

ISSN 1643-7586

Polska
Akademia
Nauk
Instytut
Genetyki
i Hodowli
Zwierząt



prace i materiały zootechniczne

**Monografie
i Rozprawy**

Zeszyt 1

Jastrzębiec 2018

Polska Akademia Nauk
Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt

Prace i materiały zootechniczne

**Monografie
i Rozprawy
Zeszyt 1**

**„BIOŻYWNOŚĆ: innowacyjne, funkcjonalne
produkty pochodzenia zwierzęcego”**

– wybrane osiągnięcia

Monografia

Jastrzębiec 2018

REDKACJA

Danuta Siwiec, d.siwiec@ighz.pl

AUTORZY

J. O. Horbańczuk, A. Józwik, N. Strzałkowska, C. Tomasik, T. Blicharski, Ż. Zdanowska-Sąsiadek, J. Marchewka, D. Goluch, E. Poławska, M. Pierzchała, P. Urbański, R. Parada, M. Kotlarska, A. Korwin-Kossakowska, M. Świtnicki, K. Papis, , E. Juszczyk-Kubiak, J. Oprządek, M. Sacharczuk, E. Bagnicka, D. Słoniewska, L. Zwierzchowski, J. Krzyżewski, K. Horbańczuk, T. Sakowski, K. Słoniewski, J. Jarczak, E. Kościuczuk, E. Metera, G. Faliszewska, E. Karpiniak, M. Stachelek, D. Holc, K. Wicińska, M. Cymer, J. Ligas, W. Grzybek, K. Jasińska, K. Kosińska, K. Kordos, B. Pyzel, F. Wojciechowski, E. Tober, M. Szelaq, M. Buza, E. Szablisty, B. Wijas, A. Bobrowska, S. Petrykowski, E. Wenta-Muchalska, M. Cybulska, I. Bieńkowska

RECENZJA

Adam Kołtątaj

Anna Charuta

Okładkę projektował

Z. Ziemka

Polska Akademia Nauk, Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt

Polish Academy of Sciences Institute of Genetics and Animal Breeding

Adres: Jastrzębiec, 05-552 Magdalenka

Telefon (0-22) 736 7000

www.ighz.pl

© Copyright by Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN, Jastrzębiec 2018

ISSN 1643-758

Spis treści

Wstęp

..... 1

ROZDZIAŁ 1:

Pozyskiwanie mleka o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej..... 5

ROZDZIAŁ 2:

Pozyskiwanie wieprzowiny o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej..... 57

ROZDZIAŁ 3:

Pozyskiwanie mięsa drobiu i jaj o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej..... 97

ROZDZIAŁ 4:

Opracowanie kompleksowych, innowacyjnych technologii produkcji artykułów mleczarskich, wytwarzanych z mleka krów, kóz i owiec..... 140

ROZDZIAŁ 5:

Ocena jakości wybranych surowców zwierzęcych i ich przetworów w zakresie właściwości funkcjonalnych (wartości odżywczej, jakości prozdrowotnej, fizykochemicznej, sensorycznej).....156

Wstęp

„BIOŻYWNOSĆ: innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego”

Kierownik projektu - prof. dr hab. Jarosław Horbańczuk

Okres realizacji projektu – 1 stycznia 2010 – 31 grudnia 2015

Wartość projektu – 39 250 146 zł

Projekt był współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka w Działaniu 1.1 „Wsparcie badań naukowych dla budowy gospodarki opartej na wiedzy”, Poddziałaniu 1.1.2 „Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych”.

Projekt „BIOŻYWNOSĆ – innowacyjne, funkcjonalne produkty pochodzenia zwierzęcego” był realizowany przez Konsorcjum Naukowo-Przemysłowe (9 partnerów) utworzone przez **Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk (Koordynator Projektu)**.

Partnerzy naukowi Konsorcjum

- Instytut Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk
- Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
- Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt im. J. Kielanowskiego Polskiej Akademii Nauk
- Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego - Oddział Technologii Mięsa i Tłuszczu

Partnerzy przemysłowi Konsorcjum

- Związek „Polskie Mięso”
- Polski Związek Hodowców i Producentów Trzody Chlewnej „POLSUS”
- Zakłady Mięsne „Olewnik-Bis” Sp. z o.o.
- „AGRO-DANMIS” Gramowscy Sp. J.
- Inter Yeast Sp. z o.o.

Celem ogólnym projektu **BIOŻYWNOŚĆ** było zwiększenie poziomu innowacyjności polskiego sektora rolno-spożywczego poprzez badania w obszarze nauk związanych z jakością żywności, co przyczyni się do budowy gospodarki opartej na wiedzy, wzrostu jej konkurencyjności oraz szybszego rozwoju cywilizacyjnego kraju obejmującego poprawę zdrowia społeczeństwa.

Celem bezpośrednim projektu **BIOŻYWNOŚĆ** było **kompleksowe opracowanie technologii wytwarzania produktów (surowców i przetworów) spożywczych pochodzenia zwierzęcego o optymalnej wartości odżywczej i prozdrowotnej, spełniających kryteria żywności funkcjonalnej**. Projekt uwzględnia precyzyjne powiązanie ogniw w całym łańcuchu żywnościowym od „pola do stołu” oraz ekonomikę produkcji.

Projekt składał się z **8 komplementarnych zadań badawczych** w ciągu logicznym rozpoczynającym się od **badania konsumentów i eksperymentów** w celu ustalenia wymagań jakimi powinny charakteryzować się surowce i przetwory spożywcze pochodzenia zwierzęcego spełniające kryteria żywności funkcjonalnej. Następne zadania dotyczyły **sposobów pozyskiwania surowców i produktów nieprzetworzonych pochodzenia** o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej, obejmujących genetyczne uwarunkowania jakości żywności, wpływ metod żywienia i systemów utrzymania zwierząt oraz ocenę jakości pozyskiwanych surowców i produktów. Kolejne zadania obejmowały **opracowanie technologii produkcji przetworów z uzyskanego mleka oraz przetworów z wieprzowiny** w ścisłym połączeniu z oceną jakości wytworzonych przetworów w zakresie wartości odżywczej, właściwości prozdrowotnych i jakości sensorycznej z uwzględnieniem bezpieczeństwa żywności na etapie przetwórstwa i przechowywania. Ostatnie zadanie obejmowało badania w zakresie **marketingu i promocji wytwarzanych produktów pochodzenia zwierzęcego**.

Prace badawcze i rozwojowe były ukierunkowane na dziedziny naukowe, które mogą mieć decydujący wpływ na szybki rozwój gospodarczy kraju oraz poprawę jakości życia i zdrowia społeczeństwa. **Projekt ma więc wyjątkowe znaczenie społeczne i gospodarcze, tworząc warunki dla wzrostu konkurencyjności polskiej bio-gospodarki opartej na wiedzy.**

W rezultacie projektu otrzymano szereg innowacyjnych produktów istotnych z punktu widzenia potencjału przetwórczego i konsumentów, charakteryzujących się następującymi cechami:

- produkty (surowce i przetwory) o podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej m.in. wzbogacone o składniki bioaktywne;
- produkty o obniżonej alergenności;

- produkty o obniżonej kaloryczności i zawartości tłuszczu typu light,
- przetwory o obniżonej zawartości soli i substancji dodatkowych np. polifosforanów.

Zebrano także dowody naukowe wspierające oświadczenia zdrowotne i żywieniowe dla odpowiednich surowców/ przetworów mięsnych.

W ramach projektu przygotowano **14 patentów**, obejmujących innowacyjne i prozdrowotne produkty mięsne, prozdrowotne produkty mleczarskie, innowacyjne opakowania do żywności oraz dodatki paszowe.

Zgłoszenia patentowe wynalazków opracowanych w ramach projektu BIOŻYWNOŚĆ zostały nagrodzone prestiżowymi nagrodami m.in. złotymi i srebrnymi medalami na Światowych Targach Wynalazczości, Nowych Technik i Badań Naukowych w Brukseli i Barcelonie złotymi medalami na Międzynarodowych Targach Wynalazczości i Innowacji INPEX (wiodących targach wynalazczości w USA) oraz na Światowej Wystawie Wynalazków w Genewie.

W ramach projektu opracowano także **54 instrukcje wdrożeniowe i technologiczne** uwzględniające powiązanie ogniw w całym łańcuchu produkcji żywności od „poła do stołu” i obejmujące: dobór ras, systemy żywienia zwierząt, dodatki paszowe, mięso kulinarne (wieprzowe i drobiowe), produkty mięsne (wieprzowe i strusie), produkty mleczarskie.

Na podstawie doświadczeń na zwierzętach modelowych wykonanych w ramach projektu BIOŻYWNOŚĆ będą mogły zostać wykonane również badania kliniczne z wykorzystaniem produktów projektu we współpracy z uczelniami medycznymi Harvard Medical School oraz Śląskim Uniwersytetem Medycznym.

W realizacji projektu uczestniczyło **ok. 350 pracowników naukowych, doktorantów i studentów** z kilkunastu ośrodków naukowych z terenu całego kraju.

W ramach projektu BIOŻYWNOŚĆ opublikowano dotychczas łącznie **około 200 publikacji naukowych** obejmujących wyniki badań projektu, w tym **140 publikacji w czasopismach z listy JCR**. Przedstawiono **250 doniesień na konferencjach krajowych i zagranicznych**

Wyniki projektu przyczyniły się także do rozwoju kadry naukowej. W ramach projektu przygotowano **15 rozpraw habilitacyjnych, 30 prac doktorskich oraz ponad 30 prac magisterskich**.

W ramach projektu zorganizowano **6 konferencji i seminariów** prezentujących wyniki badań projektu, w tym dwie konferencje na targach Polagra Food. Konferencje te cieszyły się dużym zainteresowaniem sektora rolno-spożywczego oraz konsumentów którzy mieli okazję degustacji produktów mięsnych i mlecznych wytworzonych w ramach projektu.

Projekt BIOŻYWNOŚĆ jest komplementarny z projektem inwestycyjnym „**Bio-centrum – zwierzę, żywność i człowiek**”, koordynowanym przez IGiHZ PAN, finansowanym ze środków POIG w Działaniu 2.2. „Wsparcie tworzenia wspólnej infrastruktury badawczej jednostek naukowych”, który obejmował m.in. utworzenie akredytowanego Laboratorium Jakości Surowców i Produktów Pochodzenia Zwierzęcego oraz Pasz.

Obecnie realizowany jest transfer wyników badań do sektora rolno-spożywczego. Wyniki ujęte w formie Instrukcji Wdrożeniowych udostępniane są odbiorcom ostatecznym nieodpłatnie za pośrednictwem strony internetowej www.biozywnosc.edu.pl, zgodnie z zasadami transferu technologii, na zasadach równego, szerokiego dostępu, zgodnego z zasadami konkurencyjności.

Rozdział 1. Pozyskiwanie mleka o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej

A. Józwik, N. Strzałkowska, J. Oprządek, E. Bagnicka, L. Zwierzchowski, J. Krzyżewski, T. Sakowski, K. Słoniewski, J. Jarczak, E. Kościuczuk, E. Metera, K. Horbańczuk, B. Pyzel

1.1 - Opracowanie zrównoważonych systemów żywienia krów mlecznych i kóz umożliwiających pozyskiwanie mleka o wysokiej zawartości składników bioaktywnych i zwiększonej odporności zwierząt na choroby wymienia.

Cele badań

1. Określenie optymalnych poziomów suplementów stosowanych w diecie zwierząt (krów) dla uzyskania surowca o cechach funkcjonalnych (preparat drożdżowy).
2. Wskazanie optymalnego poziomu suplementu w dietach kóz (preparat drożdżowy). Wprowadzenie niezbędnych korekt w stosowanych systemach żywienia zwierząt. Ustalenie zależności między profilem metabolicznym organizmu zwierząt, a jakością mleka.
3. Wskazanie optymalnego poziomu suplementu (preparat siarkowy). Przekazanie partii mleka technologom mleczarstwa.
4. Instrukcja wdrożeniowa stosowania suplementów w żywieniu kóz mlecznych. Przekazanie technologom mleczarstwa kolejnej partii mleka po dokonanych korektach systemów żywienia krów, w celu określenia jakości uzyskiwanych z niego produktów spożywczych
5. Wskazanie sposobów zapobiegających sezonowym zmianom w jakości mleka. Przekazanie technologom mleczarstwa kolejnej partii mleka.
6. Przekazanie odpowiednio dużych partii mleka do przerobu na próbnych liniach technologicznych w zakładzie mleczarskim. Ostateczne określenie jego wartości odżywczej, zarówno w formie mleka płynnego jak i uzyskanych z niego wyrobów mleczarskich. Wskazanie optymalnego poziomu suplementu w dietach kóz. Zastosowanie suplementu (preparat siarkowy w diecie krów)
7. Instrukcja wdrożeniowa dotycząca stosowania systemów żywienia oraz suplementów w dietach krów i kóz. Zintegrowany raport końcowy.

Opis wyników i dyskusja

Wyniki uzyskane w przeprowadzonych eksperymentach zostały zamieszczone w publikacjach naukowych, doniesieniach na konferencje krajowe i międzynarodowe oraz artykułach popularno-naukowych. Część z nich, o charakterze utylitarnym, wykorzystano do opracowania instrukcji wdrożeniowych. Pozostałe zaś np. dobrze zbilansowane dawki pokarmowe dla wysoko wydajnych krów, skład chemiczny mleka w sezonie żywienia letniego i zimowego, mogą być wykorzystane w formie ulotek do upowszechniania wśród producentów mleka (zgodnie z głównym założeniem Projektu) charakteryzującego się wysoką wartością odżywczą i prozdrowotną, spełniającego kryteria żywności funkcjonalnej.

Przeprowadzono badania na dwóch stadach komercyjnych krów rasy phf i montbeliarde. Suplementowanie diety przeżuwaczy aktywnymi drożdżami piekarniczymi wpływa na funkcjonowanie ich systemu immunologicznego [Bagnicka 2015, Bagnicka i Krzyżewski 2015]. Zwiększona ekspresja beta2-defensyny, baktencyny 5.5 oraz hepcydyny pod wpływem suplementacji diety drożdżami piekarniczymi potwierdza rolę tego dodatku w utrzymaniu statusu zdrowotnego wymienia. Natomiast obecność transkryptów beta2-defensyny, baktencyny5 and 5.5, hepcydyny i lizozymu w komórkach mleka pochodzących ze zdrowych wymion świadczy o ich konstytutywnej ekspresji [Kościuczuk 2012, Jarczak i wsp. 2014, Reczyńska i wsp. 2018]. Suplement ten wpływa również na utrzymanie homeostazy całego organizmu, czego dowodem jest jego pozytywny wpływ na wskaźniki biochemiczne krwi zwierząt otrzymujących ten dodatek. Zwiększona ekspresja genów beta-defesyn w tkankach wymienia oraz komórkach somatycznych mleka ze stwierdzoną obecnością bakterii koagulazo-dodatnich oraz koagulazo-ujemnych wskazuje na ich istotny udział w obronie wymienia po wtargnięciu patogenów bakteryjnych [Bagnicka i wsp. 2011a, Bagnicka i wsp. 2011b]. Natomiast zwiększony poziom ekspresji genów katelicydyn w tkankach wymienia i komórkach somatycznych mleka pochodzących ze zdrowych wymion wskazuje na ich konstytutywną ekspresję i ich rolę w utrzymaniu zdrowotnego statusu wymienia [Kościuczuk i wsp. 2017].

Przeprowadzono także doświadczenie na kozach mlecznych w okresie całej laktacji, którego celem było określenie wpływu dodatku do diet selenu (Se) w formie tzw. drożdży selenowych na wydajność i skład chemiczny mleka oraz na stan zdrowotny gruczołu mlekowego. Wykazano, że zastosowany dodatek wpłynął na wzrost wydajności mleka i zawartych w nim składników pokarmowych oraz zmniejszenie liczby komórek somatycznych w mleku.

Analogiczne doświadczenie przeprowadzono również na krowach dojnych, które trwało 90 dni. Wydajność mleka w grupie doświadczalnej wykazywała tendencję wzrostową, jednakże różnice nie zostały potwierdzone

statystycznie. Natomiast zawartość selenu w mleku krów suplementowanych drożdżami selenowymi zwiększyła się o ok. 300%. [Reczyńska i wsp. 2019, Krzyżewski i wsp. 2014].

Niektóre wskaźniki profilu metabolicznego organizmu kóz mlecznych, żywionych dietami, które nie pokrywają w pełni ich zapotrzebowania na składniki pokarmowe, niezbędne do syntezy mleka, nie mieszczą się w przedziałach referencyjnych dla tego gatunku. Stan taki utrzymujący się przez dłuższy okres czasu wpływa ujemnie nie tylko na cechy mleczności, lecz także na zdrowie zwierząt.

Badania na dwóch stadach komercyjnych krów rasy phf i montbeliarde, liczących po ok. 150 sztuk wykonano w celu opracowania optymalnego systemu żywienia, gwarantującego uzyskiwanie wysokiej wydajności mleka (8500-9000 kg/krowę rocznie), charakteryzującego się optymalnym składem chemicznym (bez sezonowych wahań), dobrymi parametrami technologicznymi oraz utrzymanie dobrego statusu zdrowotnego organizmu krów. Badania prowadzono w okresie trzech kolejnych lat, obejmujących 3 sezony żywienia zimowego i 3 sezony żywienia letniego. Krowy żywione dawkami o skorygowanym składzie, które w pełni pokrywały ich potrzeby pokarmowe produkowały mleko o prawidłowym składzie chemicznym, charakteryzujące się również dobrymi parametrami technologicznymi. Profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka w okresie letnim był uzależniony od udziału w dietach zielonek, wyprodukowanych w uprawie polowej lub porostu pastwiskowego, natomiast w okresie żywienia zimowego od udziału kiszonek z traw lub roślin motylkowatych. Ponadto przeprowadzono doświadczenie na krowach mlecznych nad porównaniem wpływu dodatku makucha rzepakowego z makuchem lnianym na cechy mleczności, strukturę kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka i profil metaboliczny organizmu krów [Krzyżewski i Bagnicka 2015]. Dodatek makucha lnianego w porównaniu z makuchem rzepakowym wpłynął jedynie na nieznaczną poprawę struktury kwasów tłuszczowych. Należałoby więc w warunkach europejskich preferować makuch rzepakowy ze względu na nieporównywalnie większą jego dostępność i pozyskiwanie go w procesie technologicznym wyciągania oleju „na zimno” bez udziału szkodliwych dla zdrowia rozpuszczalników chemicznych [Rutkowska I wsp. 2015].

Zastosowanie w żywieniu krów mlecznych dodatku makucha rzepakowego w miejsce poekstrakcyjnej śruty sojowej korzystnie wpływa na profil kwasów tłuszczowych mleka obniżając o ok. 30% zawartość niekorzystnych kwasów nasyconych długołańcuchowych, w tym palmitynowego C16:0. Jednocześnie przyczynia się do zwiększenia zawartości prozdrowotnych kwasów tłuszczowych, tj. walcenowego (prawie 3 krotnie) i CLA C18:2 9c 12c (2,5 krotnie).

Istniejąca duża zmienność w koncentracji kwasów tłuszczowych w tłuszczu roślin powszechnie stosowanych w żywieniu krów mlecznych jako pasze objętościowe, stwarza możliwość doboru takich gatunków i odmian, które wyprodukowane w odpowiednich warunkach będą zawierały wysoką koncentrację kwasów tłuszczowych o pożądanym profilu. Żywienie krów mlecznych taką paszą umożliwia pozyskiwanie mleka z dużym udziałem kwasów o właściwościach funkcjonalnych, posiadających udokumentowany z medycznego punktu widzenia korzystny wpływ na zdrowie konsumentów. Spośród znanych systemów żywienia najkorzystniejszy wpływ, zarówno na profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka krów, jak i innych składników, ma żywienie pastwiskowe; mleko krów żywionych paszami konserwowanymi, charakteryzuje się najniższą koncentracją składników bioaktywnych. Przy pełnym pokryciu potrzeb pokarmowych krowy porostem pastwiskowym zawartość CLA w tłuszczu mleka można zwiększyć ponad 5-cio krotnie w porównaniu z mlekiem krów żywionych dawką opartą na kiszonce z kukurydzy. Jednocześnie takie żywienie powoduje znaczny wzrost zawartości w mleku witamin rozpuszczalnych w tłuszczu (A, D, E i K) oraz karotenoidów, zwłaszcza β -karotenu. Taka strategia żywienia także zapewnia zwierzętom dobry stan zdrowia oraz istotnie przyczynia się do poprawy wskaźników reprodukcji [Krzyżewski i wsp. 2011, Krzyżewski i wsp. 2012].

W badaniach przeprowadzonych na kozach mlecznych wykazano, że zakażenie wirusem CAE powoduje zaburzenia homeostazy organizmu kóz mlecznych, wpływając na poziom ekspresji cytokin prozapalnych w komórkach somatycznych mleka i krwi. [Bagnicka i wsp. 2014, Jarczak i wsp. 2014a, Jarczak 2014c, Reczyńska i wsp. 2018].

Podsumowanie

- Dodatek drożdży selenowych (Se-yeast) do diet kóz, w porównaniu z identyczną ilością Se dodawanego w formie selenianu sodu, wpływa w istotnie większym stopniu na wydajność mleka i jego składników oraz na stan zdrowotny gruczołu mlekowego, oceniany na podstawie liczby komórek somatycznych. W analogicznym doświadczeniu na krowach dojnych, ze względu na krótszy okres trwania doświadczenia, zarysowała się jedynie wyraźna tendencja do wzrostu wydajności mleka, natomiast stężenie Se w mleku krów otrzymujących dodatek drożdży selenowych było o ok. 300% wyższe w porównaniu z zawartością tego mikroelementu w mleku krów otrzymujących identyczną ilość Se w formie mineralnej jako selenian sodu.

- Zastąpienie części poekstrakcyjnej śruty sojowej makuchem rzepakowym w dietach krów mlecznych spowodowało obniżenie o ok. 30% zawartości niekorzystnych, długołańcuchowych nasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka (w tym kwasu palmitynowego) oraz wzrost zawartości prozdrowotnych kwasów tłuszczowych, tj. wakcenenowego (prawie trzykrotnie) oraz CLA (2,5-krotnie).
- Uzupełnianie diety kóz dodatkiem drożdży piekarniczych wpływa korzystnie na wzrost aktywności systemu immunologicznego organizmu zwierząt, mierzonej wzrostem ekspresji niektórych defensyn. Znajduje to odzwierciedlenie w utrzymaniu dobrego statusu zdrowotnego gruczołu mlekowego i homeostazy całego organizmu.

