Autoreferat

1. **Imię i nazwisko.**
   Anna Teter

2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

Doktor nauk rolniczych, specjalność – hodowla bydła i technologia mleka:

Rada Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, 2014 r. Rozprawa doktorska: „Polimorfizm κ-kazeiny i β-laktoglobuliny u różnych ras krów i jego wykorzystanie do oceny wartości odżywczej i przydatności technologicznej mleka", promotor – prof. dr hab. Joanna Barłowska.

Magister biologii:

Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Akademia Rolnicza w Lublinie, 2007 r. Praca magisterska: „Polimorfizm białek mleka krów różnych ras", promotor – prof. dr hab. Anna Litwińczuk.

3. **Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.**

1.03.2016 – do chwili obecnej adiunkt badawczo-dydaktyczny
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki, Katedra Oceny Jakości i Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych

1.10.2012 – 28.02.2016 asystent
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych

1.03.2012 – 30.09.2012 starszy specjalista
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych

Doskonalenie zawodowe

2016 staż naukowy (6-tygodniowy) na Wydziale Biotechnologii i Nauk o Żywności Uniwersytetu Rolniczego w Nitrze (Faculty of Biotechnology and Food Science at Slovak University of Agriculture in Nitra)

2016 staż naukowy (2-tygodniowy) w Katedrze Mleczarstwa i Zarządzania Jakością Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

2007 dwusemestralne studia podyplomowe: Towaroznawstwo i Obrót Żywnością, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

2007-2011 Studia Doktoranckie, Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

4. **Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.).**

Tytuł osiągnięcia:

„***Jakość serów podpuszczkowych wytworzonych z mleka krów ras lokalnych ze szczególnym uwzględnieniem jego właściwości koagulujących i tekstury skrzepów”***

Cykl publikacji dotyczących osiągnięcia naukowego:

1. KĘDZIERSKA-MATYSEK M., BARŁOWSKA J., **TETER (WOLANCIUK) A*.**, LITWIŃCZUK Z. (2018): Physicochemical, mechanical and sensory properties of long-ripened Polish and Italian cheeses and their content of selected minerals. *Journal of Elementology*, 23(3), s. 985-998, DOI: 10.5601/jelem.2017.22.4.1452 **(15 pkt, IF=0,733)**

**- autor korespondencyjny*

2. **TETER A.**, BARŁOWSKA J., FLOREK M., KĘDZIERSKA-MATYSEK M., KRÓL J., BRODZIAK A., LITWIŃCZUK Z. (2019): Coagulation capacity of milk of local Polish and Holstein-Friesian cattle breeds. *Animal Science Papers and Reports*, 37(3), s. 259-268 **(100 pkt, IF=0,688)**

**- autor korespondencyjny*

3. **TETER A.**, KĘDZIERSKA-MATYSEK M., BARŁOWSKA J., KRÓL J., BRODZIAK A. (2020): Nutritional value and coagulation properties of milk from local cow breeds, including the selected macro- and micronutrients and trace elements. Mljekarstvo, 70(3), s. 210-220, DOI: 10.15567/mljekarstvo.2020.0307 **(40 pkt, IF=1,111)**

4. DOPIERALSKA P., BARŁOWSKA J., **TETER A*.**, KRÓL J., BRODZIAK A., DOMARADZKI P. (2020): Changes in fatty acid and volatile compound profiles during

storage of smoked cheese made from the milk of native Polish cow breeds raised in the Low Beskids. *Animals*, 10(11), Article number 2103, DOI: 10.3390/ani10112103, **(100 pkt, IF=2,752)**

**- autor korespondencyjny*

5. **TETER A.**, BARŁOWSKA J., KRÓL J., BRODZIAK A., RUTKOWSKA J., LITWIŃCZUK Z. (2020): Volatile compounds and amino acid profile of short-ripened farmhouse cheese manufactured from the milk of the White-Backed native cow breed. *LWT – Food Science and Technology*, 129, Article number 109602, DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109602 **(100 pkt, IF=4,952)**

6. BRODZIAK A., KRÓL J., BARŁOWSKA J., LITWIŃCZUK Z., **TETER A.**, KĘDZIERSKA-MATYSEK M. (2020): Differences in bioactive protein and vitamin status of milk obtained from Polish local breeds of cows. *Annals of Animal Science*, Vol. 20 Iss.1 s. 287-298, DOI: 10.2478/aoas-2019-0069 **(140 pkt, IF=2,090)**

7. TETER A*., KĘDZIERSKA-MATYSEK M., BARŁOWSKA J., KRÓL J., BRODZIAK A., FLOREK M. (2021): The Effect of Humic Mineral Substances from Oxyhumolite on the Coagulation Properties and Mineral Content of the Milk of Holstein-Friesian Cows. *Animals*, 11(1), Article number 970, https://doi.org/10.3390/ani11071970 **(100 pkt, IF=2,752)**

**- autor korespondencyjny*

Sumaryczny IF prac = 15,078

Łączna liczba punktów MNiSW = 595

Wprowadzenie

Produkty mleczne z uwagi na wysoką wartość odżywczą, w tym zawartość składników funkcjonalnych pozytywnie oddziałujących na organizm człowieka, stanowią niezbędny element codziennej diety. Najbardziej różnorodną grupę wśród produktów mlecznych stanowią sery. Produkcja serów jest obecnie jednym z największych segmentów rynku mleczarskiego i najszybciej rozwijającą się jego gałęzią. Polska należy do największych

producentów serów na świecie. W 2018 r. zajmowała 6 miejsce, po USA, Francji, Niemczech, Włoszech i Holandii, z produkcją roczną na poziomie 742,8 tys. ton [FAOSTAT, 2021].

Jednym z kluczowych czynników decydujących o jakości wytwarzanych serów jest jakość surowca mlecznego użytego do przetwórstwa. Skład chemiczny i właściwości fizyczne mleka decydują nie tylko o wartości odżywczej produktu finalnego ale również warunkują przebieg procesów technologicznych. Ważnymi wskaźnikami przydatności mleka do produkcji serowarskiej są jego właściwości koagulujące. Zdolność krzepnięcia pod wpływem podpuszczki, tworzenie zwięzłego skrzepu, zdolność synerezy i drenaż serwatki to kluczowe cechy mleka przeznaczonego do wyrobu sera podpuszczkowego [Cipolat-Gotet i in., 2012]. Parametry krzepliwości mleka zależą m.in. od jego kwasowości, zawartości białka, w tym kazeiny [Penasa i in., 2016] oraz jakości higienicznej [Barłowska i in., 2009]. Tworzenie skrzepu kazeinowego jest kluczowym etapem wytwarzania serów, a przebieg tego procesu warunkuje wydatek oraz jakość otrzymanego produktu. Istotna jest tekstura powstającego skrzepu, która determinuje przebieg jego dalszej obróbki (krojenie, dogrzewanie, prasowanie) oraz retencję składników mleka. Jakość skrzepu można ocenić na podstawie jego twardości (określanej jako siła niezbędna do osiągnięcia określonej deformacji produktu), spójności (dotyczącej siły wiązań wewnętrznych utrzymujących produkt jako całość), sprężystości (szybkości, z jaką zdeformowany materiał powraca do pierwotnej postaci), łamliwości (siły, przy której produkt ulega pierwszej trwałej deformacji), żuwalności (dotyczącej energii wymaganej podczas żucia w celu rozdrobnienia produktu), gumowatości (energii wymaganej do dezintegracji półstałych produktów) [Balejko i Balejko, 2011; Dolik i Kubiak, 2013; Pang i in., 2014].

Istotnym źródłem zmienności właściwości koagulujących mleka jest rasa krów oraz system ich utrzymania, które warunkują skład chemiczny i szeroko pojętą jakość uzyskanego surowca [De Marchi i in., 2007; Penasa i in., 2014]. Obecnie produkowane mleko w większości pochodzi z gospodarstw wielkotowarowych, utrzymujących wysoko produkcyjne krowy rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, żywione jednolicie przez cały rok w systemie TMR (ang. Total Mixed Ration), w którym zwierzęta otrzymują pasze objętościowe, treściwe, mineralne i inne dodatki po wymieszaniu jako paszę pełnoporcjową lub żywione systemem PMR (ang. Partially Mixed Ration), gdzie miesza się jedynie dawkę podstawową, pokrywającą na ustalonym poziomie zapotrzebowanie bytowe i produkcyjne krów. Obok rasy holsztyńsko-fryzyjskiej drugą najliczniejszą i najpopularniejszą rasą bydła na świecie jest rasa simentalska. W Polsce hodowla krów tej rasy zlokalizowana jest głównie na terenie woj. podkarpackiego, gdzie naturalne łąki i pastwiska stanowią blisko 30% użytków rolnych.

Współcześni nabywcy żywności coraz częściej kierują się etnocentryzmem konsumenckim i wybierają produkty o szczególnych walorach dietetycznych i prozdrowotnych, jednocześnie zwracają uwagę na system produkcji żywności oraz jej regionalne pochodzenie [Van Loo i in., 2019; Percival Carter i Welcomer, 2021]. Rosnącym zainteresowaniem wśród konsumentów cieszą się sery rzemieślnicze, wytwarzane bezpośrednio w gospodarstwach rolnych lub małych, lokalnych przetwórniach. Są one uznawane za naturalne, mniej przetworzone [Kaya, 2016]. Dla każdego środka spożywczego można ustalić określoną liczbę „food miles" (tzw. żywnościokilometrów), wskazujących na odległość jaką pokonuje żywność w drodze od producenta do konsumenta, co wiąże się z poziomem emisji CO_2 [Oldejans, 2017]. Tym samym lokalne systemy żywnościowe przyczyniają się do obniżenia liczby „food miles" przypadających na daną społeczność [Dz.U.UE.C.2011.104.1]. Mleko do produkcji tych serów zazwyczaj pochodzi od krów ras lokalnych utrzymywanych w gospodarstwach rodzinnych w systemie niskonakładowym. W Polsce cztery rodzime rasy bydła są objęte programem ochrony zasobów genetycznych. Rasa białogrzbieta jest sklasyfikowana wg FAO DAD-IS jako niezagrożona, natomiast rasy: polska czerwono-biała, polska czarno-biała i polska czerwona jako zagrożone. Z jednej strony krowy tych ras wykazują niższą produkcyjność niż holsztyńsko-fryzyjskie, z drugiej natomiast są doskonale przystosowane do lokalnych warunków glebowo-żywieniowych [Litwińczuk i in., 2012]. W letnim sezonie żywieniowym dominuje wypas pastwiskowy, a w zimowym wykorzystuje się siano i kiszonki z runi łąkowej. Taki system utrzymania zwierząt (często określany jako tradycyjny) jest doceniany przez konsumentów, bowiem w swych założeniach uwzględnia zasady dobrostanu zwierząt, zrównoważonego rozwoju, wysoką jakość produkowanych surowców i ich bezpieczeństwo zdrowotne [Stampa i in., 2020].

Doświadczenia wielu krajów Unii Europejskiej wskazują, że produkty żywnościowe pochodzące z konkretnych regionów, wytworzone z surowców od zwierząt lokalnych ras lub za pomocą tradycyjnych metod produkcji są szczególnie cenione przez konsumentów. Wyróżniane są one znakami potwierdzającymi ich specyficzność, a system ochrony i promocji wyrobów regionalnych pozytywnie wpływa na zrównoważony rozwój obszarów wiejskich i realizację założeń Wspólnej Polityki Rolnej. Przykładem może być mleko krów ras lokalnych wykorzystywane do produkcji serów wyróżnianych znakiem Chronionej Nazwy Pochodzenia (np. włoskie sery Parmigiano-Reggiano, Grana Padano, Provolone Asiago). Należy podkreślić, że we Włoszech (kraju słynącego z produkcji serów o światowej renomie) parametry krzepliwości mleka są uwzględniane w ustalaniu ceny skupowanego surowca [Penasa i in., 2016]. Wydaje się zatem w pełni uzasadnione prowadzenie kompleksowych

badań dotyczących oceny jakości mleka pozyskiwanego od krów polskich rodzimych ras i produktów wytworzonych na jego bazie w kontekście produkcji żywności o unikatowych cechach.

