=0,493. Przedmiotem badań była również ocena wpływu systemu produkcji na zawartość witamin rozpuszczalnych w tłuszczach w mleku surowym. Wykazano, że mleko pozyskiwane z gospodarstw niskonakładowych (stosujących system ekologiczny i tradycyjny) charakteryzowało się statystycznie istotnie ($p \leq 0,01$) wyższą zawartością witamin, przy istotnie ($p \leq 0,01$) niższej zawartości tłuszczu, w porównaniu do intensywnych (system PMR). Stężenie β -karotenu okazało się największe w surowcu ekologicznym – 0,257 mg/l. Stanowiło to więcej o 10% w stosunku do systemu tradycyjnego i aż o 32% do intensywnego. Wynika to z faktu, że β -karoten obecny jest głównie w zielonce zadawanej zwierzętom. β -karoten pełni rolę prekursora witaminy A, dlatego też zawartość witaminy A w mleku jest ściśle związana z obecnością β -karotenu. Potwierdza to uzyskany współczynnik korelacji (r) wynoszący 0,502. Obecność witaminy A w mleku jest ważna, ponieważ uczestniczy ona w procesie prawidłowego widzenia i reprodukcji, a także w różnicowaniu, wzroście i rozwoju komórek. W badaniach własnych wykazano, że głównym jej źródłem był surowiec produkowany w oparciu o systemy żywienia krów bazujące na zielonce pastwiskowej (średnio 0,456 mg/l). Mleko z intensywnego systemu produkcji zawierało o 0,109 mg/l mniej tej witaminy, co stanowiło prawie 25%. Analizowano także zawartość witaminy D₃. W przypadku zwierząt przebywających na pastwisku synteza witaminy D₃ następuje pod wpływem promieni słonecznych UV z 7-dehydrosterolu występującego w skórze. Mleko od krów przebywających dłużej na pastwisku, a zwłaszcza utrzymywanych w certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych, stanowiło cenniejsze jej źródło. Zawierało 0,768 µg/l tej witaminy, co stanowiło o 0,038 µg/l (5%) więcej w porównaniu do systemu tradycyjnego i o 0,144 µg/l (18%) do intensywnego. Witamina E jest jednym z kluczowych związków przeciwutleniających zawartych w mleku. Jej zawartość okazała się porównywalna w surowcu produkowanym systemem ekologicznym i tradycyjnym, tj. 2,044 i 1,953 mg/l, odpowiednio. W porównaniu do systemu intensywnego stanowiło to o 0,924 mg/l więcej. W pracy [H1] analizowano także zawartość białek serwatkowych w zależności od systemu żywienia krów. Istotnie ($p \leq 0,05$) wyższe stężenie białek serwatkowych stwierdzono w mleku produkowanym systemem tradycyjnym w porównaniu do intensywnego (0,75 vs 0,71 %). Zawierało ono istotnie więcej β -laktoglobuliny (o 0,26 g/l, $p \leq 0,01$), α -laktoalbuminy (o 0,08 g/l, $p \leq 0,05$), laktoferyny

(o 14,00 mg/l, $p \leq 0,01$) i lizozymu (o 0,56 $\mu\text{g/l}$, $p \leq 0,01$), z wyjątkiem BSA, którego więcej (o 0,03 g/l, $p \leq 0,05$) zanotowano w mleku z intensywnej produkcji. Dodatkowo uwzględniono wpływ tego czynnika na profil kwasów tłuszczowych. Surowiec produkowany w gospodarstwach stosujących system tradycyjny charakteryzował się mniejszym udziałem nasyconych kwasów tłuszczowych (w tym sumy kwasów nasyconych – SFA oraz kwasów krótko-, średnio- i długołańcuchowych – SFAsmc i SFAlc) i większym nienasyconych (w tym sumy nienasyconych – UFA, jednonienasyconych – MUFA i wielonienasyconych – PUFA) w tłuszczu mleka. Wysoko istotne ($p \leq 0,01$) różnice stwierdzono tylko dla zawartości PUFA i CLA. W mleku pochodzącym z gospodarstw z tradycyjnym systemem produkcji było dwukrotnie więcej CLA (0,60%) w porównaniu do surowca wytwarzanego w gospodarstwach stosujących system intensywny (0,30%). Niski udział CLA w mleku z systemu intensywnego wynikał prawdopodobnie z zastosowanego systemu żywienia, tzn. TMR.

W ramach omawianych prac [H1] i [H2] określono również wpływ systemu produkcji na uwzględnione wyznaczniki jakości prozdrowotnej mleka. Wyniki uzyskane z analizy wariancji wykonanej w ramach pracy [H1] wskazują, że system produkcji istotnie determinował zawartość wszystkich składników frakcji białkowej, a zwłaszcza β -laktoglobuliny, laktoferyny i lizozymu ($p=0,001$). Natomiast nie miał on wpływu na udział poszczególnych grup kwasów tłuszczowych w mleku – poza udziałem PUFA i CLA, dla których wartość p uzyskano na poziomie 0,001. W badaniach własnych zrealizowanych w ramach pracy [H2] nie stwierdzono natomiast wpływu systemu produkcji na zawartość białek serwatkowych ogółem i α -laktoalbuminy. Zależność ta okazała się jednak statystycznie istotna w przypadku pozostałych białek, tj. β -laktoglobuliny ($p=0,001$), BSA ($p=0,016$), laktoferyny ($p=0,001$) i lizozymu ($p=0,001$). System produkcji wpływał również istotnie ($p=0,001$) na stężenie wszystkich analizowanych witamin, tj. A, D₃, E i β -karotenu.

W prowadzonych badaniach jako czynnik uwzględniono także sezon produkcji [H2]. Wyższy poziom analizowanych białek serwatkowych (niezależnie od systemu żywienia) stwierdzono w sezonie letnim. W mleku produkowanym systemem ekologicznym i tradycyjnym zanotowano większe różnice w zawartości poszczególnych białek serwatkowych, z wyjątkiem BSA, pomiędzy sezonami, tzn. letnim i zimowym, (na korzyść pastwiskowego) w porównaniu do systemu intensywnego (PMR). Mleko pozyskiwane z gospodarstwa z intensywnym systemem żywienia krów w obu sezonach produkcji zawierało porównywalną ilość albumin, tj. α -LA, β -LG i BSA, ponieważ różnice sezonowe były na poziomie jedynie 0,03 g/l. Największą różnicę w zawartości albumin pomiędzy sezonem pastwiskowym i zimowym odnotowano w przypadku α -LA w mleku z systemu tradycyjnego.

Wyniosła ona 0,14 g/l przy $p \leq 0,01$ (1,24 vs 1,10 g/l). Szczególną uwagę należy zwrócić na sezonowe różnice w zawartości laktoferyny, które dla systemu ekologicznego i tradycyjnego wynosiły 15% (przy $p \leq 0,01$), a dla intensywnego jedynie 2%, na korzyść sezonu pastwiskowego. Najcenniejszym źródłem lizozymu okazało się mleko z gospodarstw niskonakładowych (system ekologiczny i tradycyjny), które w sezonie letnim zawierało średnio 11,64 $\mu\text{g/l}$ tego białka. Różnice sezonowe w przypadku tych systemów wynosiły około 1,50 $\mu\text{g/l}$ (przy $p \leq 0,01$). W systemie intensywnym stężenie lizozymu w mleku kształtowało się od 10,22 $\mu\text{g/l}$ (sezon pastwiskowy) do 9,64 $\mu\text{g/l}$ (okres zimowy).

Przedmiotem badań podjętych w ramach pracy [H2] była również ocena zawartości witamin lipofilnych i β -karotenu w zależności od sezonu produkcji. Niezależnie od systemu produkcji, większą zawartość witamin stwierdzono w sezonie letnim. W mleku produkowanym systemem ekologicznym i tradycyjnym zanotowano większe różnice w zawartości poszczególnych witamin pomiędzy sezonami (na korzyść pastwiskowego) w porównaniu do systemu intensywnego. Największe różnice w stężeniu witaminy A i D₃ zanotowano w przypadku systemu ekologicznego (odpowiednio o 32 i 22% mniej w sezonie zimowym), a witaminy E i β -karotenu – dla systemu tradycyjnego (analogicznie o 21 i 28% mniej). Mleko pozyskiwane z gospodarstwa intensywnego zawierało porównywalną ilość witaminy A i E w obu sezonach produkcji. Zatem sezon produkcji istotnie wpływał na stężenie wszystkich substancji bioaktywnych frakcji białkowej (z wyjątkiem BSA) i tłuszczowej. Warto podkreślić, że dla α -laktoalbuminy i witamin wpływ ten uzyskano na poziomie $p=0,001$.