PIŚMIENNICTWO

1. BAGNICKA E., KRZYŻEWSKI J., 2015 - Stosowanie dodatku drożdży selenowych Sel-Plex (organiczna forma selenu uzyskana na bazie drożdży *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-3060) do diet krów i kóz mlecznych. URL www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
2. BAGNICKA E., 2015 - Stosowanie dodatku drożdży piekarniczych do diet kóz mlecznych. URL www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
3. BAGNICKA E., JARCZAK J., KOŚCIUCZUK E., KABA J., JÓŻWIK A., MICHAŁ M., STRZAŁKOWSKA N., KRZYŻEWSKI J., 2014 - Active dry yeast culture supplementation effect on the blood biochemical indicators of dairy goats. *Journal Advances. Dairy Research* 2 (2),1-7.
4. BAGNICKA E., JÓŻWIK A., STRZAŁKOWSKA N., KRZYŻEWSKI J., ZWIERZCHOWSKI L., 2011 - Peptydy przeciwdrobnoustrojowe – rys historyczny i mechanizm ich działania. Antimicrobial peptides: outline of the history of studies and mode of action . *Medycyna Weterynaryna* 67 (7), 444-448.
5. BAGNICKA E., KOŚCIUCZUK E.M., JÓŻWIK A., JARCZAK., STRZAŁKOWSKA N., KRZYŻEWSKI J., 2017.- The effect of Se added to diets in mineral or organic form on the milk yield, chemical and mineral composition of milk, and the metabolic profile of dairy cows. *Animal Science Papers and Reports* 35, 17-33.
6. BAGNICKA E., STRZAŁKOWSKA N., JÓŻWIK A., HORBAŃCZUK J.O., KRZYŻEWSKI J., ZWIERZCHOWSKI L., 2011 - Peptydy przeciwdrobnoustrojowe w zwalczaniu patogenów opornych na powszechnie stosowane antybiotyki. *Medycyna Weterynaryna* 67, 512-516.

7. JARCZAK J. 2014., - Ekspresja wybranych genów układu odpornościowego kóz w odpowiedzi na obecność wirusa zapalenia stawów i mózgu (CAEV). *Praca doktorska, IGHZ PAN.*
8. JARCZAK J., KABA J., BAGNICKA E., 2014 - Housekeeping genes validation for quantitative Real Time PCR analysis: Application in the milk somatic cells and frozen whole blood of goats infected with caprine arthritis encephalitis virus. *Gene* 10 (2), 280-285.
9. JARCZAK J., KOŚCIUCZUK E.M, OSTROWSKA M., STRZAŁKOWSKA N., JÓŻWIK A., KRZYŻEWSKI J., ZWIERZCHOWSKI L., BAGNICKA E., 2014.- The effects of diet yeast supplementation on the expression of selected immune system genes in the milk cells of dairy goats. *Animal Science Papers and Reports* 32 (1), 41-53.
10. KOŚCIUCZUK E., 2012 - Profil ekspresji genów układu odpornościowego w patofizjologii gruczołu sutkowego krów z uwzględnieniem genów β -defensyn i katelicydyn. *Praca doktorska, IGHZ PAN.*
11. KOŚCIUCZUK E.M., LISOWSKI P., JARCZAK J., MAJEWSKA A., RZEWUSKA M., ZWIERZCHOWSKI L., BAGNICKA E., 2017 – Transcriptome profiling of Staphylococci-infected cow mammary gland parenchyma. *BMC Veterinary Research* 13 (1):161.
12. KRZYŻEWSKI J., BAGNICKA E., 2015 - Stosowanie dodatku makuchu rzepakowego i lnianego do diet krów i kóz mlecznych. *URL [www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje](http://www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje).*
13. KRZYŻEWSKI J., BAGNICKA E., HORBAŃCZUK J., 2014.- The effect of selenium supplementation of dairy cow and goat diets on production traits and animal health status. *Animal Science Papers and Reports*. 32 (4), 283-299.
14. KRZYŻEWSKI J., STRZAŁKOWSKA N., BAGNICKA E., JÓŻWIK A., HORBAŃCZUK J., 2012 - Wpływ antyoksydantów zawartych w tłuszczu pasz objętościowych na jakość mleka krów. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość* 3 (82) 35-45.
15. KRZYŻEWSKI J., STRZAŁKOWSKA N., JÓŻWIK A., BAGNICKA E., HORBAŃCZUK J. O., 2011 - Wpływ rodzaju skarmianych pasz objętościowych na profil kwasów tłuszczowych w mleku krów. *Życie Weterynaryjne* 86, 522-525.
16. RECZYŃSKA D., WITEK B., JARCZAK J., CZOPOWICZ M., MICKIEWICZ M., KABA J., ZWIERZCHOWSKI L., BAGNICKA E., 2019 - The impact of organic vs. inorganic selenium on dairy goat productivity and expression of selected genes in milk somatic cells. *Journal of Dairy Research* 86 (1), 48-54.

17. RECZYŃSKA D., ZALEWSKA M., CZOPOWICZ M., KABA J., ZWIERZCHOWSKI L., BAGNICKA E., 2018 - Small ruminant lentivirus infection influences expression of acute phase proteins and cathelicidin genes in milk somatic cells and peripheral blood leukocytes of dairy goats. *Veterinary Research* 49 (1), 113.
18. RUTKOWSKA J., BIAŁEK M., BAGNICKA E., JARCZAK J., ADAMSKA A., STRZAŁKOWSKA N., JÓŻWIK A., KRZYŻEWSKI J. TAMBOR K., 2015 - Effects of replacing extracted soya meal with rapeseed cake in corn grass silage-based diet for dairy cows. *Journal of Dairy Research* 82 (2), 161-168.

1.2 – Wpływ czynników genetycznych i środowiskowych na obniżenie alergenicności, nietolerancji na laktozę oraz podatność na procesy degradacyjne frakcji białkowej i tłuszczowej mleka krów.

Cele badań

1. Określenie najważniejszych czynników genetycznych i środowiskowych wpływających na aktywność wybranych glikozydaz w mleku krów. Ustalenie zależności między aktywnością glikozydaz, a nietolerancją na laktozę.
2. Ustalenie optymalnych warunków produkcji mleka w zróżnicowanych systemach, od różnych ras krów i kóz, charakteryzującego się niską podatnością na procesy degradacyjne frakcji tłuszczowej i białkowej.
3. Określenie genotypów bydła i kóz oraz systemów utrzymania pozwalających na pozyskanie mleka charakteryzującego się dobrą jakością technologiczną, wysoką wartością odżywczą oraz walorami prozdrowotnymi.

Opis wyników i dyskusja

Celem badań było ustalenie najważniejszych czynników genetycznych i środowiskowych wpływających na obniżenie alergenicności i nietolerancji na laktozę oraz podatności na procesy degradacyjne frakcji tłuszczowej i białkowej mleka. W badaniach uwzględniono kolejne etapy produkcji decydujące o ilości i jakości uzyskanego mleka tj. system żywienia i utrzymania zwierząt, rasę, sposób pozyskiwania surowca. Badania wykonano na krowach mlecznych, pochodzących ze stad liczących po około 100-150 sztuk, o oraz na kozach mlecznych. W żywieniu krów i kóz stosowano dawki bilansowane wg norm INRA w oparciu o wartość pokarmową komponentów, która była oceniana we własnym laboratorium paszowym.

Krowy mleczne rasy phf odmiany czarno-białej, montbeliarde, jersey i polskiej czerwonej pochodziły ze stad o wydajności za laktacją od 6000 kg do

9000 kg mleka. Krowy utrzymywane były w zróżnicowanych systemach, jednakże zapewniały one zwierzętom właściwy dobrostan. Dobrze zbilansowana dawka pokarmowa dla krów pokrywała w pełni ich potrzeby w zakresie białka oraz energii, ilość skarmianych pasz była uzależniona od dobowej wydajności mleka. We wszystkich stadach stosowano dodatki mieszanek mineralno-

witaminowych, kredę oraz sól w pastewną w postaci lizawki. Zwierzęta miały dostęp do wybiegów, a w okresie letnim część z nich korzystała z pastwiska. W pomieszczeniach dla krów były zapewnione odpowiednie warunki zoohigieniczne. Zwierzęta miały zapewniony w okresie całej doby dostęp do paszy i wody. Raz w miesiącu przeprowadzano dój próbny; określano ilość udojonego mleka i jego skład chemiczny.

Kozy mleczne rasy polskiej białej uszlachetnionej i barwnej uszlachetnionej pochodziły ze stada o przeciętnej wydajności 750 kg/sztukę w okresie laktacji, przy zawartości 3,35% tłuszczu i 2,81% białka całkowitego. Średnia długość laktacji wynosiła 270 dni. Kozy utrzymywane były w systemie grupowym (wolnostanowiskowym), z dostępem do przestronnych wybiegów. Zwierzęta miały w pełni pokryte potrzeby białkowe i energetyczne, ilość skarmianych pasz uzależniona była od dobowej wydajności mleka. W okresie całego roku stosowano dodatek mieszanki mineralno-witaminowej oraz kredy i soli pastewnej w formie lizawki. W okresie letnim kozy miały możliwość korzystania z pastwiska. Pomieszczenia, w których przebywały zwierzęta były nowoczesne, zapewniały im należyty dobrostan. W okresie całej doby zwierzęta miały zapewniony dostęp do paszy i wody pitnej z poidel automatycznych. W koziarni znajduje się nowoczesna dojarnia, zapewniająca zwierzętom odpowiednie warunki podczas doju. Raz w miesiącu przeprowadzano dój kontrolny; określano ilość uzyskanego mleka i pobierano próbki do oznaczeń i analiz chemicznych.

Ocena stanu zdrowia zwierząt doświadczalnych

Krowy badanych ras, przede wszystkim phf odmiany czarno-białej oraz krowy rasy montbeliarde posiadają potencjał genetyczny umożliwiający uzyskanie w szczycie laktacji bardzo wysokiej dobowej wydajności mleka, tym samym są to zwierzęta charakteryzujące się najwyższym natężeniem procesów metabolicznych w przeliczeniu na kg metabolicznej masy ciała. Z tych względów nawet najdrobniejsze błędy popełniane w żywieniu i utrzymaniu takich zwierząt mogą skutkować pogarszającym się stanem zdrowia, spadkiem wydajności mleka oraz pogorszenia jego jakości. Wysokiej wydajności mleka towarzyszy zwiększenie częstotliwości występowania różnych schorzeń (głównie chorób metabolicznych, mastitis i układu rozrodczego), w przeprowadzonych badaniach w poszczególnych stadach i u

krów badanych ras nie odnotowano w poszczególnych okresach badań większych odchyżeń od wartości referencyjnych poszczególnych wskaźników biochemicznych charakteryzujących profil metaboliczny zwierząt [Jóźwik i wsp. 2012a, Jóźwik i wsp. 2012b, Strzałkowska i wsp. 2014]. Badane wskaźniki profilu metabolicznego oznaczono w indywidualnych próbkach surowicy pochodzącej od poszczególnych zwierząt. Krew od zwierząt doświadczalnych była pobierana przez lekarza weterynarii w godzinach porannych przed zadaniem paszy z żyły szyjnej zewnętrznej. Wybrane do oznaczeń wskaźniki biochemiczne pozwoliły ocenić funkcjonowanie najważniejszych z punktu widzenia produktywności narządów (wątroba, żwacz, nerki) u badanych zwierząt. Badane zwierzęta stanowiły reprezentatywną próbę, która pozwala ocenić przebieg najważniejszych przemian tj. energetycznych, białkowych, mineralnych u zwierząt w całym stadzie. W próbkach surowicy oznaczono stężenie glukozy (GLU) będącej wskaźnikiem przemian energetycznych. Mocznik, białko całkowite (TP) i albuminy (ALB) wykorzystano do oceny przemian białkowych.

Aktywność enzymów aminotransferazy asparaginianowej (AST), aminotransferazy alaninowej (ALT), gamma-glutamylotransferazy (GGT) oraz stężenie bilirubiny całkowitej (BIL) pozwoliły ocenić funkcjonowanie wątroby u zwierząt doświadczalnych. Stężenie sodu (Na), potasu (K), i chloru (Cl) pomogły ocenić gospodarkę elektrolitową zwierząt. Kreatyninę wykorzystano jako podstawowy parametr obrazujący funkcjonowanie nerek. Przemiany mineralne oceniono na podstawie koncentracji wapnia (Ca), magnezu (Mg) i fosforu nieorganicznego (P) w surowicy. Ponadto w analizach uwzględniono parametry charakteryzujące gospodarkę tłuszczową tj. cholesterol całkowity (CHOL) i jego frakcje HDL i LDL oraz trójglicerydy. Uzyskane dla poszczególnych krów wartości wskaźników porównano z wartościami referencyjnymi dla krów mlecznych w odpowiedniej fazie laktacji [Jóźwik i wsp. 2012, Strzałkowska i wsp. 2014].

Wyniki oznaczeń biochemicznych w badanych stadach pozwoliły ocenić stan zdrowia badanych zwierząt w kolejnych etapach badań. Uwzględniony został także status fizjologiczny krów, ponieważ szczególnie w okresie okołoporodowym, może on wpływać na zmianę podstawowych wskaźników biochemicznych krwi. Wartości uzyskane dla poszczególnych wskaźników biochemicznych w surowicy pochodzącej od krów wybranych ras były w większości przypadków zgodne z wartościami referencyjnymi podawanymi w literaturze. Odnotowano niewielki wzrost poziomu bilirubiny całkowitej u krów badanych ras w szczycie laktacji, co należy uznać za efekt zmian fizjologicznych po porodzie spowodowany wzrostem bilirubiny pośredniej w wyniku intensywnego rozpadu krwinek czerwonych. W badaniach stwierdzono także podwyższoną aktywność AST u krów, przy czym najwyższy odsetek przekroczenia norm fizjologicznych odnotowano u rasy

phf, która charakteryzowała się także najwyższą dobową wydajnością mleka w porównaniu z pozostałymi rasami. Należy podkreślić, że oznaczone w badaniach wskaźniki biochemiczne charakteryzujące profil metaboliczny krów rasy phf, montbeliarde, jersey i polskiej czerwonej, mieściły się w granicach wartości referencyjnych, jedynie dwa wskaźniki (BIL, AST) odbiegały od przyjętych norm. Interesujące wyniki uzyskano także dla rasy phf po zakończeniu żywienia pastwiskowego, stwierdzono prawidłowe wartości dla wskaźników charakteryzujących przemianę energetyczną, białkową i tłuszczową, jednakże w przypadku przemian mineralnych i równowagi elektrolitowej zaobserwowano odchylenia od norm fizjologicznych [Strzałkowska i wsp. 2014]. Dotyczyło to szczególnie stężenia sodu i chloru w surowicy krwi badanych krów rasy phf. Jon sodowy jest niezbędnym składnikiem równowagi kwasowo-zasadowej i „szkieletu” osmotycznego płynów pozakomórkowych. Pobierany przez zwierzęta przeważnie z paszą i dodatkami mineralnymi w niektórych okolicach z wodą. Sód jest wydalany głównie z moczem i kałem oraz z potem i śliną, u krów mlecznych także z mlekiem. Przy niskiej podaży sodu organizm zmniejsza jego wydalanie z moczem i kałem, a w razie potrzeby ogranicza straty sodu przez wymię, zmniejszając produkcję mleka. Prawidłowy stosunek sodu do potasu w surowicy wynosi poniżej 35:1. W surowicy badanych krów rasy phf, pomimo niskiej zawartości sodu, stosunek K do Na mieścił się w normie i wynosił 29:1. Niedobór sodu, który wystąpił u badanych krów rasy phf mógł być spowodowany przebywaniem przez dłuższy okres czasu zwierząt na użytkach zielonych ubogich w sód. Podkliniczny niedobór sodu przejawia się zmniejszeniem wydajności mlecznej, spadkiem zawartości tłuszczu w mleku, mniejszymi przyrostami i pogorszeniem płodności. W przypadku badanych krów niedobór sodu zaobserwowano w surowicy, co wskazuje na niską podaż tego pierwiastka trwającą przez dłuższy czas, kiedy zwierzęta przebywały na pastwisku i odznaczały się wysoką dobową wydajnością mleka, co dodatkowo pogłębiało straty tego pierwiastka wraz z wydzielanym mlekiem. Zastosowanie odpowiedniej mieszanki mineralnej dla krów wykazujących niedobory sodu w surowicy spowodowało powrót wartości tego wskaźnika do normy fizjologicznej. Pomimo pewnych odchyżeń od norm fizjologicznych, spowodowanych stanem fizjologicznym, w którym znajdowały się niektóre krowy, zdecydowana większość badanych zwierząt nie wykazywała odchyżeń poszczególnych wskaźników od wartości referencyjnych.

Uzyskane w badaniach wartości wskaźników biochemicznych odzwierciedlających profil metaboliczny świadczą o tym, że krowy wszystkich ras utrzymywane były w warunkach zapewniających im utrzymanie właściwego statusu zdrowotnego i możliwość uzyskania wysokiej wydajności mleka charakteryzującego się bardzo dobrą jakością i wysoką wartością odżywczą.

Oznaczenie wskaźników profilu metabolicznego u kóz wykonano analogicznie jak u krów. Od zwierząt wybranych do doświadczenia pobrano także indywidualne próbki krwi z żyły szyjnej zewnętrznej w godzinach porannych przed podaniem paszy. Pobraną krew poddano wirowaniu w celu uzyskania surowicy, którą wykorzystano do oznaczenia wskaźników biochemicznych składających się na profil metaboliczny. Wybrane do oznaczeń wskaźniki biochemiczne podobnie jak u krów odzwierciedlały przebieg najważniejszych przemian tj. białkowej, energetycznej tłuszczowej i mineralnej u badanych zwierząt. Oznaczone wskaźniki biochemiczne wykorzystano do oceny funkcjonowania wątroby i żwacza, najważniejszych narządów decydujących o produktywności kóz. Przemiany białkowe u poszczególnych kóz oceniono na podstawie stężenia w surowicy białka całkowitego oraz albumin. Stężenie glukozy wykorzystano do oceny przemian energetycznych i aktywności biomasy żwacza. Stężenie cholesterolu całkowitego i jego frakcji oraz trójglicerydów wykorzystano do oceny przemian tłuszczowych u badanych kóz. Koncentrację wapnia, fosforu nieorganicznego oraz magnezu wykorzystano do oceny przemian mineralnych u badanych zwierząt.

Aktywność enzymów aminotransferazy asparaginianowej, aminotransferazy alaninowej, gamma-glutamylotransferazy oraz stężenie bilirubiny całkowitej wykorzystano do oceny funkcjonowanie wątroby u badanych zwierząt. Stężenie kreatyniny w surowicy kóz zobrazowało pracę nerek. Gospodarkę elektrolitową u badanych zwierząt oceniono na podstawie stężenia sodu, potasu i chloru. Przemiany mineralne u kóz oceniono na podstawie koncentracji wapnia i fosforu nieorganicznego. Wartości uzyskane w badaniach dla poszczególnych wskaźników porównano z wartościami referencyjnymi dla kóz mlecznych w odpowiedniej fazie laktacji.

Wybrane wskaźniki biochemiczne oznaczono u kóz na początku, w szczycie oraz w końcowej fazie laktacji. Koncentracja GLU w surowicy zwierząt doświadczalnych była w zakresie norm fizjologicznych w szczycie laktacji (3,38 mmol/l), natomiast na początku laktacji wskaźnik ten przyjmował wartości nieco poniżej normy (2,81 mmol/l) co mogło być spowodowane stanem fizjologicznym; zwierzęta były w okresie okołoporodowym. Aktywność enzymów związanych z funkcjonowaniem wątroby tj. AST, ALT i GGT na początku laktacji w surowicy badanych zwierząt była w granicach wartości referencyjnych, natomiast w szczycie laktacji wartości dla ALT i GGT były zgodne z normami dla tego gatunku zwierząt, podczas gdy aktywność AST przekraczała wartości referencyjne (110 U/l), co mogło być spowodowane dużym obciążeniem metabolicznym zwierząt, związanym z wysoką produkcją mleka w tym okresie laktacji.

Koncentracja albuminy będącej wskaźnikiem przemian białkowych na początku laktacji, w szczycie oraz w końcowym okresie laktacji była zgodna z wartościami referencyjnymi (32 g/l, 35 g/l, 33 g/l). Podobnie jak albumina także białko całkowite, będące najważniejszym wskaźnikiem przemian białkowych zarówno na początku laktacji, w szczycie jak i w końcowym okresie laktacji osiągało wartości, które mieściły się w granicach norm fizjologicznych (61,4 g/l, 66,6 g/l, 65,8 g/l).

Do oceny przemian tłuszczowych u badanych zwierząt wykorzystano koncentrację cholesterolu całkowitego, jego frakcji HDL oraz TRIG. Koncentracja wszystkich trzech badanych parametrów w kolejnych stadiach laktacji nie odbiegała od wartości referencyjnych przyjętych dla kóz.

Poziom kreatyniny odzwierciedlającej pracę nerek u zwierząt także mieścił się w granicach norm fizjologicznych.

O ile koncentracja fosforu nieorganicznego w surowicy badanych zwierząt w okresie całej laktacji nie odbiegała od wartości referencyjnych, to koncentracja wapnia była poniżej wartości referencyjnych, jednakże blisko najniższych wartości przyjętych za fizjologiczne. Niski poziom wapnia szczególnie w okresie okołoporodowym można tłumaczyć stanem fizjologicznym w jakim znajdują się kozy w tym okresie laktacji. Jednakże niższa od wartości referencyjnych koncentracja tego pierwiastka w kolejnych stadiach laktacji może wskazywać na zbyt małą podaż tego pierwiastka w dawce pokarmowej dla kóz lub zbyt niską jego przyswajalność spowodowaną niewłaściwą formą jego podania w dawce. Należy pamiętać, także pamiętać, iż kozy mleczne szczególnie wysokowydajne dużą ilość wapnia wydalają wraz z mlekiem, co w konsekwencji może się odbijać na koncentracji tego pierwiastka w surowicy.

Stężenie w surowicy badanych kóz pierwiastków charakteryzujących gospodarkę elektrolitową czyli Na, K i Cl w kolejnych stadiach laktacji nie odbiegało od wartości referencyjnych.

Oznaczone w badaniach wskaźniki biochemiczne charakteryzujące profil metaboliczny kóz mieściły się w granicach wartości referencyjnych, co może świadczyć o tym, że badane kozy utrzymywano w warunkach, które zapewniały zwierzętom dobrostan i możliwość uzyskania wysokiej wydajności mleka.

Jakość mleka pochodzącego od krów doświadczalnych była badana w okresie żywienia zimowego i letniego w kolejnych etapach badań w indywidualnych próbkach oznaczano 12 parametrów z wykorzystaniem aparatu Milkoscan FT2. W indywidualnych próbkach mleka od krów rasy montbeliarde, jersey, polskiej czerwonej oraz phf odmiany czarno-białej oznaczono: zawartość białka całkowitego, tłuszczu, laktozy, sumę białek kazeinowych, zawartość mocznika, koncentrację suchej masy ogólnej i suchej masy beztłuszczowej i kwasu cytrynowego. Ponadto w badanych próbkach

mleka oznaczono punkt zamarzania, gęstość i kwasowość. Dokonano oceny stanu zdrowotnego gruczołu mlekowego na podstawie liczby komórek somatycznych oraz ogólnej liczby bakterii występujących w mleku.

Wyniki analizy mleka pochodzącego od krów badanych ras wskazują, że mleko produkowane przez krowy rasy jersey i krowy rasy polskiej czerwonej charakteryzowało się wysoką zawartością najważniejszych składników, białka, tłuszczu i kazeiny, wymienione składniki decydują o wartości odżywczej i przydatności technologicznej mleka. Mleko pochodzące od krów rasy phf i montbeliarde swoim składem fizyko-chemicznym różni się w koncentracji niektórych wymienionych parametrów istotnie w porównaniu z mlekiem uzyskanym od krów rasy jersey, jednakże jego skład należy także uznać za korzystny z punktu widzenia technologii i wartości odżywczej [Strzałkowska i wsp. 2013]. Zawartość laktozy w mleku może być wykorzystywana jako pośredni wskaźnik jakości cytologicznej mleka. Jakość cytologiczna mleka pochodzącego od badanych krów także była wysoka, o czym świadczy niski poziom komórek somatycznych stwierdzony w mleku od krów poszczególnych ras w okresie żywienia zimowego i letniego.