Cel naukowy i zakres badań

Kompleksowe informacje na temat jakości i bezpieczeństwa zdrowotnego serów wytworzonych na bazie mleka krów ras rodzimych mogą przyczynić się do szerszego wykorzystania takiego surowca w kierunku projektowania i dostarczania na rynek żywności spełniającej oczekiwania współczesnego konsumenta. W związku z tym jako cel główny przyjęto ocenę jakości serów podpuszczkowych wytworzonych z mleka krów ras lokalnie utrzymywanych ze szczególnym uwzględnieniem jego właściwości koagulujących i tekstury skrzepów.

Na główny cel badawczy złożyły się następujące cele szczegółowe:

1. Ocena cech fizykochemicznych, mechanicznych i sensorycznych serów długo dojrzewających z produkcji przemysłowej.
2. Określenie wartości odżywczej mleka na podstawie zawartości makroskładników oraz wybranych związków biologicznie czynnych (białek serwatkowych, witamin lipofilnych i składników mineralnych).
3. Określenie właściwości koagulujących mleka i parametrów tekstury skrzepów podpuszczkowych.
4. Ocena jakości i bezpieczeństwa serów rzemieślniczych wytworzonych na bazie mleka krów ras rodzimych.
5. Ocena możliwości zastosowania suplementacji diety krów w celu modyfikacji właściwości koagulujących, zawartości makroskładników i profilu mineralnego mleka.

Materiał do badań stanowiły sery podpuszczkowe oraz mleko pozyskiwane od krów ras rodzimych (białogrzbietej i polskiej czerwonej) oraz o znaczeniu międzynarodowym (simentalskiej i holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej).

W ocenie jakości mleka uwzględniono:

- kwasowość czynną za pomocą pH-metru pIONneer 65 Meter (Radiometer Analytical, CEDEX Francja)

- ogólną liczbę drobnoustrojów w temperaturze 30ºC [PN-EN ISO 4833- 1:2013-12+ Ap1:2016-11] oraz liczbę komórek somatycznych (SCC) (aparat Somacount 150, Bentley Instruments)

- zawartość białka ogólnego, tłuszczu i suchej masy (aparatem Infrared Milk Analyzer, Bentley Instruments) oraz kazeiny [AOAC, 2000]

- zawartość makro- (K, Ca, Na i Mg) i mikroelementów (Zn, Fe, Cu i Mn) techniką atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej

- procentowe pokrycie RDA (recommended dietary allowance) na wybrane składniki mineralne zawarte w porcji mleka dla populacji polskiej [Jarosz, 2020]

- zawartość witamin lipofilnych z wykorzystaniem chromatografii cieczowej RP-HPLC [Hewavitharana i in., 1996]

- zawartość białek serwatkowych z wykorzystaniem chromatografii cieczowej RP-HPLC wg Romero i in. [1996] z modyfikacjami Brodziak i in. [2012]

- wartość energetyczną 1 kg mleka (kcal/kg) korzystając z fizjologicznych współczynników energii brutto wg Rubnera [Pijanowski i in., 2000]

- zawartość mocznika aparatem ChemSpec (Bentley Instruments)

- właściwości koagulujące na podstawie czasu krzepnięcia pod wpływem podpuszczki i zwięzłości powstającego skrzepu (aparatem Lactodynamograf V2, Foss Italia)

- analizę tekstury skrzepów podpuszczkowych (łamliwość, twardość, spójność, adhezyjność, sprężystość, gumowatość i żuwalność) z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell Proline BDO-FB0.5TS (Zwick GmbH and Co, Niemcy)

W ocenie jakości serów uwzględniono:

- kwasowość miareczkową (^{o}SH) i czynną (pH) [PN-73/A-86232]

- zawartość wody metodą suszenia w 102°C, tłuszczu w suchej masie metodą butyrometryczną oraz soli kuchennej metodą Mohra [PN-73/A-86232]

- zawartość białka [PN-EN ISO8968:2004]

- zawartość popiołu ogólnego metodą wagową [AOAC, 2000]

- zawartość makro- (K, Ca, Na i Mg) i mikroelementów (Zn, Fe, Cu i Mn) techniką atomowej spektrofotometrii absorpcyjnej

- wydatek sera (ilość sera wyprodukowanego ze 100 kg mleka) na podstawie wzoru van Slyke [Melilli i in., 2002]

- profil kwasów tłuszczowych techniką chromatografii gazowej (GC) [PN-EN ISO 12966-1:2015-01 i PN-EN ISO 5508]

- profil związków lotnych techniką chromatografii gazowej (GC/MS) wg Antoniewskiej i in. [2019]

- profil aminokwasów wg Buňka i in. [2009]

- barwę serów z wykorzystaniem miernika nasycenia barwy Minolta CR-310 (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japonia)

- maksymalną siłę (N) i pracę (J) cięcia z wykorzystaniem jednokolumnowej maszyny wytrzymałościowej Zwick/Roell Proline BDO-FB0.5TS (Zwick GmbH and Co, Niemcy) przy użyciu noża Warner-Bratzlera

- status mikrobiologiczny na podstawie obecności bakterii *Salmonella spp.* [PN-EN ISO 6579-1:2017-04], *Listeria monocytogenes* [PN-EN ISO 11290-1:2017-07] i *Cambylobacter spp*. [PN-EN ISO 10272-1:2017-08]

- cechy sensoryczne, tj. intensywność smaku, zapachu, konsystencję i strukturę [PN-ISO 4121: 1998]

Szczegółowe metody badań zostały opisane w publikacjach składających się na główne osiągnięcie naukowe.

Omówienie wyników badań

Ad. 1. Określenie cech fizykochemicznych, mechanicznych i sensorycznych serów długo dojrzewających z produkcji przemysłowej – praca nr 1.

Praca **nr 1** była inspiracją do podjęcia pogłębionych badań z zakresu oceny jakości serów rzemieślniczych. Celem tej pracy była ocena właściwości fizykochemicznych, mechanicznych i sensorycznych oraz zawartości wybranych składników mineralnych w polskich i włoskich serach długo dojrzewających.

Produkcja serów podpuszczkowych długo dojrzewających ma we Włoszech wielowiekową tradycję. Wiele z nich jest wytwarzanych na bazie mleka krów ras lokalnych, karmionych sianem łąkowym i świeżą trawą oraz wyróżnionych oznaczeniem Chronionej

Nazwy Pochodzenia (PDO). Flagowymi włoskimi serami z mleka krowiego, rozpoznawalnymi w świecie, są Parmigiano Reggiano, Grana Padano i Fontina, które należą do najstarszych serów w Europie. W ramach pracy **nr 1** porównano jakość renomowanych włoskich i polskich serów długo dojrzewających wytworzonych na bazie mleka krowiego. Oryginalne sery włoskie Parmigiano Reggiano, Grana Padano i Fontina zakupiono w sklepie wielkopowierzchniowym w Rzymie (Włochy). Do porównania wybrano sery wytworzone w mleczarni zlokalizowanej w południowo-wschodniej części Polski, która od blisko 20 lat specjalizuje się w produkcji twardych serów długo dojrzewających. Oceniono jakość serów Bursztyn, Szafir i Rubin dojrzewających odpowiednio minimum 6, 4 i 3 miesiące. W efekcie przeprowadzonych badań wykazano, że sery polskie nie różniły się istotnie od włoskich pod względem zawartości podstawowych składników, tj. suchej masy, tłuszczu w suchej masie, białka, soli oraz kwasowości. Wykazano natomiast różnice w barwie serów. Sery polskie charakteryzowały się ponad 2-krotnie wyższym ($p \leq 0,01$) udziałem w barwie składowej czerwonej (a*) i 1,5-krotnie wyższym składowej żółtej (b*) w porównaniu do włoskich, co wynikało z zastosowania przy ich produkcji barwnika annato (E-160b). Receptury włoskie nie dopuszczają stosowania żadnych dodatków wspomagających proces produkcji, w tym nadających barwę. Oceniane sery miały zbliżoną zawartość sodu, potasu, magnezu, cynku i żelaza. W serach polskich stwierdzono więcej wapnia ($p \leq 0,05$) i manganu ($p \leq 0,01$), a w włoskich więcej miedzi ($p \leq 0,01$). Wartość siły cięcia dla serów włoskich wahała się od 9,03 do 13,15 N (średnio 12,14 N), a polskich od 11,5 do 23,3 N (średnio 15,60 N). W ocenie sensorycznej sery polskie były porównywalne do włoskich pod względem struktury, intensywności smaku i zapachu. Ich wyjątkowe walory smakowe wynikały m.in. z wysokiej jakości mleka produkowanego w gospodarstwach wypasających krowy na łąkach Polesia. Tak korzystne wyniki oceny porównawczej polskich serów długo dojrzewających z produkcji przemysłowej (pomimo stosunkowo krótkiej historii ich wytwarzania w porównaniu do włoskiej tradycji, z szerokim wykorzystaniem ras rodzimych) pozwoliły na sformułowanie hipotezy badawczej, że wykorzystanie do produkcji serów mleka krów polskich ras lokalnych może prowadzić do uzyskania produktów wysokiej jakości, porównywalnych do markowych produktów zagranicznych.

Ad. 2 Określenie wartości odżywczej mleka na podstawie zawartości makroskładników oraz wybranych związków biologicznie czynnych (składników mineralnych, białek serwatkowych i witamin lipofilnych) – prace nr 3 i nr 6.

W pracy **nr 3** oceniono wartość odżywczą mleka na podstawie podstawowego składu chemicznego i zawartości wybranych składników mineralnych (K, Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu, Ni i Co). Analizie poddano 418 próbek mleka od krów ras rodzimych, tj. polskiej czerwonej i białogrzbietej oraz lokalnie utrzymywanej simentalskiej. Materiał do badań porównawczych pobrano w sezonie wiosenno-letnim (gdzie podstawą żywienia krów był wypas pastwiskowy) i jesienno-zimowym (żywienie opierało się na paszach konserwowych: sianokiszonce i sianie).

Wykazano, że zarówno rasa krów jak i sezon produkcji determinują wartość odżywczą mleka. Najwyższą koncentracją składników suchej masy charakteryzowało się mleko krów rasy polskiej czerwonej (13,74%), które zawierało istotnie ($p \leq 0,01$) więcej tłuszczu, białka (w tym kazeiny) oraz laktozy ($p \leq 0,05$), a 1 kg mleka dostarczał 823,98 kcal. Zawartość analizowanych składników oraz wartość energetyczna mleka krów ras białogrzbietej i simentalskiej były zbliżone. Stwierdzono, że mleko pozyskiwane w sezonie jesienno-zimowym zawierało więcej składników suchej masy, co przełożyło się na jego wyższą kaloryczność. Mleko krów polskich czerwonych i simentalskich korzystających z pastwiska zawierało o ok. 0,5 pp. tłuszczu mniej niż w sezonie jesienno-zimowym, natomiast sezon nie wpływał na poziom tego składnika u krów rasy białogrzbietej. Mleko od krów ras rodzimych w sezonie letnim zawierało istotnie ($p \leq 0,01$) mniej białka.