W pracy [H3] analizowano wpływ rasy krów na jakość prozdrowotną pozyskiwanego surowca, tzn. zawartość białek serwatkowych i witamin lipofilnych. Badaniem objęto krowy czterech wysokowydajnych ras utrzymywanych w Polsce, tj. holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, montbéliarde, jersey i simentalskiej. Badania prowadzono w gospodarstwach stosujących intensywny system żywienia (TMR), tzn. w ciągu całego roku żywienie krów oparte było o te same pasze. Uzyskane wyniki wskazują, że rasa krów przy tym systemie nie miała istotnego wpływu na zawartość białek serwatkowych ogółem – kształtowała się ona bowiem od 6,28 do 6,38 g/l mleka. Wykazano natomiast istotny (przy $p \leq 0,05$) wpływ tego czynnika na udział białek serwatkowych w białku ogólnym. Mleko pozyskiwane od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (mającej największe znaczenie w produkcji mleka, zarówno w Polsce, jak i na świecie) zawierało najmniejszą ilość tych białek (6,28 g/l), przy również najmniejszej ogólnej zawartości białka wynoszącej 33,8 g/l. Większość białek serwatkowych (około 70%) stanowią albuminy, tj. β -laktoglobulina i α -laktoalbumina. Ich stężenie okazało

się największe w surowcu produkowanym przez krowy rasy simentaliskiej – 3,28 g/l (przy $p \leq 0,01$) i 1,11 g/l ($p \leq 0,05$), odpowiednio. Z kolei, najmniej tych białek stwierdzono w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej i jersey. Najwyższy poziom BSA zanotowano w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (0,49 g/l, przy $p \leq 0,05$). Jej zawartość w przypadku surowca pozyskiwanego od pozostałych ras była niższa, kształtując się na poziomie od 0,41 do 0,44 g/l. Szczególną uwagę zwrócono na różnice w zawartości białek antybakteryjnych, tj. laktoferyny i lizozymu. Surowiec produkowany przez krowy rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej stanowił najuboższe ich źródło – średnio o 21% w przypadku laktoferyny i aż o 40% dla lizozymu w porównaniu do mleka krów pozostałych ras. Najwięcej laktoferyny zawierało mleko pochodzące od krów rasy simentaliskiej (121,23 mg/l), a lizozymu – jersey (12,13 $\mu\text{g/l}$). Czynniki rasowe istotnie ($p \leq 0,05$) determinował także stężenie witamin lipofilnych w mleku. Najwyższy poziom witaminy A (0,465 mg/l), która jest dodatnio skorelowana z zawartością β -laktoglobuliny, zanotowano w mleku krów rasy simentaliskiej, które jednocześnie zawierało najwięcej wspomnianego białka. Z kolei najmniej tej witaminy stwierdzono w mleku pozyskiwanym od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej – 0,359 g/l. Mleko krów tej rasy okazało się także najuboższym źródłem pozostałych witamin, tj. D₃ (0,589 $\mu\text{g/l}$) i E (1,106 mg/l). Warto zauważyć, że zawierało ono także najmniej tłuszczu (41,9 g/l). Niskim stężeniem witamin D₃ i E charakteryzowało się także mleko krów rasy jersey, pomimo że wyróżniało się istotnie ($p \leq 0,01$) wyższą zawartością tłuszczu (o prawie 20%) w porównaniu do pozostałych ras. Najwyższą ilość witaminy D₃ uzyskano w mleku krów rasy montbéliarde (0,696 $\mu\text{g/l}$), a witaminy E – simentaliskiej (1,302 mg/l). Stanowiło to odpowiednio o 15% więcej w porównaniu do surowca od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej.

W przeprowadzonych badaniach uwzględniono również wpływ fazy laktacji [H1]. Wyróżniono 3 fazy laktacji, tzn. I – do 120 dni, II – od 121 do 200 i III – powyżej 200. Wykazano, że wraz z kolejną fazą laktacji następował wzrost koncentracji białka ogólnego, w tym białek serwatkowych. Większe zmiany w zawartości analizowanych białek zanotowano w surowcu pochodzącym z tradycyjnego systemu produkcji. Surowiec pozyskiwany od krów będących w III fazie laktacji zawierał o 0,75% białka ogólnego więcej (wzrost o 24 p.p.), w tym o 0,06% białek serwatkowych (wzrost o 8,3 p.p.), w stosunku do fazy I. W systemie intensywnym w przypadku białka ogólnego wzrost ten wyniósł 10,2 p.p. (z 3,43% w I fazie do 3,78% w III), a białek serwatkowych tylko o 2,9 p.p. (z 0,69 do 0,71%). Analizując zawartość poszczególnych białek serwatkowych w zależności od fazy laktacji, zaobserwowano nieznaczny spadek stężenia albumin, tj. α -laktoalbuminy, β -laktoglobuliny

i krowiej albuminy serum. Wyliczony stosunek zawartości tych białek między III a I fazą laktacji wskazuje na porównywalne zmiany w koncentracji tych albumin w trakcie laktacji, zarówno w systemie tradycyjnym, jak i intensywnym. Mleko z intensywnego systemu produkcji pozyskane w III fazie laktacji (w porównaniu do I) zawierało więcej o 9,01 mg/l laktoferyny (o 8,0 p.p.) i o 0,07 µg/l lizozymu (o 0,7 p.p.). W systemie tradycyjnym wzrost ten wyniósł aż 21,6 mg/l dla laktoferyny (o 19,2 p.p.) i 0,41 µg/l dla lizozymu (o 3,9 p.p.). Przeprowadzone badania wskazują, że w intensywnym systemie produkcji faza laktacji nie miała statystycznie istotnego wpływu na udział poszczególnych grup kwasów tłuszczowych w ocenianym surowcu. W systemie tradycyjnym zanotowano natomiast wpływ fazy laktacji (przy $p \leq 0,05$) na udział kwasów z grupy UFA i MUFA. Ich udział zwiększał się w III fazie, w porównaniu do I, wynosząc odpowiednio 32,02 i 28,38%. Bazując na wynikach analizy wariancji stwierdzono, że faza laktacji nie miała w zasadzie większego wpływu na udział poszczególnych składników frakcji białkowej (z wyjątkiem α -laktoalbuminy, β -laktoglobuliny i laktoferyny, dla których wartość p uzyskano na poziomie 0,001) i grup kwasów tłuszczowych w mleku.

Ad. 2. Określenie zawartości wybranych związków biologicznie czynnych oraz jakości mikrobiologicznej i konsumpcyjnej różnych rodzajów mleka spożywczego przechowywanego w różnych warunkach

W ramach prac [H4] i [H5] dokonano oceny zawartości wybranych związków biologicznie czynnych oraz jakości mikrobiologicznej i konsumpcyjnej mleka spożywczego przechowywanego w różnych warunkach temperaturowych. Należy podkreślić, że spośród produktów mlecznych do badań wybrano mleko spożywcze z tego względu, że jest jednym z najpopularniejszych artykułów spożywczych. Na rynku występuje najczęściej w postaci mleka pasteryzowanego (poddawanego obróbce w temp. poniżej 100°C, a zazwyczaj 72-75°C przez 15-30 s – czyli HTST (ang. High-Temperature Short-Time)) oraz UHT (ang. Ultra High Temperature; w temp. 132-134°C). Stosunkowo nowym produktem dostępnym także w Polsce jest mleko spożywcze produkowane przy zastosowaniu technologii ESL (ang. Extended Shelf Life), polegającej na połączeniu procesu mikrofiltracji i pasteryzacji w temperaturze nie wyższej niż 75°C. Stosowanie obróbki cieplnej ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego produktu i zwiększenie jego trwałości. Istotnym elementem jest przy tym również zapewnienie łańcucha chłodniczego podczas obrotu. W pracy [H4] analizowano wpływ czasu przechowywania w domowych warunkach chłodniczych (zgodnie

z zaleceniami producenta) otwartego mleka spożywczego na jego wartość odżywczą, w tym wskaźniki jakości prozdrowotnej, oraz jakość mikrobiologiczną i cechy organoleptyczne. Mleko oceniano w dniu rozpoczęcia badań (dzień „0”) a następnie po 2, 4 i 7 dniach przechowywania. Materiał badawczy stanowiło łącznie 90 próbek mleka spożywczego o deklarowanej zawartości tłuszczu 2%, w tym 30 próbek mleka UHT, 40 – pasteryzowanego i 20 – ESL (mikrofiltrowanego). Oceniano mleko spożywcze pochodzące od 4 głównych polskich producentów, przy czym należy zaznaczyć, że nie wykazano istotnego wpływu producenta na analizowane parametry produktu podczas przechowywania. Szczególną uwagę zwrócono na niezdenaturowane białka serwatkowe, bowiem ich zawartość może być jednym z chemicznych wskaźników służących do oceny obciążenia cieplnego, jakie otrzymało mleko w czasie obróbki. W czasie ogrzewania ilość białek serwatkowych w mleku zmniejsza się, ponieważ dochodzi do częściowej ich denaturacji – zwłaszcza dotyczy to BSA i β -LG, a w konsekwencji część z nich wiąże się bezpośrednio z kuleczkami tłuszczowymi lub też wchodzi w interakcje z κ -kazeiną. Zmiany te nie wpływają jednak na wartość biologiczną produktu, gdyż białka te nie wytrącają się z mleka, a jedynie tworzą kompleksy z innymi składnikami. Jest to istotne dla konsumenta, ponieważ białka serwatkowe wykazują szereg właściwości prozdrowotnych, m.in. wspomagają funkcjonowanie układu sercowo-naczyniowego, ale też i działają antynowotworowo, przeciwbakteryjnie i przeciwwirusowo, co przedstawiono w pracy [H6]. Na podstawie wyników analizy wariancji stwierdzono, że zastosowana technologia produkcji istotnie determinowała zawartość niezdenaturowanych białek serwatkowych w mleku spożywczym ($p=0,000$) [H4]. Najcenniejszym ich źródłem okazało się mleko mikrofiltrowane, które zawierało 2,23 g/l β -laktoglobuliny, 0,92 g/l α -laktoalbuminy, 0,42 g/l BSA, 36,21 mg/l laktoferyny i 2,93 μ g/l lizozymu. Najmniej tych związków stwierdzono w mleku UHT. Niestety, wartość omawianego wskaźnika, tj. niezdenaturowanych białek serwatkowych, może ulegać zmianie także podczas przechowywania mleka spożywczego, ograniczając tym samym jego wykorzystanie do określania obciążenia cieplnego. Ważne jest zatem, aby poznać stopień i kierunek zmian w zawartości tych białek, aby móc realnie ocenić ich przydatność w kontekście monitorowania zmian zachodzących w trakcie procesów technologicznych, jak również podczas przechowywania wyrobu gotowego. W badaniach własnych wykazano, że najmniej stabilne podczas przechowywania okazało się mleko mikrofiltrowane. W produkcji tym w czasie siedmiodniowego przechowywania zawartość β -LG obniżyła się o 0,59 g/l ($p\leq 0,01$), α -LA – o 0,20 g/l ($p\leq 0,05$), BSA – o 0,10 g/l ($p\leq 0,05$), laktoferyny – o 7,43 mg/l ($p\leq 0,01$) i lizozymu – 0,61 μ g/l ($p\leq 0,01$). Straty analizowanych białek wynosiły w granicach 20%, co