Ocena aktywności wybranych enzymów glikolitycznych w mleku

Laktoza, główny cukier mleka jest disacharydem zaliczonym do grupy galaktozydów. Nietolerancja laktozy to niezdolność trawienia większych ilości laktozy przez organizm człowieka. Niezdolność trawienia laktozy jest wynikiem niedoboru enzymu zwanego laktazą, która jest wytwarzana w rąbku szczoteczkowym jelita cienkiego. Laktaza jest enzymem katalizującym reakcje hydrolizy wiązań O-glikozydowych w β -D-galaktozydach. Hydroliza wiązania β -1,4-glikozydowego w laktozie prowadzi do powstania cząsteczek D-glukozy i D-galaktozy. Powstające w wyniku hydrolizy cząsteczki cukrów prostych mogą łatwo przenikać do krwiobiegu. Jeśli laktaza znajduje się w układzie pokarmowym, to rozkłada laktozę do glukozy i galaktozy. W wątrobie następuje przemiana galaktozy w glukozę, która przenika do krwiobiegu i podnosi ogólny poziom cukru we krwi. Gdy organizm nie wytwarza dostatecznej ilości laktazy, tak aby strawić spożytą laktozę mogą wystąpić bardzo przykre dolegliwości. Obecnie większość osób pochodzenia europejskiego, szczególnie z terenów Europy północnej i środkowej, może pić mleko i cieszyć się jego walorami przez całe życie. W Szwecji prawie 100% mieszkańców nie ma problemów z trawieniem laktozy, w Wielkiej Brytanii 95%. W pozostałych krajach europejskich odsetek osób wykazujących nietolerancję na laktozę jest wyższy [Strzałkowska i wsp. 2018].

Aktywność transglikozylacyjna β -D-galaktozydazy prowadzi do powstania oligosacharydów glukozowo-galaktozowych, które ze względu na swoje cenne właściwości zostały zaliczone do składników żywności

funkcjonalnej, czyli takiej, która oprócz tradycyjnie uznanej wartości odżywczej, wywiera również korzystny wpływ na zdrowie człowieka. Galaktooligosacharydy (GOS) to węglowodany złożone z cząsteczek D-glukozy i D-galaktozy połączone wiązaniami glikozodowymi, nie podlegają hydrolizie pod wpływem działania ludzkich enzymów trawiennych. Natomiast są substratem reakcji fermentacji prowadzonej przez specyficzne gatunki bakterii zasiedlających jelito grube. Najważniejszą zaletą GOS jest zdolność do stymulowania rozwoju i aktywności szczepów *Bifidobacterium* i *Lactobacillus* w okrężnicy. Prowadzi to do utrzymania równowagi w składzie mikroflory jelitowej oraz hamuje rozwój bakterii chorobotwórczych (*Escherichia coli*, *Salmonella tyhi*, *Staphylococcus aureus*) i zapobiega to infekcjom. Oligosacharydy pomagają także w odbudowie korzystnej mikroflory jelitowej po kuracji antybiotykowej. Dieta zawierająca galaktooligosacharydy sprzyja obniżeniu poziomu cholesterolu we krwi, zmniejsza ryzyko powstania nowotworów jelita grubego i zapobiega nadciśnieniu.

W mleku krów występują następujące glikoproteiny zaliczane do grupy glikohydrolazy: α -glukozydaza, β -glukozydaza, β -galaktozydaza oraz β -glukuronidaza.

W badaniach założono, że glikozydazy w tym β GAL wpływają na parametry technologiczne oraz jakość i wartość odżywczą mleka.

Badania rozpoczęto po zakończeniu żywienia jesienno–zimowego (A/W) i kontynuowano do zakończenia żywienia wiosenno-letniego (S/S). W okresie S/S zwierzęta miały dostęp do pastwiska, a dietę uzupełniano pełnoporcjową dawką (TMR) zbilansowaną wg norm INRA. Przeprowadzono badania aktywności wybranych glikozydaz: β -D-glukuroidazy (BGRD), β -D-galaktozydazy (β GAL), β -D-glukozydazy (BGLU), N-acetyloheksozaminidazy (NAG), manozydazy MAN, α -D-glukozydazy (Aglu) w mleku krów rasy polskiej holsztyno-fryzyjskiej (phf), jersey (J), montbeliarde (M). W badaniach wykorzystano substraty SIGMA-ALDRICH Co. p-Nitrophenyl-D-glucopyranoside, p-Nitrophenyl-b-D-glucopyranoside and p-Nitrophenyl-b-D-galactopyranoside, p-Nitrophenyl-b-D-heksozaminidases, p-Nitrophenyl-b-D-manno-pyranoside i p-Nitrophenyl-a-D-glucopyranoside. Aktywność badanych enzymów wyrażono w nmol/mg białka /godzinę.

Uzyskane wyniki podano analizie statystyczne z wykorzystaniem analizy wariancji oraz korelacji Pearsona.

W badaniach wykazano, iż aktywność enzymatyczna mleka badanych ras jest uwarunkowana czynnikiem środowiskowym, jakim jest żywienie. Stwierdzono niższą aktywność wszystkich badanych glikozydaz w mleku krów po okresie żywienia jesienno-zimowego. Po zakończeniu okresu żywienia S/S stwierdzono wyższą aktywność beta-D-galaktozydazy oraz alfa-D-galaktozydazy w mleku krów phf i jersey ($P < 0.001$) oraz montbeliarde (P

<0.05). Mleko krów rasy montbeliarde wykazywało również istotnie wyższą aktywność MAN ($P < 0.001$) w porównaniu do pozostałych badanych ras zarówno po zakończeniu obydwu okresów żywienia. Po zakończeniu żywienia S/S glikozydazy, z wyjątkiem BGRD, wykazywały ujemne korelacje Pearsona dla zawartości tłuszczu, białka oraz kazeiny w mleku wszystkich badanych ras. Najwyższe korelacje pomiędzy BGAL a zawartością białka i kazeiny stwierdzono w mleku krów rasy Jersey ($P < 0.001$). Wykazane korelacje pomiędzy badanymi glikozydazami a procentową zawartością laktozy po zakończeniu żywienia S/S uwarunkowane były wpływem czynnika genetycznego jakim była rasa.

W mleku krów rasy jersey wykazano ujemne korelacje Pearsona dla badanych parametrów natomiast dla pozostałych badanych ras dodatnie, z wyjątkiem BGRD dla mleka krów rasy phf. Po zakończeniu żywienia S/S wykazano w mleku krów rasy pfh i Jersey dodatnie korelacje badanych glikozydaz i kwasu cytrynowego, natomiast ujemne dla FFA i kwasowości SH. Po zakończeniu żywienia A/W w korelacjach Pearsona nie wykazano zbieżnych trendów dla poszczególnych ras. Na uwagę zasługują wysokie dodatnie korelacje ($P < 0.01$) pomiędzy HEX a procentową zawartością białka i kazeiny w mleku krów montbeliarde.

Uzyskane wyniki potwierdzają wpływ systemu żywienia krów na aktywność glikolityczną mleka. Wyższa aktywność beta-galaktozydazy i alfa-glukozydazy w mleku krów korzystających z w okresie wiosenno-letnim z pastwiska może wpływać na lepszą tolerancję mleka przez konsumentów. Interesujące korelacje pomiędzy badanymi glikozydazami, a procentowa zawartością białka i kazeiny mleka wymagają dodatkowych badań, zarówno po zakończeniu obydwu okresów żywienia. Po zakończeniu żywienia S/S glikozydazy, z wyjątkiem BGRD, wykazywały ujemne korelacje Pearsona dla zawartości tłuszczu, białka oraz kazeiny w mleku wszystkich badanych ras. Najwyższe korelacje pomiędzy BGAL a zawartością białka i kazeiny stwierdzono w mleku krów rasy Jersey ($P < 0.001$). Wykazane korelacje pomiędzy badanymi glikozydazami a procentową zawartością laktozy po zakończeniu żywienia S/S uwarunkowane były wpływem czynnika genetycznego jakim była rasa [Strzałkowska i Józwick 2015, Józwick i wsp. 2016].

Uzyskane wyniki potwierdzają wpływ systemu żywienia krów na aktywność glikolityczną mleka. Wyższa aktywność beta-galaktozydazy i alfa-glukozydazy w mleku krów korzystających z w okresie wiosenno-letnim z pastwiska może wpływać na lepszą tolerancję mleka przez konsumentów. Interesujące korelacje pomiędzy badanymi glikozydazami, a procentowa zawartością białka i kazeiny mleka wymagają dodatkowych badań.

Oznaczenie aktywności wybranych aminopeptydaz w mleku

W indywidualnych próbkach mleka oznaczono aktywność aminopeptydaz i kwaśnej fosfatazy oraz skład frakcji białkowej. Uzyskane wyniki poddano weryfikacji statystycznej przy zastosowaniu odpowiednich programów w pakiecie SAS z wykorzystaniem metod statystyki opisowej, analizy wariancji wieloczynnikowej oraz regresji i korelacje Pearsona.

Aktywność wybranych aminopeptydaz w surowicy i mleku alanylowej (AlaAP - EC 3.4.11.2) leucylowej (LeuAP - EC 3.4.11.1) i arginylowej (ArgAP, EC 3.4.11.6) oznaczono według metody McDonalds i Barrett [1986] z wykorzystaniem odpowiednich substratów L-Alanine β -naphtylamide, L-Leucine β -naphtylamide and L-Arginine β -naphtylamide. Aktywność wyrażono w nMol/mg białka/godzinę.

W wyniku przeprowadzonych analiz wykazano wzrost aktywności badanych enzymów po żywieniu S/S. Najmniejsze zmiany aktywności w mleku badanych ras stwierdzono dla aminopeptydazy leucylowej. Największe zmiany w aktywności enzymatycznej, potwierdzone statystycznie przy $P < 0.01$, u wszystkich badanych ras wykazywała kwaśna fosfataza. Istotnie statystycznie potwierdzono zmiany aktywności aminopeptydazy alanylowej i arginylowej w mleku krów rasy montbeliarde przy $P < 0.05$ oraz w mleku krów rasy jersey odpowiednio przy $P < 0.05$ i $P < 0.01$.

Największe zmiany w aktywności badanych enzymów stwierdzono w mleku rasy jersey odpowiednio dla aminopeptydazy alanylowej, arginylowej i kwaśnej fosfatazy przy $P < 0.05$, $P < 0.01$ i $P < 0.01$.

Po przeprowadzeniu analizy korelacji Pearsona stwierdzono, ujemne korelacje dla aktywności wszystkich badanych enzymów i zawartości frakcji białkowej mleka tj. białka(%) i kazeiny (%) po okresie żywienia S/S. Najwyższe korelacje stwierdzono w mleku krów rasy jersey, które mieściły się w granicach od -0,51 do -0,66. Równie wysokie korelacje wykazano w mleku krów rasy phf po żywieniu wiosenno – letnim i wynosiły od -0.40 do -0.49. Największe korelacje w mleku krów montbeliarde wykazano dla aktywności aminopeptydazy arginylowej oraz zawartości białka i kazeiny odpowiednio -0.66 i -0.64.

Po żywieniu A/W najwyższe korelacje uzyskano dla mleka ras jersey i mieściły się w przedziale od -0.16 do -0.33. Korelacje w mleku rasy phf po żywieniu A/W były najniższe i mieściły się w przedziale od -0.002 do -0.13. Dodatkowo chociaż nieistotnie statystycznie korelacje wykazywało mleko rasy montbeliarde i wynosiły od 0.09 do 0.20.

Stwierdzone ujemne korelacje po żywieniu S/S pomiędzy aktywnością badanych enzymów lizosomowych oraz zawartością składników frakcji białkowej w mleku potwierdzają założoną hipotezę, iż aktywność

aminopeptydazy oraz kwaśnej fosfatazy może modulować czynniki alergenne mleka krowiego.

Przeprowadzone badania dostarczają nowych informacji pomocnych w celu doskonalenia jednego z najbardziej wartościowych produktów pochodzenia zwierzęcego, jakim jest mleko. Wiedza o istnieniu i rodzaju zależności między aktywnością enzymów proteolitycznych a frakcją białkową mleka mogłaby zostać wykorzystana m.in. w celu podniesienia jego wartości odżywczej

i prozdrowotnej, zwiększenia zawartości bioaktywnych peptydów lub poprawy jego wartości technologicznej (np. w produkcji serów) [Strzałkowska i wsp. 2013]. Wyższa aktywność enzymów lizosomowych w mleku może zmniejszać występowanie dolegliwości alergicznych konsumentów na białka mleka szczególnie kazein. Zaobserwowane różnice związane z okresem żywienia oraz odmienna reakcja badanych ras sugeruje, że na poziom aktywności badanych enzymów degradacyjnych wpływ mają nie tylko czynniki genetyczne ale również środowiskowe. Uzyskane wyniki korelacji pomiędzy aktywnością badanych enzymów i składnikami frakcji białkowej sugerują, że mleko pochodzące od rasy montbeliarde wykazuje lepsze właściwości do produkcji serów niż jako surowiec do produkcji mleka o obniżonych właściwościach alergicznych.

Ocena podatności na procesy degradacyjne frakcji tłuszczowej mleka krów

Tłuszcz jest jednym z najważniejszych składników decydujących o wartości odżywczej i jakości technologicznej mleka krów. Występuje w postaci drobnych, silnie zdyspergowanych kuleczek tłuszczowych tworzących emulsję. W mililitrze mleka znajduje się od 2-6 miliardów kuleczek tłuszczowych ich średnica wynosi kilka mikrometrów. Występują różnice rasowe w wielkości kuleczek tłuszczowych, rasy produkujące w mleku więcej tłuszczu, posiadają większą średnicę kuleczek. Ponad 80% tłuszczu stanowią kuleczki, których średnica wynosi od 2 do 6 mikrometrów, tak silne rozproszenie tłuszczu mleka powoduje, że jest on podatny na działanie wielu czynników o działaniu katalitycznym, mogą być one wytwarzane przez organizm krowy lub pochodzić z komórek bakteryjnych, z którymi zwierzęta mają kontakt. Wpływ czynników powodujących zmiany hydrolityczne i oksydacyjne tłuszczu mleka jest ograniczany na skutek funkcji ochronnej jaką pełni otoczka kuleczek tłuszczowych, jest ona zbudowana z białek (41%), fosfolipidów (27%), neutralnych glicerydów (14%), cerebrozydów (3%), cholesterolu (2%), i wody (13%). Składnikami otoczki kuleczek tłuszczowych są także następujące enzymy: oksydaza ksantynowa, fosfataza alkaliczna i fosfodwuesteraza. Otoczka kuleczek tłuszczowych jest wytwarzana przez komórki nabłonka wydzielniczego gruczołu mlekowego [

W 100 g tłuszczu znajduje się około 2,2 g elementów będących częścią otoczek [Strzałkowska i wsp. 2010a, Strzałkowska i wsp. 2012]. Budowa otoczek jest dwuwarstwowa, warstwa wewnętrzna to kompleks lipoproteinowy zawierający głównie białko pseudokeratynę, warstwę zewnętrzną stanowią luźno związane kompleksy lipoproteinowe bogate w fosfolipidy i zawierające przede wszystkim rozpuszczalne białko glikoproteid. Grubość otoczki wynosi około 10 nm. Proces degradacji frakcji tłuszczowej mleka krowiego jest szczególnie nasilony w przypadku uszkodzenia otoczek kuleczek tłuszczowych spowodowanego przez różne czynniki fizyczne, mikrobiologiczne i fizjologiczne [Strzałkowska i wsp. 2014].

W mleku krów charakteryzujących się wyższą wydajnością może zachodzić łatwiejsze utlenianie się tłuszczu niż od krów o niższej mleczności. W badaniach nie zaobserwowano wyższej zawartości WKT w mleku phf, chociaż jest to rasa charakteryzująca się wyższą wydajnością w porównaniu z rasą montbeliarde. Wyniki badań wskazują, że jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy może być deficyt niezbędnych składników potrzebnych do wytworzenia otoczki kuleczek tłuszczowych występujący u krów odznaczających się wysoką wydajnością. Mleko od krów w późnym okresie laktacji, a także chorych, w tym na choroby gruczołu mlekowego, a szczególnie mastitis może wykazywać również wysoką zawartość wolnych kwasów tłuszczowych - powstających w wyniku przemian hydrolitycznego rozkładu tłuszczu mlekowego, co sprzyjać może pojawianiu się w produkcie gotowym wad o charakterze lipolitycznym. Istotnym czynnikiem intensyfikującym przemiany lipolityczne w mleku już na etapie jego pozyskiwania stało się wprowadzenie doju mechanicznego. Sposób dojenia wywiera bowiem istotny wpływ na procesy fizjologiczne zachodzące wewnątrz wymienia, a także na regulację hormonalną tych procesów. Pobudzanie przemian lipolitycznych może wiązać się też z wadliwą konstrukcją urządzeń do dojenia, a także z niewłaściwą ich eksploatacją [Lipińska 2013, Józwick i wsp. 2016].

Uważa się przy tym, że istotnym czynnikiem zapobiegającym lipolizie indukowanej może być „delikatne” traktowanie mleka w czasie całego procesu pozyskiwania, przechowywania, chłodzenia, transportu i przerobu technologicznego. Za normalną i dopuszczalną zawartość WKT po przeprowadzonych procesach przetwórczych przyjmuje się poziom 1 - 1,5 mEq/l. Należy pamiętać także o następstwach różnic składu tłuszczu mlekowego wynikających z różnego sposobu żywienia w okresie letnim i zimowym. Oprócz różnic w składzie dawek pokarmowych dla krów w okresie letnim i zimowym istotną rolę odgrywa także jakość skarmianych pasz, nieodpowiedniej jakości pasze powodują nie tylko spadek wydajności mleka, ale także przyczyniają się do pogorszenia jego jakości i zwiększają

prawdopodobieństwo wystąpienia zmian lipolitycznych i proteolitycznych w mleku. Duży wpływ na jakość mleka i jego podatność na procesy degradacyjne frakcji tłuszczowej i białkowej wywierają również higieniczne warunki pozyskiwania mleka oraz warunki jego przetrzymywania przed przerobem. Zanieczyszczenie mleka w oborze może sprzyjać np. rozwojowi drobnoustrojów gnilnych i lipolitycznych, a w konsekwencji prowadzić do pojawiania się w produkcie gotowym wad związanych z rozkładem białek i hydrolitycznym rozkładem tłuszczu mlekowego. Szkodliwy wpływ na końcową jakość mleka jako surowca mają również zanieczyszczenia surowca metalami pochodzącymi z uszkodzonych naczyń, środków ochrony roślin a także środków myjących (np. jony Cu, Zn, Fe).

Wysoki poziom WKT w mleku, a tym samym pogorszenie jego cech smakowo-zapachowych i występowanie trudności w trakcie dalszego przerobu być także następstwem długotrwałego przetrzymywania mleka w niskich temperaturach, w których może nastąpić rozwój bakterii psychrotrofowych wywołujących niekorzystne procesy proteo- i lipolityczne. Wpływają one, w wyniku znacznego nagromadzenia - wykazujących dużą odporność na temperatury stosowane w trakcie przerobu mleka - enzymów pochodzenia bakteryjnego także na zwiększone ryzyko tych zmian w produkcie gotowym. Mleko może wykazywać w tym przypadku zapach i smak jełki, gnilny a nawet mydlasto-gorzki.

Zakres niekorzystnego działania bakterii psychrotrofowych można oceniać m.in. na podstawie zawartości wolnych kwasów tłuszczowych. Podwyższony ich poziom może być również wywołany czynnikami mechanicznymi (lipoliza indukowana), przede wszystkim zaś nadmiernymi wstrząsami (np. w trakcie transportu), napowietrzaniem, czy też niewłaściwym przepompowywaniem mleka. W ich wyniku dochodzi bowiem do uszkodzenia otoczek kuleczek tłuszczowych i ułatwionego dostępu lipaz mleka do ich wnętrza. Oprócz lipolizy bakteryjnej w mleku może dochodzić do lipolizy spontanicznej, której mechanizm polega na aktywowaniu lipazy rodzimej mleka (mlekowa lipaza lipoproteinowa-mLPL, EC 3.1.1.34)

poprzez aktywator alfa-lipoproteinowy. Podwyższona zawartość WKT w mleku znajduje także swoje odbicie w wyższym ich poziomie w produkcie gotowym wpływając na pogorszenie jego jakości organoleptycznej [Strzałkowska i wsp. 2010a, Strzałkowska i wsp. 2010b, Józwik i wsp. 2012].

Poziom wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) będących odzwierciedleniem procesów degradacyjnych frakcji tłuszczowej mleka oznaczono w indywidualnych próbkach mleka od poszczególnych krów. Nasilenie procesów degradacyjnych frakcji tłuszczowej oceniono w indywidualnych próbkach mleka pochodzącego od krów rasy phf, montbeliarde, jersey i polskiej czerwonej na podstawie koncentracji WKT bezpośrednio po udoju, a następnie po upływie 72h od udoju. Próbkę mleka

przed kolejnymi oznaczeniami były przechowywane w temperaturze 4°C, w takich warunkach namnażają się drobnoustroje psychrotrofowe odpowiedzialne za procesy degradacyjne frakcji tłuszczowej i białkowej mleka, w takich warunkach przechowywane jest także mleko przed dalszym przerobem. Średnia koncentracja WKT w mleku pochodzącym od krów rasy phf była po okresie żywienia zimowego najniższa w porównaniu z koncentracją WKT w mleku krów pozostałych ras badanych, podobną tendencję zaobserwowano po zakończeniu żywienia letniego, dotyczyło to zarówno próbek pobranych bezpośrednio po udoju, jak i próbek przechowywanych w temperaturze 4°C. W przypadku krów rasy phf dominującą grupę stanowiły zwierzęta w mleku, których koncentracja WKT mieściła się w przedziale 0,50-1,0 mEq/l, odsetek takich zwierząt wynosił 82%. Jedynie 4% krów tej rasy produkowało mleko, w którym bezpośrednio po udoju koncentracja wolnych kwasów tłuszczowych przekraczała 1,0 mEq/l dotyczy to okresu żywienia letniego.

W porównaniu z rasą phf krowy rasy montbeliarde produkowały mleko, w którym bezpośrednio po udoju koncentracja wolnych kwasów tłuszczowych była istotnie wyższa i wynosiła 1,45 mEq/l (żywienie zimowe). Dominującą grupą dla tej rasy stanowiły krowy w mleku, których koncentracja WKT bezpośrednio po udoju wynosiła powyżej 1,0 mEq/l (67% krów).

Warto podkreślić, że krowy rasy phf produkowały mleko charakteryzujące się wyższą zawartością tłuszczu w porównaniu z rasą montbeliarde, w okresie żywienia zimowego jak i letniego, można więc sądzić, że tłuszcz mleka krów rasy phf był mniej podatny na procesy degradacji w porównaniu z tłuszczem mleka krów rasy montbeliarde. W mleku przechowywanym przez 72 godziny zaobserwowano istotny wzrost koncentracji WKT, który wpłynął na przydatność mleka do dalszego przerobu. Wyższą koncentrację WKT w mleku odnotowano dla krów wszystkich ras w okresie żywienia zimowego, przy czym u krów rasy montbeliarde wskaźnik ten wyraźnie przekraczał wartość 1 mEq/l, mogło niekorzystnie wpływać na jakość mleka jako surowca do dalszego przerobu.