Nie wykazano istotnych różnic w zawartości Ca, Na, Mn, Cu i Co w mleku krów ocenianych ras. Wykazano natomiast istotne ($p \leq 0,01$) różnice w zawartości K, Mg i Zn w ocenianym mleku. Istotnie ($p \leq 0,01$) wyższą koncentrację K i Mg charakteryzowało się mleko krów rasy białogrzbietej (1628,89 i 101,25 mg/l) i polskiej czerwonej (1669,66 i 105,29 mg/l) w porównaniu do mleka pozyskanego od rasy simentalskiej (1506,59 i 93,66 mg/l). Najwięcej ($p \leq 0,01$) Zn stwierdzono w mleku krów rasy białogrzbietej – 4,39 mg/l. Najniższą zawartość Ni wykazano w mleku krów rasy polskiej czerwonej – 54,23 µg/l ($p \leq 0,05$). Sezon produkcji w niewielkim stopniu różnicował zawartość makro- i mikroelementów w mleku. W przypadku mleka krów rasy białogrzbietej potwierdzono statystycznie jedynie istotną ($p \leq 0,01$) różnicę dla zawartości Mn, która była prawie dwukrotnie większa w sezonie jesienno-zimowym niż w wiosenno-letnim (71,23 *vs* 44,79 µg/l). Krowy rasy polskiej czerwonej w okresie wiosenno-letnim produkowały mleko o wyższej ($p \leq 0,05$) zawartości Ca (o 175,24 mg/l), Fe (o 0,11 µg/l), Cu (o 22,7 µg/l) i Co (o 0,45 µg/l) niż w sezonie jesienno-

zimowym. W mleku krów rasy simentalskiej stwierdzono istotne różnice sezonowe pod względem zawartości K i Na ($p \leq 0,01$) oraz dla Ca i Ni ($p \leq 0,05$). Surowiec pozyskiwany w sezonie wiosenno-letnim zawierał więcej K i Ni, a w jesienno-zimowym Ca i Na. Analizując równoczesny wpływ rasy i sezonu produkcji wykazano istotne ($p \leq 0,01$) interakcje dla K, Ca, Ni oraz Zn, Mg, Na, Cu i Mn ($p \leq 0,05$).

Oszacowano procentowe pokrycie RDA (recommended dietary allowance) na wapń i magnez zawarte w 250 ml mleka dla populacji polskiej według norm żywienia opracowanych przez Instytut Żywności i Żywienia (IŻŻ) [Jarosz, 2020]. W populacji wyodrębniono grupy: dzieci, chłopcy, dziewczęta, mężczyźni i kobiety. Do obliczeń wybrano Ca i Mg ze względu na częste występowanie niedoborów tych pierwiastków w diecie.

Zalecane przez IŻŻ spożycie produktów mlecznych to minimum 3–4 szklanki mleka, które można częściowo zastąpić jogurtem naturalnym, kefirem, maślanką lub serem. Wykazano, że spożycie 250 ml mleka w znacznym stopniu może pokrywać dzienne zapotrzebowanie na Ca i Mg, szczególnie u dzieci. Porcja 250 ml mleka może stanowić aż 48-55,5% RDA Ca dla dzieci młodszych (1-3 lat) i 33,6-38,9% RDA Ca dla dzieci starszych (4-9 lat). Dla Mg zakresy te przedstawiały się następująco: 29,26-35,23% RDA i 18,01-21,68% RDA. Ze względu na wyższe zapotrzebowanie na Ca u chłopców i dziewcząt (1300 mg/dzień) wartości te były niższe i wahały się od 25,8 do 29,9 % RDA.

Wykazano, że dzienne zapotrzebowanie na Ca i Mg w najwyższym stopniu realizowane było przez mleko krów rasy polskiej czerwonej w sezonie wiosenno-letnim (żywienie zwierząt oparte przede wszystkim na zielonce pastwiskowej) dla wszystkich analizowanych grup. Mleko krów rasy białogrzbietej i simentalskiej pozyskiwane w okresie jesienno-zimowym w nieco wyższym stopniu pokrywało dzienne zapotrzebowanie na Ca, niż w okresie wiosenno-letnim.

W pracy **nr 6** określono zawartość wybranych białek serwatkowych i witamin lipofilnych w mleku, decydujących o jego statusie bioaktywnym z uwzględnieniem sezonu produkcji.

Materiał badawczy stanowiło 550 próbek mleka uzyskanego od krów ras lokalnych (polskiej czerwonej, białogrzbietej i simentalskiej) oraz polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. Oznaczono zawartość tłuszczu i białka ogólnego oraz zawartość wybranych związków bioaktywnych (β-laktoglobuliny, α-laktoalbuminy, laktoferyny, albuminy surowicy bydlęcej oraz witamin: E, A, D3 i β-karotenu).

Wykazano, że mleko produkowane przez krowy ras lokalnych było cenniejszym źródłem białek serwatkowych i witamin lipofilnych niż mleko rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. Mleko krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej charakteryzowało się najniższą zawartością

białka ogólnego (3,34%), w tym białek serwatkowych (0,67%), oraz najniższym udziałem białek serwatkowych w białku ogólnym (19,6%). Mleko krów ras lokalnych zawierało od 0,07 (simentalska) do 0,15 pp. (polska czerwona) więcej białka ogólnego, w tym białek serwatkowych (od 0,07 do 0,11 pp.). Udział tych białek wahał się od 21,3% (simentalska) do 22,5% (polska czerwona). Większość białek serwatkowych (ok. 70%) stanowiły albuminy, tj. β-laktoglobulina i α-laktoalbumina. Mleko krów rasy polskiej czerwonej było najbogatszym źródłem albumin, w tym β-laktoglobuliny (odpowiednio 5,17 i 3,58 g/l), a mleko krów rasy simentalskiej było najlepszym źródłem α-laktoalbuminy (1,21 g/l). Mleko krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej zawierało średnio o 0,46 g/l mniej albuminy, 0,42 g/l mniej β-laktoglobuliny i 0,09 g/l mniej α-laktoalbuminy niż mleko krów ras lokalnych. Wykazano również, że mleko krów ras lokalnych charakteryzowało się istotnie ($p<0,01$) wyższą zawartością laktoferyny (średnio o 24%) niż mleko krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. Najwięcej laktoferyny stwierdzono w mleku krów rasy polskiej czerwonej (130,62 mg/l) i simentalskiej (126,62 mg/l).

Wykazano, że mleko o największej zawartości β-laktoglobuliny miało również najwyższy poziom witamin A i D3. Uzyskano wysokie współczynniki korelacji między zawartością β-laktoglobuliny a witaminą A ($r = 0,702$; $p<0,01$) oraz między β-laktoglobuliną a witaminą D3 ($r = 0,584$; $p<0,01$) w analizowanym mleku. Najbardziej wartościowe pod tym względem było mleko krów rasy polskiej czerwonej (witamina A - 0,556 mg/l; witamina D3 - 1,212 μg/l). Istotnie najmniejszą zawartość witamin A i D3 oznaczono w mleku o najniższej koncentracji β-LG, tj. w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. Mleko ras lokalnych okazało się również bardziej wartościowym źródłem innych witamin, tj. E i β-karotenu. Stąd też mleko uzyskane od krów ras lokalnych zawierało istotnie więcej witamin lipofilnych, tj. β-karotenu (średnio o ok. 20%), witamin A i E (o 50%) oraz witaminy D3 (o 70%) niż mleko krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej.

Stwierdzono również różnice sezonowe, bowiem istotnie wyższą zawartość białka ogólnego obserwowano w mleku w okresie jesienno-zimowym, a białka serwatkowego w okresie wiosenno-letnim, gdy zwierzęta korzystały z pastwiska. W okresie letnim odnotowano również wzrost zawartości wszystkich analizowanych witamin lipofilowych, a w szczególności witaminy D3, która była dwukrotnie wyższa. Różnice sezonowe dla pozostałych witamin wynosiły 20% dla β-karotenu, 25% dla witaminy E i 50% dla witaminy A. Nie stwierdzono natomiast wpływu sezonu produkcji na zawartość tych składników w mleku krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, co wynikało ze stosowania w ich żywieniu jednolitej diety przez cały rok.

Ad. 3. Określenie właściwości koagulujących mleka i parametrów tekstury skrzepów podpuszczkowych – prace nr 2 i nr 3.

Wyniki kompleksowej oceny właściwości koagulujących mleka są kluczowe w ocenie jego przydatności do przetwórstwa w kierunku produkcji serów. Należy podkreślić, że opublikowane prace nr 2 i nr 3 stanowią pierwsze tego typu opracowanie w zakresie oceny instrumentalnej właściwości koagulujących mleka krów ras użytkowanych mlecznie w Polsce, w tym rodzimych. Dostępne są opracowania dotyczące właściwości koagulujących mleka pozyskiwanego od krów polskich ras rodzimych, ale dotyczą one tylko czasu krzepnięcia mleka pod wpływem podpuszczki oznaczanego metodą Sherna [Budsławski, 1973], która polega na wizualnej ocenie momentu powstawania pierwszych płatków kazeiny po dodaniu enzymu. Dzięki zastosowaniu instrumentalnego testu pomiaru właściwości koagulujących określono czas krzepnięcia pod wpływem podpuszczki RCT (rennet clotting time), mierzony od momentu dodania enzymu koagulującego do rozpoczęcia procesu koagulacji, zwięzłość skrzepu po 30 min od dodania enzymu koagulującego (A_{30}) i szybkość osiągnięcia przez żel określonej zwięzłości (K_{20}). Dzięki temu możliwa jest pełniejsza charakterystyka właściwości koagulujących mleka, a zatem obiektywna ocena mleka pod kątem jego przydatności do produkcji serów podpuszczkowych. Mleko, które nie ulega krzepnięciu do 30 minut po dodaniu podpuszczki nie powinno być przeznaczone do produkcji serowarskiej. Zannoni i Annibaldi [1981] podają, że optymalny czas krzepnięcia mleka przeznaczanego do wytwarzania serów powinien mieścić się w zakresie 11-18 min, a powstający skrzep powinien osiągać zwięzłość 20-40 mm.

W pracy **nr 2** przeanalizowano 733 próbek mleka pobranych od krów rasy polskiej czerwonej, białogrzbietej, simentalskiej i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej oraz skrzepów podpuszczkowych otrzymanych na jego bazie.