mogło być spowodowane rozwojem bakterii psychrotrofowych produkujących proteiny. W przypadku mleka pasteryzowanego i UHT istotne zmiany dotyczyły zawartości laktoferyny i lizozymu. Wyniki znalazły potwierdzenie w uzyskanych wartościach p , wskazujących na istotny wpływ czasu przechowywania na zawartość β -laktoglobuliny ($p=0,004$), α -laktoalbuminy ($p=0,035$), BSA ($p=0,040$), laktoferyny ($p=0,002$) i lizozymu ($p=0,018$). Rodzaj obróbki cieplnej i okres przechowywania są ważnymi czynnikami przyczyniającymi się do lipolizy mleka spożywczego. Proces lipolizy prowadzi do hydrolizy triacylogliceroli i powstawania wolnych kwasów tłuszczowych (WKT), glicerydów i glicerolu. Zachodząca w okresie przechowywania lipoliza oraz uwalnianie wolnych kwasów i trójglicerydów przyczyniają się do powstania wad smakowych produktów. Uzyskane wyniki wskazują jednoznacznie, że również zawartość wolnych kwasów tłuszczowych była zróżnicowana w poszczególnych rodzajach mleka. Wartości p wskazują na istotny wpływ obróbki cieplnej na sumę WKT ($p=0,001$) i PUFFA ($p=0,050$). Mleko pasteryzowane zawierało najmniej wolnych kwasów tłuszczowych ogółem, w tym nasyconych, krótko- i średniołańcuchowych oraz nasyconych długołańcuchowych, natomiast UHT – wielonienasyconych i nienasyconych długołańcuchowych WKT. Na uwagę zasługują kwasy arachidonowy (C20:4n6), linolelaidonowy (C18:2n6t) i gamma-linolenowy (C18:3n6), których w mleku pasteryzowanym było więcej odpowiednio o: 43, 36 i 35%, w porównaniu do produktu UHT. Analizując zmiany w zawartości WKT w zależności od czasu przechowywania otwartego mleka w warunkach chłodniczych stwierdzono, że w kolejnych dniach doświadczenia ilość kwasów nasyconych wzrastała, zaś nienasyconych zmniejszała się. Świadczy to o nasilaniu się lipolizy wraz z upływem czasu przechowywania mleka spożywczego. W większości przypadków największe zmiany w zawartości analizowanych wolnych kwasów zanotowano w mleku poddanym pasteryzacji. W czasie siedmiodniowego okresu przechowywania chłodniczego największe różnice (wzrost o ponad 30%) stwierdzono w zawartości wolnego kwasu arachidowego (C20:0), niezależnie od rodzaju obróbki cieplnej.

Celem pracy [H5] było natomiast określenie wpływu warunków (z zachowaniem i bez łańcucha chłodniczego) i czasu przechowywania mleka spożywczego (pasteryzowanego, mikrofiltrowanego i UHT) na zawartość składników biologicznie aktywnych, tj. niezdenaturowanych białek serwatkowych i kwasów tłuszczowych. Ogółem badaniami objęto 42 próbki mleka spożywczego o deklarowanej zawartości tłuszczu 2%, w tym 14 próbek mleka pasteryzowanego, 14 – ESL (mikrofiltrowane) i 14 – UHT. Mleko analizowano w dniu rozpoczęcia badań (dzień „0”) a następnie po 2, 4 i 7 dniach przechowywania w różnych warunkach, tj. z zachowaniem łańcucha chłodniczego

(w lodówce w temp. 4-6°C) i bez (temperatura pokojowa – 20-22°C). Wyniki badań wskazują, że pod względem zawartości białek serwatkowych, które są bardzo pożądane ze względu na swoje właściwości prozdrowotne, najlepsze okazało się mleko mikrofiltrowane, a najmniej tych białek zawierało mleko UHT. Mleko surowe zawiera średnio około 6 g/l białek serwatkowych, w tym m.in. 3 g/l β -LG, 1 g/l α -LA, 0,4 g/l BSA, 100 mg/l laktoferyny i 10 μ g/l lizozymu, co wykazano w pracach [H1], [H2] i [H3]. Mleko UHT analizowane w pracy [H5] zawierało około trzydziestokrotnie mniej laktoferyny (2,66 mg/l), pięciokrotnie mniej β -LG (0,63 g/l) i lizozymu (1,57 g/l) oraz trzykrotnie α -LA (0,38 g/l) w porównaniu do mleka surowego. Należy zwrócić uwagę, że najmniejsze różnice uzyskano w stężeniu BSA, co świadczy o większej odporności tego białka na wysoką temperaturę. Najbardziej zbliżonym składem ilościowym poszczególnych białek serwatkowych do składu surowca okazało się mleko poddane mikrofiltracji. Mleko to, w porównaniu do mleka pasteryzowanego i sterylizowanego, wyróżniało się istotnie wyższą zawartością β -LG (czterokrotnie) i laktoferyny (ponad dziesięciokrotnie) w stosunku do mleka UHT. Uwzględniając natomiast zawartość krótko-, średnio- i długołańcuchowych kwasów tłuszczowych wykazano, że mleko poddane pasteryzacji zawierało ich najwięcej. Wartości p wskazały na istotny wpływ obróbki cieplnej na zawartość kwasu masłowego ($p=0,000$), mirystynowego ($p=0,010$) i elaidynowego ($p=0,041$). W wyniku przzerwania ciągłości łańcucha chłodniczego stwierdzono, że mleko spożywcze, a w szczególności poddane procesowi pasteryzacji i mikrofiltracji, ulegało niekorzystnym zmianom. Statystycznie istotne ($p\leq 0,05$) zmiany uzyskano w przypadku kwasu pentadekanowego (C15:0) i elaidynowego (C18:1n9t) w mleku pasteryzowanym oraz masłowego (C4:0) i palmitynowego (C16:0) w mikrofiltrowanym. Uwzględnionym czynnikiem był również czas przechowywania produktu. Odnotowano, że wraz z upływem tego okresu zmniejszał się udział wszystkich niezdenaturowanych białek serwatkowych, przy czym, niezależnie od rodzaju obróbki mleka, zmiany te okazały się istotne podczas przechowywania w temperaturze pokojowej. Najmniej stabilne okazało się mleko mikrofiltrowane, w którym w czasie siedmiodniowego przechowywania w tej temperaturze zawartość β -LG obniżyła się o 0,40 g/l (19%), α -LA – o 0,10 g/l (11%), BSA – o 0,10 g/l (25%), laktoferyny – o 10,78 mg/l (31%) i lizozymu – o 0,93 μ g/l (32%). Określając natomiast wpływ temperatury i czasu przechowywania mleka spożywczego na zawartość kwasów tłuszczowych nie uzyskano statystycznie istotnych różnic. Zauważono jednak, że w każdym analizowanym produkcie zawartość tych związków nieznacznie wzrosła w okresie siedmiodniowego przechowywania w temperaturze pokojowej. Świadczy to prawdopodobnie o zachodzącym procesie jęlczenia tłuszczu, zwłaszcza

w warunkach podwyższonej temperatury, czyli w czasie nieprzestrzegania łańcucha chłodniczego.

W pracy [H4] oceniano jakość mikrobiologiczną przechowywanych produktów. Wraz z czasem przechowywania i wzrostem kwasowości miareczkowej analizowanego mleka spożywczego stwierdzono namnażanie się bakterii. W każdym rodzaju mleka w ciągu dwóch pierwszych dni badań OLB wynosiła <1 jtk/ml. Zauważalny wzrost tego parametru stwierdzono w czwartym dniu badań (o dwa lub trzy rzędy wielkości), zaś jego gwałtowny, statystycznie istotny ($p \leq 0,01$) wzrost w dniu siódmym. W przypadku mleka pasteryzowanego i mikrofiltrowanego w ostatnim dniu przechowywania dla OLB stwierdzono przekroczenie norm krajowych (100000 jtk/ml). W szczególności dotyczyło to produktu pasteryzowanego, w którym OLB wynosiła $5,00 \cdot 10^7$ jtk/ml. Można zatem przyjąć, że chłodnicze warunki przechowywania gwarantują utrzymanie przydatności spożywczej mleka mikrofiltrowanego i pasteryzowanego po otwarciu nawet przez 4 dni. Dla mleka UHT okres ten jest znacznie dłuższy, tj. co najmniej siedem dni, na co wskazuje uzyskana ogólna liczba drobnoustrojów – 10^3 jtk/ml. Wynika to z faktu, że technologia produkcji mleka UHT wpływa destrukcyjnie na komórki bakteryjne, a także ich formy przetrwalnikujące. Podczas przechowywania takiego otwartego produktu w warunkach chłodniczych dochodzi do wzrostu liczby i aktywności metabolicznej drobnoustrojów psychrotrofowych. Ten etap konsumenci mogą rozpoznać po galaretowaceniu mleka i odczuwaniu goryczki.