Ocena przydatności technologicznej mleka krów

Mleko przeznaczone do przerobu, szczególnie do wyrobu serów powinno mieć właściwą mikroflorę. Mleko świeże dostarczone do dalszego przerobu nie może mieć większej kwasowości od 8° SH i zbyt dużej ilości bakterii (nawet pożądaných), ponieważ w ciągu 2-3 godzin od chwili dodania podpuszczki kwasowość podniesie się bardzo znacznie, co spowoduje powstanie nieodpowiedniego skrzepu. W momencie dodania podpuszczki mleko oprócz właściwej kwasowości (8° SH-8,5 ° SH) powinno mieć nieco więcej niż w mleku świeżym bakterii kwasu mlekowego, takie

parametry mleka dają gwarancję uzyskania skrzepu kazeinowego charakteryzującego się odpowiednią jakością, a dalsze etapy wyrobu sera, np. osuszanie i dojrzewanie będą przebiegały we właściwy sposób i w efekcie końcowym uzyskamy dobrej jakości ser. W mleku o normalnej mikroflorze występują przeważnie bakterie, które niezależnie od podpuszczki przyczyniają się do uzyskania prawidłowego skrzepu, i gwarantują później odpowiedni kierunek dojrzewania sera. W praktyce mleko nie zawsze ma pożądane cechy mikrobiologiczne; często spotyka się mleko z niepożądaną mikroflorą. Dlatego szybkie rozpoznanie mikroflory jest jedną z podstawowych czynności przy produkcji serów [Strzałkowska i wsp. 2013].

Bakterie pożyteczne w serowarstwie to przede wszystkim bakterie kwasu mlekowego, które powodują niewielki wzrost kwasowości i prawidłowy przebieg ścinania mleka, następnie przechodzą do ziarna i do twarogu. W serze nadal działają, prowadzą wstępną fermentację (zanim rozwiną się inne bakterie), a ich enzymy biorą udział w procesie dojrzewania sera. Do tej grupy bakterii należą między innymi: *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris* i inne. Spośród termobakterii szczególnie ceniony jest *Thermobacterium helveticum*, ponieważ ten gatunek rozkłada białko na aminokwasy nadając serowi słodkawy smak i tworząc oczka. Termobakterie mogą rozwijać się bez dostępu powietrza, a optymalna temperatura ich rozwoju wynosi 40-50 °C. Znajdują się one między innymi w żołądkach cielęcych i trafiają do mleka razem z podpuszczką cielęcą, jeśli taką stosujemy przy wyrobie sera. Do grupy pożądanych bakterii w serowarstwie zalicza się także bakterie peptonizujące, które wytwarzają enzymy proteolityczne, powodujące dojrzewanie sera. Pożądane są także w serowarstwie bakterie kwasu propionowego, rozwój tych bakterii następuje w temperaturze 15-40°C, wytwarzają one z laktozy i mleczanu wapnia kwas propionowy, octowy oraz dwutlenek węgla. W mleku ta grupa bakterii rozwija się słabo, dogodne warunki do rozwoju znajdują one w serach. Skutkiem działalności tych bakterii są prawidłowe oczka w serach ementalskich i innych w późniejszym okresie dojrzewania. Drugą grupę bakterii stanowią bakterie szkodliwe w serowarstwie, wśród których najbardziej rozpowszechnione są bakterie wzdymające typu *Coli* i *Aerogenes* oraz kwasu masłowego. Do niepożądanych w produkcji serów zalicza się także bakterie gnilne i niektóre ziarniaki.

Do rozpoznania, jakiego rodzaju bakterie mają przewagę w mleku i jaki będzie przebieg dojrzewania sera, zastosowano w badaniach próbę fermentacyjną. Próba ta pozwala rozpoznać bakterie szkodliwe w mleku. Drugą próbą, którą wykorzystano do oceny przydatności mleka do celów serowarskich była próba fermentacyjno-podpuszczkowa. Ta próba pozwala wykryć bakterie wzdymające oraz daje możliwość kontroli jakości bakteryjnej

podpuszczki wykorzystywanej do wyrobu serów. Próby fermentacyjne pozwalają wykryć źródła zakażenia i w konsekwencji podjąć środki zaradcze. Temperatury, w których wykonuje się próby fermentacyjne są dobrane tak aby były sprzyjające dla szkodliwych dla produkcji sera grup bakterii. W obu próbach fermentacyjnych oceniono jakość uzyskanego skrzepu kazeinowego oraz jakość serwatki. W próbie fermentacyjnej możemy uzyskać 4 typy skrzepu kazeinowego (galaretowaty-gl, serowaty-s, ziarnisty-z oraz wzdymający-w), oprócz 4 wymienionych typów skrzepu wyodrębnia się także tzw. mleko płynne (pł), w którym nie nastąpił jeszcze proces krzepnięcia, ale są już pierwsze symptomy tego procesu, w obrębie każdego typu mamy 3 podtypy (pł-1 do 3, gl-1 do 3, s- 1 do 3, z- 1 do 3, w- 1 do 3).

Najbardziej pożądane w serowarstwie jest mleko dające skrzep galaretowaty (powstający na skutek działania bakterii *Lactococcus lactis ssp. Lactis*. Do przerobu na sery nie nadaje się mleko zakwalifikowane poniżej s-1. Z dalszego przerobu należy wykluczyć mleko o skrzepie wzdymającym (w), z oznakami gazowania, ze względu na obecność w nim bakterii szkodliwych w procesach technologicznych.

W próbie fermentacyjnej ocenie podlegała także serwatka, jej cechy organoleptyczne – barwa, zapach, klarowność. Ocenę jakości serwatki dokonywano w punktach od 1 do 2.

W próbie fermentacyjno-podpuszczkowej podobnie jak w próbie fermentacyjnej oceniano jakość skrzepu kazeinowego i jakość serwatki. Ocenę skrzepu kazeinowego wykonano w 3 klasach, a serwatkę w 2 klasach. Najbardziej pożądany w tej próbie jest skrzep charakteryzujący się kształtem „ołówka”, bez pęcherzyków powietrza w środku, bez przebarwień, o jednakowej strukturze na całej długości. Skrzep zaliczony do grupy trzeciej odznaczający się dużą ilością pęcherzyków wewnątrz, poszarpany, skurczony świadczy o niskiej jakości mleka, która nie gwarantuje uzyskania dobrej jakości produktów końcowych.

Serwatka w próbie fermentacyjno-podpuszczkowej oceniana była w sposób analogiczny jak w próbie fermentacyjnej.

Do oceny przydatności technologicznej mleka produkowanego przez krowy rasy phf i montbeliarde, jersey i polskiej czerwonej wykorzystano próbę fermentacyjną oraz fermentacyjno-podpuszczkową.

Jakość skrzepu kazeinowego uzyskanego w próbie fermentacyjnej z mleka krów rasy phf w okresie żywienia zimowego należy uznać za bardzo dobrą, wszystkie badane próbki mleka po skończonej fermentacji uzyskały maksymalną liczbę punktów, także jakość serwatki była bardzo dobra. W próbie fermentacyjno-podpuszczkowej jakość skrzepu kazeinowego, z mleka pochodzącego od krów rasy wszystkich badanych ras była gorsza w porównaniu z jakością skrzepu kazeinowego otrzymanego w próbie fermentacyjnej. Jedynie 67% próbek mleka od krów rasy phf, 40% próbek od

krów rasy montbeliarde i około 40 % próbek od krów rasy jersey i pc uzyskało pozytywną ocenę jakości skrzepu kazeinowego w próbie fermentacyjno-podpuszczkowej. Także jakość serwatki uzyskanej z mleka krów badanych ras w tej próbie była stosunkowo niska.

Wysoką koncentracją podstawowych składników w mleku krów rasy jersey w okresie żywienia zimowego zdecydowała o najwyższej w porównaniu z pozostałymi rasami wydajności suchej masy sera uzyskanego ze 100 ml mleka, która dla mleka krów tej rasy wyniosła 8,15 g.

W okresie żywienia letniego jakość skrzepu kazeinowego uzyskanego w próbie fermentacyjnej z mleka krów poszczególnych ras była lepsza w porównaniu z okresem żywienia zimowego. Z mleka krów rasy phf 69% badanych próbek mleka po skończonej fermentacji uzyskało maksymalną liczbę punktów, także jakość serwatki była bardzo dobra. Natomiast z mleka pochodzącego od krów rasy montbeliarde 60% próbek po skończonym procesie fermentacji można zaliczyć do najlepszej grupy. W próbie fermentacyjno-podpuszczkowej jakość skrzepu kazeinowego, zarówno z mleka pochodzącego od krów rasy phf jak i pozostałych ras była dobra. Także jakość serwatki uzyskanej z mleka krów badanych ras w tej próbie była stosunkowo wysoka.

Najwyższą wydajności suchej masy sera podpuszczkowego uzyskano ze 100 ml mleka pochodzącego od krów rasy jersey (8,25 g), pozostałe rasy charakteryzowały się zbliżonymi wartościami dla tego parametru.

Mleko produkowane przez krowy rasy phf, jersey, polskiej czerwonej i montbeliarde w okresie żywienia letniego charakteryzowało się lepszą jakością technologiczną, potwierdzają to wyniki uzyskane w obu próbach fermentacyjnych, zarówno jakość skrzepu kazeinowego jak i jakość serwatki była lepsza w porównaniu z okresem żywienia zimowego.

Podsumowanie

- Stwierdzono istotny wpływ systemu żywienia krów na aktywność glikolityczną mleka. Wyższa aktywność beta-galaktozydazy i alfa-glukozydazy w mleku krów korzystających z pastwiska w okresie wegetacyjnym może wpływać na lepszą tolerancję mleka przez konsumentów.
- Stwierdzono duże różnice w rozmiarach procesów degradacyjnych frakcji tłuszczowej mleka między krowami rasy phf i montbeliarde, mleko produkowane przez krowy phf charakteryzowało się mniejszą podatnością na lipolizę w porównaniu z mlekiem pochodzącym od krów rasy montbeliarde.
- Wykazano wpływ sezonu żywienia na jakość technologiczną mleka pochodzącego od krów badanych ras, lepszą jakość skrzepu

kazeinowego oraz lepszą jakość serwatki uzyskano w okresie żywienia wiosenno-letniego.

PIŚMIENNICTWO

1. JÓŹWIK A., KRZYŻEWSKI J., STRZAŁKOWSKA N., BAGNICKA E., POŁAWSKA E., HORBAŃCZUK J.O., 2012b- Stres oksydacyjny u wysoko wydajnych krów mlecznych w okresie okołoporodowym. *Medycyna Weterynaryjna* 68 (8), 467-474.
2. JÓŹWIK A., STRZAŁKOWSKA N., BAGNICKA E., GRZYBEK W., KRZYŻEWSKI J., POŁAWSKA E., KOŁATAJ A., HORBAŃCZUK J., 2012a - Relationship between milk yield, stage of lactation, and some blood serum metabolic parameters of dairy cows. *Czech Journal of Animal Science* 57 (8), 353-360.
3. JÓŹWIK A., STRZAŁKOWSKA N., LIPIŃSKA, P., MARKIEWICZ-KĘSZYCKA M., ŁYSEK-GŁADYSIŃSKA M., WRÓBLEWSKA B., STANISŁAWSKA I., 2016.- The effect of breed and the feeding system on the activity of glycosidases in cow's milk. *Animal Science Papers and Reports* 34 (1), 41-52.
4. JÓŹWIK, A., STRZAŁKOWSKA, N., MARKIEWICZ-KĘSZYCKA, M., KRZYŻEWSKI, J., LIPIŃSKA, P., RUTKOWSKA, J., WRÓBLEWSKA, B., KLUSEK, J., COOPER, R.G., 2016.- Effects of replacing rapeseed cake with linseed cake in a corn-grass silage-based diet for milking cows. *Animal Science Papers and Reports* 34 (2), 129-142.
5. LIPIŃSKA P., 2013.- Wpływ sezonu żywienia na profil kwasów tłuszczowych w mleku oraz frakcję lipidową w surowicy krwi krów rasy HF oraz Montbeliarde. *Praca magisterska, SGGW*.
6. MARKIEWICZ-KĘSZYCKA M., CZYŻAK-RUNOWSKA G., LIPIŃSKA P., WÓJTOWSKI J., 2013.- Fatty acid profile of milk and its importance for human health – a review. *Bulletin of the Veterinary Institute in Puławy* 57 (2), 135-139.
7. STRZAŁKOWSKA N., JASIŃSKA K., JÓŹWIK A., 2018.- Physico-chemical properties of lactose, reasons for and effects of its intolerance in humans – a review. *Animal Science Papers and Reports* 36 (1), 21-31.
8. STRZAŁKOWSKA N., JÓŹWIK A., 2015 - Uzyskanie mleka krowiego charakteryzującego się zwiększoną aktywnością enzymów glikolitycznych, wpływających na stopień przyswajalności laktozy przez konsumentów. URL www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
9. STRZAŁKOWSKA N., JÓŹWIK A., BAGNICKA E., KRZYŻEWSKI J., COOPER R.C., HORBAŃCZUK J.O., 2010b -

- Factors affecting the cholesterol content of milk of cows fed conserved feeds in a TMR system throughout the year. *Mlekarstwo* 60 (4), 273-279.
10. STRZAŁKOWSKA N., JÓŻWIK A., BAGNICKA E., KRZYŻEWSKI J., HORBAŃCZUK K., PYZEL B., SŁONIEWSKA D., HORBAŃCZUK J.O., 2010a - The concentration of free fatty acids in goat milk as related to the stage of lactation, age and somatic cell count. *Animal Science Papers and Reports* 28 (4), 389-395.
 11. STRZAŁKOWSKA N., JÓŻWIK A., BAGNICKA E., POŁAWSKA E., KRZYŻEWSKI J., PYZEL B., HORBAŃCZUK J.O., 2012 - Profil kwasów tłuszczowych, zawartość cholesterolu i podatność na lipolizę frakcji tłuszczowej mleka kóz. *Medycyna Weterynaryjna* 68 (1), 40-44.
 12. STRZAŁKOWSKA N., JÓŻWIK A., POŁAWSKA P., ZDANOWSKA-SĄSIADK Z., BAGNICKA E., PYZEL B., LIPÍŃSKA P., HORBAŃCZUK J.O., 2014.- Relationship between somatic cell count, polymorphic form of β 4-defensin and susceptibility of cow milk fat to lipolysis. *Animal Science Papers and Reports* 32 (4), 307-316.
 13. STRZAŁKOWSKA N., MARKIEWICZ-KĘSZYCKA M., BAGNICKA E., POŁAWSKA E., KRZYŻEWSKI J., 2013 - Wpływ form polimorficznych białek kazeinowych na skład chemiczny i jakość technologiczną mleka kóz. *Medycyna Weterynaryjna* 69 (11), 666-669.
 14. STRZAŁKOWSKA N., MARKIEWICZ-KĘSZYCKA M., KRZYŻEWSKI J., BAGNICKA E., LIPÍŃSKA P., JÓŻWIK A., 2014.- Wpływ stresu na wydajność i jakość mleka oraz wskaźniki rozrodu wysoko wydajnych krów mlecznych. *Medycyna Weterynaryjna* 70 (2), 84-90.

1.3 – Wpływ suplementów diety na poziom składników bioaktywnych w mleku krów.

Cele badań

1. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu specjalnego dodatku paszowego (SDP), opracowanego w ramach realizacji badań, na skład chemiczny mleka, ze szczególnym uwzględnieniem składu kwasów tłuszczowych. Zakładano, że w wyniku zastosowania w SDP komponentów paszowych bogatych w oleje roślinne, zwiększona zostanie ilość dostępnych jelitowo nienasyconych kwasów tłuszczowych, a w rezultacie nastąpi

- zwiększenie zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku.
2. Określenie wpływu dawki podstawowej i specjalnego dodatku paszowego (SDP) w żywieniu krów na przydatność technologiczną i jakość mleka surowego, a także jakość produktów mlecznych wytworzonych z tego mleka.
 3. Opracowanie instrukcji przemysłowej produkcji specjalnego dodatku paszowego, przy wykorzystaniu własnych technologii przetwarzania komponentów paszowych, który zastosowany w żywieniu krów mlecznych spowoduje zwiększenie w mleku zawartości substancji bioaktywnych, mających korzystny wpływ na zdrowie konsumentów.
 4. Ocena wpływu SDP skarmianego w dawkach pokarmowych dla krów mlecznych, na liczbę komórek somatycznych mleka w zależności od fazy laktacji oraz ocena wpływu SDP na wartość biologiczną mleka w zależności od poziomu wydajności mlecznej krów, która może być istotnym czynnikiem wpływającym na tę cechę.

Opis wyników i dyskusja

W czasie trwania badań nie zanotowano skrajnych warunków atmosferycznych ani innych czynników, które mogłyby wpływać na ograniczenie produktywności krów mlecznych. Nie zaobserwowano ani pogorszenia jakości skarmianych pasz, ani zdrowia zwierząt.

Jakość i wartość pokarmowa skarmianych pasz objętościowych była wysoka, co umożliwiło uzyskanie wydajności mleka przekraczającej 40 kg/dz./szt., bez znacznego udziału pasz treściwych. Stosunek udziału suchej masy pasz objętościowych do treściwych wynosił w przybliżeniu jak 60:40. Prawdopodobnie z tego powodu nie obserwowano u zwierząt objawów subklinicznej kwasicy ani ketozy (wszystkie krowy były w okresie powyżej 60 dnia laktacji). Analizy chemiczne TMR wykonywane w kolejnych tygodniach badań potwierdziły niewielką zmienność w zawartości składników pokarmowych. Nie stwierdzono także dużych różnic w zawartości składników pokarmowych pomiędzy TMR-ami, a odpowiadającymi im niedojadami, co można zinterpretować zadowalającą homogenicznością skarmianych dawek pokarmowych i braku ich sortowania (przebierania) przez zwierzęta.

Wpływ SDP na wartość pokarmową dawki

SDP charakteryzował się średnią zawartością białka ogólnego (175 g/kg), natomiast dużą zawartością tłuszczu (296 g/kg). Z tego powodu koncentracja energii netto w tym produkcie sięgała aż 1,7 JPM / kg, a jego

zastosowanie w dawce pokarmowej powodowało zwiększenie koncentracji energii w 1 kg suchej masy dawki z 0,90 (K) do 0,97 JPM (skorygowane). Warto także zwrócić uwagę, że w skład SDP wchodził przede wszystkim tłuszcz chroniony przed rozkładem w żwacu o wysokim udziale nienasyconych kwasów tłuszczowych, głównie C18:1 (37,4%), C18:2 (17,33%) i C18:3 (28,23%) w sumie kwasów tłuszczowych. Ponadto dodatek ten był bogatym źródłem witaminy E, β -karotenu oraz selenu i jodu.

Zawartość tłuszczu surowego w TMR grupy kontrolnej wynosiła 35 g/kg s.m. Zastosowanie 1, 2 lub 3 kg SDP jako komponentu dawek pokarmowych spowodowało zwiększenie zawartości tego składnika odpowiednio do 46, 51 i 73 g/kg s.m. Powszechnie uważa się, że zawartość tłuszczu w dawce pokarmowej krów mlecznych przekraczająca 5% suchej masy (50 g/kg s.m.) ma negatywny wpływ na przebieg procesów fermentacyjnych w żwacu, zwłaszcza na strawność węglowodanów strukturalnych. Z tego powodu interesującym wydawało się prześledzenie wpływu wyższych poziomów tłuszczu w dawce pokarmowej na pobranie suchej masy i wskaźniki produkcyjne. W tym konkretnym przypadku tłuszcz dostarczany w SDP był chroniony przed rozkładem w żwacu, stąd można było założyć, że nie będzie miał nadmiernie negatywnego wpływu na mikroorganizmy żwacza.

Wpływ SDP na żerność krów i pobranie składników pokarmowych

W stosunku do grupy kontrolnej skarmianie SDP w dawce pokarmowej (w każdej grupie doświadczalnej) powodowało zwiększenie pobrania suchej masy (PSM). Największe PSM odnotowano w grupie krów otrzymującej 3 kg/dz./szt. doświadczalnego dodatku paszowego. Można zatem stwierdzić, że opracowany dodatek paszowy charakteryzował się dużą smakowitością. W przeprowadzonym eksperymencie nie znalazł natomiast potwierdzenia pogląd, że skarmianie mydeł wapniowych kwasów tłuszczowych, jako dodatku do TMR, obniża PSM. W dawce pokarmowej grupy doświadczalnej D3 znajdowało się 762,6 g mydeł (254 w 1 kg SDP), zatem można przyjąć założenie, że uzyskany efekt w postaci wysokiego pobrania suchej masy w dużej mierze uzależniony był od formy w jakiej podano mydła do dawki oraz od obecności innych komponentów w mieszance.

Pobranie przez krowy składników pokarmowych (BO, tłuszcz, skrobia, NDF) wynikało z pobrania suchej masy TMR-ów i składu niedojadów. Ponieważ najmniejsze PSM odnotowano u krów z grupy kontrolnej, dlatego też pobranie składników pokarmowych w tej grupie było najmniejsze ($P < 0,05$). Zgodnie z oczekiwaniem największe pobranie tłuszczu (2,08 kg) zanotowano w grupie D3 otrzymującej 3 kg SDP na dzień na sztukę. Z kolei największe pobranie skrobi (8,71 kg/dz./szt.) odnotowano w grupie D1.

Analiza statystyczna dotycząca pobrania przez krowy suchej masy w poszczególnych tygodniach trwania eksperymentu (łącznie z okresem przygotowawczym) wykazała, że wprowadzenie dawek doświadczalnych (różniących się udziałem SDP) spowodowało najpierw nieznaczne zmniejszenie (w trakcie pierwszych dwóch tygodni badań) a następnie stopniowe zwiększanie (począwszy od trzeciego tygodnia eksperymentu) pobrania przez krowy suchej masy. Zwiększenie PSM pomiędzy 1. a 6. tygodniem eksperymentu wynosiło średnio 1,17 kg/dz./szt., jednak różnice pomiędzy kolejnymi tygodniami badań były statystycznie nieistotne ($P > 0,05$). Uzyskane wyniki wskazują, że w warunkach produkcyjnych okres adaptacji krów do dawek pokarmowych z udziałem opracowanego dodatku paszowego (SDP) powinien wynosić średnio 10-14 dni. Po tym okresie należy spodziewać zwiększenia pobrania paszy, a w ślad za tym także zwiększenia wydajności mlecznej krów.

Wpływ SDP na wydajność krów i skład chemiczny mleka

Skarmianie SDP spowodowało zwiększenie w stosunku do grupy kontrolnej wydajności mlecznej krów. Największą wydajność mleka zanotowano w grupie D1, w której zwierzęta otrzymywały 1 kg SDP, a pobranie suchej masy nie było najwyższe (spośród wszystkich grup eksperymentalnych). Z kolei największą zawartość suchej masy, białka, tłuszczu i mocznika w mleku obserwowano w grupie kontrolnej. Można zatem założyć, że zwiększenie wydajności mleka u krów pochodzących z grup doświadczalnych (D) pociągnęło za sobą zmniejszenie zawartości w mleku składników stałych. Podobny efekt obserwowano w przypadku zwiększania ilości SDP w dawce. Im większy był jego udział w dawce pokarmowej, tym mniejsza zawartość składników stałych w mleku.