Wykazano, że mleko krów ras lokalnych charakteryzowało się lepszymi parametrami krzepliwości. Najkorzystniejsze wskaźniki w tym zakresie miało mleko krów rasy polskiej czerwonej gdyż istotnie najszybciej ulegało koagulacji (16:31 min, $p \leq 0,01$), skrzep uzyskiwał określoną zwięzłość w najkrótszym czasie (4:51 min), a po 30 minutach osiągał istotnie ($p \leq 0,01$) najwyższą zwięzłość (28,04 mm). Krótki czas krzepnięcia mleka pod wpływem podpuszczki oraz osiąganie przez skrzep wysokiej zwięzłości warunkują wyższy wydatek wytwarzanych serów oraz lepszą ich jakość [Pretto i in., 2013]. Mleko krów rasy simentalskiej i białogrzbietej koagulowało w zbliżonym czasie (odpowiednio 19:25 i 19:29 min), jednak istotnie ($p \leq 0,01$) wolniej określoną zwięzłość uzyskiwał skrzep z mleka krów

simentalskich (o 1:32 min). Mleko pozyskiwane od krów holsztyńsko-fryzyjskich charakteryzowało się najsłabszą krzepliwością, tzn. najdłużej koagulowało (20:16 min), a uzyskiwany po 30 minutach skrzep charakteryzował się najniższą zwięzłością (21,94 mm). Korzystniejsze parametry krzepliwości mleka krów ras rodzimych zostały potwierdzone w ocenie parametrów tekstury skrzepów podpuszczkowych. Oceniono ich łamliwość, spójność, adhezyjność, sprężystość, gumowatość i żuwalność. Najlepsze skrzepy otrzymano z mleka krów polskich czerwonych, które wykazywały istotnie ($p \leq 0,01$) najniższą łamliwość, najwyższą spójność i adhezyjność. Skrzepy z mleka krów białogrzbietych i simentalskich cechowały się zbliżonymi parametrami, jednak żele otrzymane z mleka białogrzbietów były istotnie ($p \leq 0,05$) najbardziej sprężyste. Nie wykazano natomiast istotnych różnic w odniesieniu do gumowatości i żuwalności skrzepów. Wykazano, że przebieg procesu koagulacji zależy od zawartości składników suchej masy w mleku przerobowym. Zawartość suchej masy w mleku była dodatnio skorelowana ze zwięzłością skrzepu po 30 min ($r= 0,200$; $p \leq 0,001$). Wraz z większą zawartością suchej masy obserwowano również skrócenie czasu niezbędnego do osiągnięcia przyjętej zwięzłości skrzepu ($r= -0,308$; $p \leq 0,001$). Nie wykazano zależności między zawartością suchej masy a czasem krzepnięcia mleka. Zawartość białka, kazeiny i tłuszczu była dodatnio skorelowana ze zwięzłością skrzepu po 30 min (odpowiednio $r=0,273$; $p \leq 0,001$, $r=0,287$; $p \leq 0,001$, $r=0,136$; $p=0,01$) oraz ujemnie z czasem osiągania określonej zwięzłości (odpowiednio $r=-0,339$; $p \leq 0,001$, $r=-0,323$; $p \leq 0,001$, $r=-0,236$; $p \leq 0,001$). Nie wykazano istotnych współczynników korelacji między parametrami krzepliwości mleka a zawartością laktozy oraz proporcją białka i tłuszczu. Wykazano z kolei istotne ($p \leq 0,001$) korelacje między pH mleka a czasem krzepnięcia ($r=0,249$) i zwięzłością skrzepu po 30 minutach ($r=-0,199$).

Stwierdzono istotne ($0,05 \leq p \leq 0,001$) zależności między parametrami krzepliwości mleka a teksturą uzyskanych skrzepów podpuszczkowych. Czas koagulacji był ujemnie skorelowany z łamliwością skrzepu ($r=-0,457$) oraz jego żuwalnością ($r=-0,141$). Zwięzłość skrzepu po 30 min (A_{30}) była dodatnio skorelowana z jego łamliwością ($r=0,684$), spójnością ($r=0,347$), adhezyjnością ($r=0,263$) i gumowatością ($r=0,183$). Z kolei czas osiągania przyjętej zwięzłości (K_{20}) był ujemnie skorelowany ze wszystkimi analizowanymi parametrami. Uzyskane wyniki wskazują, że wydłużony czas krzepnięcia oraz osiągania przez skrzep określonej zwięzłości negatywnie wpływają na parametry tekstury. Duża zwięzłość skrzepu po 30 minutach związana była z niższą jego łamliwością, a jednocześnie wyższą spójnością i adhezyjnością, co jest ważne przy obróbce skrzepu w czasie wytwarzania sera. Straty tłuszczu

oraz pylenie skrzepu do serwatki w konsekwencji mogą prowadzić do obniżenia ilości i jakości produktu finalnego.

W pracy **nr 3** oceniono związek między właściwościami koagulującymi mleka krów ras lokalnych i wydatkiem sera a jego profilem mineralnym z uwzględnieniem sezonu produkcji (wiosenno-letni i jesienno-zimowy).

Wykazano, że mleko pozyskiwane w sezonie wiosenno-letnim (niezależne od rasy krów) koagulowało w krótszym czasie, a powstający skrzep był bardziej zwięzły (z wyjątkiem mleka krów białogrzbietych), jednak różnice nie zostały potwierdzone statystycznie. Wydatek sera CY (cheese yield) uzyskiwany z określonej objętości mleka jest istotnym wskaźnikiem w ekonomicznej ocenie procesu produkcji serów. Zależy on m.in. od zawartości kazeiny i tłuszczu oraz wapnia w mleku, a także właściwości koagulujących mleka. Najwyższy wydatek sera półtwardego o zawartości wody w zakresie 54-63% oszacowano dla mleka krów polskich czerwonych (17,01-21,14 kg/100 kg). Dla ras białogrzbietej i simentalskiej szacowany wydatek sera był zbliżony i wahał się odpowiednio od 14,83 do 18,68 i od 14,63 do 18,20 kg/100 kg. Niezależnie od rasy krów, szacowana ilość sera była wyższa w sezonie jesienno-zimowym (odpowiednio o 10,2% dla polskiej czerwonej, 7,5% dla simentalskiej i 5,8% dla białogrzbietej), co związane było z większą zawartością w tym mleku składników suchej masy. Analiza wariancji wykazała, że rasa krów istotnie wpływała na wszystkie oceniane parametry krzepliwości mleka i wydatek sera ($p \leq 0,001$), również sezon produkcji istotnie różnicował RCT i A_{30} ($p \leq 0,001$) oraz K_{20} i CY ($p \leq 0,05$).

Wykazano ponadto, że składniki mineralne w mleku są związane nie tylko z jego wartością odżywczą, ale również z właściwościami koagulującymi. Wykazano istotne współczynniki korelacji między parametrami krzepliwości mleka i zawartością wapnia oraz magnezu. Zawartość wapnia była ujemnie skorelowana z czasem krzepnięcia pod wpływem podpuszczki i czasem osiągania przez skrzep określonej zwięzłości (odpowiednio $r=-0,284$, $r=-0,275$; $p \leq 0,01$), natomiast dodatnio ze zwięzłością skrzepu ($r=0,301$; $p \leq 0,001$) oraz z wydatkiem sera ($r=0,202$; $p \leq 0,05$). Wykazano dodatnią korelację dla zawartości magnezu i zwięzłości skrzepu oraz czasu osiągania przez skrzep określonej zwięzłości (odpowiednio $r=0,295$, $r=0,358$; $p \leq 0,001$).

Ad. 4. Ocena jakości i bezpieczeństwa serów rzemieślniczych wytworzonych na bazie mleka krów ras rodzimych – praca nr 4 i nr 5.

W dostępnej literaturze nieliczne opracowania są poświęcone serom produkowanym tradycyjnie w Polsce i dotyczą przede wszystkim ich wartość odżywczej. Brakuje natomiast informacji o związkach warunkujących cechy sensoryczne serów. Celem badań podjętych w ramach pracy **nr 4** była ocena składu chemicznego, profilu kwasów tłuszczowych i związków lotnych w trakcie przechowywania wędzonego sera, wytworzonego z mleka krów polskich ras rodzimych objętych programem ochrony zasobów genetycznych. Analizom poddano 12 serów z mleka pasteryzowanego wytworzonych w lokalnej mleczarni we wsi Łużna położonej na Terenie Beskidu Niskiego. Spółdzielnia Mleczarska skupuje mleko od zaledwie 150 okolicznych dostawców, utrzymujących przede wszystkim krowy rasy polskiej czerwonej, jak również krowy ras objętych programem ochrony zasobów genetycznych, tj. polskiej czerwono-białej i czarno-białej. W badaniach uwzględniono 4 terminy przechowywania serów: 1dzień po wytworzeniu, 21 dzień, 42 dzień, 69 – ostatni dzień przydatności do spożycia wg deklaracji producenta.

Wykazano, że kwasowość czynna (pH) serów w okresie 69 dni przechowywania utrzymywała się na zbliżonym poziomie (5,35-5,38). Odnotowano istotny ($p \leq 0,01$) wzrost zawartości kwasu mlekowego w końcowym okresie przechowywania serów (o ponad 20%). Zawartość suchej masy, tłuszczu i białka nie ulegała istotnym zmianom do końca okresu przechowywania serów. Stwierdzono, że zastosowanie pakowania próżniowego i materiałów opakowaniowych o wysokiej barierowości spowolniło przemiany wywoływane obecnością tlenu, co umożliwiło zachowanie względnie stałego składu chemicznego serów przez cały okres ich przechowywania. W trakcie przechowywania monitorowano profil kwasów tłuszczowych serów. Nie stwierdzono istotnych zmian w udziale krótko- i średniołańcuchowych nasyconych kwasów tłuszczowych. Udział długołańcuchowych kwasów tłuszczowych zwiększył się o zaledwie ok. 0,6% (po 42 dniach przechowywania). Po 21 dniach ich przechowywania następował natomiast istotny ($p<0,05$) i sukcesywny spadek (do 69 dnia) udziału kwasów tłuszczowych o nieparzystej liczbie atomów (o ok. 36%), posiadających rozgałęzione łańcuchy (o ok. 17%) i nienasyconych (o nieco ponad 1%). W obrębie tej ostatniej grupy kwasów istotnie ($p<0,05$) wzrósł jednak udział jednonienasyconych (o 5%), a obniżył się aż o prawie 12% wielonienasyconych. Wykazano negatywny wpływ przechowywania serów na zawartość sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA), która już od pierwszego tygodnia przechowywania sukcesywnie się obniżała (aż o 47%). Zmiany te mogły wynikać z oksydacji lipidów, na co szczególnie

narażone są te nienasycone, co w konsekwencji zmieniało proporcje poszczególnych grup kwasów tłuszczowych. Wykazano, że po 21 dniu przechowywania serów nastąpił niewielki wzrost zawartości pożądanych kwasów tłuszczowych (DFA) – o prawie 2% w końcowym okresie (z 45,09 do 45,92 g/100 g kwasów tłuszczowych). Tym samym, wraz z przechowywaniem nastąpił spadek zawartości hipercholesterolemicznych nasyconych kwasów tłuszczowych (HSFA), w ostatnim terminie badania osiągając najniższe wartości (spadek o 1%). Wskaźniki aterogenny (AI) i trombogenny (TI) dla kwasów hipercholesteromicznych (C12:0; C14:0 i C16:0) wykazują negatywne działanie na zdrowie człowieka [Ulbricht i Southgate, 1991]. Im wyższe wartości wykazują ww. wskaźniki w tłuszczu mlecznym tym większe występuje ryzyko zachorowania na choroby ze strony układu naczyniowo-sercowego [Hanuš i in., 2018]. W czasie przechowywania ocenianych serów wskaźniki aterogenny i trombogenny były niskie. Wskaźnik aterogenny ulegał nieznacznym, ale statystycznie istotnym zmianom ($p<0,05$), wynosząc nieco powyżej 2 w trakcie całego okresu przechowywania, natomiast wskaźnik trombogenny w drugiej połowie przechowywania wzrósł o ok. 50%. Otrzymane wartości dla wskaźników aterogennego i trombogennego były znacznie niższe niż w przypadku serów wytworzonych z mleka krów utrzymywanych w intensywnym systemie chowu.

W ramach przeprowadzonych badań określono profil związków lotnych serów. Zidentyfikowano 53 związki lotne, w tym ketony (18), aldehydy (7), alkohole (6), kwasy karboksylowe (4), związki furanowe (4), węglowodory (3), laktony (3), estry (3) i inne związki (5) nie zakwalifikowane do powyższych grup. Profil związków lotnych ulegał zmianom ilościowym i jakościowym w czasie 69 dni przechowywania serów. Najliczniejszą grupę stanowiły ketony (33% wszystkich związków). Powstają one z wolnych kwasów tłuszczowych w wyniku reakcji ß-oksydacji i dekarboksylacji stanowiąc jedne z najistotniejszych związków decydujących o smakowitości sera [Salum i in., 2018]. Ich zawartość w serach zmniejszała się istotnie ($p<0,05$) w czasie przechowywania (z poziomu 32,68% w serach świeżych do 14,29% w końcowym okresie przydatności do spożycia). Dominującymi związkami w tej grupie były 2-butanon, 3-hydroksy- (acetoina) i 2-butanon. W serach świeżych ich zawartość wynosiła odpowiednio 10,38 i 9,75%, następnie gwałtownie obniżała się w kolejnych tygodniach przechowywania do poziomu 2,61 i 3,53%. Carpino i in. [2004] podają, że acetoina jest jednym ze związków pozwalających na rozróżnienie serów wytworzonych z mleka krów korzystających z pastwiska od tych otrzymanych z mleka krów żywionych paszami konserwowanymi (np. kiszonka z kukurydzy).