Efektom zmian zachodzących podczas obróbki cieplnej mleka jest również zmiana jego właściwości organoleptycznych. W szczególności dotyczy to pojawienia się posmaku gotowania, co przedstawiono w pracy [H4]. Wyniki badań wskazują, że w mleku UHT, czyli w produkcie poddanym obróbce w najwyższej temperaturze, degustatorzy w najwyższym stopniu (5,0 pkt) wyczuwali zapach i smak gotowany. Wyróżniki te otrzymały najniższe noty w mleku mikrofiltrowanym (3,0 pkt). Należy zauważyć, że smak i zapach słodki mleka mikrofiltrowanego zostały ocenione najniżej, pomimo najwyższej zawartości laktozy (4,87%). Podczas siedmiodniowego okresu przechowywania zmiany w atrakcyjności sensorycznej produktów były niewielkie i akceptowalne przez degustatorów. Uwzględniając rodzaj mleka i czas przechowywania w warunkach chłodniczych nie zaobserwowano zmian barwy i konsystencji ocenianych produktów. Nie stwierdzono również obcego zapachu i smaku w wyjściowych próbach mleka, jak i w przechowywanych przez tydzień. Uzyskane niewielkie zmiany w zapachu i smaku w mleku z mikrofiltracji i pasteryzacji mogą być związane z niewielkimi zmianami lipolitycznymi, prawdopodobnie dopiero

zapoczątkowywanymi, i kwasowością, która pomimo statystycznie istotnych różnic, mieściła się w granicach normy.

Ad. 3. Oszacowanie stopnia pokrycia mlekiem zapotrzebowania osoby dorosłej na analizowane witaminy lipofilne

Dodatkowy aspekt badań zrealizowanych w ramach prac [H2] i [H3] stanowiło oszacowanie pokrycia zapotrzebowania osoby dorosłej na analizowane witaminy. Było to podyktowane tym, że w diecie człowieka mleko stanowi cenne źródło witamin rozpuszczalnych w tłuszczu. Dokonano tego w oparciu o wyniki uzyskane dla ocenianego surowca produkowanego w różnych systemach produkcji – praca [H2] oraz pozyskiwanego od krów różnych ras – praca [H3]. Uwzględniono także dawki zalecane przez FAO/WHO (2004) i normy żywienia dla populacji polskiej (Jarosz, 2012). W pracy [H2] zawartość witamin została wyrażona jako procent zalecanego dziennego spożycia (%RDI – ang. Recommended Daily Intake), bazując na spożyciu 1 szklanki mleka (250 ml). Zalecane dzienne spożycie dla witaminy A wynosi 500 µg dla kobiety i 600 µg dla mężczyzny a dla witaminy E – 7,5 mg na dzień dla kobiety i 10 mg dla mężczyzny. Według światowych zaleceń, w przypadku witaminy D₃ jest to 5 µg na dzień, zarówno dla kobiety, jak i mężczyzny. RDI dla wszystkich witamin okazało się porównywalne w przypadku mleka produkowanego systemem ekologicznym i tradycyjnym. Surowiec produkowany systemem intensywnym w najmniejszym stopniu pokrywał zapotrzebowanie osoby dorosłej na witaminy A, D₃ i E. Przykładowo jedna szklanka mleka ekologicznego mogłaby pokryć zalecane dzienne spożycie witaminy D₃ w 38,4%, zarówno w przypadku kobiet, jak i mężczyzn. W pracy [H3] uwzględniono z kolei rasę krów, od której pozyskiwany był surowiec. Mleko produkowane przez krowy rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, od której pozyskuje się zdecydowaną większość mleka na świecie, w tym w Polsce, w najmniejszym stopniu pokrywało zapotrzebowanie, zarówno na witaminę A i D₃, jak i E. Osoba dorosła musiałaby wypić ponad 1 l mleka surowego dziennie (kobiety – 1,4 l a mężczyźni – 1,7 l), aby osiągnąć zalecane spożycie dla witaminy A, 8,5 l w przypadku witaminy D₃ oraz ponad 6 l (kobiety – 6,8 l a mężczyźni – aż 9 l) dla witaminy E – przy uwzględnieniu tych samych zaleceń norm światowych. Warto podkreślić, że zdecydowanie mniejsze ilości mleka należałoby wypić w przypadku cenniejszego źródła tych witamin, jakim jest surowiec pozyskiwany od krów rasy simentalskiej, oczywiście zakładając, że mleko byłoby jedynym źródłem tych składników w diecie. Tak więc dla obu płci wystarczyłoby 1 l mleka, aby w pełni dostarczyć

do organizmu witaminę A, 7,7 l – witaminę D₃ (a od rasy montbéliarde nawet o 0,5 l mniej) i średnio 6,8 l (kobiety – 5,8 l a mężczyźni – 7,7 l) dla witaminy E.

Ad. 4. Dostarczenie informacji o pozytywnym, udokumentowanym wpływie zawartych w mleku związków biologicznie aktywnych, tj. białka serwatkowe, kwasy tłuszczowe i witaminy, na organizm człowieka

Z poczucia potrzeby zgromadzenia i usystematyzowania wiedzy o substancjach bioaktywnych występujących w mleku i produktach mlecznych powstała praca [H6]. Mleko i produkty mleczne są jednym z najważniejszych produktów codziennej diety będącej ważnym źródłem wysokowartościowych składników bioaktywnych, wpływających korzystnie na zdrowie człowieka. Składniki te występują we wszystkich trzech frakcjach mleka, tj. białkowej (specyficzne białka, biopeptydy), tłuszczowej (jedno- i wielonienasycone kwasy tłuszczowe, witaminy rozpuszczalne w tłuszczu) i molekularnej (witaminy rozpuszczalne w wodzie, składniki mineralne) (Żebrowska i wsp., 2009; Kuczyńska i wsp., 2013; Barłowska i wsp., 2016). Spośród białek na szczególną uwagę zasługują białka serwatkowe. W mleku krowim stanowią one około 20% białka ogólnego, w tym około 75% przypada na albuminy, tj. α -laktoalbuminę, β -laktoglobulinę i albuminę surowiczą. W ich skład wchodzi również substancje bakteriostatyczne, tj. immunoglobuliny, laktoferyna, laktoperoksydaza i lizozym. Białka serwatkowe są doskonałym źródłem aminokwasów niezbędnych dla człowieka. Spośród białek żywności wyróżniają się one znacznie wyższą zawartością lizyny, leucyny, izoleucyny oraz treoniny i tryptofanu. Wpływają na układ trawienny, odpornościowy, krążeniowy i nerwowy, ograniczając ryzyko wystąpienia wielu chorób cywilizacyjnych, w tym miażdżycy, otyłości, cukrzycy, nowotworów, a nawet choroby Alzheimera czy HIV. Coraz częściej znajdują także zastosowanie podczas treningu w sportach siłowych. Wynika to z ich zdolności do hamowania procesów katabolicznych oraz zapoczątkowywania syntezy białek mięśni. Walory białek serwatkowych przyczyniły się również do wykorzystania serwatki do produkcji różnych wyrobów, w tym serków, serów serwatkowych, wyrobów mięsnych czy pieczywa. Stosowane są w produkcji odżywek dla niemowląt, sportowców, rekonwalescentów czy osób chorych (Król i wsp., 2011; Kuczyńska i wsp., 2013). W przypadku laktoferyny należy podkreślić, że od 2012 r. zezwolono na wprowadzanie do obrotu laktoferyny bydlęcej (bLf) jako nowego składnika żywności (Decyzja wykonawcza Komisji, 2012). W związku z właściwościami przeciwdrobnoustrojowymi laktoferyna i lizozym mogą stanowić naturalne konserwanty produktów mlecznych, przyczyniając się tym

samym do ograniczenia stosowania substancji dodatkowych, w tym zwłaszcza o charakterze konserwującym. Lizozym jest ujęty w krajowym Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 22.11.2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych jako substancja dodatkowa (E 1105). Jego stosowanie jest dopuszczone do serów dojrzewających w ilości *quantum satis* oraz win gronowych.

Tłuszcz mleczny zawiera ponad 60% kwasów tłuszczowych nasyconych, które są kojarzone przez społeczeństwo z zagrożeniem otyłością, hipercholesterolemią i miażdżycą. Należy jednak zauważyć, że są to głównie kwasy nasycone krótkołańcuchowe, wykorzystywane przez organizm jako źródło energii niezbędnej do funkcjonowania. W tej grupie kwasów na szczególną uwagę zasługuje kwas masłowy (C4:0), który odgrywa istotną rolę w zapobieganiu i leczeniu chorób nowotworowych, przede wszystkim raka jelita grubego i piersi. Największą grupę bioaktywnych składników w obrębie frakcji tłuszczowej mleka stanowią kwasy nienasycone, zwłaszcza z rodziny n-3 (np. kwas eikozapentaenowy – EPA czy dokozaheksaenowy – DHA). Wysokie spożycie kwasów n-3 zmniejsza ryzyko chorób sercowo-naczyniowych, będących najczęstszą przyczyną zgonów na świecie (Haug i wsp., 2007; Żebrowska i wsp., 2009; Król i Brodziak, 2012). Ze względu na potencjalne właściwości przeciwmiażdżycowe i antynowotworowe, rosnącym zainteresowaniem cieszy się skoniugowany kwas linolowy (CLA – ang. conjugated linoleic acid) (Reklewska i wsp., 2003; Barłowska i Litwińczuk, 2009; Cichosz i Czeczot, 2013). Tłuszcz mleczny jest ważnym źródłem witamin lipofilnych. Przetwarzanie mleka z wykorzystaniem nowoczesnych linii technologicznych tylko w niewielkim stopniu wpływa na obniżenie ich zawartości. Zawartość witamin A, D₃, E i K jest proporcjonalna do zawartości tłuszczu, o czym zapominają konsumenci preferujący produkty beztłuszczowe lub o znacznie obniżonej zawartości tego składnika. Należy pamiętać, że witaminy te są nieodzowne w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu człowieka, a w szczególności dzieci. Witamina A jest bowiem prekursorem retinolu i pełni istotną rolę w procesie widzenia. Witamina D₃ z kolei ma kluczową rolę w metabolizmie wapnia i fosforu i jest nieodzowna w prawidłowym rozwoju układu kostnego i zębów dzieci. Witamina E charakteryzuje się działaniem przeciwutleniającym, natomiast udział w procesie krzepnięcia krwi i formowaniu tkanki kostnej jest przypisywany witaminie K (Zaborska i wsp., 2014, 2015a, 2015b). Związki te naturalnie występują w mleku w niewielkich ilościach, dlatego też z uwagi na ich korzystne właściwości, coraz częściej stosuje się je do wzbogacania innowacyjnych produktów mlecznych, jak również innych kategorii artykułów spożywczych.