Na podstawie dostępnych wyników warto zastanowić się, dlaczego największą wydajność mleka obserwowano w grupie krów otrzymujących tylko 1 kg SDP (D1). Na podstawie zawartości białka, tłuszczu i mocznika w mleku można przypuszczać, że dawka pokarmowa w tej grupie żywieniowej charakteryzowała się najbardziej zrównoważoną podażą (synchronizacją) energii i białka do żwacza. Zapewniało to prawdopodobnie najbardziej optymalne warunki do syntezy białka mikrobiologicznego i najwyższą wydajność mleka o zadowalającej zawartości tłuszczu i białka [Brzozowska i wsp. 2013, Brzozowska i Oprządek 2013].

Tłuszcz paszowy nie stanowi źródła energii dla mikroorganizmów żwacza, stąd duży udział tego składnika w dawce pokarmowej krów z grupy D2 i D3 oraz niska zawartość białka w mleku może świadczyć o niedostatecznej ilości łatwo dostępnej energii w żwaczu. Dodatkowym problemem mogło być niskie pobranie białka ulegającego rozkładowi w

żwaczu. Pomimo zbliżonego pomiędzy grupami pobrania białka ogólnego przez krowy ilość dostępnego białka w żwaczu w grupie D2 i D3 była prawdopodobnie niewystarczająca. Świadczy o tym z jednej strony niska zawartość mocznika w mleku pozyskanym od krów z tych grup, natomiast z drugiej strony stopniowo zmniejszająca się (w stosunku do grupy kontrolnej) zawartość białka ulegającego w większym stopniu degradacji w żwaczu. Wynikało to z tego, iż w grupach doświadczalnych stopniowo wycofywano z dawki pokarmowej śrutę poekstrakcyjną sojową (białko stosunkowo szybko rozkładane w żwaczu) a zastępowano go białkiem pochodzącym z SDP, który zawiera białko chronione przed rozkładem w żwaczu.

Z kolei nadmierne pobranie tłuszczu przez krowy z grupy D3 mogło być powodem zmniejszonej fermentacji włókna w żwaczu (niedostatek kwasu octowego niezbędnego do syntezy tłuszczu mleka), co sugeruje niska zawartość tego składnika w mleku. Z drugiej jednak strony wysokie pobranie suchej masy przez krowy może świadczyć o prawidłowej fermentacji w żwaczu [Brzozowska i Oprządek 2013, Brzozowska i Oprządek 2016].

Wpływ SDP na wartość biologiczną mleka

Zmniejszenie zawartości poszczególnych aminokwasów w mleku krów pochodzących z grup doświadczalnych (w stosunku do grupy kontrolnej) było prawdopodobnie wynikiem tych samych interakcji, które opisano powyżej omawiając zawartość w mleku białka - głównie efektu rozcieńczenia składników w większej objętości mleka. Proporcje pomiędzy poszczególnymi aminokwasami w białku mleka są determinowane przede wszystkim genetycznie, stąd podejmowane próby ich zmian na drodze żywieniowej są zwykle mało skuteczne. Na podkreślenie zasługuje jednak fakt, że w przypadku aminokwasów obserwowane różnice pomiędzy grupami były statystycznie wysoko istotne ($P < 0,0001$). Tak wysokiej istotności różnic nie obserwowano jednak w przypadku zawartości metioniny i cystyny (aminokwasy siarkowe). Można w związku z tym sądzić, że było to spowodowane w pewnym stopniu dużą podażą w dawkach pokarmowych grup doświadczalnych białka pochodzenia paszowego trawionego w jelicie cienkim, które było zasobne właśnie w te aminokwasy. Rzeczywiście, w skład SDP wchodzi makuch rzepakowy zawierający białko chronione przed rozkładem w żwaczu, o dużej zawartości metioniny z cystyną (w 1 kg SDP znajduje się ok. 280 g makuchu rzepakowego) [Brzozowska i wsp. 2018].

Bardzo korzystne dla zdrowia konsumentów okazały się wyniki dotyczące zmian w składzie kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka. Dzięki skarmianiu doświadczalnego dodatku paszowego uzyskano bardzo istotne zwiększenie (w niektórych przypadkach nawet o ponad 100%) najbardziej wartościowych kwasów zaliczanych do grupy n-3 i n-6 oraz CLA. Zawartość

najbardziej deficytowego w diecie człowieka kwasu linolenowego (C18:3; n-3) zwiększyła się o 105,1% tj., z 0,59 (K) do 1,21% (D3). Z kolei zawartość CLA 9cis 11trans zwiększyła się z 0,36 (K) do 0,59% (D3), tj. o 63,9%.

Pod względem wartości odżywczych najbardziej prozdrowotne wydaje się mleko pochodzące od krów z grupy D3, otrzymujących 3 kg/dz./szt. SDP. W mleku tym zawartość tłuszczu jest stosunkowo niska, natomiast zawartość pożądaných kwasów wysoka. Otwarte pozostaje jednak pytanie o bezwzględną ilość pozyskiwanych z mleka tzw. „zdrowych” składników biologicznie aktywnych. Wydaje się, że uwzględniając ilość pozyskiwanego tłuszczu i białka w produkowanym mleku, bardziej ekonomiczne byłoby produkowanie mleka od krów z grupy D2 lub D1. Jednak pełną odpowiedź na tak postawione pytanie można będzie udzielić uwzględniając wyniki oceny organoleptycznej mleka z poszczególnych grup, jego przydatność technologiczną oraz dodatkowo zawartość jodu, selenu i witamin.

Wpływ SDP na przydatność technologiczną tłuszczu mlecznego

Głównym celem wprowadzenia SDP do dawki pokarmowej była zmiana składu frakcji tłuszczowej mleka w kierunku większej zawartości substancji mających pozytywny wpływ na zdrowie konsumentów. Z tego względu szczególną uwagę zwrócono na wskaźniki przydatności technologicznej tłuszczu mlekowego.

Przyjmuje się, że temperatura krzepnięcia tłuszczu mleka powinna się mieścić w pomiędzy 19 a 26°C, natomiast temperatura topnienia (mierzona jako temperatura sklarowania tłuszczu mlekowego) zawiera się w przedziale 31-40°C. Analizując wyniki eksperymentu stwierdzono, że wraz ze wzrostem udziału SDP w paszy krów, następowało istotne obniżanie się obu badanych temperatur. Zaobserwowana tendencja koresponduje z rosnącą zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka, będącą wynikiem zwiększania ilości SDP spożywanego przez krowy. Wyższa zawartość tłuszczów nienasyconych łączy się bowiem z niższymi temperaturami topnienia i krzepnięcia tłuszczu mlekowego. W przypadku grupy D3, w której stosowano najwyższą dawkę SDP, wymienione parametry znajdują się na dolnej granicy wartości uznanych za typowe dla tłuszczu mleka. Wskazuje to, że w żywieniu krów mlecznych nie należałoby przekraczać dawki 3 kg SDP na krowę dziennie.

Liczba jodowa oraz współczynnik refrakcji tłuszczu także są uzależnione od zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka. Przyjmuje się, że tłuszcz mlekowy charakteryzuje się liczbą jodową w przedziale od 26 do 46, oraz współczynnikiem refrakcji w zakresie 1,4524-1,4565. W przypadku grupy D3, w której krowy otrzymywały 3 kg badanego dodatku paszowego, wartości liczby jodowej i współczynnika refrakcji

znajdowały się na górnej granicy zakresów uznanych za dopuszczalne. Ponownie, stanowi to przesłankę dla uznania 3 kg SDP na sztukę dziennie za maksymalną dopuszczalną dawkę badanego dodatku. Należy jednocześnie podkreślić, że tłuszcz mleka pozyskiwanego od krów z grupy kontrolnej charakteryzował się bardzo niskimi wartościami obu tych parametrów, typowymi dla tłuszczu mleka krów żywionych dawkami z dużym udziałem pasz treściwych i kiszonki z kukurydzy. Umiarkowany wzrost wartości liczby jodowej i współczynnika refrakcji, obserwowany w grupach D1 i D2 należy zatem uznać za zjawisko pozytywne, odzwierciedlające wyższą zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku, pożądaną ze względów dietetycznych i sprzyjającą lepszej smarowości masła uzyskiwanego z takiego mleka.

Niekorzystną konsekwencją wprowadzenia SDP do dawki pokarmowej był wzrost zawartości wolnych kwasów tłuszczowych (WKT) w tłuszczu mlekowym. Przyjmuje się, że zawartość ta nie powinna przekraczać 0,4%. Wartość ta została przekroczona w przypadku mleka z wszystkich grup, w których krowy otrzymywały badany dodatek.

Rosnącemu udziałowi SDP w dawce pokarmowej towarzyszył wzrost zawartości WKT w tłuszczu mlekowym. W przypadku grupy D3 przeciętna zawartość tych kwasów wyniosła 0,90%, ponad dwukrotnie przekraczając zalecane maksimum. Stwierdzono, że wyższym dawkom SDP towarzyszył wzrost wartości liczby kwasowej tłuszczu produkowanego mleka, jednak w żadnej z grup doświadczalnych nie stwierdzono przekroczenia górnego limitu tego wskaźnika, który wynosi 2 mg KOH/g tłuszczu. Można przypuszczać, że obserwowany wzrost wartości liczby kwasowej, która jest wskaźnikiem zawartości wolnych, niezestryfikowanych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka, był po części spowodowany wzrostem zawartości WKT w mleku krów otrzymujących SDP. Liczba nadlenkowa, charakteryzująca intensywność przemian oksydacyjnych tłuszczu mleka, nie powinna przekraczać 2,7 [meq aktywnego tlenu/kg tłuszczu]. Warunek ten był spełniony jedynie w przypadku mleka z grupy kontrolnej, w której krowy nie otrzymywały SDP.

Podsumowując wyniki dotyczące parametrów jakości tłuszczu mlekowego można stwierdzić, że dodatek SDP wpływał korzystnie na przydatność technologiczną i wartość dietetyczną tłuszczu mlekowego, pogarszając jednakże jego stabilność przechowalniczą. Biorąc pod uwagę wartości odpowiednich parametrów, charakteryzujących jakość tłuszczu mlekowego, stwierdzone w grupie D3 można wnioskować, że dawka SDP nie powinna przekraczać 2 kg na krowę dziennie.

Wpływ SDP na przydatność mleka do produkcji serowarskiej

Ocenę przydatności produkowanego mleka do produkcji serowarskiej oparto na oznaczeniach krzepliwości mleka pod wpływem podpuszczki oraz tekstury uzyskanego skrzepu. Podsumowując uzyskane wyniki można stwierdzić, że wprowadzenie SDP do dawki pokarmowej nie pogarsza przydatności serowarskiej produkowanego mleka, a w przypadku najwyższej badanej dawki (3 kg SDP/krowę/dzień) nawet istotnie poprawia konsystencję i twardość skrzepu podpuszczkowego.

Wpływ SDP na ocenę sensoryczną mleka

Jakość sensoryczna mleka ma duży wpływ na jego akceptację konsumentką, a co za tym idzie na perspektywy sukcesu rynkowego opracowywanego dodatku paszowego. Zastosowanie SDP w dawce pokarmowej krów spowodowało istotne obniżenie oceny ogólnej jakości sensorycznej mleka, w porównaniu mlekiem od krów z grupy kontrolnej, nieotrzymującej tego dodatku. Należy jednak podkreślić, że nawet mleko od krów z grupy D3, charakteryzujące się najniższą oceną ogólną, uzyskało notę ponad dobrą, co świadczy o dobrych walorach organoleptycznych i potencjalnej akceptacji konsumentkiej tego produktu.

Obniżenie oceny organoleptycznej jest przypuszczalnie spowodowane wzrostem zawartości wolnych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka oraz zwiększonym nasileniem przemian oksydacyjnych, związanym z rosnącym udziałem nienasyconych kwasów tłuszczowych. Biorąc pod uwagę wyniki przeprowadzonych badań można wnioskować, że w przypadku krów o wysokiej wydajności, żywionych dawką pokarmową z dużym udziałem kukurydzy, dzienna dawka SDP nie powinna przekraczać 2 kg na sztukę. Taka ilość badanego dodatku w dawce wywiera pożądany wpływ na wartość dietetyczną mleka (zwiększenie udziału nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka), nie powodując jednocześnie nadmiernego pogorszenia wskaźników przydatności technologicznej i jakości sensorycznej uzyskiwanego surowca.

Podsumowanie

- Badany dodatek paszowy (SDP) wpływał dodatnio na żerność krów. SDP wpływał dodatnio na wydajność krów, obniżając jednak wyraźnie zawartość tłuszczu i w mniejszym stopniu białka w produkowanym przez nie mleku.
- Obecność SDP w dawce pokarmowej wpływała dodatnio na zawartość składników bioaktywnych w mleku krów, zwłaszcza wielonienasyconych kwasów tłuszczowych i witamin. Wpływ SDP na

zawartość kwasów tłuszczowych i witamin w mleku wzrastał proporcjonalnie do udziału tego preparatu w suchej masie dawki, która otrzymywały krowy.

- Zastosowanie SDP wpływa korzystnie na wartość odżywczą i przydatność technologiczną tłuszczu w uzyskiwanym mleku, pogarszając jednakże jego stabilność przechowalniczą.
- Wysokie (przekraczające 2 kg/sztukę/dzień) dawki SDP wpływały ujemnie na ocenę sensoryczną (zapach i smak) mleka. Wysokie dawki SDP wpływały ujemnie na stabilność przechowalniczą tłuszczu mleka, produkowanego przez żywione nim krowy.

PIŚMIENNICTWO

1. BRZOZOWSKA A., 2015.- Prognozowanie zawartości kwasów tłuszczowych w mleku, wątrobie i tkance tłuszczowej krów na podstawie ich poziomu w paszy i osoczu krwi. *Praca doktorska, SGGW*.
2. BRZOZOWSKA A., OPRZĄDEK J., 2013 - Lipid digestion and absorption in the gastrointestinal tract of ruminants. *Medycyna Weterynaryjna* 69 (11), 622-655.
3. BRZOZOWSKA A., OPRZĄDEK J., 2016 – Metabolism of fatty acids in tissues and organs of the ruminants – a review. *Animal Science Papers and Reports* 34 (3) 211-219.
4. BRZOZOWSKA A., SŁONIEWSKI K., OPRZĄDEK J., SOBIECH P., KOWALSKI Z.M., 2013 - Why are dairy cows not able to cope with the subacute ruminal acidosis? *Polish Journal of Veterinary Sciences* 16 (4), 813-821.
5. BRZOZOWSKA A.M., ŁUKASZEWICZ M., OPRZĄDEK J.M., 2018.- Energy-protein supplementation and lactation affect fatty acid profile of liver and adipose tissue of dairy cows. *Molecules* 23 (3), 618.
6. MICEK P., KOWALSKI Z.M., OPRZĄDEK J., 2016 – Sposób Wytwarzania dodatku paszowego białkowo-energetycznego dla bydła mlecznego i mięsnego. **Przyznany 31.10.2016, nr 223449**

1.4 – Możliwość zwiększenia zawartości aktywnych biologicznie kwasów tłuszczowych o działaniu prozdrowotnym w mleku krów.

Cele badań

Celem podzadania było określenie wpływu czynnika genetycznego na skład i profil kwasów tłuszczowych mleka i serów (podpuszczkowych i serwatkowych) oraz zwiększenie w tych produktach udziału bioaktywnych składników, tj. CLA, EPA i DHA poprzez zastosowanie w żywieniu krów opracowanych preparatów lipidowych zgodnie z przyjętymi zadaniami i według poniższego schematu:

1. Określenie wpływu czynnika rasowego na kształtowanie się profilu kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka i sera krowiego.
2. Opracowanie wielkolaboratoryjnej metody wzbogacania olei roślinnych w sprzężone dieny kwasu linolowego (CLA) oraz olei rybich w kwasy omega-3 (EPA i DHA).
3. Opracowanie metody ochrony biologicznie aktywnych kwasów tłuszczowych zawartych w olejach roślinnych i rybich przed procesami utleniania oraz procesem biouwodorowania w żwaczu.
4. Wybór dodatku mineralnego jako nośnika dla uzyskanych preparatów olejowych.
5. Suplementacja diety krów dodatkiem izomeryzowanego oleju roślinnego wzbogaconego w CLA.
6. Oznaczanie metodami analitycznymi zawartości CLA w mleku krów żywionych izomeryzowanym olejem roślinnym.
7. Oznaczanie metodami analitycznymi zawartości CLA w serze uzyskanym z mleka krów żywionych izomeryzowanym olejem roślinnym.
8. Suplementacja diety krów dodatkiem oleju rybiego wzbogaconego w EPA i DHA.
9. Oznaczanie metodami analitycznymi zawartości CLA, EPA i DHA w mleku krów żywionych wzbogaconym olejem rybim.
10. Oznaczanie metodami analitycznymi zawartości CLA, EPA i DHA w serze uzyskanym z mleka krów żywionych wzbogaconym olejem rybim.
11. Suplementacja diety krów bioaktywnym kompleksem lipidowym.
12. Oznaczanie metodami analitycznymi zawartości CLA, EPA i DHA w mleku krów żywionych bioaktywnym kompleksem lipidowym.

13. Oznaczanie metodami analitycznymi zawartości CLA, EPA i DHA w serze uzyskanym z mleka krów żywionych bioaktywnym kompleksem lipidowym.

Opis wyników i dyskusja

Wykazano istotne różnice pomiędzy rasami krów w zakresie wszystkich analizowanych cech mleka. Zawartość suchej masy najwyższa była w mleku krów rasy jersey -15.4% i polskiej czerwonej (pcb) -13.6%, natomiast najniższa krów rasy polskiej czerwono białej i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej (phfczb) -12.4% oraz simentalskiej – 12.8%. Pod względem zawartości tłuszczu jego poziom kształtował się od 3.7% (phfczb) do 5.8% (jersey). Z kolei najniższy poziom białka stwierdzono w mleku krów rasy phfczb - 3.2%, natomiast najwyższy rasy jersey - 3.9%. Najmniejszym stosunkiem tłuszczu do białka charakteryzowało się mleko krów pcb i simentalskiej (ok. 1.1), natomiast największym krów phfcb (1.4) i jersey (1.5). Wartość energetyczna mleka najwyższa była u krów rasy jersey (364 kJ/kg) a najniższa u krów pcb – 273 kJ/kg.

W badaniach nie stwierdzono natomiast wpływu fazy laktacji na zawartość w mleku i serach podpuszczkowych i serwatkowych podstawowych składników chemicznych.

Mimo współczesnej standaryzacji warunków utrzymania i żywienia bydła, uwarunkowania genetyczne składu mleka i sera są widoczne w jego niejednorodnym składzie. Przy średnim poziomie suchej masy w mleku w badanej populacji 13.17% (SD = 1.30; SE = 0.101) skrajne różnice pomiędzy badanymi genotypami w składzie mleka wynosiły: dla suchej masy 2.94%, suchej masy beztłuszczowej 1.33%, tłuszczu 2.12%, białka 0.67% oraz laktozy 0.76%, natomiast pod względem wartości energetycznej 33%.

Ponad stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy składem mleka, a składem produkowanego z niego sera [Nowakowski i wsp. 2012].

Opracowana została technologia otrzymywania z oleju z pestek z winogron, z zastosowaniem katalizatora tlenkowego w środowisku glikolu etylenowego, soli wapniowych izomerów CLA (CaCLA) o konfiguracji c9, t11, t10,c12, a także optymalizowany został proces wzbogacania olejów rybnych w kwasy ω -3 (głównie EPA i DHA) z zastosowaniem metody niskotemperaturowej krystalizacji. Na bazie tych dwóch preparatów lipidowych opracowana została receptura bioaktywnego preparatu roślinno-rybnego (BPR-R) zawierającego w swoim składzie CLA, EPA i DHA [Bodkowski i wsp. 2011, Walisiewicz-Niezbalska i wsp. 2011].

Badania aplikacyjne na krowach mlecznych wykazały, że najkorzystniejsze działanie wykazał preparat roślinno-rybi. W przypadku

mleka, w zależności od czasu jego podawania, spadek kwasów tłuszczowych nasyconych wynosił od 3,1 do 3.7 jedn. proc., natomiast wzrost kwasów tłuszczowych jednonienasyconych od 0.6 do 7.4 jedn. proc., a wielonienasyconych od 34.8 do 55.7 jedn. proc. Ponadto w tłuszczu mleka wzrosła zawartość kwasu trans wakcenenowego od 35,2. do 91 jedn. proc.; izomeru c9t11 CLA od 67.6 do 106.8 jedn. proc., izomeru t10c12 CLA od 100 do 150 jedn. proc., kwasu eikozapentaenowego od 200 do 275 jedn. proc. oraz pojawił się w mleku kwas dokozaheksaenowy w ilości od 0,06 do 0,08%. Podobne tendencje w zakresie zmian w składzie kwasów tłuszczowych zaobserwowano w serach podpuszczkowych i serwatkowych [Bodkowski i wsp. 2011, Walisiewicz-Niezbalska i wsp. 2011].

Podsumowanie

Stwierdzono różnice rasowe w zakresie zawartości podstawowych składników chemicznych mleka krów tj. suchej masy, tłuszczu, białka i wartości energetycznej. Na bazie oleju winogronowego metodą z zastosowaniem katalizatorów tlenkowych zsyntetyzowano sole Ca CLA natomiast poprzez zmodyfikowanie metody krystalizacji niskotemperaturowej olej rybny wzbogacono w kwasy EPA i DHA i na bazie tych 2 preparatów lipidowych opracowano kompozycję naturalnego bioaktywnego preparatu roślinno-rybnego (BPR-R).

Zastosowanie w żywieniu krów mlecznych na nośniku mineralnym (Humokarbomit) preparatu BPR-R, spowodowało spadek zawartości w tłuszczu mleka i produktów mlecznych (sery podpuszczkowe i serwatkowe) zawartości kwasów tłuszczowych nasyconych oraz wzrost zawartości kwasów tłuszczowych jedno- i wielonienasyconych. Ponadto w tłuszczu mleka i serów wzrosła zawartość aktywnych biologicznie kwasów tłuszczowych tj. izomerów kwasu linolowego o konfiguracji 9c11t i 10t12c C18:2 (CLA), którym przypisuje się m.in. działanie antykancerogenne i redukujące tkankę tłuszczową oraz kwasów ω -3 tj. eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA), wykazujących działanie kardioprotekcyjne i antyaterogenne [Bodkowski i wsp. 2015, Walisiewicz-Niezbalska i wsp. 2015].

PIŚMIENNICTWO

1. BODKOWSKI R., SZLINDER-RICHERT J., USYDUS Z., PATKOWSKA-SOKOŁA B., 2011.,- Próba optymalizacji warunków prowadzenia procesu niskotemperaturowej olejów rybnych. *Przemysł Chemiczny* 90 (5), 703-706.
2. BODKOWSKI R., SZLINDER-RICHERT J., USYDUS Z., PATKOWSKA-SOKOŁA B., 2015.- Optymalizacja procesu

- wzbogacania oleju rybnego w kwasy ω -3 (głównie EPA i DHA) przy zastosowaniu niskotemperaturowej krystalizacji. URL www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
3. NOWAKOWSKI P., PATKOWSKA-SOKOŁA B., BODKOWSKI R., SZULC T, KINAL ST., WALISIEWICZ-NIEDBALSKA W., USYDUS Z., 2012.- Modyfikacja składu chemicznego produktów mleczarskich. *Przemysł Chemiczny* 91 (5), 906-911.
 4. PATKOWSKA-SOKOŁA B., BODKOWSKI R., SZULC T., NOWAKOWSKI P., KINAL S., WALISIEWICZ-NIEDBALSKA., USYDUS Z., 2018 - Bioaktywny preparat roślinno- rybny (BPRR), będący suplement diety dla przeżuwaczy, zwłaszcza dla krów mlecznych - **przyznany 28.09.2018, nr 230127**.
 5. WALISIEWICZ-NIEDBALSKA W., PATKOWSKA-SOKOŁA B., RÓŻYCKI K., GWARDIAK H., BODKOWSKI R, 2011.,- Synteza biologicznie aktywnych izomerów kwasu linolowego z wykorzystaniem katalizatora tlenkowego. *Przemysł Chemiczny* 90 (5), 1058-1060.
 6. WALISIEWICZ-NIEDBALSKA W., PATKOWSKA-SOKOŁA B., RÓŻYCKI K., GWARDIAK H., BODKOWSKI R., 2015 - Opracowanie technologii otrzymywania w środowisku glikolu etylenowego z oleju z pestek z winogron soli wapniowych izomerów CLA (CaCLA) o konfiguracji $c9,t11$, $t10,c12$ zgodnie z metodyką zmodyfikowaną przez Walisiewicz-Niedbalską i wsp., przy zastosowaniu katalizatora tlenkowego.
URL www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.