W trakcie przechowywania zmieniał się również poziom aldehydów w serach, tzn. ich zawartość sukcesywnie obniżała się od momentu wytworzenia serów (4,85%) do 42 dnia przechowywania (3,40%), a następnie wzrastała (do 5,11%). W serach świeżych dominującymi aldehydami były m.in. 3-metylbutanal i benzaldehyd (związki powstające na drodze przemian aminokwasów, odpowiednio leucyny i fenyloalaniny). Odpowiadają one za posmaki owocowy, orzechowy, słodowy i serowy. Niektóre aldehydy były wskaźnikami utleniania lipidów. Heksanal (obecny w serach od 42 dnia przechowywania) powstawał w wyniku utleniania kwasów oleinowego i linolowego, pentanal (obecny w serach od momentu ich wytworzenia)- kwasów arachidonowego i linolowego. Związki te odpowiadały za powstanie posmaku metalicznego, kartonowego. Zawartość alkoholi zwiększała się do 42 dnia przechowywania serów, a następnie ulegała znacznemu obniżeniu (o 36%). Dominującym związkiem w tej grupie był etanol. W serach przechowywanych do 42 dnia zawartość kwasów karboksylowych utrzymywała się na zbliżonym poziomie (18,46-21,35%), a następnie obserwowano znaczny wzrost stężenia tych związków (do 30,71%). Dominującym związkiem przez cały okres przechowywania serów był kwas octowy (odpowiedzialny za nuty ostre, octowe). W końcowym terminie przydatności do spożycia serów zawartość kwasów butanowego (nadającego nuty ostre, zjełczałe, kwaśne) i heksanowego (nuty tłuszczowe, ostre, kozie) wzrosła ponad dwukrotnie, a oktanowego (nuty słodkie, kozie) ponad dziesięciokrotnie w porównaniu do 42 dnia przechowywania. Ze względu na niskie progi wyczuwalności krótko- i średniołańcuchowe kwasy karboksylowe wpływają na profil smakowy serów. Istotny wzrost koncentracji zidentyfikowanych kwasów tłuszczowych obniża walory sensoryczne serów. W grupie laktonów zidentyfikowano γ-butyrolakton, α-metylo-γ-krotonolakton i cyklopentenolon metylu, przy czym w serach świeżych występował tylko γ-butyrolakton (0,29%). Spośród trzech zidentyfikowanych estrów dwa występowały w serach przez cały okres ich przechowywania (ester metylowy kwasu butanowego i 2(3H)-furanon, 5-metylo-). Pod koniec okresu przydatności do spożycia stwierdzono ester etylowy kwas heksanowego.

Wśród substancji niezakwalifikowanych do żadnej grup zidentyfikowano 4 związki fenolowe i 1 terpen pochodzące z dymu wędzarniczego. Ich udział w serach zwiększał się do 42 dnia przechowywania. Były to substancje osadzające się z dymu na powierzchni serów w czasie wędzenia, a następnie migrujące do wnętrza serów. Biorąc pod uwagę, że dla konsumentów niezwykle istotne są wysokie walory odżywcze i sensoryczne serów, zasadne byłoby zatem podjęcie przez producenta działań gwarantujących zachowanie jego wysokiej jakości przez cały okres przydatności do spożycia, np. rozważyć możliwość pakowania tego

sera w modyfikowanej atmosferze w celu ograniczenia przemian biochemicznych prowadzących do negatywnych zmian w profilu kwasów tłuszczowych i związków lotnych.

W pracy **nr 5** oceniono jakość serów krótko dojrzewających wytworzonych z mleka krów białogrzbietych. Celem podjętych badań była ocena profilu związków lotnych kształtujących cechy sensoryczne serów rzemieślniczych produkowanych bezpośrednio w gospodarstwie z mleka niepasteryzowanego oraz zawartości w nich aminokwasów egzo- i endogennych w czasie 21-dniowego okresu dojrzewania. Należy podkreślić, iż w badaniach dokonano po raz pierwszy charakterystyki związków lotnych i profilu aminokwasów rzemieślniczych serów tradycyjnych wytwarzanych na bazie surowca pozyskiwanego od krów rasy białogrzbietej (polska rasa rodzima), nie poddanego obróbce termicznej.

Badaniami objęto 12 serów. Analizy prowadzono w 4 terminach: w dniu wytworzenia (dzień 0), po 7, 14 i 21 dniach dojrzewania. W celu sprawdzenia bezpieczeństwa zdrowotnego wytworzonych serów poddano je badaniom w kierunku bakterii *Salmonella spp*. [wg PN-EN ISO 6579-1:2017-04], *Listeria monocytogenes* [wg PN-EN ISO 11290-1:2017-07] i *Campylobacter spp*. [PN-EN ISO 10272-1:2017-08]. W efekcie przeprowadzonych badań wykazano, że zapewnienie standardów higienicznych podczas pozyskiwania i przetwarzania mleka pozwala uzyskać wysoką jakość i bezpieczeństwo zdrowotne wyprodukowanych serów. Oceniane produkty we wszystkich terminach dojrzewania spełniały bowiem kryterium bezpieczeństwa żywności, ponieważ nie stwierdzono obecności bakterii *Salmonella spp*., *Listeria monocytogenes* i *Cambylobacter spp.* Analizując profil aminokwasów białka serów wykazano, że świeże sery zawierały więcej aminokwasów endogennych (stanowiących średnio 51,77 g/100 g białka) niż egzogennych (średnio 48,27 g/100 g białka). Spośród aminokwasów endogennych największy udział stanowiła leucyna (średnio 20% ich sumy), zaś egzogennych kwas glutaminowy (średnio aż 40% ich sumy). W czasie dojrzewania ogólnie nastąpił wzrost zawartości aminokwasów endogennych (średnio do 52,30 g/100 g białka), a zmniejszył się egzogennych (średnio do 47,70 g/100 g białka), przy czym różnice te nie były statystycznie istotne. Udział aminokwasów egzogennych był najwyższy w 7 dniu dojrzewania po czym sukcesywnie zmniejszał się. Odwrotne zależności zanotowano dla aminokwasów endogennych. Należy zwrócić szczególną uwagę na zawartość aminokwasów siarkowych (metioniny i cysteiny) będących prekursorami lotnych związków siarkowych. W czasie 21 okresu dojrzewania ich zawartość była na zbliżonym poziomie (metionina średnio 2,66 g/100 g białka a cysteina 0,39 g/100 g białka w ostatnim dniu dojrzewania) i nie różniła się statystycznie.

W ocenianych serach zidentyfikowano 33 związki lotne, przy czym najliczniejszą grupę stanowiły aldehydy (27%), alkohole i ketony (po 21%). Stwierdzono również obecność hydrokarbonów (12%), kwasów karboksylowych (9%) oraz związków furanowych, estrów i innych składników niezakwalifikowanych do powyższych grup (odpowiednio po 3%). W czasie dojrzewania serów wykazano zmiany zawartości składników lotnych, w tym stwierdzono wzrost zawartości alkoholi. Najniższy poziom alkoholi wykazano w serach świeżych bezpośrednio po wytworzeniu (1,54-1,66%), następnie ich ilość wzrastała do 14 dnia dojrzewania, gdzie osiągnęła wartość 2-krotnie wyższą niż w terminie 0 (3,15-3,50%). Po 21 dniach dojrzewania obserwowano znaczne obniżenie udziału tych związków (1,83-1,89%).

W serach świeżych dominującym alkoholem był 2-(winyloksy) etanol. Po 7 i 14 dniach dojrzewania serów nie stwierdzono jego obecności, natomiast odnotowano istotny wzrost zawartości etanolu, przy czym najwyższe jego stężenie stwierdzono w serach po 14 dniach dojrzewania (1,25-1,28%). Zawartość ketonów w serach zmieniała się w trakcie ich dojrzewania, jednak najwyższy łączny poziom stwierdzono w produktach w 21 dniu (53,76-54,87%). Dominującym związkiem w grupie ketonów był 2-butanon, a najwyższa jego zawartość występowała w serach świeżych (41,19-45,51%). W trakcie dojrzewania serów obserwowano obniżanie jego zawartości. W znacznie mniejszych ilościach w serach występowały 2-propanon (0,47-2,59%) i 1-hydroksyaceton (0,23-1,07%). Po 7 dniach dojrzewania stwierdzono obecność 3-hydroksy-2-butanonu (acetoiny), którego najwyższy poziom notowano w 21 dniu dojrzewania (20,69-23,11%). W trakcie dojrzewania serów stwierdzono również obecność 2,3-butanodion (diacetyl), który nie był obecny w serach świeżych. 2-heptanon występował w serach w zmiennych, niewielkich ilościach (0,06-0,12%). Poziom aldehydów zmieniał się w trakcie dojrzewania serów osiągając maksimum w 14 dniu (17,87-26,81%). W serach dojrzewających do 7 dnia dominującym aldehydem był 3-metylbutanal (produkt degradacji leucyny, nadający nutę serową, słodową malty, ostrą), a dojrzewających 14 dni i dłużej - heksanal (metaliczny, aromat trawiasty). Sery dojrzewające 14 dni zawierały istotnie ($p \leq 0,01$) najwięcej pentanalu (aromat migdałowy, owocowy, ostry), heptanalu (tłusty, oleisty, trawiasty), octanalu (trawiasty, tłusty, mydlany, owocowy, nuty skórki pomarańczowej), nonanalu (nadającego nuty mleczne) i 2-nonenalu, (E)-(trawiasty, tłusty), odpowiednio 1,35-1,68%, 4,14-6,21%, 0,57-0,88%, 0,55-0,81% i 0,22-0,37%. W grupie kwasów karboksylowych stwierdzono obecność tylko kwasu octowego, masłowego i heksanowego. Najwięcej kwasów karboksylowych zawierały sery świeże (28,96-30,02%), natomiast najniższy ich poziom stwierdzono w serach dojrzewających 14 dni (13,25-14,60%).

Sery w 14 dniu dojrzewania zawierały istotnie ($p \leq 0,01$) najmniej kwasów octowego i heksanowego (nadających nuty octowe, ostre, kozie), odpowiednio 12,33-13,79% i 0,51-0,54%. Sery dojrzewające 21 dni charakteryzowały się najwyższym ($p \leq 0,01$) poziomem kwasów masłowego i heksanowego, nadającym im nuty masłowe, jełkie, ostre, kozie, odpowiednio 0,58-1,12% i 1,52-1,58%. Najwyższy poziom węglowodorów stwierdzono w serach świeżych (2,29-2,98%), a dominującym związkiem był toluen, związany z nutami orzechowymi, zjełczałymi (1,28-1,90%). Toluen pochodzi z mleka i jest produktem degradacji karotenu, odpowiada za nuty orzechowe, gorzkie i migdałowe. W ocenianych serach nie stwierdzono obecności związków z grupy laktonów, co mogło wynikać z braku obróbki termicznej mleka przeznaczonego do produkcji serów. Laktony powstają z hydroksykwasów przy udziale ciepła, dlatego też są zazwyczaj obecne w mleku pasteryzowanym i serach wytworzonych na bazie takiego mleka [Kilcawley i in., 2018].
W profilu związków lotnych zidentyfikowano substancje występujące w znacznych ilościach w okresie dojrzewania serów (kwas octowy, 2-butanon, 3-hydroksy-2-butanon, heksanal, etanol i toluen). Można je zatem uznać za charakterystyczne dla serów wytworzonych z mleka krów białogrzbietych i wykorzystać jako markery do weryfikacji autentyczności produktu.