Podsumowanie

Przedstawiony cykl 6 prac stanowiących osiągnięcie jest zbiorem publikacji dokumentujących jakość prozdrowotną i konsumpcyjną mleka surowego i dostępnego na rynku mleka spożywczego, z uwzględnieniem wpływu wybranych czynników. Na podstawie uzyskanych wyników badań za najważniejsze uważam:

- Wykazanie, że system produkcji w największym stopniu determinował zawartość składników biologicznie czynnych w mleku surowym. Surowiec pozyskiwany z gospodarstw tradycyjnych i certyfikowanych ekologicznych, stanowił cenne źródło związków biologicznie czynnych, w tym przeciwutleniających, tj. β -laktoglobulina, laktoferyna, witamina E i β -karoten, jak również nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym CLA. Charakterystyczna dla tego surowca jest również wysoka zawartość białek antybakteryjnych (laktoferyny i lizozymu).
- Stwierdzenie istotnie wyższej zawartości składników bioaktywnych (białek serwatkowych, z wyjątkiem BSA, i witamin) w mleku pozyskiwanym w okresie wiosenno-letnim, w szczególności z gospodarstw, w których zwierzęta korzystały z pastwiska (system tradycyjny i ekologiczny). Należy sądzić, że w przyszłości walory prozdrowotne takiego surowca będą bardziej cenione i promowane. Już teraz bowiem niektórzy producenci umieszczają na opakowaniach konwencjonalnych wyrobów mlecznych informację, że produkt został wytworzony na bazie „mleka krów wypasanych”, co konsumenci kojarzą z większą wartością prozdrowotną.
- Zastosowana obróbka cieplna istotnie wpływała na zawartość wszystkich niezdenaturowanych białek serwatkowych oraz niektórych kwasów tłuszczowych (w tym wolnych), tj. kwas masłowy, mirystynowy i elaidynowy. Najcenniejszym źródłem białek serwatkowych okazało się mleko mikrofiltrowane, a najuboższym było UHT. Mleko mikrofiltrowane wyróżniało się również największą zawartością wolnych kwasów tłuszczowych, w tym nasyconych i nienasyconych.
- Niezależnie od rodzaju obróbki cieplnej, mleko spożywcze po otwarciu zachowuje dłużej świeżość niż jest to deklarowane na opakowaniu. Wykazano, że chłodnicze warunki przechowywania gwarantują utrzymanie przydatności spożywczej otwartego mleka z mikrofiltracji i pasteryzacji nawet przez 4 dni, a mleka UHT przez co najmniej 7 dni. Istotne zmiany jakościowych wyróżników frakcji białkowej i tłuszczowej mleka, przy zachowaniu zawartości podstawowych składników

odżywczych, stwierdzono dopiero w 7. dniu przechowywania. Co więcej, w okresie tym zmiany w atrakcyjności sensorycznej produktów były niewielkie i akceptowalne przez degustatorów. Producenci zalecają jednak krótszy termin, tj. nie dłużej niż 24 godz. (pasteryzowane) lub 48 (UHT), z powodu braku możliwości monitorowania warunków dystrybucji, a także przechowywania produktu po otwarciu przez konsumenta.

- Wykazano, że w wyniku przerwania ciągłości łańcucha chłodniczego mleko spożywcze, a w szczególności poddane procesowi pasteryzacji i mikrofiltracji, ulegało niekorzystnym zmianom wyróżników jakościowych. Zmiany te dotyczyły cech fizyko-chemicznych, w tym wartości prozdrowotnej, i jakości mikrobiologicznej. Dochodziło do istotnego obniżania się stężenia niezdenaturowanych białek serwatkowych w produkcie, przy zachowaniu zawartości podstawowych składników odżywczych, natomiast ilość kwasów tłuszczowych zwiększała się, ale nie zostało to potwierdzone statystycznie.
- Obliczając pokrycie zapotrzebowania osoby dorosłej na analizowane witaminy, wykazano, że mleko produkowane przez krowy rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, od której pozyskuje się zdecydowaną większość mleka na świecie, w tym w Polsce, w najmniejszym stopniu pokrywało zapotrzebowanie, zarówno na witaminy A, D₃, jak i E. Najcenniejszy pod tym względem okazał się surowiec pozyskiwany od krów rasy simentalskiej, zwłaszcza utrzymywanych w gospodarstwach ekologicznych.
- Wykazano w wielu pracach, że składniki bioaktywne, tj. białka serwatkowe, kwasy tłuszczowe i witaminy, występujące w mleku i produktach mlecznych, w tym w mleku spożywczym, oprócz oczywistej wartości odżywczej, mają wielokierunkowe, pozytywne oddziaływanie na organizm człowieka, ograniczając ryzyko wystąpienia wielu chorób cywilizacyjnych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora

W początkowym okresie mojej aktywności naukowej podstawowym kierunkiem badawczym była ocena wpływu różnych czynników na wartość odżywczą mleka surowego, ze szczególnym uwzględnieniem białek serwatkowych. Problematykę tą przedstawiono w pracach [A1, A4, A5, D2, D3, D32]. Jednym z możliwych sposobów dostosowania wartości odżywczej mleka do zmieniających się potrzeb rynku, w tym zwłaszcza oczekiwań konsumentów i przemysłu mleczarskiego, jest wybór odpowiedniego systemu produkcji. W pracy [A1] wykazano, że krowy rasy simentalskiej utrzymywane w gospodarstwach stosujących system intensywny (TMR) produkowały mleko o wyższej zawartości białka ogólnego – o 0,07% ($p \leq 0,01$), w tym kazeiny – o 0,06% ($p \leq 0,05$). Pozyskiwany surowiec charakteryzował się również korzystniejszym stosunkiem białka do tłuszczu – o 0,03 ($p \leq 0,05$). Mleko produkowane systemem tradycyjnym wyróżniało się natomiast wyższą zawartością białek serwatkowych [A1, A5]. Oceniano również wpływ liczby komórek somatycznych na wartość odżywczą i przydatność technologiczną mleka [A3]. LKS jest wskaźnikiem powszechnie stosowanym do oceny stanu zdrowotnego gruczołu mlekowego oraz jakości mleka, a jednocześnie stanowi jedno z kryteriów przyjęcia surowca do skupu. Mleko surowe nie powinno zawierać w 1 ml więcej niż 400 tys. komórek somatycznych. Wzrost liczby komórek somatycznych powodował przede wszystkim podwyższenie zawartości białka całkowitego i obniżenie zawartości laktozy ($p \leq 0,01$), a w mniejszym stopniu ($p \leq 0,05$) wzrost zawartości tłuszczu, kazeiny i proporcji białka do tłuszczu. Zaobserwowano również wydłużenie czasu koagulacji enzymatycznej mleka ($p \leq 0,01$). Nie wykazano natomiast wpływu LKS na stabilność cieplną.

Obrany kierunek badań wynikał z tematyki realizowanej pracy doktorskiej pt. „Wpływ wybranych czynników środowiskowych i genetycznych na zawartość i właściwości funkcjonalne białek serwatkowych mleka”. Dnia 20 kwietnia 2011 r. Rada Wydziału Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie nadała mi stopień naukowy doktora nauk rolniczych w dyscyplinie – technologia żywności i żywienia, specjalność – chemia i technologia mleka.

5.1.2. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Realizacja rozprawy doktorskiej przyczyniła się do zdobycia doświadczenia i wypracowania własnego warsztatu badawczego. Wpłynęło to na podjęcie dalszej **działalności naukowo-badawczej w następujących problemach:**

1. Analiza wpływu różnych czynników na wartość odżywczą mleka surowego, ze szczególnym uwzględnieniem substancji biologicznie czynnych zawartych we frakcji białkowej, tłuszczowej i molekularnej.
2. Ocena przydatności technologicznej mleka krowiego i koziego.
3. Określenie wartości odżywczej serwatki podpuszczkowej, w tym zawartości białek serwatkowych i składników mineralnych.
4. Jakość produktów mlecznych dostępnych na rynku, z uwzględnieniem zagrożeń występujących podczas produkcji.