1.5 – Opracowanie technologii produkcji mleka kóz i owiec o podwyższonej wartości składników biologicznie czynnych.

Cele badań

1. Określenie optymalnych poziomów stosowanych suplementów (Inianka, DDGS) w diecie kóz i owiec.
2. Opracowanie metodyki oznaczenia nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku kóz i owiec.
3. Analiza zawartości składników bioaktywnych w mleku kóz i owiec.
4. Ocena jakości i trwałości pozyskiwanego mleka koziego i owczego. Opracowanie optymalnego składu mieszanki bakterii.

5. Dostarczanie mleka koziego i owczego o podwyższonej zawartości składników bioaktywnych do przerobu i wytworzenie serii pilotowych produktów z mleka koziego i owczego.
6. Opracowanie technologii produkcji mleka kóz i owiec o podwyższonej wartości składników biologicznie czynnych.

Opis wyników i dyskusja

Doświadczenie I. Lnianka (MK120) jako suplement diety owiec zwiększyła koncentrację kwasu C18:2 *c9t11* (CLA) w mleku, którego zawartość kształtowała się na poziomie o około 70% wyższym w porównaniu do grupy kontrolnej oraz grupy z dodatkiem WK120 (tabela 2). Ponadto, stwierdzono wyższą koncentrację kwasów z grupy MUFA i PUFA w mleku owiec otrzymujących jako suplement diety dodatek *Camelina sativa*. Na podkreślenie zasługuje również fakt, iż spośród wszystkich grup żywieniowych, mleko owiec żywionych lnianką miało najniższą koncentrację nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA).

Mleko owiec otrzymujących wywar kukurydziany WK120 charakteryzowało się podobnym profilem kwasów tłuszczowych w porównaniu do mleka owiec grupy kontrolnej. Istotne różnice dotyczyły głównie sumy nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), której zawartość w omawianej grupie była na najwyższym poziomie. Natomiast zawartość PUFA w tłuszczu mleka owiec grupy WK120 była wyższa w porównaniu do grupy kontrolnej [Schumacher-Cieślak i wsp. 2011, Bielińska i wsp. 2012a, Bielińska i wsp. 2012b, Pikul i wsp. 2014, Steppa i wsp. 2014].

Doświadczenie II. Lnianka (KML120) jako suplement diety kóz mlecznych zmieniła profil kwasów tłuszczowych mleka powodując:

- istotne zwiększenie koncentracji kwasu C18:2 *c9t11* w grupach doświadczalnych w porównaniu z grupą kontrolną;
- obniżenie zawartości SFA;
- podwyższenie zawartości kwasów z grupy PUFA i kwasów z rodzin n-3 i n-6 (tabela 3).

Tłuszcz mleka kóz żywionych dodatkiem KWK120, w porównaniu do profilu kwasów tłuszczowych mleka kóz grupy kontrolnej, charakteryzował się znacząco wyższym poziomem (ok. 20%) kwasu C18:2 *c9t11*, wyższą zawartością MUFA oraz PUFA, w tym także kwasów z rodzin n-3 i n-6.

Porównując profile kwasów tłuszczowych mleka kóz w grupie kontrolnej oraz KLM120, zanotowano wyższą (ok. 60%) zawartość CLA (C18:2 *c9t11*) w mleku kóz żywionych lnianką. Ponadto grupa KLM120 charakteryzowała się niższą zawartością SFA, jak również wyższą koncentracją kwasów z grupy MUFA i PUFA.

Ocena profilu kwasów tłuszczowych kefiru i jogurtu z mleka owczego i koziego pozyskanego od zwierząt otrzymujących dawki żywienia z suplementami.

Materiał doświadczalny w eksperymencie I stanowiły kefir i jogurt wytworzone mleka od owiec linii mlecznej 05 (82% udziału genetycznego owcy wschodniofryzyskiej i 18% udziału genetycznego merynosa polskiego). Owce przydzielono do trzech grup: kontrolnej (16 szt.), doświadczalnej ML120; 16 szt. oraz doświadczalnej WK120; 16 szt. Zwierzęta w grupie kontrolnej otrzymywały dawkę pokarmową kontrolną bez dodatku czynnika doświadczalnego, natomiast do mieszanek treściwych dla zwierząt w grupach doświadczalnych dodano 120 g/dzień/sztukę makuchu z lnianki (ML120) lub 120 g/dzień/sztukę suszonego wywaru kukurydzianego (WK120).

W doświadczeniu II badano profile kwasów tłuszczowych mlecznych napojów fermentowanych (kefir i jogurt) wyprodukowanych z mleka od kóz mlecznych. Kozę przed rozpoczęciem doświadczenia zostały losowo przydzielone do trzech grup: kontrolnej (33 szt.), doświadczalnej z dodatkiem 120 g makuchu z lnianki (KML120; 33 szt.) oraz doświadczalnej z dodatkiem 120 g/sztukę/dzień suszonego wywaru kukurydzianego (KWK120; 33 szt.). Mleko owcze i kozie pasteryzowano w temperaturze 72⁰ C przez 20 s. a następnie:

Mleko przeznaczone do produkcji jogurtu schładzano i inkubowano kulturą starterową biojogurtową ABT-1 firmy Chr. Hansen (Dnia) w temperaturze 37⁰ C. Inkubację prowadzono do uzyskania pH 4,8. Po uzyskaniu żądnego pH jogurty schładzano do temp. 5⁰ C. W tej temperaturze produkty przetrzymywano do dnia następnego (14 h) i pobierano próbki do analiz.

Mleko do produkcji kefiru po pasteryzacji inkubowano szczepionkami zawierającymi bakterie fermentacji mlekowej i (lub nie) drożdże oraz klasyczną kulturę mikroflorową *Lactobacillus caucasicus*. Inkubację prowadzono w temp. 23-26⁰ C przez okres 16-18 godz. do osiągnięcia pH 4,6. Następnie produkt schładzano do temp. 20⁰ C i rozlewano do pojemników jednostkowych. W pojemnikach jednostkowych kefir przechowywano w temp. 6⁰ C przez okres 3 tygodni. Próbkę kefirów do oceny profilu kwasów tłuszczowych pobierano po 14. godzinnym okresie przetrzymywania w temperaturze chłodniczej.

Próby mlecznych napojów fermentowanych natychmiast po pobraniu zamrażano w temperaturze -20°C i przechowywano do czasu analizy. Analizę jogurtów i kefirów na zawartość długołańcuchowych kwasów tłuszczowych przeprowadzono w laboratorium chemicznym Katedry Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Profil kwasów tłuszczowych w napojach fermentowanych mleka owczego i koziego analizowano zgodnie z metodą opisaną przez Cieślak i wsp. (2009) z pewnymi

modyfikacjami, wynikającymi z konieczności dostosowania metodyki do specyfiki analizowanego materiału. Dwieście miligramów jogurtu bądź kefiru poddawano hydrolizie z 3 ml 2M NaOH w zamkniętych probówkach (Pyrex, 15 ml) na termobloku (temperatura 90°C, 40 min). Po hydrolizie, pH prób zostało doprowadzane za pomocą 4 M HCl do wartości 2. Następnie próbki energicznie wstrząsano przez 30 minut za pomocą rotatora (ELMI RM-2L) i wirowano przy 5000 obr/min w temperaturze 20°C. Procedurę ekstrakcji powtarzano trzykrotnie. Następnie przeprowadzono proces derywatywacji prowadzący do uzyskania fazy organicznej z długołańcuchowymi kwasami tłuszczowymi w formie estrów metylowych (FAME- ang. *fatty acid methyl esters*). Do oznaczenia kwasów tłuszczowych zastosowano chromatograf gazowy (Varian CP 3380), wyposażony w autosampler (CP 8200) oraz detektor płomieniowo-jonizacyjny FID. Rozdział długołańcuchowych kwasów tłuszczowych przeprowadzono z wykorzystaniem kolumny Chrompack CP-Select CBSil 88 (0,25 mm id × 0,39 mikrometrów grubości, Varian) o długości 100 m. Na kolumnę nanoszono próby w ilości 2 µl. Identyfikację jakościową przeprowadzono metodą standardu zewnętrznego z wykorzystaniem 37 estrów metylowych kwasów tłuszczowych (37 FAME Mix, Supelco, Poole, W. Brytania, nr kat. 47885-U) przy pomocy oprogramowania Varian Star Chromatography, Workstation (wersja 5.31) [Cais-Sokolińska 2011, Markiewicz i wsp. 2013].

Doświadczenie I. Lnianka (MK120) jako suplement diety owiec zwiększyła koncentrację kwasu C18:2 *c9t11* (CLA) w jogurcie i kefirze, którego zawartość kształtowała się na poziomie o około 100% wyższym w porównaniu do grupy kontrolnej. (tabela 1 i 2). Ponadto, stwierdzono wyższą koncentrację kwasów z grupy MUFA i PUFA w napojach fermentowanych wyprodukowanych z mleka owiec otrzymujących jako suplement diety dodatek *Camelina sativa*. Na podkreślenie zasługuje również fakt, iż spośród wszystkich grup żywieniowych, napoje z mleka owiec żywionych lnianką miały najniższą koncentrację nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA).

Jogurty i kefir z mleka owiec otrzymujących wywar kukurydziany WK120 charakteryzowały się podobnym profilem kwasów tłuszczowych w porównaniu do wyrobów z mleka owiec grupy kontrolnej. Istotne różnice dotyczyły głównie sumy nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), której zawartość w omawianej grupie była na najwyższym poziomie. Natomiast zawartość PUFA w tłuszczu napojów fermentowanych wyprodukowanych z mleka owiec grupy WK120 była wyższa w porównaniu do grupy kontrolnej [Cais-Sokolińska i wsp. 2011, Pikul i wsp. 2014, Wójtowski i wsp. 2015b].

Doświadczenie II. Lnianka (KML120) jako suplement diety kóz mlecznych zmieniła profil kwasów tłuszczowych kefirów i jogurtów z mleka tych owiec powodując:

- istotne zwiększenie koncentracji kwasu C18:2 *c9t11* w grupach doświadczalnych w porównaniu z grupą kontrolną;
- obniżenie zawartości SFA;
- podwyższenie zawartości kwasów z grupy PUFA i kwasów z rodzin n-3 i n-6 (tabele 3 i 4).

Tłuszcz napojów fermentowanych wyprodukowany z mleka kóz żywionych dodatkiem KWK120, w porównaniu do profilu kwasów tłuszczowych kóz grupy kontrolnej, charakteryzował się znacząco wyższym poziomem kwasu C18:2 *c9t11*, wyższą zawartością MUFA oraz PUFA, w tym także kwasów z rodzin n-3 i n-6.

Celem prowadzonych badań było określenie wpływu suplementów: makucha z lnianki i wywaru zbożowego (DDGS) w dawkach pokarmowych owiec i kóz mlecznych na składniki bioaktywne produkowanego mleka – koncentrację CLA i poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych [Ślusarz i wsp. 2010, Wójtowski i wsp. 2015a].

Podsumowanie

- Makuch lnianki może być z powodzeniem stosowany jako komponent mieszanek pasz treściwych dla owiec i kóz mlecznych podwyższając koncentrację składników bioaktywnych mleka. Zadawany mlecznym owcom i kozom w ilości 120g/1 kg mieszanki treściwej znacząco zwiększa w ich mleku koncentrację kwasów tłuszczowych mających wybitnie prozdrowotne oddziaływanie na organizm człowieka - sprzężonego izomeru kwasu linolowego *cis-9, trans-11* (CLA) (trzykrotnie u owiec i dwukrotnie u kóz) oraz koncentrację kwasów polienowych PUFA odpowiednio o 17% (mleko owcze) i 40% (mleko kozie). Kozy otrzymujące makuch lnianki w mieszance treściwej produkują przy tym mleko na podobnym poziomie ilościowym i jakościowym (% białka, tłuszczu, laktozy i s.m.) jak otrzymujące komponent białkowo-energetyczny w postaci poekstrakcyjnej śruty rzepakowej. U owiec mlecznych zaobserwowano nieznaczne, statystycznie nieistotne obniżenie koncentracji tłuszczu mlekowego, przy zachowaniu tego samego poziomu mleczności i wartości pozostałych podstawowych parametrów jakościowych mleka.
- Z powodu kompletnej fermentacji w trakcie produkcji, zawartość tłuszczu, aminokwasów, soli mineralnych i witamin w wywarze DDGS jest 2-3 krotnie wyższa niż w ziarnie kukurydzy. Zadawany kozom mlecznym w ilości 120g/1 kg mieszanki treściwej znacząco zwiększa w ich mleku koncentrację kwasów tłuszczowych mających wybitnie prozdrowotne oddziaływanie na organizm człowieka - sprzężonego izomeru kwasu linolowego *cis-9, trans-11* (CLA) oraz kwasów

polienowych PUFA o odpowiednio 40 i 25%. Kozy otrzymujące DDGS w mieszance treściwej produkują przy tym mleko na podobnym poziomie ilościowym i jakościowym (% białka, tłuszczu, laktozy i s.m.) jak otrzymujące komponent białkowo-energetyczny w postaci poekstrakcyjnej śruty rzepakowej.

- Nie stwierdzono korzystnego wpływu DDGS na profil kwasów tłuszczowych mleka owiec

PIŚMIENNICTWO

1. BIELIŃSKA-NOWAK S., WÓJTOWSKI J., ŚLÓSZARZ P., MARKIEWICZ-KĘSZYCKA M., 2012a - Budowa morfologiczna sutka owiec a jakość mikrobiologiczna ich mleka. *Nauka Przyroda. Technologie* 6 (4), #67
2. BIELIŃSKA-NOWAK S., WÓJTOWSKI J., ŚLÓSZARZ P., MARKIEWICZ-KĘSZYCKA M., 2012b - Budowa morfologiczna sutka owiec a poziom wydajności ich mleka. *Nauka Przyroda. Technologie* 6, (4), #68.
3. CAIS-SOKOLIŃSKA D., MAJCHER M., PIKUL J., BIELIŃSKA S., CZAUDERNA S., WÓJTOWSKI J., 2011 - The effect of *Camelina sativa* cake diet supplementation on sensory and volatile profiles of ewe's milk. *African Journal of Biotechnology* 10 (37), 7245-7252.
4. CIEŚLAK A., STANISZ M., WÓJTOWSKI J., PERS-KAMCZYC E., SZCZECHOWIAK J., EL-SHERBINY M., SZUMACHER-STRABEL M., 2013. Camelina sativa affects the fatty acid contents in *M. longissimus* muscle of lambs. *European Journal of Lipid Science and Technology* 115 (11), 1259-1265.
5. MARKIEWICZ-KĘSZYCKA M., CZYŻAK-RUNOWSKA G., LIPIŃSKA P., WÓJTOWSKI J., 2013 - Fatty acid profile of milk– a review. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 57, 135-139.
6. PIKUL J., WÓJTOWSKI J., DANKÓW R., TEICHERT J., CZYŻAK-RUNOWSKA G., CAIS-SOKOLIŃSKA D., CIEŚLAK A., SZUMACHER-STRABEL M., BAGNICKA E., 2014 - The effect of false flax (*Camelina sativa*) cake diet supplementation in dairy goats on fatty acid profile of kefir. *Special issue of Small Ruminant, Research on Goat Milk Quality* 122 (1/3), 44-49.
7. ŚLÓSZARZ P., WÓJTOWSKI J., BIELIŃSKA S., FRĄCKOWIAK A., LUDWICZAK A., KRZYŻEWSKI J., BAGNICKA E., STRZAŁKOWSKA N., 2010 - Machine induced changes of caprine teats diagnosed by ultrasonography. *African Journal of Biotechnology* 9 (50), 8698-8703.

8. STEPPA R., SZKUDELSKA K., WÓJTOWSKI J., STANISZ M., SZUMACHER-STRABEL M., CZYŻAK-RUNOWSKA G., CIEŚLAK A., MARKIEWICZ-KĘSZYCKA M., PIETRZAK M., 2014 - The metabolic profile of growing lambs fed diets rich in unsaturated fatty acids. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 5, 914-920.
9. SZUMACHER-STRABEL M., CIEŚLAK A., ZMORA P., PERSKAMCZYC E., SYLWIA BIELIŃSKA S., STANISZ M., WÓJTOWSKI J., 2011 - *Camelina sativa* cake improved unsaturated fatty acids in ewe's milk. *Journal of the Science of Food and Agricultural* 9, 2031-2037.
10. WÓJTOWSKI J., PIKUL J., CIEŚLAK A., SZUMACHER-STRABEL M., DANKÓW R., 2015a - Produkcja mleka o podwyższonej zawartości składników bioaktywnych od kóz żywionych suplementem DDGS. URL www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
11. WÓJTOWSKI J., PIKUL J., CIEŚLAK A., SZUMACHER-STRABEL M., DANKÓW R., 2015b - Produkcja mleka o podwyższonej zawartości składników bioaktywnych od owiec i kóz żywionych dodatkiem makucha z lnianki. URL www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.

1.6 – Wzbogacanie mleka o wybrane składniki bioaktywne w gospodarstwach niskonakładowych i ekologicznych

Cele badań

1. Otrzymanie mleka wzbogaconego o wybrane bioaktywne składniki dzięki poprawie jakości runi pastwiskowej i łąkowej, wartości żywieniowej stosowanych pasz oraz zastosowaniu dodatków paszowych poprawiających zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy omega 3 oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczu od krów z gospodarstw ekologicznych i niskonakładowych.
2. Opracowanie metod żywienia krów umożliwiających złagodzenie charakterystycznych dla tych systemów sezonowych wahań wydajności zwierząt i zawartości składników biologicznie czynnych w produkowanym mleku.
3. Dokonanie wyboru genotypów bydła dostosowanych do niskonakładowych i ekologicznych systemów produkcyjnych oraz ich przetestowanie w warunkach produkcyjnych pod kątem wydajności i zdrowotności krów oraz jakości uzyskiwanego mleka,

ze szczególnym uwzględnieniem zawartości substancji bioaktywnych.

Opis wyników i dyskusja

Niskonakładowe i ekologiczne systemy produkcji wykorzystują do produkcji rolnej głównie użytki zielone, dzięki czemu mogą dostarczyć mleko o wysokiej zawartości substancji pozytywnie oddziałujących na zdrowie konsumentów i walorach smakowych produktu (np. związki aromatyczne pochodzące z ziół). Niestety, w okresie żywienia zimowego stwierdza się w tych gospodarstwach, nie tylko wyraźne obniżenie wydajności krów, ale również znaczne pogorszenie jakości produkowanego mleka, w tym obniżenie w nim zawartości substancji biologicznie aktywnych (np. wielonienasycone kwasy tłuszczowe i witaminy rozpuszczalne w tłuszczach), istotnych dla zdrowia konsumentów.

Sezonowe wahania ilości i jakości produkowanego mleka znacznie utrudniają jego marketing, uniemożliwiając producentom i przetwórcom mleka rynkowe wykorzystanie potencjalnych zalet niskonakładowego systemu produkcji. Wpływ czynników związanych z organizmem krowy oraz środowiskiem, w którym ona żyje, na skład mleka jest dość dobrze rozpoznany w intensywnych systemach produkcji zwierzęcej [Sakowski i wsp. 2012, Sakowski i wsp. 2013]. Natomiast niewielu naukowców zajmowało się dotychczas systematycznym badaniem wpływu ekologicznego i niskonakładowego chowu zwierząt na skład mleka. Poszerzenia wymaga zwłaszcza wiedza o wzajemnym oddziaływaniu poszczególnych elementów tych systemów produkcji i ich wpływie na jakość produktu oraz wydajność i zdrowie zwierząt [Metera 2017].

Z przeprowadzonych analiz pobranych prób mleka wynika, że zawartość kwasów tłuszczowych z grupy omega 6 w badanym mleku zmniejsza się w kolejnych fazach laktacji. Spadek ten jest szybszy w porównaniu z zawartością kwasów tłuszczowych z grupy omega 3, co wpływa w korzystnie na poprawę dietetycznej wartości mleka w późniejszych fazach laktacji. Żywienie zwierząt w poszczególnych gospodarstwach miało również istotny wpływ na zawartość kwasów tłuszczowych, w tym kwasów tłuszczowych z grup omega 6 i 3 w mleku w poszczególnych sezonach żywieniowych. Żywienie w każdym z obserwowanych gospodarstw miało istotny wpływ na zawartość kwasów tłuszczowych w mleku, w tym również kwasów tłuszczowych z grup omega 6 i 3. Mleko z gospodarstwa „J” zawierało istotnie więcej SFA ($64.17 \text{ g } 0.1 \text{ kg}^{-1}$) niż mleko z gospodarstw „GN” ($61.37 \text{ g } 0.1 \text{ kg}^{-1}$) ($P < 0.01$), „W” ($62.41 \text{ g } 0.1 \text{ kg}^{-1}$) i „GK” ($62.74 \text{ g } 0.1 \text{ kg}^{-1}$) ($P < 0.05$). Zawartość MUFA była istotnie wyższa w mleku krów ($p < 0.01$) z gospodarstw „W” ($26.31 \text{ g } 0.1 \text{ kg}^{-1}$) i „GN” ($26.17 \text{ g } 0.1 \text{ kg}^{-1}$), co było wynikiem lepszej

jakości żywienia paszą o wskaźniku RFV 125 w gospodarstwie „W” i wzbogaconej w mieszankę ziół w runi pastwiskowej w gospodarstwie „GN”. Żywienie zwierząt miało również istotny wpływ na zawartość ($P < 0.01$) PUFA w mleku krów z gospodarstw „J”(4.48 g 0.1 kg⁻¹) i „GK” (4.75 g 0.1 kg⁻¹), których zawartość była wyższa w porównaniu z pozostałymi gospodarstwami. Współczynnik n-6/n-3 różnił się istotnie ($P < 0.01$) między gospodarstwem „GK” (2.30) i pozostałymi (1.55 - 1.73). Wartość tego współczynnika była najniższa (najlepszy skład dietetyczny kwasów tłuszczowych) dla mleka z gospodarstw „J”, „W” i „GN” [Kuczyńska i wsp. 2011a, Kuczyńska i wsp. 2011b].