Ad. 5. Ocena możliwości zastosowania suplementacji diety krów w celu modyfikacji właściwości koagulujących, zawartości makroskładników i profilu mineralnego mleka – praca nr 7.

Wyniki badań opublikowane w pracach **nr 2 i nr 6** wskazują, że mleko krów ras rodzimych jest cenniejszym surowcem do produkcji serów w porównaniu do mleka pozyskiwanego od krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej o znaczeniu międzynarodowym. Jednak krowy rasy polskiej czerwonej stanowią 0,35% populacji krów mlecznych w Polsce, a białogrzbietej 0,10%. Produkcja mleka towarowego opiera się głównie o krowy rasy holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (84,91% populacji). Problemy z wydłużonym krzepnięciem, występowanie mleka późno koagulującego, dającego mało zwięzły skrzep obniżają przydatność technologiczną mleka do produkcji serów podpuszczkowych. Należy zatem poszukiwać możliwości poprawy jakości mleka. Jednym ze sposobów modyfikacji właściwości fizyko-chemicznych mleka jest modyfikacja żywienia krów.

W pracy **nr 7** oceniono wpływ suplementacji diety krów holsztyńsko-fryzyjskich dodatkiem huminowo-mineralnym pochodzącym z oksyhumolitu na właściwości koagulujące mleka, podstawowy skład chemiczny i profil mineralny. Podjęte badania były pionierskie w

zakresie oceny wpływu kwasów huminowych na właściwości koagulujące mleka, w tym teksturę skrzepów podpuszczkowych. Kwasy huminowe są naturalnymi substancjami organicznymi powstającymi w glebie w procesie humifikacji martwej materii organicznej. Bogatym źródłem tych związków jest oksyhumolit (utleniony węgiel brunatny). Badaniami objęto 64 krowy podzielone na 2 grupy - kontrolną (CON) i doświadczalną (H). Do diety krów z grupy H włączono na 60 dni dodatek huminowo-mineralny, zawierający 65% kwasów huminowych w ilości 100g na krowę/na dobę. Próbki mleka pobrano dwukrotnie, po 30 i 60 dniach. Oceniono właściwości 128 próbek mleka. Wykazano, że zastosowanie suplementacji diety krów istotnie poprawiło zdolność krzepnięcia mleka pod wpływem podpuszczki. Skrócenie czasu koagulacji i osiągania przez skrzep określonej zwięzłości oraz wzrost zwięzłości po 30 minutach od zastosowania koagulantu obserwowano od 30 dnia doświadczenia. Mleko krów z grupy doświadczalnej krzepło o średnio 15% szybciej, a zwięzłość otrzymanego skrzepu była o 36 i 28% wyższa (odpowiednio w 30 i 60 dniu doświadczenia) w porównaniu do grupy kontrolnej. W pierwszym okresie doświadczenia (po 30 dniach stosowania suplementu) nie stwierdzono istotnych różnic dla parametrów tekstury skrzepów, zauważono jednak tendencję do wzrostu twardości oraz zmniejszenia ich łamliwości i sprężystości. Po 60 dniach stosowania żywienia eksperymentalnego wykazano, że skrzepy podpuszczkowe otrzymane z mleka krów żywionych dodatkiem preparatu huminowo-mineralnego charakteryzowały się istotnie wyższą twardością ($p=0,037$) niż te z mleka kontrolnego (odpowiednio 4,36 i 3,56 N) i niższą łamliwością ($p=0,042$), odpowiednio 3,60 i 4,18 N. Tendencja do obniżenia sprężystości skrzepu została utrzymana. Parametry tekstury skrzepów mają duże znaczenie dla przebiegu procesu ich obróbki mechanicznej, a finalnie dla ilości i jakości serów. Krojenie skrzepu odpowiednio twardego i mało łamliwego może ograniczyć jego pylenie i straty składników do serwatki.

Po 60 dniach stosowania preparatu huminowo-mineralnego zaobserwowano istotny wzrost zawartości składników suchej masy, w tym tłuszczu (o 0,27 p.p.; $p=0,041$), białka (o 0,14 p.p.; $p=0,012$) i kazeiny (o 0,12 p.p.; $p=0,029$) oraz obniżenie liczby komórek somatycznych (o 20%). Liczba komórek somatycznych jest istotnym parametrem oceny bezpieczeństwa zdrowotnego i przydatności technologicznej mleka. Według regulacji Unii Europejskiej (Rozporządzenie WE 1662/2006) mleko towarowe przeznaczone do przetwórstwa nie może zawierać więcej niż 400 tys. komórek somatycznych na 1 ml (średnia geometryczna z trzech kolejnych miesięcy).

Suplementacja diety krów wpłynęła na profil mineralny mleka. Po 30 dniach zauważono istotny ($p=0,001$) spadek poziomu potasu w mleku (o 117,7 mg/kg). Zawartość

wapnia, sodu, magnezu, żelaza, manganu i miedzi była natomiast zbliżona. Z kolei po 60 dniach doświadczenia nie obserwowano różnic w zawartości potasu w mleku, wykazano natomiast istotny wzrost zawartości w mleku krów z grupy doświadczalnej wapnia (o 13%; $p<0,000$) i żelaza (o 34%; $p=0,004$).

W efekcie przeprowadzonych badań wykazano, że zastosowanie suplementacji diety krów preparatem zawierającym 65% kwasów huminowych i składniki mineralne w formie chelatowej wpłynęło istotnie na wzrost zawartości białka, w tym kazeiny i tłuszczu w mleku oraz obniżenie liczby komórek somatycznych, ale dopiero po 60 dniach jego stosowania. Po tym okresie zaobserwowano również wyższy poziom wapnia i żelaza w mleku oraz poprawę parametrów tekstury (wyższa twardość i niższa łamliwość) skrzepów podpuszczkowych. Korzystne zmiany w parametrach koagulacyjnych mleka (skrócenie czasu krzepnięcia mleka pod wpływem podpuszczki i osiągania przez powstający skrzep przyjętej zwięzłości oraz wzrost zwięzłości skrzepu) nastąpiły już jednak po 30 dniach jego stosowania w dawce pokarmowej krów i utrzymywały się przez cały okres doświadczenia. Wykazane korzystne zmiany w teksturze skrzepów były efektem zmian w przebiegu procesu koagulacji pod wpływem podpuszczki, a ten z kolei był modyfikowany różnicami w koncentracji białka ogólnego, kazeiny, tłuszczu i składników mineralnych.

Podsumowanie

Przedstawiony cykl 7 prac stanowiących przedłożone osiągnięcie naukowe jest zbiorem publikacji dokumentujących wyniki badań dotyczących jakości serów podpuszczkowych wytworzonych z mleka krów ras lokalnych oraz właściwości koagulujących i wartości odżywczej takiego mleka. Za najważniejsze osiągnięcia tego cyklu uważam:

1. Potwierdzenie, że mleko krów ras lokalnych jest cenniejszym źródłem białek serwatkowych i witamin lipofilowych niż mleko rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. Wyróżnia się ono wyższą zawartością związków bioaktywnych, w tym o właściwościach antyoksydacyjnych, tj. witamin E, A i D3 oraz β-laktoglobuliny, a także o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych, głównie laktoferyny. Mleko w okresie letnim zawiera więcej witamin lipofilowych, w szczególności witaminy D3.

2. Wykazanie, że mleko krów ras lokalnych jest cennym źródłem składników mineralnych. Stwierdzono, że mleko krów rasy polskiej czerwonej, szczególnie w sezonie wiosenno-letnim, w najwyższym stopniu realizuje zapotrzebowanie na wapń i magnez dla populacji polskiej.

3. Przeprowadzenie po raz pierwszy kompleksowej oceny właściwości koagulujących mleka krów utrzymywanych w Polsce w oparciu o metody instrumentalne. Wykazano, że mleko od krów ras lokalnych jest cennym surowcem do wytwarzania serów. Charakteryzuje się ono dobrymi parametrami krzepliwości. Krótki czas krzepnięcia, wysoka zwięzłość skrzepu i krótki czas uzyskiwania przyjętej zwięzłości warunkują pożądane parametry tekstury skrzepów podpuszczkowych, tzn. niską łamliwość oraz wysoką spójność.

4. Wykazanie, że przebieg procesu koagulacji zależy od zawartości składników suchej masy w mleku przerobowym. Stwierdzono, że zawartość suchej masy w mleku była dodatnio skorelowana ze zwięzłością skrzepu po 30 min. Wyższa zawartość suchej masy skraca również czas niezbędny do osiągnięcia przyjętej zwięzłości skrzepu. Czas krzepnięcia mleka nie jest uzależniony od zawartości suchej masy. Zawartość białka, kazeiny i tłuszczu jest dodatnio skorelowana ze zwięzłością skrzepu po 30 min oraz ujemnie z czasem osiągania przyjętej zwięzłości.

5. Stwierdzenie istotnych zależności między parametrami krzepliwości mleka a teksturą skrzepów podpuszczkowych. Czas koagulacji jest ujemnie skorelowany z łamliwością skrzepu oraz jego żuwalnością. Zwięzłość skrzepu po 30 min jest dodatnio skorelowana z jego łamliwością, spójnością, adhezyjnością i gumowatością. Czas osiągania przyjętej zwięzłości jest ujemnie skorelowany ze wszystkimi analizowanymi parametrami tekstury. Wydłużony czas krzepnięcia oraz osiągania przez skrzep określonej zwięzłości negatywnie wpływają na parametry tekstury. Wysoka zwięzłość skrzepu po 30 minutach jest związana z niższą jego łamliwością, a jednocześnie wyższą spójnością i adhezyjnością, tzn. parametrami istotnie warunkującymi prawidłową obróbkę skrzepu w czasie wytwarzania sera.

6. Wykazanie, że składniki mineralne w mleku są związane nie tylko z jego wartością odżywczą, ale również z właściwościami koagulującymi. Uzyskano istotne współczynniki korelacji dla parametrów krzepliwości mleka i zawartości wapnia oraz magnezu. Zawartość wapnia jest ujemnie skorelowana z czasem krzepnięcia pod wpływem podpuszczki i czasem osiągania przez skrzep określonej zwięzłości, natomiast dodatnio ze zwięzłością skrzepu oraz z wydatkiem sera. Wykazano dodatnią korelację dla zawartości magnezu i zwięzłości skrzepu oraz czasu osiągania przez skrzep określonej zwięzłości.

7. Zidentyfikowanie po raz pierwszy profilu związków lotnych i kwasów tłuszczowych w serach wędzonych wytworzonych z mleka krów polskich ras rodzimych.

8. Określenie po raz pierwszy profilu związków lotnych i aminokwasów w serach otrzymanych z niepasteryzowanego mleka krów rodzimej rasy białogrzbietej. Wykazano, że sery rzemieślnicze charakteryzują się wysoką wartością odżywczą (wysoki udział w białku

aminokwasów egzogennych), atrakcyjnością sensoryczną uwarunkowaną obecnością licznych związków lotnych. Wskazano na możliwość wykorzystania takich związków lotnych, jak kwas octowy, 2-butanon, 3-hydroksy-2-butanon, heksanal, etanol i toluen jako (potencjalnych) markerów do weryfikacji autentyczności serów otrzymanych z mleka krów tej rasy.