Ad. 1. Analiza wpływu różnych czynników na wartość odżywczą mleka surowego, ze szczególnym uwzględnieniem substancji biologicznie czynnych zawartych we frakcji białkowej, tłuszczowej i molekularnej

Najważniejszym kierunkiem mojej działalności naukowo-badawczej były zagadnienia związane z oceną wpływu różnych czynników na wartość odżywczą mleka surowego, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości substancji biologicznie czynnych występujących we frakcji białkowej, tłuszczowej i molekularnej. Problematyka ta została szczegółowo opisana w opublikowanych pracach [A6, A8, A10, A11, A12, A13, A14, D5, D6, D9, D10, D11, D12, D14, D15, D36]. Wartość odżywcza surowca determinowana jest systemem produkcji, który w głównej mierze związany jest z sezonem produkcji. Mleko coraz częściej produkowane jest systemem intensywnym przez krowy ras wysoko wydajnych. System ten gwarantuje zdecydowanie wyższą wydajność krów, ale może wiązać się z pogorszeniem składu chemicznego mleka, w tym wartości prozdrowotnej, i jego przydatności do przetwórstwa. W opublikowanej w Journal of Dairy Science pracy [A6] wykazano, że krowy rasy simentalskiej, jak również jersey, charakteryzują się większą odpornością na infekcje gruczołu mlekowego w porównaniu do krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, co może przekładać się na jakość produkowanego surowca. Nie bez znaczenia są również czynniki fizjologiczne takie, jak wiek krów czy faza laktacji. Prowadzone badania miały więc na celu dokładniejsze poznanie kierunku i stopnia, w jakim czynniki te wpływają na zawartość

związków bioaktywnych. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że krowy ras lokalnych (zwłaszcza rasy polskiej czerwonej) utrzymywane w gospodarstwach tradycyjnych produkowały surowiec o większej wartości odżywczej, w tym zawartości białek serwatkowych i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych – włączając CLA, w porównaniu do krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej mającej największe znaczenie w produkcji mleka w Polsce, jak i na świecie [A11]. Niezależnie od rasy, więcej tych związków (z wyjątkiem BSA) obserwowano w sezonie wiosenno-letnim, kiedy zwierzęta korzystały z pastwiska. Z kolei, wraz z kolejną laktacją zmniejszała się istotnie zawartość albumin, tj. β -LG i α -LA. Zwiększało się natomiast stężenie głównych białek antybakteryjnych, tj. laktoferyny i lizozymu, przy czym istotne różnice zanotowano w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej [A12]. Wzrost stężenia następował również w przypadku immunoglobulin G [A13, D36].

Promowany szeroko w mediach zdrowy sposób odżywiania spowodował wzrost zainteresowania mlekiem kozim, które uznawane jest za produkt o dużych walorach odżywczych oraz dietetyczno-terapeutycznych. Podjęłam więc badania nad porównaniem wartości odżywczej mleka krowiego i koziego. Stwierdzono, że pomimo zbliżonego podstawowego składu chemicznego, surowiec ten różnił się istotnie pod względem zawartości białek serwatkowych i cholesterolu. Mleko kozie charakteryzowało się prawie dwukrotnie wyższą zawartością α -laktoalbuminy i niższą o 15% cholesterolu [D9]. W badaniach [A14] poświęconych mleku koziemu uwzględniono również wpływ grupy rasowej i sezonu produkcji. Mleko kóz utrzymywanych w stadach produkcyjnych zawierało więcej podstawowych składników odżywczych, w tym białka ogólnego i kazeiny. Stanowiło także cenne źródło funkcjonalnych białek serwatkowych, tj. α -LA, β -LG, laktoferyny i lizozymu. Natomiast mleko kóz ras o znaczeniu międzynarodowym (saaneńska i alpejska) charakteryzowało się istotnie wyższym udziałem kazeiny, co ma duże znaczenie w przemyśle mleczarskim. Analizując wpływ sezonu zanotowano wyższy udział suchej masy, w tym tłuszczu, białka ogólnego i kazeiny, w sezonie jesienno-zimowym. Mleko pozyskiwane w sezonie wiosenno-letnim charakteryzowało się natomiast wyższym udziałem białek serwatkowych, w tym koncentracją α -LA i laktoferyny.

Podsumowując, krowy ras lokalnych utrzymywane w gospodarstwach stosujących tradycyjny system żywienia produkowały surowiec zawierający najwięcej składników bioaktywnych wykazujących pozytywny wpływ na organizm człowieka. Mleko kozie okazało się natomiast cenniejszym źródłem α -LA, co zostało potwierdzone statystycznie. Niezależnie

od gatunku, mleko z sezonu wiosenno-letniego charakteryzowało się większą wartością prozdrowotną.

Ad. 2. Ocena przydatności technologicznej mleka krowiego i koziego

Poszerzeniem działalności naukowej podejmowanej w ramach problemu 1. była również realizacja badań nad przydatnością technologiczną mleka krowiego i koziego [A11, A15, D8, D9, D10, D14, D37]. Przemysł mleczarski mobilizuje producentów surowca (głównie finansowo) do zwiększania zawartości białka, w tym kazeiny, ponieważ niska zawartość kazeiny w mleku zmniejsza istotnie wydajność sera z jednostki objętości. Jej zawartość istotnie wpływa również na czas krzepnięcia mleka pod wpływem podpuszczki i jędrność powstałego skrzepu. W związku jednym z celów badań w tym obszarze była ocena zmienności zawartości kazeiny. Oceniając ponad 8 tys. próbek mleka krowiego, pozyskanych w latach 2006-2010 z gospodarstw zlokalizowanych w województwie lubelskim, wykazano, że zawartość tego białka w mleku zawierała się w przedziale od 1,57 do 4,00%, przy czym najwięcej próbek (38%) wykazywało zawartość w granicach 2,41-2,80% [D10]. Na przestrzeni analizowanych 5 lat, średnia zawartość kazeiny w mleku zwiększyła się o niecałe 3% (z 2,51 do 2,57%). Co ważne, zmniejszyła się sukcesywnie udział próbek mleka z bardzo niską zawartością kazeiny, tzn. poniżej 2%, a od drugiego roku badań także próbek o najwyższej zawartości (powyżej 3,20 %). Oprócz składników suchej masy mleka, a przede wszystkim białka ogólnego (w tym głównie kazeiny), istotne są również wskaźniki charakteryzujące jego przydatność do przetwórstwa takie, jak stabilność cieplna, szybkość powstawania skrzepu pod wpływem podpuszczki czy stan dyspersji tłuszczu mlekowego. Mleko pozyskane od krów ras lokalnych (zwłaszcza rasy polskiej czerwonej) utrzymywanych w gospodarstwach tradycyjnych, oprócz większej wartości odżywczej, charakteryzowało się również większą przydatnością do przetwórstwa (krótszy czas krzepnięcia pod wpływem podpuszczki), zwłaszcza z sezonu letniego. Niezależnie od systemu żywienia, wraz z przebiegiem laktacji krów zmniejszał się w mleku udział dużych kuleczek tłuszczowych, tzn. o średnicy powyżej 10 μm [A11, D8]. Mleko kozie w porównaniu do mleka krowiego było bardziej zdyspergowane i charakteryzowało się gorszymi parametrami technologicznymi, tj. niską stabilnością koloidalną i bardzo krótkim czasem koagulacji enzymatycznej [D9]. Wykazano także, że na stan dyspersji tłuszczu mlekowego wpływała również faza laktacji i sezon produkcji [D14].

Podsumowując badania z zakresu oceny przydatności technologicznej, należy zaznaczyć, że surowiec pozyskany od zwierząt ras lokalnych utrzymywanych w gospodarstwach stosujących tradycyjny system żywienia, oprócz większej wartości prozdrowotnej, charakteryzował się również lepszymi parametrami technologicznymi. Mleko krowie w porównaniu do mleka koziego jest cenniejszym surowcem do przetwórstwa.

Ad. 3. Określenie wartości odżywczej serwatki podpuszczkowej, w tym zawartości białek serwatkowych i składników mineralnych

Jako uboczny produkt w przemyśle mleczarskim serwatka dawniej uważana była za odpad. Obecnie jej składniki znajdują coraz szersze zastosowanie, nie tylko w przemyśle spożywczym [A7, D16, D18, D19, D20, D27, D28, D30, D34]. Celem podjętych badań było określenie wpływu rasy krów na skład chemiczny i zawartość wybranych białek serwatkowych w uzyskanej serwatce podpuszczkowej [A7, A9]. Zawierała ona średnio 1,45% białka ogólnego, tzn. o ponad 60% mniej w stosunku do średniej zawartości białka w mleku (3,67%). Najwyższą koncentracją białka charakteryzowała się serwatka uzyskana z mleka krów rasy jersey (1,66%). W serwatce (w porównaniu do mleka) w niewielkim stopniu zmieniła się zawartość głównych białek serwatkowych, tj. α -LA i β -LG. Zauważono, że udział laktozy obniżył się nieznacznie (niespełna o 10%). Niezależnie od rasy krów, w uzyskanej serwatce stwierdzono wysoką zawartość K i Na. Największe jednak różnice w stężeniu uwzględnionych pierwiastków, pomiędzy mlekiem a serwatką, zanotowano w przypadku Ca [D5]. Wyniki te zestawiono z zawartością omawianych składników w permeatach i retentatach uzyskanych z poszczególnych etapów separacji i zagęszczenia roztworów białek serwatkowych, przeprowadzanych metodą mikro- i ultrafiltracji. Dodatkowo oceniano także właściwości reologiczne żeli otrzymanych z retentatów białek serwatkowych. Właściwości te decydują bowiem o przydatności tych białek jako składnika dodatkowego w produktach mlecznych oraz w dużym stopniu wpływają na wybór dokonywany przez konsumentów. Okazało się, że żele z białek serwatkowych mleka krów rasy jersey, w porównaniu do polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, charakteryzowały się mniejszą twardością i przylegalnością oraz większą spójnością [A9].