Zawartość CLA w mleku wzrasta niemal dwukrotnie podczas sezonu pastwiskowego, w porównaniu z wartościami zimowymi ($P < 0.01$). Faza laktacji nie miała istotnego wpływu na zawartość CLA w mleku w poszczególnych sezonach żywieniowych. Poziom zawartości SFA zmieniał się istotnie pomiędzy sezonami żywieniowymi i fazami laktacji. Najniższy poziom SFA mleku zaobserwowano w pierwszej fazie laktacji, a najwyższy w trzeciej, w obydwóch letnim i zimowym sezonach żywieniowych. Poziom nienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA i PUFA) w mleku był najwyższy na początku laktacji w okresie żywienia zimowego i podczas całego okresu żywienia pastwiskowego.

Poziom kwasów tłuszczowych z grupy omega-6 osiągał najwyższy poziom w pierwszej fazie laktacji. Zawartość kwasów tłuszczowych w mleku z grup omega-6 i omega-3 różniła się istotnie ($P < 0.01$) na początku laktacji w porównaniu z drugą i czwartą jej fazą dla kwasów tłuszczowych z grupy omega-6 i drugą, trzecią i czwartą fazą laktacji dla kwasów z grupy omega-3 podczas zimowego sezonu żywieniowego. W sezonie letnim nie zaobserwowano istotnych różnic. Sezon pastwiskowy charakteryzował się wyższą zawartością kwasów tłuszczowych z grupy omega-6 i omega-3 w porównaniu z ich zawartością w mleku produkowanym na bazie pasz konserwowanych. Współczynnik omega-6/omega-3 był najkorzystniejszy w letnim sezonie żywieniowym w mleku dojonym w drugiej, trzeciej i czwartej fazach laktacji.

Stan krótkotrwałych-przemiennych użytków zielonych, w ocenianych gospodarstwach, produkujących pasze zarówno w kośnym jak i w kośno-pastwiskowym użytkowaniu był zadowalający, a zmiany w składzie gatunkowym runi, w porównaniu z poprzednim wyjściowym rokiem były bardzo niewielkie. Na trwałych użytkach zielonych nie stwierdzono istotnych zmian w składzie runi łąkowej, a wykonana renowacja w gospodarstwie Popielno ze względu na okres suszy wykazała skuteczność głównie we wzroście udziału roślin bobowatych, co miało prawdopodobnie negatywny wpływ na istotną poprawę składu mleka w sezonie zimowym. Z przeprowadzonej oceny składu gatunkowego na łąkach trwałych w Popielnie

oraz oznaczeń zawartości w niej białka wynika, że na obu łakach należało dokonać ponownego podsiewu, zwłaszcza roślinami bobowatymi, zwiększając w istotny sposób produkcję białka [Metera i wsp. 2011, Kuczyńska i wsp. 2013, Gabryszuk i wsp. 2013].

Ocena zastosowanego podsiewu łąk i pastwisk na skład i właściwości mleka

Ponowny podsiew łąk i pastwisk mieszanką traw lub traw z roślinami bobowatymi w gospodarstwie niskonakładowym P wpłynął pozytywnie na zawartość bioaktywnych składników mleka. Różnice dotyczyły głównie zawartości kwasu masłowego, palmitynowego, olejowego, transwakcenowego, oleinowego, skoniugowanego kwasu linolowego (CLA) izomeru c-9, t-11 oraz zawartości witaminy D3 w okresie żywienia zimowego i kwasu masłowego, olejowego, oleinowego, linolenowego, skoniugowanego kwasu linolowego (CLA) izomeru c-9, t-11 oraz zawartości witaminy A i D3 w okresie żywienia pastwiskowego. Poprawa jakości pasz objętościowych w gospodarstwach ekologicznych W, J, GK i GN, poprzez zastosowanie zabiegów agrotechnicznych, wpłynęła pozytywnie na zawartość składników bioaktywnych w badanym mleku. Różnice dotyczą głównie zawartości kwasu masłowego, transwakcenowego, oleinowego, skoniugowanego kwasu linolowego (CLA) izomeru c-9, t-11 w okresie żywienia zimowego i w okresie żywienia pastwiskowego zawartości kwasów wielonienasyconych oraz kwasów z rodziny omega -3, a także zawartości witamin rozpuszczalnych w tłuszczu (A, E, D3).

Ocena składu i właściwości mleka po suplementacji makuchem lnianym

Przeprowadzono suplementację dawki pokarmowej makuchem lnianym w celu poprawy wartości energetycznej podawanej paszy. Badania wykazały pozytywny wpływ zastosowanej dawki suplementacyjnej na kształtowanie się podstawowego składu chemicznego mleka. Wszystkie pobrane próbki mleka charakteryzowały się niskim poziomem LKS i wysoką jakością technologiczną: % udział CSN w analizowanych próbach wyniósł ponad 82%.

Badania wykazały istotny wpływ sezonu na kształtowanie się zawartości składników frakcji lipidowej mleka krów. W analizowanych próbach mleka wykazano niższy poziom nasyconych kwasów tłuszczowych w tym: prawie 1,5-krotnie niższy poziom C12:0 ($P<0,01$) i C18:0 ($P<0,01$), nasyconych kwasów tłuszczowych o właściwościach aterogennych i trombogennych. W mleku pochodzącym z 2013 roku wykazano również wyższy poziom OA ($P<0,01$), LA ($P<0,01$) i CLA ($P<0,01$).

Wykazano też pozytywny wpływ zastosowanej dawki suplementacyjnej na kształtowanie się poziomu witamin rozpuszczalnych w tłuszczu i beta-

karotenu w mleku pochodzącym z okresu zimowego. Wprawdzie stwierdzono pewne obniżenie poziomu witamin rozpuszczalnych w tłuszczu i beta-karotenu w porównaniu wynikami z roku poprzedniego. Jednakże, uzyskane wyniki świadczą o wysokiej jakości antyoksydacyjnej pozyskanego mleka.

Pozytywny wpływ zastosowanej suplementacji zaznaczył się również we wzroście poziomu bioaktywnych składników frakcji lipidowej. Mimo długiego okresu suplementacyjnego (ponad 12 miesięcy) nie wykazano zmian o charakterze oksydacyjnym, jak również nie doszło do spadku zawartości tłuszczu mleku. W drugim roku prowadzonego doświadczenia doszło do stabilizacji składników frakcji lipidowej. Na podstawie można stwierdzić, że makuchy lniane stanowią bezpieczny dodatek, który może być stosowany przez cały rok, jako uzupełnienie podstawowej dawki paszowej w gospodarstwach ekologicznych.

Makuchem lnianym suplementowano również dawkę pokarmową krów mlecznych w niskonakładowym gospodarstwie konwencjonalnym GW. W okresie zimowym przez 9 tygodni krowy z grupy doświadczalnej otrzymywały 1.5 kg dodatku makucha lnianego do dawki pokarmowej składającej się z kiszonki z traw uzupełnionej kiszonką z kukurydzy. Na podstawie przeprowadzonej analizy pobranych prób mleka nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości białka, tłuszczu i laktozy w mleku krów z grup kontrolnej i doświadczalnej. W mleku krów z obu grup stwierdzono również podobną zawartość mocznika, wolnych kwasów tłuszczowych oraz wapnia, magnezu i fosforu. Suplementacja dawki żywieniowej dodatkiem makucha lnianego nie wpłynęła też na wzrost lub spadek zawartości podstawowych składników mleka. Dodatek makucha lnianego wpłynął natomiast na dwukrotny wzrost zawartości witaminy A, beta-karotenu, witamin E, K2 i D3 oraz poziomu TAS-u, co znacznie przybliżyło te wartości do poziomu witamin rozpuszczalnych w tłuszczu w mleku krów korzystających w lecie z pastwiska. Zauważono również istotne zmiany w ilości i jakości kuleczek tłuszczowych. Zaobserwowano zwiększenie liczby kuleczek tłuszczowych w mleku krów żywionych makuchem lnianym, które nastąpiło po 9 tygodniach suplementacji. Istotny wzrost udziału kuleczek „średnich” (o wymiarach 3-7 μm) w mleku krów suplementowanych, w porównaniu z mlekiem krów z grupy kontrolnej, wskazuje na lepszą przydatność technologiczną tego mleka do produkcji serowarskiej [Metera i wsp. 2011, Kuczyńska i wsp. 2013, Gabryszuk i wsp. 2013].

Ocena składu i właściwości mleka po suplementacji ziarnem kukurydzy

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ zastosowanej dawki pokarmowej w okresie zimowym w gospodarstwach ekologicznych na kształtowanie się podstawowego składu chemicznego mleka oraz LKS i mocznika. Dodatki do paszy w postaci słomy i ziaren kukurydzy wpłynęły w

istotny sposób na kształtowanie się podstawowych parametrów użytkowych mleka. Zawartość tłuszczu, białka, kazeiny, suchej masy była wyższa w gospodarstwie ekologicznym stosującym standardowe zimowe żywienie, bez dodatku słomy oraz ziaren kukurydzy. Najwyższy poziom mocznika oraz LKS jak i najkorzystniejszy stosunek T:B wykazano w gospodarstwie stosującym dodatek w postaci słomy. Zmodyfikowana dawka pokarmowa nie miała wpływu na kształtowanie się poziomu laktozy.

Dodatek ziaren kukurydzy do dawki pokarmowej w gospodarstwach ekologicznych istotnie wpływał na kształtowanie się poziomu składników frakcji tłuszczowej mleka krów, w tym: profilu kwasów tłuszczowych, a także witamin rozpuszczalnych w tłuszczu i beta-karotenu oraz całkowitego statusu antyoksydacyjnego (TAS), SFA, MUFA i PUFA. Dodatek ziaren kukurydzy do dawki podstawowej krów w gospodarstwie J przyczynił się do istotnego wzrostu poziomu MUFA (*monounsaturated fatty acid*) i PUFA (*polyunsaturated fatty acid*) w mleku w porównaniu z mlekiem krów z pozostałych nie suplementowanych kukurydzą gospodarstw. Wpłynął również korzystnie na prawie 1,5-krotny wzrost poziomu CLA ($P<0,01$) i DHA ($P<0,01$) w gospodarstwie J w porównaniu z mlekiem krów z gospodarstwa suplementującego dawkę pokarmową słomą jak i z pozostałych gospodarstw.

Mleko krów pochodzących z gospodarstwa J miało też najkorzystniejszy poziom antyoksydantów i TAS, który był wyższy o 44% od mleka krów z pozostałych gospodarstw ($P<0,01$), i o prawie 50% od mleka z gospodarstwa suplementującego dawkę pokarmową słomą ($P<0,01$).

Dawka żywieniowa krów mlecznych w okresie zimowym w gospodarstwach ekologicznych nie powinna się składać jedynie z sianokiszonki, siana oraz paszy treściwej. Utrzymanie wysokiego potencjału antyoksydacyjnego mleka wymusza wprowadzenie odpowiedniego energetycznego dodatku do paszy np.: w postaci nasion kukurydzy. Doskonałym rozwiązaniem dla obniżenia poziomu nasyconych kwasów tłuszczowych w mleku jest zastosowanie w dawce pokarmowej krów dodatku w postaci słomy.

Ocena zastosowanego dodatku białkowego PX z wyciągu z lucerny na skład i właściwości mleka

Badania nad zastosowaniem dodatku białkowego do paszy krów wykazały pozytywny wpływ na kształtowanie się podstawowego składu chemicznego mleka oraz składników jego frakcji białkowej w gospodarstwie niskonakładowym w okresie żywienia zimowego. Wykazano istotne podwyższenie zawartości kazeiny ($P<0,05$) oraz obniżenie koncentracji ALA ($P<0,01$) i BLG ($P<0,01$) w mleku krów z grupy doświadczalnej po 40 dniowym okresie stosowania dodatku w postaci PX, względem pobrania

kontrolnego. Na uwagę zasługuje ponad 2-krotne ($P < 0,01$) obniżenie koncentracji WKT w trzecim pobraniu próbek mleka w porównaniu z grupą kontrolną. Stwierdzono również wysoko istotny, ponad 20% wzrost koncentracji tłuszczu w pobraniu 3 w porównaniu z pobraniem 1 ($P < 0,01$). Nie wykazano istotnych statystycznie różnic w kształtowaniu się poziomów laktozy, Lz, Lf i BSA w mleku krów z grupy suplementowanej dodatkiem białkowym PX i kontrolnej.

Zastosowanie wyciągu z lucerny w suplementacji dawki pokarmowej krów spowodowało w ich mleku obniżenie się poziomu wolnych kwasów tłuszczowych (wskaźnika peroksydacji lipidów, oraz parametru odpowiadającego za stabilizację kulek tłuszczowych) oraz białek serwatkowych. Podwyższeniu uległa natomiast zawartość kazeiny oraz tłuszczu w mleku. Dodatek białkowy PX wpłynął korzystnie na poprawę jakości technologicznej mleka krów, co jest bardzo ważne w przetwórstwie mlecznym i w serowarstwie. W mleku suplementowanych krów nie wykazano różnic w kształtowaniu się poziomu Lz oraz Lf, czyli czynników kształtujących fazę bakteriocydną mleka, co można świadczyć o korzystnym wpływie dodatku białkowego na zachowanie równowagi mikrobiologicznej mleka.

Zastosowany w badaniach dodatek tłuszczowy w postaci makucha lnianego w znaczący sposób wpłynął na kształtowanie się poziomu witamin rozpuszczalnych w tłuszczu mlekowym jak również i na zwiększenie potencjału antyoksydacyjnego mleka (TAS - *total antioxidant status*), który wzrósł prawie 2-krotnie w grupie doświadczalnej w porównaniu z mlekiem krów z grupy kontrolnej. Uzyskano również dwukrotne zwiększenie koncentracji witaminy A w mleku (1.75 mg/l w porównaniu do 0.74 mg/l w grupie kontrolnej), beta-karotenu (0.54 mg/l w porównaniu do 0.22 mg/l w grupie kontrolnej), witamin E (1.96 mg/l w porównaniu do 0.84 mg/l w grupie kontrolnej), K₂ (3.75 µg/l w porównaniu do 2.32 µg/l w grupie kontrolnej) i D₃ (10.81 µg/l w porównaniu do 4.83 µg/l w grupie kontrolnej). Dodatek makucha lnianego wpłynął korzystnie na wzrost zawartości jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku, w tym kwasu oleinowego C 18:1 cis 9 (OA) oraz wzrost aktywności enzymu Δ -9 desaturazy w przypadku indeksu CLA/TVA (CL – 0.217, CTL – 0.192). Suplementacja makuchem lnianym w istotny sposób wpływa na kształtowanie się frakcji lipidowej mleka krów. Uzyskano obniżenie koncentracji SFA z 73.95 g/100 g tł. do 71.815 g/100g tł oraz wzrost koncentracji kwasów z rodziny PUFA, w tym kwasów EPA, DPA i DHA. W przeprowadzonym doświadczeniu zawartość CLA w mleku wzrosła o 64% u krów suplementowanych w porównaniu z mlekiem krów z grupy kontrolnej.

Krowy w gospodarstwach niskonakładowych i ekologicznych z reguły cierpią na niedostatek energii w dawce pokarmowej. Przeprowadzone badania

nad suplementacją dawki dodatkiem makucha lnianego lub ziarna kukurydzy wskazują na możliwość istotnej poprawy składu chemicznego mleka i jego dietetycznych właściwości. Dodatek w postaci nasion kukurydzy do dawki podstawowej krów w okresie zimowym w gospodarstwach ekologicznych wpływa na zachowanie wysokiego potencjału antyoksydacyjnego mleka oraz wysokiej jakości cytologicznej. Makuch lniany stanowi bezpieczny dodatek tłuszczowy, który może być stosowany przez cały rok, jako uzupełnienie dawki podstawowej w gospodarstwach ekologicznych, bez ujemnych skutków, do których zaliczyć należy: *milk fat depression*, czy obniżenie jakości technologicznej oraz cytologicznej mleka.

Dodatek białkowy PX wpływa na poprawę parametrów technologicznych mleka krów, co jest bardzo istotnym czynnikiem w technologii przetwórstwa, znacząco wpływającym na aspekt ekonomiczny produkcji mleka (zarówno dla przetwórci jak i dla producenta).

Stosowanie dodatków w postaci makucha lnianego, nasion kukurydzy czy preparatu białkowego PX jest dość prostym zabiegiem do wprowadzenia w praktyce, umożliwiającym korzystną modyfikację składników frakcji białkowej oraz lipidowej mleka krów pochodzącego z gospodarstw ekologicznych z okresu zimowego. Dzięki temu zostaje utrzymany wysoki potencjał antyoksydacyjny mleka przez cały rok i zmniejsza się wpływ sezonu na jakość produktów ekologicznych [Pupell i wsp. 2016].

Podsumowanie

- Mleko krów suplementowanych dodatkami paszowymi w postaci makucha lnianego lub ziarna kukurydzy poprawiło swoje właściwości pod względem składu i przydatności technologicznej. Wzrosła wydajność krów i zawartość białka w mleku.
- Stwierdzony niższy poziom zawartości NKT w mleku, korzystnie wpływa na jego właściwości aterogenne i trombogenne.
- W mleku krów suplementowanych ziarnem kukurydzy, istotnie podniósł się poziom GLA (γ -linolowy), który poprawia jego właściwości antykancerogenne.
- Po uzupełnieniu dawki pokarmowej krów, w okresie żywienia zimowego, dodatkiem makucha lnianego, dwukrotnie wzrosła zawartość witaminy A, β -karotenu, witamin E, K2 i D3 oraz TAS-u w mleku, co znacznie przybliżyło te wartości do ich poziomu z okresu żywienia pastwiskowego.
- W mleku krów suplementowanych makuchem lnianym zaobserwowano istotne zmiany w ilości i jakości kuleczek tłuszczowych, w porównaniu z grupą kontrolną, co wpłynęło

korzystnie na poprawę przydatności technologicznej mleka do produkcji serowarskiej.

- Dzięki zastosowaniu suplementacji dawki paszowej krów dodatkami białkowymi i tłuszczowymi stwierdzono w ich mleku, w okresie żywienia zimowego, poprawę zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz witamin A, D, E i K, które są niezbędne dla zdrowia człowieka.

PIŚMIENNICTWO

1. GABRYSZUK M., SAKOWSKI T., METERA E., KUCZYŃSKA B., REMBIAŁKOWSKA E., 2013 – Wpływ żywienia na zawartość składników bioaktywnych w mleku krów z gospodarstw ekologicznych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2013, 3 (88), 16 – 26.
2. KUCZYŃSKA B., PUPPEL K., METERA E., GRODZKA A., SAKOWSKI T., 2011 - Fatty acid composition of milk from Brown Swiss and Holstein-Friesian black and white cows kept in a certified organic farm. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Animal Science* 49, 61-67.
3. KUCZYŃSKA B., PUPPEL K., METERA E., GRODZKA A., SAKOWSKI T., 2011 - Technological usefulness of milk from Brown Swiss and Holstein-Friesian black and white cows kept in a certified organic farm. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Animal Science* 49, 69-76.
4. KUCZYŃSKA B., PUPPEL K., METERA EWA, SAKOWSKI T., KAPUSTA A., BUDZIŃSKI A., GRODZKI H., 2013 - Effect of breed of cow's and feeding season on the content of bioactive whey protein of milk produced according to principles of the biodynamic farming. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Animal Science* 52, 85-90.
5. METERA E., SAKOWSKI T., BARSZCZEWSKI J., WRÓBEL B., 2011 - Ocena sezonowej zmienności zbilansowania dawek pokarmowych bazujących na paszach objętościowych jako źródła białka oraz wydajności mlecznej krów. *Wiadomości melioracyjne i łąkarskie* 3, 145-148 wydawnictwo ITP - Falenty
6. METERA-ZARZYCKA E., 2017 – Profil metaboliczny osocza krwi i wartość biologiczna mleka krów w gospodarstwach ekologicznych. Praca doktorska, IGHZ PAN.
7. PUPPEL K, KUCZYŃSKA B., NAŁĘCZ-TARWACKA T., GOŁĘBIEWSKIM., SAKOWSKIT., KAPUSTA A., BUDZIŃSKIA., BALCERAK M., 2016 – Effect of supplementation of cows diet with

- linseed and fish oil and different variants of β -lactoglobulin on fatty acid composition and antioxidant capacity of milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96, 2240-2248.
8. SAKOWSKI T., KUCZYŃSKA B., PUPPEL K., METERA E., SŁONIEWSKI K., BARSZCZEWSKI J., 2012 - Relationships between physiological indicators in blood, and their yield as well as chemical composition of milk obtained from organic dairy cows. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92, 2905–2912.
 9. SAKOWSKI T., PUPPEL K., GOŁĘBIEWSKI M., KUCZYŃSKA B., METERA E., GABRYSZUK M., 2013 - Changes in the antioxidant capacity of organic milk obtained from dairy cows at different stages of lactation during pasture season. *Archives des Sciences* 6 (66), 328-340.

Rozdział 2. Pozyskiwanie wieprzowiny o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej.

T. Blicharski, M. Pierzchała, P. Urbański, R. Parada, G. Faliszewska, E. Karpiniak

2.1 Pozyskanie wieprzowiny o prozdrowotnej zawartości kwasów tłuszczowych

Cele badań

1. Analiza naukowa dostępnych prac z piśmiennictwa. Opracowanie strategii żywienia tuczników w doświadczeniu 1. Zakup aparatury naukowej do pomiarów grubości i powierzchni tkanek zwierzęcych metodą *in vivo*, oraz aparat firmy IKA do miksowania prób.
2. Wyznaczenie optymalnego udziału *WNKT* w dawce pokarmowej dla tuczników (*dośw.1*)
3. Badanie interakcji genotyp x masa ubojowa x jakość prozdrowotna mięsa (*dośw.2*)
4. Ustalenie składu chemicznego, wartości odżywczej i prozdrowotnej tuszy „optymalnej” (*dośw.3*)

Opis wyników i dyskusja

Na podstawie danych z literatury oraz informacji z badań własnych w przeprowadzonym doświadczeniu pierwszym wyznaczono optymalny udział kwasów z grupy PUFA, zwłaszcza PUFA n-3 w dawce pokarmowej dla tuczników. Badania przeprowadzono na świniami mieszańcami (♂Duroc x ♀ (polski Large White x Danish Landrace) w okresie od 60 do 105 kg masy ciała (BW). Zwierzęta karmiono czterema paszami, w których 10% energii metabolicznej zastąpiono mieszaniną tłuszczów (łącznie 3,5%):

pasza A - 2,5% oleju rzepakowego i 1,0% oleju lnianego

pasza B - 1,0% oleju rzepakowego, oleju rybnego 2,0% i 0,5% smalcu

pasza C - 2,5% oleju lnianego i 1% olej rybiego

pasza D - 2,3% oleju lnianego, 1,0% oleju rzepakowego, i 0,2% smalcu.

Wszystkie pasze miały taką samą zawartość energii (13,5 ME MJ.kg⁻¹), lizyny (7,4 g.kg⁻¹ standaryzowanej lizyny, strawnej do końca jelita cienkiego) i kwasów tłuszczowych z grupy PUFA, SFA i MUFA oraz kwasu C18:2n-6 (LA). Zastosowane pasze różniły się natomiast zawartością kwasu C18:3 n-3 (ALA), eikozapentaenowego (EPA), dekozapentaenowego (DPA) i dekozaheksaenowego (DHA). Zwierzęta ubito przy 105 kg m.c., w osoczu krwi określono wskaźniki biochemiczne, a w wybranych tkankach oznaczono skład chemiczny i profil kwasów tłuszczowych.