9. Wykazanie, że pakowanie próżniowe pozwala zachować poziom podstawowych składników chemicznych, ale nie zapobiega zmianom w profilu kwasów tłuszczowych i związków lotnych w czasie 69-dniowego przechowywania regionalnych serów wędzonych z mleka krów rasy polskiej czerwonej. Zaobserwowano m.in. obniżenie zawartości sprzężonych dienów kwasu linolowego (CLA) i kwasów tłuszczowych n-3 i n-6, natomiast wzrost zawartości kwasów butanowego (nadającego nuty ostre, zjełczałe, kwaśne), heksanowego (nuty tłuszczowe, ostre, kozie) i oktanowego (nuty słodkie, kozie), które ze względu na niskie progi wyczuwalności mogą negatywnie wpływać na profil smakowy serów. Zasadne jest zatem podjęcie działań gwarantujących zachowanie jego wysokiej jakości przez cały okres przydatności do spożycia, np. poprzez modyfikację sposobu ich pakowania.

10. Wykazanie poprawy właściwości koagulujących i profilu mineralnego mleka na drodze modyfikacji diety krów. Po raz pierwszy oceniono wpływ dodatku huminowo-mineralnego w żywieniu krów na cechy przydatności technologicznej mleka do produkcji serowarskiej. Pionierskie badania w tym zakresie pozwoliły stwierdzić, że zastosowanie suplementacji diety krów istotnie poprawiło zdolność krzepnięcia mleka pod wpływem podpuszczki, tzn. skróciło czas krzepnięcia i zwiększyło zwięzłość powstającego skrzepu. Skrzepy takie były istotnie twardsze i mniej łamliwe. Zwiększyła się również zawartość wapnia i żelaza w mleku.

Podsumowując należy stwierdzić, że mleko krów ras lokalnych utrzymywanych w Polsce charakteryzuje się wysoką wartością odżywczą oraz dobrymi właściwościami koagulującymi. Obecność na rynku żywnościowym serów otrzymanych z takiego mleka może być pożądana przez konsumentów poszukujących żywności tradycyjnej, zwracających uwagę na unikatowe cechy wybieranych produktów.

Piśmiennictwo

1. Antoniewska A., Rutkowska J., Pineda M.M. (2019). Antioxidative, sensory and volatile profiles of cookies enriched with freeze-dried Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) fruits. Food Chemistry, 286, 376–387.

2. AOAC (2000). Official method no. 935.42 – ash of cheese, 33.7.07. W: Official Methods of Analysis, 17 th ed. Vol. II. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg. MD. USA.

3. AOAC (2000). Official Methods of Analysis. Casein Nitrogen Content of Milk. 998.06. W: Official Methods of Analysis, 17 th ed. Vol. II. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg. MD. USA.

4. Balejko J.A., Balejko E. (2011). Porównanie wyników instrumentalnej i sensorycznej analizy tekstury wybranych gatunków serów. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae. Agricultura, Alimentaria, Piscaria, 290 (20), 5-16.

5. Barłowska J., Litwińczuk Z., Wolanciuk A., Brodziak A. (2009). Relationship of somatic cell count to daily yield and technological usefulness of milk from different breeds of cows. Polish Journal of Veterinary Science, 12(1), 75-9.

6. Brodziak A., Barłowska J., Król J., Litwińczuk Z. (2012). Effect of breed and feeding system on content of selected whey proteins in cows' milk in spring-summer and autumn-winter seasons. Annals of Animal Science, 12, 261-269.

7. Budsławski J. (1973). Badanie mleka i jego przetworów. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

8. Buňka F., Kříž O., Veličková A., Buňková L., Kráčmar S. (2009). Effect of acid hydrolysis time on amino acid determination in casein and processed cheeses with different fat content. Journal of Food Composition and Analysis, 22, 224–232.

9. Carpino S., Mallia S., La Terra S., Melilli C., Licitra G., Acree T., Barbano D.M., Van Soest P. (2004). Composition and Aroma Compounds of Ragusano Cheese: Native Pasture and Total Mixed Rations. Journal of Dairy Science, 87, 816-830.

10. Cipolat-Gotet C., Cecchinato A., De Marchi M., Penasa M., Bittante G. (2012). Comparison between mechanical and near-infrared methods for assessing coagulation properties of bovine milk. Journal of Dairy Science, 95, 6806-6819.

11. De Marchi M., Dal Zotto R., Cassandro M., Bittante G. (2007). Milk coagulation ability of five dairy cattle breeds. Journal of Dairy Science, 90, 3986-3992.

12. Dolik K., Kubiak M.S. (2013). Instrumentalny test analizy profilu tekstury w badaniu jakości wybranych produktów spożywczych. Nauki Inżynierskie i Technologie, 3,10, 35-44.

13. Dz.U.UE.C.2011.104.1 Opinia perspektywiczna Komitetu Regionów "Lokalne systemy żywnościowe" (2011/C 104/01).

14. FAOSTAT– Food and Agriculture Organization of The United Nations, Statistics Division, http://faostat.fao.org (data dostępu 5 listopada 2021).

15. Hanuš O., Samková E., Křížová L., Hasoňová L., Kala R. (2018). Role of Fatty Acids in Milk Fat and the Influence of Selected Factors on Their Variability—A Review. Molecules, 23, 1636.

16. Hewavitharana A.K., van Brakel A.S., Harnett M. (1996). Simultaneous liquid chromatographic determination of vitamins A, E and beta–carotene in common dairy foods. International Dairy Journal, 6, 613-624.

17. Jarosz M. (red.) (2020). Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa.

18. Kaya I.H. (2016). Motivation factors of consumers' food choice. Food and Nutrition Sciences, 7, 149-154.

19. Kilcawley K.N., Faulkner H., Clarke H.J., O'Sullivan M.G., Kerry J.P. (2018). Factors influencing the flavour of bovine milk and cheese from grass based versus non-grass based milk production systems. Foods, 7, 37, 1-43.

20. Litwińczuk Z., Barłowska J., Chabuz W., Brodziak A. (2012). Nutritional value and technological suitability of milk from cows of three polish breeds included in the genetic resources conservation programme. Annals of Animal Science, 12(3), 423-432.

21. Melilli C., Lynch J.M., Carpino S., Barbano D.M., Licitra G., Cappa A. (2002). An Empirical Method for Prediction of Cheese Yield. Journal of Dairy Science, 85, 2699-2704.

22. Oldejans R. (2017). Local Food Chain: Multi-stakeholders Policies in Dutch and European Policies. W: Colucci A., Magoni M., Menoni S. (red.) Peri-Urban Areas and Food-Energy-Water Nexus. Springer Tracts in Civil Engineering. Springer, Cham.

23. Pang Z., Deeth H., Sopade P., Sharma R., Bansal N. (2014). Rheology, texture and microstructure of gelatin gels with and without milk proteins. Food Hydrocolloids, 35, 484-493.

24. Penasa M., Tiezzi F., Sturaro A., Cassandro M., De Marchi M. (2014). A comparison of the predicted coagulation characteristics and composition of milk from multi-breed herds of Holstein-Friesian, Brown Swiss and Simmental cows. International Dairy Journal, 35, 6-10.

25. Penasa M., Toffanin V., Cologna N., Cassandro M., De Marchi M. (2016). Effects of dairy factory, milk casein content and titratable acidity on coagulation properties in Trentingrana dairy industry. Journal of Dairy Research, 83, 242-248.

26. Percival Carter E., Welcomer S. (2021). Designing and Distinguishing Meaningful Artisan Food Experiences. Sustainability, 13, 8569.

27. Pijanowski E., Dłużewski M., Dłużewska A., Jarczyk A. (2000). Ogólna technologia żywności, ed. Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.

28. PN-EN ISO 12966-1:2015-01 (2015). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych - Część 1: Przewodnik do nowoczesnej chromatografii gazowej estrów metylowych kwasów tłuszczowych.

29. PN-EN ISO 5508 (1996). Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.

30. PN-73/A-86232. Mleko i przetwory mleczarskie, Sery, metody badań.

31. PN-EN ISO 10272-1:2017-08 Mikrobiologia łańcucha żywnościowego – Horyzontalna metoda wykrywania obecności i oznaczania liczby *Campylobacter spp*. – Część 1: Metoda wykrywania.

32. PN-EN ISO 11290-1:2017-07. Mikrobiologia łańcucha żywnościowego – Horyzontalna metoda wykrywania i oznaczania liczby *Listeria monocytogenes* i innych *Listeria spp*. – Część 1: Metoda wykrywania.

33. PN-EN ISO 4833-1:2013-12 Mikrobiologia łańcucha żywnościowego – Horyzontalna metoda oznaczania liczby drobnoustrojów – Część 1: Oznaczanie liczby metodą posiewu wgłębnego w temperaturze 30°C.

34. PN-EN ISO 6579-1:2017-04 Mikrobiologia łańcucha żywnościowego - Horyzontalna metoda wykrywania, oznaczania liczby i serotypowania *Salmonella* – Część 1: Wykrywanie *Salmonella spp*.

35. PN-EN ISO 8968: 2004 Mleko - Oznaczanie zawartości azotu - Część 1: Metoda Kjeldahla. Część 2: Metoda z zastosowaniem bloku do mineralizacji (Metoda makro).

36. PN-ISO 4121:1998 Analiza sensoryczna. Metodologia. Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania.

37. Pretto D., De Marchi M., Penasa M., Cassandro M. (2013). Effect of milk composition and coagulation traits on Grana Padano cheese yield under field conditions. Journal of Dairy Research, 80, 1-5.

38. Romero C., Perez-Andújar O., Olmedo A., Jiménez S. (1996). Detection of cow's milk in ewe's or goat's milk by HPL. Chromatographia, 42, 181-184.

39. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1662/2006 z dnia 6 listopada 2006 r., zmieniające Rozporządzenie (WE) nr 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiające szczególne przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego.

40. Salum P., Govce G., Kendirci P., Baş D., Erbay Z. (2018). Composition, proteolysis, lipolysis, volatile compound profile and sensory characteristics of ripened white cheeses manufactured in different geographical regions of Turkey. International Dairy Journal, 87, 26-36.

41. Stampa E., Schipmann-Schwarze C., Hamm U. (2020). Consumer perceptions, preferences, and behavior regarding pasture-raised livestock products: A review. Food Quality and Preference, 82, 103872.

42. Ulbricht T.L., Southgate D.A. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. Lancet. 19, 338(8773):985-92. doi: 10.1016/0140-6736(91)91846-m.

43. Van Loo E.J., Grebitus C., Roosen J. (2019). Explaining attention and choice for origin labeled cheese by means of consumer ethnocentrism. Food Quality and Preference, 78, 103716.

44. Zannoni M., Annibaldi S. (1981). Standardization of the renneting ability of milk by Formagraph. Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia, 32, 3, 79-94.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Współpraca z prof. dr hab. Jarosławą Rutkowską z Instytutu Nauk o Żywieniu Człowieka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w zakresie badań nad profilem związków lotnych w serach podpuszczkowych. Owocem współpracy jest publikacja **Teter A.**, Barłowska J., Król J., Brodziak A., Rutkowska J., Litwińczuk Z. (2020): Volatile compounds and amino acid profile of short-ripened farmhouse cheese manufactured from the milk of the White-Backed native cow breed. *LWT – Food Science and Technology*, 129, Article number 109602, DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109602 (100 pkt, IF=4,952).

Współpraca z dr inż. Małgorzatą Stryjecką z Instytutu Nauk Rolniczych Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Chełmie w zakresie oceny właściwości antyoksydacyjnych miodów. Efektem współpracy są 2 publikacje: Kędzierska-Matysek M., Stryjecka M., **Teter A.**, Skałecki P., Domaradzki P., Florek M. (2021): Relationships between the Content of Phenolic Compounds and the Antioxidant Activity of Polish Honey Varieties as a Tool for Botanical Discrimination. *Molecules*, vol. 26 Issue 6 Article number 1810, DOI: 10.3390/molecules26061810 (140 pkt, IF=4,411), Kędzierska-Matysek M., **Teter A.**, Stryjecka M., Skałecki P., Domaradzki P., Rudaś M., Florek M. (2021): Relationships Linking the Colour and Elemental Concentrations of Blossom Honeys with Their Antioxidant Activity: A Chemometric Approach. *Agriculture*, vol. 11 Issue 8 Article number 702, DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture11080702 (100 pkt, IF=2,925).