Ad. 4. Jakość produktów mlecznych dostępnych na rynku, z uwzględnieniem zagrożeń występujących podczas produkcji

Celem badań podjętych w omawianym obszarze była ocena jakości fizyko-chemicznej i organoleptycznej produktów mlecznych dostępnych na rynku, tzn. serów twarogowych kwasowych i mleka spożywczego [D38, D39]. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że sery spełniały wymagania normy PN-91/A-86300 odnośnie zawartości wody i tłuszczu. Warto jednak podkreślić, że w większości serów stwierdzono zawyżoną zawartość tłuszczu w 100 g sera w porównaniu z deklarowaną przez producentów na etykiecie, co było odstępstwem „*in plus*”. Wszystkie analizowane sery spełniały także wymagania normy odnośnie wyróżników jakości organoleptycznej. Spośród mleka dostępnego na rynku (mleko spożywcze mikrofiltrowane, pasteryzowane i UHT, a także surowe z mlekmatu) najwyższą wartością odżywczą, tj. zawartością białka ogólnego, w tym kazeiny, laktozy i suchej masy, charakteryzowało się mleko pasteryzowane. Pod względem ogólnej zawartości białek serwatkowych najlepsze okazało się natomiast mleko mikrofiltrowane.

Powszechne spożycie mleka i jego produktów powinno nakładać na producentów jeszcze większe poczucie odpowiedzialności za bezpieczeństwo i wysoką jakość wytwarzanej żywności. W związku z tym celem badań [A10, D24, D44, D56] była także identyfikacja i ocena wybranych zagrożeń występujących w produkcji żywności, głównie mleka i produktów mlecznych. Określając zawartość potencjalnie toksycznych pierwiastków w surowcu z różnych regionów Polski, w żadnej próbce nie zanotowano przekroczenia dopuszczalnych limitów odnośnie poziomu ołowiu i kadmu [A10]. Ogólnie zadowalająca jakość produktów mlecznych dostępnych na rynku znajduje również odzwierciedlenie w wynikach zamieszczanych w raportach z krajowych kontroli Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS) i europejskiego systemu RASFF (System Wczesnego Ostrzegania o Niebezpiecznej Żywności i Paszach), w ramach którego prowadzi się stały monitoring poziomu szkodliwych zanieczyszczeń w produktach znajdujących się w obrocie [D24, D44]. Analizując wyniki z kontroli jakości produktów mlecznych przeprowadzonych przez IJHARS w latach 2010-2014, stwierdzono, że najczęściej nieprawidłowości występowały w zakresie znakowania. W tym obszarze najczęściej zafałszowań wykryto w 2011 r. (20,45% badanych próbek artykułów mlecznych), natomiast najmniej w 2014 r. (13,1%). Z kolei zafałszowania właściwości fizykochemicznych produktów mlecznych dotyczyły najczęściej zaniżonej lub zawyżonej zawartości tłuszczu oraz zawyżonej zawartości wody i występowały w średnio 15% próbek objętych kontrolą.

W przypadku fałszowania cech mikrobiologicznych zaobserwowano zmniejszanie się liczby przypadków, tj. z 13,6% w 2010 r. do 2,5% w 2014 r. Najmniej niezgodności dotyczyło cech organoleptycznych. Stwierdzono również, że liczba powiadomień dotyczących mleka i produktów mlecznych zgłaszanych do systemu RASFF na przestrzeni lat 2010-2014 zmniejszyła się. Powiadomienia w Polsce dotyczyły przede wszystkim zagrożeń mikrobiologicznych – głównie *Salmonella* i *Listeria monocytogenes*.

Niestety mleko zaliczane jest do alergenów. W związku z tym podjęto się również oceny stopnia stosowania wymagań rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r., w placówkach gastronomicznych w zakresie przekazywania konsumentom informacji na temat alergenów. Zarządzanie alergenami pokarmowymi jest bowiem jednym z podstawowych obszarów systemowego zarządzania bezpieczeństwem żywności. Wykazano, że nie wszystkie zakłady stosują się do tych wymagań, pomimo obowiązywania rozporządzenia już od ponad dwóch lat. Spośród 122 ankietowanych 34,4% przyznało, że w placówce gastronomicznej, w której pracują, klientom nie są przekazywane informacje o alergenach występujących w potrawach. Jedynie 7 ankietowanych poprawie wymieniło wszystkie substancje alergizujące.

Skutecznym narzędziem do analizy zagrożeń jest system HACCP. W pracy [D13] oceniono stan wdrażania zasad GHP i GMP oraz systemu HACCP w zakładach i instytucjach nadzorowanych przez Państwową Inspekcję Sanitarną na obszarze jednego z województw w latach 2011-2013. Wykazano wyraźny postęp we wdrażaniu ww. systemów zapewnienia bezpieczeństwa żywności. Największy przyrost w tym zakresie (po około 20%) zanotowano w zakładach małej gastronomii i środkach transportu. Prawie wszystkie (90%) zakłady żywienia zbiorowego zamkniętego wdrożyły w 2013 r. zasady GHP/GMP, a 84% również system HACCP. W zakładach żywienia otwartego odsetek ten był niższy, tzn. 83% opracowało i wdrożyło zasady GHP/GMP, a 78% system HACCP. Jedynie w zakładach produkcyjnych liczba jednostek posiadających opracowany i wdrożony system HACCP pozostała na podobnym poziomie, tzn. około 450 zakładów.

Podsumowując, jakość i bezpieczeństwo zdrowotne surowca oraz oferowanych wyrobów mlecznych w ostatnich latach uległa znacznej poprawie i w większości przypadków jest zadowalająca. Można łączyć to ze wzrostem świadomości producentów i coraz szerzej stosowanymi systemami zapewnienia jakości i bezpieczeństwa żywności, tj. HACCP, ISO 22000, IFS, BRC, QACP czy ISO 9001. Duże znaczenie ma również działalność urzędowych jednostek kontroli żywności. Niezbędny jest jednak stały monitoring w celu zapobieżenia wystąpienia w żywności zagrożeń.

Piśmiennictwo

- Agabriel C., Cornu A., Journal C., Sibra C., Grolier P., Martin B.: Tanker milk variability according to farm feeding practices: vitamins A and E, carotenoids, color, and terpenoids. *Journal of Dairy Science*, 90, 4884-4896, 2007.
- Barłowska J., Litwińczuk Z.: Właściwości odżywcze i prozdrowotne tłuszczu mleka. *Medycyna Weterynaryjna*, 65, 3, 171-174, 2009.
- Barłowska J., Florek M., Litwińczuk Z.: Mleko i mięso zwierząt przeżuwających jako źródło substancji biologicznie czynnych. Cz. I – Mleko. *Przegląd Hodowlany*, 2, 1-4, 2016.
- Bilik K., Łopuszańska-Rusek M.: Effect of organic and conventional feeding of Red-and-White cows on productivity and milk composition. *Annals of Animal Science*, 10, 441-458, 2010.
- Bisig W., Eberhard P., Collomb M., Rehberger B.: Influence of processing on the fatty acid composition and the content of conjugated linoleic acid in organic and conventional dairy products – a review. *Lait*, 87, 1-19, 2007.
- Boitz L. I., Fiechter G., Seifried R. K., Mayer H. K.: A novel ultra-high performance liquid chromatography method for the rapid determination of β -lactoglobulin as heat load indicator in commercial milk samples. *Journal of Chromatography A*, 1386, 98-102, 2015.
- Cais-Sokolińska D., Pikul J., Chudy S.: Wpływ warunków przechowywania na jakość mleka spożywczego. *Chłodnictwo*, 10, 42-45, 1999.
- Chotyakul N., Pateiro-Moure M., Saraiva J. A., Torres J. A., Pérez-Lamela C.: Simultaneous HPLC-DAD quantification of vitamins A and E content in raw, pasteurized, and UHT cow's milk and their changes during storage. *European Food Research and Technology*, 238, 535-547, 2014.
- Cichosz G., Czeczot H.: Żywieniowy fenomen mleka. Zakład Poligraficzny Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn-Warszawa, 2013.
- Claeys W. L., Verraes C., Cardoen S., De Block J., Huyghebaert A., Raes K., Dewettinck K., Herman L.: Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*, 42, 188-201, 2014.
- Codex Alimentarius*: International Food Standards. Code of Hygienic Practice for Milk and Milk Products. No CAC/RCP 57-2004, modified in 2009, 2009.

- Danków R., Cais-Sokolińska D., Pikul J.: Characteristics of pasteurized milk after enzymatic hydrolization of lactose. *Nauka Przyroda Technologie*, 3, 126, 2009.
- Decyzja wykonawcza Komisji z dnia 22 listopada 2012 r zezwalająca na wprowadzenie do obrotu laktoferyny bydlęcej jako nowego składnika żywności zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 258/97 Parlamentu Europejskiego i Rady (Dz. U. L 327, 27/11/2012 P 0052-0054).
- Donato L., Guyomarc'h F.: Formation and properties of the whey protein/ κ -casein complexes in heated skim milk – A review. *Dairy Science and Technology*, 89, 3-29, 2009.
- Ellis K. A., Monteiro A., Innocent G. T., Grove-White D., Cripps P., McLean W. G., Howard C. V., Mihm M.: Investigation of the vitamins A and E and β -carotene content in milk from UK organic and conventional dairy farms. *Journal of Dairy Research*, 74, 484-491, 2007.
- FAO/WHO World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations: Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Vitamin E. Second edition, 94-104, 2004.
- Hammershøj M., Hougaard A. B., Vestergaard J. S., Poulsen O., Ipsen R. H.: Instant infusion pasteurization of bovine milk. II. Effects on indigenous milk enzymes activity and whey protein denaturation. *International Journal of Dairy Technology*, 63, 197-208, 2010.
- Haug A., Hostmark A. T., Harstad O. M.: Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids in Health and Disease*, 6, 25, 1-16, 2007.
- Heck J. M. L., van Valenberg H. J. F., Dijkstra J., van Hooijdonk A. C. M.: Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *Journal of Dairy Science*, 92, 4745-4755, 2009.
- Hoffmann W., Kiesner C., Clawin-Rädecker I., Martin D., Einhoff K., Lorenzen P. C., Meisel H., Hammer P., Suhren G., Teufel P.: Processing of extended shelf life milk using microfiltration. *International Journal of Dairy Technology*, 59, 229-235, 2006.
- IERiGŻ-PIB: Rynek mleka – stan i perspektywy. Szajner P. (red.), Warszawa, wrzesień 2017.
- Jarosz M.: Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Witaminy. Wydawnictwo Instytutu Żywności i Żywienia, Warszawa, 2012.
- Król J., Litwińczuk Z., Brodziak A., Sawicka-Zugaj W.: Bioactive protein content in milk from local breeds of cows included in the genetic resources conservation programme. *Annals of Animal Science*, 10, 3, 213-221, 2010.
- Król J., Brodziak A., Litwińczuk Z., Szwajkowska M.: Wykorzystanie białek serwatkowych w promocji zdrowia. *Żywność Człowieka i Metabolizm*, 38, 1, 36-45, 2011.

- Król J., Brodziak A.: Rola i znaczenie kwasów tłuszczowych mleka w profilaktyce chorób cywilizacyjnych. *Żywnienie Człowieka i Metabolizm*, 39, 3, 211-220, 2012.
- Kuczyńska B., Nałęcz-Tarwacka T., Puppel K., Gołębiowski M., Grodzki H., Słószarz J.: The content of bioactive components in milk depending on cow feeding model in certified ecological farms. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 56, 7-13, 2011.
- Kuczyńska B., Puppel K., Gołębiowski M., Kordyasz M., Grodzki H., Brzozowski P.: Comparison of fat and protein fractions of milk constituents in Montbeliarde and Polish Holstein-Friesian cows from one farm in Poland. *Acta Veterinaria Brno*, 81, 139-144, 2012.
- Kuczyńska B., Nałęcz-Tarwacka T., Puppel K.: Bioaktywne składniki jako wyznacznik jakości prozdrowotnej mleka. *Medycyna Rodzinna*, 1, 11-18, 2013.
- Lorenzen P. C., Clawin-Rädecker I., Einhoff K., Hammer P., Hartmann R., Hoffmann W., Martin D., Molkenntin J., Walte H. G., Devrese A.: A survey of the quality of extended shelf life (ESL) milk in relation to HTST and UHT milk. *International Journal of Dairy Technology*, 64, 166-178, 2011.
- Manzi P., Di Costanzo M. G., Mattera M.: Updating nutritional data and evaluation of technological parameters of Italian milk. *Foods*, 2, 254-273, 2013.
- Mayer H., Raba B., Meier J., Schmid A.: Extended shelf life (ESL) milk – milk with excessive heat load? *European Dairy Magazine*, 21, 18-22, 2009.
- Mittal S., Bajwa U.: Effect of heat treatment on the storage stability of low calorie milk drinks. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1875-1883, 2014.
- Moatsou G.: Indigenous enzymatic activities in ovine and caprine milks. *International Journal of Dairy Technology*, 63, 16-31, 2010.
- Mogensen L., Kristensen T., Søegaard K., Jensen S. K., Sehested J.: Alfa-tocopherol and beta-carotene in roughages and milk in organic dairy herds. *Livestock Science*, 145, 44-54, 2012.
- Reklewska B., Oprządek A., Reklewski Z., Panicke L., Kuczyńska B., Oprządek J.: Alternative for modifying the fatty acid composition and decreasing the cholesterol level in the milk of cows. *Livestock Production Science*, 76, 135-243, 2003.
- Rodriguez-Alcala L. M., Harte F., Fontecha J.: Fatty acid profile and CLA isomers content of cow, ewe and goat milks processed by high pressure homogenization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 1, 32-36, 2009.

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22.11.2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych (Dz. U. nr 232, poz. 1525).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności (Dz. U. UE, L 304/18).
- Sakkas L., Moutafi A., Moschopoulou E., Moatsou G.: Assessment of heat treatment of various types of milk. *Food Chemistry*, 159, 293-301, 2014.
- Siddique F., Anjum F. M., Huma N., Jamil A.: Effect of different UHT processing temperatures on ash and lactose content of milk during storage at different temperatures. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12, 439-442, 2010.
- Szpakowska M., Tymoszek E.: Badanie świeżości mleka UHT przechowywanego w warunkach chłodniczych po codziennym otwieraniu opakowania. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu*, 196, 162-169, 2011.
- Walstra P., Wouters J. T. M., Geurts T. J.: *Dairy science and technology*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2006.
- Zaborska A., Król J., Brodziak A.: Witamina D – rola i znaczenie dla człowieka. *Przemysł Spożywczy*, 68, 10, 34-38, 2014.
- Zaborska A., Król J., Brodziak A.: Witamina A – funkcje i znaczenie dla człowieka. *Przemysł Spożywczy*, 69, 7, 36-38, 2015a.
- Zaborska A., Król J., Brodziak A.: Witamina E – właściwości i znaczenie dla człowieka. *Przemysł Spożywczy*, 69, 12, 28-31, 2015b.
- Żebrowska A., Bonczar G., Molik E.: Właściwości prozdrowotne tłuszczu mlekowego. *Wiadomości Zootechniczne*, XLVII, 2, 19-23, 2009.

6. Sumaryczne zestawienie dorobku naukowego

Tabela 1. Zestawienie publikacji naukowych z podziałem na oryginalne prace twórcze, artykuły przeglądowe i popularnonaukowe oraz prace i komunikaty konferencyjne

Rodzaj publikacji	Liczba publikacji	IF ^{a)}	Suma punktów wg MNiSW ^{b)}
Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopismach z listy JCR	19	10,409	341
Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopismach spoza listy JCR	15	-	83
Ogółem oryginalne prace twórcze	34	10,409	424
Artykuły przeglądowe opublikowane w czasopismach z listy JCR	2	0,858	30
Artykuły przeglądowe i popularnonaukowe opublikowane w czasopismach spoza listy JCR	17	-	139
Ogółem publikacje przeglądowe i popularnonaukowe	19	0,858	169
Rozdziały w monografiach	27	-	126
Prace i doniesienia konferencyjne	53	-	-
Ogółem publikacje naukowe bez rozdziałów w monografiach oraz prac i doniesień konferencyjnych	53	11,267	593
Ogółem publikacje naukowe z uwzględnieniem rozdziałów w monografiach	80	11,267	719

^{a)} współczynnik Impact Factor (IF) zgodny z rokiem ukazania się pracy; dla publikacji z roku 2017 podano IF za lata 2016/2017;

^{b)} liczba punktów wg wykazu czasopism naukowych MNiSW zgodna z rokiem ukazania się pracy; w przypadku publikacji z roku 2017 punkty podano wg wykazu czasopism naukowych MNiSW z dnia 23 grudnia 2015 r.

Tabela 2. Zestawienie liczbowe czasopism, w których opublikowano prace naukowe

Lp.	Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	IF ^{a)}	Suma punktów wg MNiSW ^{b)}
1.	Journal of Dairy Science	1	2,564	45
2.	Annals of Animal Science	5	1,994	76
3.	International Journal of Dairy Technology*	2	1,756	40
4.	Polish Journal of Veterinary Science	3	1,654	55
5.	Młjekarstvo*	2	1,262	40
6.	Medycyna Weterynaryjna	3	0,672	40
7.	Przemysł Chemiczny*	1	0,385	15
8.	Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*	1	0,352	15
9.	Żywność – Nauka, Technologia, Jakość	4	0,347	56
10.	Journal of Elementology	1	0,281	15
11.	Przemysł Spożywczy*	12	-	110
12.	Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego	7	-	40
13.	Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych	2	-	10
14.	Przegląd Hodowlany	2	-	10
15.	Problemy Higieny i Epidemiologii	1	-	9
16.	Annales UMCS, Sectio EE	1	-	6
17.	Polish Journal of Cosmetology	1	-	4
18.	Życie Weterynaryjne	1	-	4
19.	Żywnienie Człowieka i Metabolizm	2	-	2
Łącznie		52^{c)}	11,267	593

* czasopisma, w których opublikowano prace wchodzące w skład osiągnięcia naukowego stanowiącego podstawę o ubieganie się o stopień naukowy doktora habilitowanego;

^{a)} sumaryczny IF z roku ukazania się pracy (w przypadku prac z 2017 r. podano IF za rok 2016/2017);

^{b)} suma punktów wg wykazu czasopism naukowych MNiSW zgodna z rokiem ukazania się pracy;

^{c)} nie uwzględniono 1 pracy popularnonaukowej spoza listy MNiSW.

Tabela 3. Zestawienie publikacji naukowych z podziałem na oryginalne prace twórcze, artykuły przeglądowe i popularnonaukowe, prace i komunikaty konferencyjne opublikowane przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Rodzaj publikacji	Przed doktoratem	Po doktoracie	Łącznie
Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopismach z listy JCR	4	15	19
Oryginalne prace twórcze opublikowane w czasopismach spoza listy JCR	4	11	15
Ogółem oryginalne prace twórcze	8	26	34
Artykuły przeglądowe opublikowane w czasopismach z listy JCR	1	1	2
Artykuły przeglądowe i popularnonaukowe opublikowane w czasopismach spoza listy JCR	1	16	17
Ogółem publikacje przeglądowe i popularnonaukowe	2	17	19
Rozdziały w monografiach	1	26	27
Prace i doniesienia konferencyjne	16	37	53
Ogółem publikacje naukowe bez rozdziałów w monografiach oraz prac i doniesień konferencyjnych	10	43	53
Ogółem publikacje naukowe z uwzględnieniem rozdziałów w monografiach	11	69	80

Aneta Brackich