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Osiągnięcia dydaktyczne:

Przygotowanie i prowadzenie autorskich zajęć dydaktycznych – wykłady, ćwiczenia laboratoryjne, ćwiczenia audytoryjne z następujących przedmiotów:

Analiza i ocena jakości żywności, Metody oceny jakości żywności, Edukacja żywieniowa, Przechowywanie i dystrybucja żywności, Podstawy dietetyki, Normalizacja, standaryzacja i certyfikacja żywności, Systemy kontroli jakości, Zarządzanie jakością, Narzędzia kompleksowego zarządzania jakością, Zagrożenia w produkcji i przetwórstwie mleka na

kierunkach Dietetyka, Bezpieczeństwo i Certyfikacja Żywności, Inżynieria Chemiczna i Procesowa, Bezpieczeństwo i Higiena Pracy, Commodity science of animal products.

Przygotowanie i prowadzenie autorskich zajęć na studiach podyplomowych Analityka, Bezpieczeństwo i Certyfikacja Żywności z przedmiotu Analiza instrumentalna żywności.

Promotor prac dyplomowych:

Okres sprawowania opieki: 2015-2022 r.

Liczba osób nad którymi sprawowana była opieka naukowa: 80, w tym:

18 prac magisterskich (kierunek: Bezpieczeństwo i Certyfikacja Żywności, Biologia stosowana, Towaroznawstwo),

25 prac inżynierskich (kierunek: Bezpieczeństwo żywności, Bezpieczeństwo i Certyfikacja Żywności, Towaroznawstwo, Bezpieczeństwo i Higiena Pracy),

37 prac licencjackich na kierunku Dietetyka.

Osiągnięcia organizacyjne:

1. Opiekun roku studenckiego na Wydziale Biologii i Hodowli Zwierząt: kierunek Bezpieczeństwo żywności (2015-2018 r.).
2. Członek Komitetu Redakcyjnego czasopisma Acta Scientiarum Polonorum, Zootechnica – Animal Science – od 1 września 2019 r.
3. Członek Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego – od 2016 r.
4. Członek Polskiego Towarzystwa Technologów Żywności – od 2018 r.
5. Sekretarz Lubelskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego – od 2021 r.
6. Opiekun Sekcji Oceny Jakości i Bezpieczeństwa Żywności Koła Naukowego Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki – od 2016 r.
7. Członek rady programowej kierunku Bezpieczeństwo i certyfikacja żywności.
8. Członek Zespołu ds. Promocji Wydziału Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki.
9. Członek Kolegium Wydziału Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki (kadencja 2021-2025 r.).

Osiągnięcia popularyzujące naukę lub sztukę:

1. Przeprowadzenie warsztatów z zakresu towaroznawstwa surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego oraz bezpieczeństwa żywności dla uczniów VI LO w Lublinie (18 listopada 2014 r.)

2. Przeprowadzenie warsztatów z zakresu towaroznawstwa surowców i produktów pochodzenia zwierzęcego oraz bezpieczeństwa żywności dla uczniów VI LO w Lublinie (20 listopada 2014 r.)
3. Przeprowadzenie warsztatów pt. „Odkrywamy tajemnice mleka" dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych w ramach Dnia Otwartego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w dniu 12 marca 2015 r.
4. Wygłoszenie wykładu popularnonaukowego dla Zespołu Szkół Ekonomicznych i III LO w Chełmie podczas Konferencji Naukowej pt. „Bezpieczeństwo Żywności" w dniu 17 kwietnia 2015 r.
5. Przeprowadzenie wykładu i warsztatów pt. „Tajemnice mleka" w ramach akcji „Uczeń z Indeksem Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie" pod patronatem Władz Dziekańskich Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt w dniu 13 maja 2016 r.
6. Kierownik projektu popularno-naukowego pt. „Z mlekiem po zdrowie" w ramach XIV Lubelskiego Festiwalu Nauki, 2017 r.
7. Kierownik projektów popularno-naukowych pt. „Jak wykryć potencjalne zafałszowania w mleku?" i „Bezpieczeństwo żywności od laboratorium do stołu" w ramach XV Lubelskiego Festiwalu Nauki, 2018 r.
8. Przeprowadzenie warsztatów pt. „Odkrywamy tajemnice mleka" dla uczniów szkoły średniej w ramach Dnia Otwartego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w dniu 7 marca 2019 r.
9. Wygłoszenie wykładu i przeprowadzenie warsztatu pt. „Tajemnice mleczarstwa" dla uczniów szkoły średniej w ramach Dnia Otwartego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie w dniu 5 marca 2020 r.
10. Wygłoszenie wykładu on-line pt. „Odkrywamy tajemnice mleka" w dniu 23 września 2021 r. w ramach Festiwalu Nauki.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

Promotor pomocniczy we wszczętym przewodzie doktorskim mgr inż. Patrycji Dopieralskiej. Proponowany tytuł rozprawy: Przydatność mleka krów ras lokalnych do wytwarzania serów o podwyższonych walorach odżywczych. Promotor: prof. dr hab. Joanna Barłowska. Data wszczęcia przewodu 17 kwietnia 2019 r.

2-tygodniowy staż naukowy (14-25.11.2016 r.) w Katedrze Mleczarstwa i Zarządzania Jakością Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Opiekun naukowy: dr hab. inż. Jarosław Kowalik, prof. UWM.

Stypendysta projektu „Stypendia dla doktorantów II" współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego w roku 2012 r. Podstawą przyznania stypendium była współpraca ze Spółdzielczą Mleczarnią Spomlek w Radzyniu Podlaskim, w zakresie wdrażania wyników badań uzyskanych w ramach pracy doktorskiej nt. czynników warunkujących jakość mleka i jego przydatność technologiczną.

Ukończone szkolenia z zakresu systemów zarządzania jakością:

1. Ukończone szkolenie z Systemów Zarządzania Jakością zakończonego egzaminem zewnętrznym i uzyskaniem certyfikatu „Asystenta Systemu Zarządzania Jakością" wydanego przez Polskie Centrum Badań i Certyfikacji S.A. w Warszawie – 2008 r.
2. Ukończone szkolenie „Manager ISO 9001:2015" organizowane przez Audit Group Institiute w terminie 14 -16 października 2015 r. w Warszawie; uzyskanie certyfikatu wydanego przez European Register of Certificated Auditors (ERCA)
3. Ukończone szkolenie „Lead Auditor", organizowane przez Audit Group Institiute w terminie 21 - 25 listopada 2015 r. w Warszawie; uzyskanie certyfikatu Lead Auditor wydanego przez European Register of Certificated Auditors (ERCA)
4. Ukończone szkolenie „Auditor wewnętrzny ISO 9001" organizowane przez Audit Group Institiute w terminie 23 -25 listopada 2015 r. w Warszawie
5. Ukończone szkolenie „Menager i Audytor wewnętrzny Systemów Zarządzania Bezpieczeństwem i Jakością Żywności" organizowane przez Audit Group Institiute w terminie 23 - 25 listopada 2015 r. w Warszawie; uzyskanie uprawnień Menagera ISO 22000, BRC, IFS oraz Auditora ISO 22000, BRC, IFS
6. Ukończone szkolenie „Narzędzia i techniki zarządzania jakością i rozwiązywania problemów jakościowych" organizowane przez Lynsky Solution w terminie 9 - 10 maja 2019 r. w Krakowie

Ukończone szkolenia z zakresu produkcji i oceny jakości żywności:

7. Ukończone szkolenie „Z nauki do gospodarki" organizowanego przez Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie w dniach od 16 listopada 2009 do 13 stycznia 2010 r.

8. Ukończone szkolenie „Zarządzanie Badaniami Sektora Produkcji Żywności", organizowanego przez Polskie Zrzeszenie Producentów Bydła Mięsnego w terminach 24 - 28 czerwca 2013 r. w Gdyni oraz 9 - 13 września 2013 r. w Mrągowie
9. Ukończone szkolenie „Przyszłość Rozwojowa Żywności", organizowanego przez Polskie Zrzeszenie Producentów Bydła Mięsnego w terminach 18 - 22 listopada 2013 r. w Serocku oraz 13 - 17 stycznia 2014 r. w Warszawie
10. Uczestnictwo w warsztatach wdrożeniowych „Wytwarzanie produktów mlecznych na poziomie gospodarstwa", Puchaczów, 27-28 listopada 2019 r.

Inne:

11. Ukończone szkolenie „Technika PCR i jej zastosowania" organizowanego przez firmę DNA-Gdańsk we współpracy z A&A Biotechnology w Gdańsku – 2008 r.
12. Ukończony kurs „Komercjalizacja wiedzy" w ramach projektu systemowego Stypendia naukowe dla doktorantów II w dniach 5, 6, 19 października 2013 r. w Lublinie
13. Ukończony kurs „STATISTICA kurs podstawowy" zorganizowany przez StatSoft Polska, 29 listopada 2013 r. w Krakowie
14. Ukończony kurs języka angielskiego na poziomie B2 (certyfikat TELC), organizowany przez Centrum Kształcenia Ustawicznego Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, 2013 r.
15. Ukończone szkolenie dla osób wykonujących czynności związane z wykorzystaniem zwierząt do celów naukowych lub edukacyjnych – zaświadczenie nr 292/2015, 28 - 29 listopada, 5 - 6. grudnia, 12 - 13 grudnia 2015 r., UP Lublin
16. Ukończony „Kurs dietetyki podstawowy" organizowany przez Akademię Dietetyki w terminie 10 -19 maja 2021 r. w Łodzi
17. Ukończone szkolenie „Innowacyjne narzędzia edukacyjne i techniki pracy z grupą"- 8-10 grudnia, 2021 r. w Lublinie

Nagrody i wyróżnienia:

1. Dyplom wyróżniającego się absolwenta Akademii Rolniczej w Lublinie za wybitne osiągnięcia w nauce, nr 410, 19 stycznia 2008 r.
2. Dyplom Uznania Marszałka Województwa Lubelskiego z okazji ukończenia studiów za bardzo dobre wyniki w nauce, 19 stycznia 2008 r.

3. Dyplom Uznania Wojewody Lubelskiego za bardzo dobre wyniki w nauce, zaangażowanie na rzecz studenckiego ruchu naukowego oraz działalność w organizacjach młodzieżowych, 19 stycznia 2008 r.
4. Dyplom Uznania Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie za osiągnięcia naukowe w latach 2006-2008, 1 października, 2009 r.
5. Wyróżnienie w sesji posterowej I Międzynarodowej VII Ogólnopolskiej Młodzieżowej Konferencji Naukowej „Nauki o człowieku w środowisku na początku XXI w." za pracę pt. „Związek wariantów genetycznych κ-kazeiny ze wskaźnikami przydatności technologicznej mleka krów rasy Simental", 23 maja 2011 r., Rzeszów
6. Dyplom uznania Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie za osiągnięcia naukowe, 1 października 2012 r.
7. Wyróżnienie w IX edycji konkursu na najlepszą pracę doktorską z zakresu nauk zootechnicznych organizowanego przez Zarząd Główny Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego im. Michała Oczapowskiego za pracę pt. „Polimorfizm κ-kazeiny i β-laktoglobuliny u różnych ras krów i jego wykorzystanie do oceny wartości odżywczej i przydatności technologicznej mleka", 2016 r., Warszawa
8. Nagroda zespołowa III Stopnia Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie za osiągnięcia naukowe, 1 października 2021 r.

PODPIS ZAUFANY
ANNA
TETER
15.02.2022 11:55:55 [GMT+1]
Dokument podpisany elektronicznie podpisem zaufanym