Zgodnie z założeniami badań pobranie paszy, tempo wzrostu oraz wykorzystanie paszy nie różniły się między grupami zwierząt i wynosiły średnio: 2,50 kg/dzień, 950 g /dzień oraz 2,64 kg paszy/ kg przyrostu, odpowiednio. Również masa tuszy, zawartość mięsa w tuszy, grubość słoniny, wartości pH45 i pH24 były podobne we wszystkich grupach świń (średnio 81,0 kg, 61,1%, 19,9 mm, 6,24 i 5,68, odpowiednio). Zastosowane żywienie nie wpłynęło na skład chemiczny ciała netto świń (zawartość białka i tłuszczu wynosiła 16,9 i 18,4 kg, odpowiednio), masę poszczególnych tkanek oraz zawartość w nich tłuszczu oraz kwasów tłuszczowych (łącznie ich zawartości). Zastosowany czynnik doświadczalny (żywienie – rodzaj paszy) wpłynął na zawartość kwasu tłuszczowego ALA, EPA, DPA i DHA oraz proporcji C18:2n-6/n-3 w ciele [Wojtaski i wsp. 2012].

W badaniach nie stwierdzono wpływu żywienia (rodzaju paszy) na masę mięśnia najdłuższego grzbietu - MLD, zawartość tłuszczu śródmięśniowego i całkowitą zawartość kwasów tłuszczowych (średnio 2396 g, 3,27% i 71 g, odpowiednio), oraz na zawartość SFA, MUFA, PUFA oraz proporcję PUFA/SFA (średnio 1,13, 1,28, 0,44 g/100 g tkanki i 0,39, odpowiednio).

Poszczególne grupy żywieniowe świń różniła zawartość kwasu C18:3n-3 wyrażona w g/100g tkanki: 0,030 (grupa B), 0,039 (grupa A), 0,056 (grupa D) i 0,059 (grupa C), ale statystycznie różnice wykazano tylko między grupą B (0,030), a pozostałymi grupami zwierząt (średnia 0,051) [Wojtaski i wsp. 2012]. Proporcja kwasu C18:2 n-6/C18:3 n-3 u zwierząt z grupy C i D była podobna (średnio 5,52) i nieistotnie mniejsza od wartości określonej w grupie A (7,46), ale istotnie (P<0,01) mniejsza niż w grupie B (11,8). Jednak, porównanie proporcji sumy kwasów tłuszczowych PUFA n-6/n-3 wykazało,

że wartość ta u zwierząt grupy D była najniższa (najkorzystniejsza) w porównaniu ze świniami grup A i C, oraz B (3,15 vs średnio 3,62 i 4,45, odpowiednio).

Nie stwierdzono wpływu żywienia na masę tłuszczu podskórnego, zawartość w nim tłuszczu i kwasów tłuszczowych (średnie wartości dla wszystkich grup zwierząt wynosiły: 4270 g, 74,9%, 2873g, odpowiednio) oraz zawartość SFA i MUFA (średnio 24,79, 26,53 g/100 g tkanki, odpowiednio). Zawartość PUFA była najmniejsza w grupie B (13,9 g/100 g tkanki), większa w grupie A (15,3g/100 g tkanki) i największa w grupie C i D (średnio:16,4 g/100 g tkanki), ale różnicę istotną ($P < 0,01$) stwierdzono tylko między zwierzętami grupy B oraz C i D. Proporcja PUFA/SFA była podobna u świń grupy A, C, D i większa niż u zwierząt grupy B (średnia 0,66 vs 0,54, $P < 0,01$). Zawartość (g/100 g tkanki) kwasu C18:3 n-3 różniła się ($P < 0,01$) między grupami żywieniowymi świń i wynosiła: 1,37, 2,24, 3,28 i 3,73, odpowiednio w grupach B, A, C i D. Zawartość sumy kwasów PUFA n-3 była niższa ($P < 0,01$) u zwierząt grup A i B w porównaniu ze świniami grup C i D (2,33 vs 3,97 g/100 g tkanki). Proporcja kwasów 18:2 n-6/18:3n-3 i $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ w grupach C i D była podobna (średnio 3,43 i 3,18, odpowiednio), ale niższa ($P < 0,01$) niż w grupie A (5,45 i 5,18, odpowiednio) i w grupie B (8,33 i 5,60, odpowiednio).

Podobnie nie stwierdzono wpływu żywienia na masę mięsa tuszy (mięso z tłuszczem śród- i międzymięśniowym), zawartość w nim tłuszczu i kwasów tłuszczowych (średnie wartości dla wszystkich grup zwierząt wynosiły: 49,0kg, 12,0% i 5,3 kg, odpowiednio), zawartość SFA, MUFA, PUFA (średnio 4,1, 4,4, 1,6 g/100 g tkanki, odpowiednio), a także proporcję PUFA/SFA (średnio 0,40). Wykazano, że zawartość (g/100 g tkanki) kwasu C18:3n-3 różniła się ($P < 0,01$) między grupami żywieniowymi świń i była niższa ($P < 0,01$) u zwierząt grup A i B w porównaniu z świniami grup C i D (średnio: 0,178 vs 0,264, odpowiednio). Podobnie zawartość sumy kwasów PUFA n-3 była niższa ($P < 0,01$) u zwierząt grup A i B niż u świń grupy C i D (0,269 vs 0,363 g/100 g tkanki). Proporcja kwasów 18:2 n-6/18:3n-3 i $\Sigma n-6/\Sigma n-3$ w grupach C i D miała niższe ($P < 0,01$) wartości (średnio: 4,60 i 3,77, odpowiednio) niż a w grupie A i B (średnio: 6,33 i 4,60, odpowiednio) [Skiba i wsp. 2012].

Na podstawie uzyskanych danych wykazano liniową zależność między pobraniem kwasu C18:3 n-3 i jego zawartością w mięsie (MLD) i słoninie. Aczkolwiek silniejszą korelację stwierdzono dla słoniny ($r=0,85$), niż dla najdłuższego mięśnia grzbietowego ($r= 0,59$). Dla kwasów długołańcuchowych n-3 PUFA korelacja między ich koncentracją w paszy i zawartością w słoninie wynosiła od 0,64 dla kwasu C20:5 n-3 do 0,89 do C22:6 n-3.

W badaniach wykazano również, że procentowa zawartość kwasu linolenowego (ALA) nie zależy od zawartości tłuszczu w poszczególnych tkankach, natomiast zawartość tego kwasu wyrażona w g/100g tkanki, jest powiązana z zawartością tłuszczu w badanej tkance – im więcej tłuszczu tym więcej kwasu [Skiba i wsp. 2012]. Mięsień mld oraz mięso tuszy (bez tłuszczu zewnętrznego) różniące się znacznie zawartością tłuszczu chemicznego (średnio dla 4 grup doświadczalnych: 3,3 vs 12,0%, odpowiednio), charakteryzowały się podobną zawartością kwasu ALA wyrażoną w procentach, odpowiednio: 3,28 i 3,62, w całkowitej puli FA. Jednak w przeliczeniu na 100g tkanki mięso tuszy zawierało ponad ok. 5 razy więcej kwasu ALA niż mięsień mld (221 vs 46mg/100g tkanki) oraz 3,6 razy więcej kwasów EPA+DHA (mg 95 vs 27mg/100g tkanki).

Zastosowane mieszanki (A, C i D) w doświadczeniu 1, umożliwiły wyprodukowanie wieprzowiny o parametrach zgodnych lub zbliżonych do zaleceń WHO (proporcje PUFA/SFA $> 0,4$ i $\sum n-6 / \sum n-3 < 4-5$). Jednak wykazano, że mięso/tkanki spełniające parametry zalecane przez WHO nie zawsze mogą być uznane za „źródło kwasów omega 3”. Zgodnie z oświadczeniami UE z 2010r produkty żywnościowe mogą być źródłem kwasów tłuszczowych omega-3 gdy produkt zawiera przynajmniej 300 mg kwasu alfa-linolenowego (ALA) lub 40 mg kwasów eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA) łącznie w 100 g produktu. Mięso tuszy z tłuszczem śród- i międzymięśniowym (bez tłuszczu zewnętrznego) zawierało ok. 12% tłuszczu i spełniało warunki oświadczenia żywnościowego dotyczącego „źródła kwasów tłuszczowych omega-3”. Mięso to zawierało około 95 mg kwasu EPA+DHA, średnio dla 4 grup żywieniowych. Natomiast „czyste” mięśnie tuszy (np. mld), które zawierały nie więcej niż 3,3% tłuszczu, nie mogą być zaliczane do produktów stanowiących źródło kwasów tłuszczowych omega – 3, gdyż zawierały 27 mg EPA+DHA w 100 g tkanki (średnia dla czterech grup żywieniowych).

Stwierdzono, że zastosowanie w żywieniu świń pasz z mieszaniną olejów lnianego i rzepakowego pozwala 4-ro krotnie zwiększyć pobranie i odłożenie w ciele kwasu C18:3n-3, a efektywność konwersji tego kwasu z paszy do tkanek ciała wynosi ok. 56%. Wykazano, że kwas ALA w 77% odkładany jest w tkankach miękkich tuszy (mięso + tłuszcz podskórny), w 16% w częściach niejadalnych (kości + skóry) i 7% w narządach wewnętrznych.

W badaniach wykazano, że koncentracja kwasów tłuszczowych długołańcuchowych (EPA, DPA i DHA) w tkankach świń żywionych paszą zawierającą tran z ryb była większa niż świń otrzymujących paszę bez tego tłuszczu. Oznacza to, że kwas C18:3n-3 jako prekursor kwasów długołańcuchowych PUFAn-3 (EPA, DPA, DHA) nie jest wystarczającym źródłem ich syntezy w tkankach ciała świń. Znacznie korzystniej jest dla organizmu jeśli te kwasy są odkładane bezpośrednio z paszy zawierającej tłuszcz, który jest ich nośnikiem/źródłem. Dlatego pasza powinna zawierać niewielki dodatek oleju z ryb.

Na podstawie zawartości kwasów tłuszczowych i proporcji kwasów PUFA/SFA, C18:2n6/n3 oraz PUFA n6/n3 w paszy i tkankach tuszy (wyniki z doświadczenia 1), zdecydowano, że w doświadczeniu 2 i 3 w mieszance doświadczalnej ok. 9% energii metabolicznej zastąpiono mieszaniną tłuszczów w ilości 3% (tran z dorsza–0,5%, olej lniany–2% i rzepakowy–0,5%). W tym etapie badań określono wpływ genotypu świń, masy ubojowej i systemu żywienia na skład chemiczny, wartość odżywczą i prozdrowotną wieprzowiny. Do badań użyto loszki linii 990 (n=16), wbp (n=16) oraz mieszańce (♂Duroc x ♀(Polish Large White x Danish Landrace) (n=16). Zwierzęta w okresie wzrostu od 60 do 105 lub od 80 do 120 kg mc żywiono semi ad libitum (95% pobrania do woli) przez ok. 35 dni lub dawką o niższą o 15 % niż przy żywieniu semi ad libitum (tj. 80 % pobrania do woli) przez ok. 42 dni. Dzienną ilość paszy zwiększano raz w tygodniu. Świnie miały stały dostęp do wody z poideł smoczkowych. Masę ciała wszystkich świń i ich przyrosty kontrolowano raz w tygodniu. Świnie po osiągnięciu ok. 105 lub 120 kg mc. ubijano sukcesywnie w rzeźni Instytutu. Na podstawie wyników z przeprowadzonych doświadczeń (2 i 3), wykazano, że loszki mieszańce charakteryzowały się znacznie większą koncentracją tłuszczu śródmięśniowego niż rasa wielka biała polska oraz linia syntetyczna 990.

Świnie linii 990, wbp oraz mieszańce tuczone od 60 do 105 kg mc pobierały dziennie średnio 2,77 kg przy żywieniu semi ad libitum oraz 2,35 kg przy żywieniu dawkowanym i rosły odpowiednio: 1128 i 1048g/dz. Natomiast zwierzęta tuczone od 80 do 120 kg mc pobrały średnio 3,08 i 2,65 kg/dz, i przyrastały 1112 i 960g/dz, odpowiednio przy żywieniu semi ad libitum i dawkowanym. Wszystkie zwierzęta w obu okresach doświadczalnych (od 60-105 kg lub od 80-120 kg mc) pobrały podobną ilość paszy, tj. około 110 kg.

Wyniki dotyczące składu rzeźnego tuszy wskazują, że na otluszczenie tuszy świń wpływał zarówno genotyp jak i postępowanie metodyczne (okres wzrostu i system żywienia). Świnie wbp oraz mieszańce miały podobną, ale mniejszą ($P<0,01$) średnią grubość słoniny niż zwierzęta linii 990, niezależnie od masy ubojowej (średnio $22,35\pm 0,75$ vs $27,20\pm 1,2$ mm i $22,89$ vs $30,31\pm 1,42$ mm, odpowiednio przy 105 i 120 kg mc) [Raj i wsp. 2014]. Świnie żywione dawką miały mniejszą ($P<0,056$) grubość słoniny niż żywione semi ad libitum (średnio: $23,37\pm 0,73$ vs $25,90\pm 0,68$ mm). Jednocześnie świnie chudsze - wbp oraz mieszańce miały większą ($P<0,01$) mięsność niż świnie linii 990 (średnio $61,0\pm 0,46$ vs $58,9\pm 0,44$ mm) niezależnie od masy ubojowej i systemu żywienia.

pH mięsa zmierzone 45 minut po uboju (pH45min.) było podobne dla mięśni LD i BF przy każdej masie ubojowej i nie różniło się między genotypami (średnio: $6,37\pm 0,28$). Natomiast pH zmierzone po 24 godzinach (pH24) było mniejsze (różnice ns) niż pH45, ale także nie różniło się między mięśniami niezależnie od genotypu i masy ubojowej (średnio: $5,63\pm 0,242$).

Dane dotyczące składu chemicznego tuszy, podobnie jak składu rzeźnego wskazują, że świnie rasy wbp oraz mieszańce, zawierały mniej ($P<0,01$) tłuszczu w tuszy niż świnie linii syntetycznej 990 (średnio $209\pm 7,12$ vs $236\pm 3,35$ g/kg tuszy, odpowiednio). Badane genotypy/rasy miały podobną zawartość białka i popiołu w tuszy (średnio $173\pm 1,16$ i $29\pm 1,13$ g/kg tuszy, odpowiednio).

Nie stwierdzono wpływu systemu żywienia oraz masy ubojowej na zawartość tłuszczu śródmięśniowego w musculus longissimus dorsi (mld) oraz biceps femoris (bf) [Raj i wsp. 2014]. Wykazano, że świnie linii 990 i wbp miały podobną zawartość tłuszczu śródmięśniowego w bf i mld (średnio 1,08% - bf i 0,92% - mld), chociaż różniły się otluszczeniem tuszy (grubość słoniny i zawartość tłuszczu w tuszy). Z kolei mieszańce i świnie wbp miały podobne

otłuszczenie tuszy, jednak mieszance charakteryzowały się istotnie większym ($P < 0,01$) przetłuszczeniem śródmięśniowym niż loszki wbp (1,62 i 1,55% vs 0,90 i 0,82%, odpowiednio dla bf i mld). W badanych tkankach tuszy świń nie stwierdzono różnic w zawartości białka, popiołu i suchej masy (średnio 21,75, 1,15 i 24,29%, odpowiednio) [Raj i wsp. 2014].

Znacznie większe przetłuszczenie śródmięśniowe loszek mieszańców niż linii 990 i wbp wpłynęło korzystnie na zawartość kwasów tłuszczowych w badanych mięśniach/tkankach. W porównaniu do loszek linii 990 i wbp mięśnie loszek mieszańców zawierały ponad dwukrotnie więcej ($P < 0,01$) kwasu C18:3n-3 (średnio 0,018 vs 0,035 g/100 g tkanki) i EPA+DHA (średnio 0,004 vs 0,012 g/100g tkanki, odpowiednio) i charakteryzowało się korzystniejszą ($P < 0,01$) proporcją kwasów PUFA n-6/n-3 (średnio 3,9 vs 4,7, odpowiednio) i PUFA/SFA (średnio 0,41 vs 0,50) [Raj i wsp. 2014].

Prezentowane dane wskazują, że żywiąc świnię dietą, w której ok. 9% energii metabolicznej zastąpiono mieszaniną olejów (lniany, rzepakowy, rybny) łatwiej jest wyprodukować mięso charakteryzujące się walorami prozdrowotnymi u świń o większym niż mniejszym przetłuszczeniu śródmięśniowym.

Skład rzeźny i chemiczny tuszy oraz zawartości kwasów tłuszczowych i wzajemne ich proporcje w tkankach wskazują, że żywienie świń paszą zawierającą w/w mieszaninę olejów, system dawkowanym lub semi ad libitum masy ubojowej 105 lub 120 kg ma znacznie mniejszy wpływ na modyfikację kwasów tłuszczowych w mięśniach/tkankach tuszy niż czynnik genetyczny. Wykazano, że zawartość tłuszczu śródmięśniowego (którego ilość decyduje o możliwości modyfikacji kwasów tłuszczowych) nie zależy od otłuszczenia tuszy (grubość słoniny i zawartość tłuszczu oznaczonego chemicznie).

Podsumowanie

1. Włączenie w skład paszy olejów będących źródłem kwasu egzogenego C18:3n-3 zwiększa jego odłożenie w tkankach tuszy. Jednak kwas C18:3n-3 jako prekursor kwasów długołańcuchowych PUFA n-3 (EPA, DPA, DHA) nie jest ich wystarczającym źródłem syntezy w tkankach ciała świń. Znacznie korzystniej jest dla organizmu, jeśli te kwasy są odkładane bezpośrednio z paszy zawierającej tłuszcz, który jest ich nośnikiem/źródłem. Dlatego pasza

- powinna zawierać niewielki dodatek oleju z ryb, który jest dobrym źródłem tych kwasów.
2. Zamiana części energii paszy (ok. 9%) mieszaniną olejów lnianego, rzepakowego i rybiego pozwala wyprodukować wieprzowinę o prozdrowotnych parametrach zalecanych przez WHO. Ponadto mięso zawierające przynajmniej 12 % tłuszczu może być odpowiednim „źródłem kwasów omega 3” zgodnie z oświadczeniami UE
 3. Czynniki genetyczne determinujące zawartość tłuszczu śródmięśniowego ma znacznie większy wpływ na modyfikację kwasów tłuszczowych mięsa tuszy niż intensywność żywienia i masa ubojowa zwierząt. Modyfikacja kwasów tłuszczowych w mięśniach/tkankach jest łatwiejsza do przeprowadzenia/uzyskania u świń o większym przetłuszczeniu śródmięśniowym, niezależnie od ogólnego odtuszczenia tuszy (grubości słoniny).

PIŚMIENNICTWO

1. WOJTASIK M., RAJ S.T., SKIBA G., WEREMKO D., CZAUDERNA M. 2012 - The effects of diets enriched in omega-3 fatty acids on carcass characteristic and fatty acid profile of intramuscular and subcutaneous fat in pigs. *Journal of Animal Feed Science* 21: 635 -647.
2. SKIBA G., RAJ S.T., WOJTASIK M., WEREMKO D., 2012 - Relationships between intake of PUFA n-3 fatty acids and their quantitative content in the carcass tissues of pigs. *Journal of Animal Feed Science* 21: 648–660.
3. RAJ S.T., SOBOL M., SSKIBA G., WEREMKO D., POŁAWSKA E., 2014 - Relationship between blood lipid indicators and carcass traits and concentration of omega-3 fatty acids in the *longissimus dorsi* muscle of growing pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences* 23: 337-347.

2.2 - Optymalizacja genotypu i metod żywienia świń w celu pozyskiwania wieprzowiny o wysokiej zawartości składników bioaktywnych.

Cele badań

1. Realizacja doświadczenia w trzech powtórzeniach w latach 2010-2012, przygotowanie stanowisk badawczych
2. Zestawienie stada doświadczalnego zwierząt o odpowiednim pochodzeniu rasowym, genotypie pod względem najważniejszych markerów oraz spokrewnieniu
3. Opracowanie planu kojarzeń wybranych osobników w celu uzyskania potomstwa o oczekiwanych genotypach
4. Selekcja osobników do tuczów doświadczalnych
5. Ustalenie metodyk utrzymania i żywienia zwierząt (opracowanie receptur oraz schematów zadawania pasz doświadczalnych)
6. Ocena użytkowości tucznej zwierząt doświadczalnych, uzyskanie zwierząt do uboju
7. Ocena jakości tusz i mięsa od zwierząt doświadczalnych
8. Opracowanie instrukcji żywieniowej na podstawie wyników analiz mięsa zwierząt doświadczalnych

Opis wyników i dyskusja

W tuczu kontrolnym w I etapie doświadczenia spośród zwierząt objętych doświadczeniem, zarówno zwierząt czystorasowych jak i mieszańców (rasa pbz i mieszańce pbz x duroc), wyodrębniono 3 grupy w każdej grupie rasowej: kontrolną (K), doświadczalną I (S) i doświadczalną II (O). Grupę kontrolną podzielono na 2 grupy: K-1 i K-2. Grupa K-1 była żywiona standardową paszą dla tuczników bez żadnych dodatków. Grupa K-2 była żywiona paszą z 2% dodatkiem oleju rzepakowego. Doświadczalną grupę I podzielono na 2 grupy: S-1 i S-2. Grupa S-1 była żywiona paszą z dodatkiem selenu organicznego w ilości 0,5 mg, a grupa S-2 z dodatkiem 1 mg selenu organicznego. Doświadczalna grupa II została podzielona na 2 grupy: O-1 i O-2. Grupa O-1 żywiona była paszą z 2% dodatkiem oleju rzepakowego i 1% dodatkiem oleju lnianego, natomiast grupa O-2 żywiona była paszą z 1% dodatkiem oleju rzepakowego i 2% dodatkiem oleju lnianego.

W tuczu kontrolnym w II etapie doświadczenia spośród zwierząt objętych doświadczeniem, zarówno zwierząt czystorasowych jak i mieszańców, wyodrębniono 3 grupy w każdej rasie: kontrolną (K), doświadczalną I (S) i doświadczalną II (O). Grupę kontrolną podzielono na 2

grupy: K-1 i K-2. Grupa K-1 była żywiona standardową paszą dla tuczników bez żadnych dodatków. Grupa K-2 była żywiona paszą z 2% dodatkiem oleju rzepakowego. Doświadczalną grupę I podzielono na 2 grupy: S-1 i S-2. Grupa S-1 była żywiona paszą z dodatkiem selenu organicznego w ilości 1,0 mg, a grupa S-2 z dodatkiem 1 mg selenu nieorganicznego. Doświadczalna grupa II została podzielona na 2 grupy: O-1 i O-2. Grupa O-1 żywiona była paszą z 3% dodatkiem oleju rzepakowego, natomiast grupa O-2 żywiona była paszą z 3% dodatkiem oleju lnianego.

Tucz kontrolny w III etapie/powtórzeniu rozpoczęto 17.06.2012. Zwierzęta objęte doświadczeniem (pbz x pbz oraz pbz x duroc) podzielone zostały na 3 grupy w każdej rasie: kontrolną (K), doświadczalną I (100E) doświadczalną II (200E).

W pierwszym okresie tuczu, tj. do 60-70 kg wszystkie zwierzęta żywiono w jednakowy sposób standardową paszą dla tuczników bez żadnych dodatków. W II okresie tuczu w grupie kontrolnej K nie było zmiany żywienia, natomiast w grupie doświadczalnej I (100E) zastosowano żywienie paszą z dodatkiem 1 mg selenu organicznego + 3% oleju lnianego + 100 mg witaminy E. W grupie doświadczalnej II (200E) zastosowano 1 mg selenu organicznego + 3% oleju lnianego + 200 mg witaminy E.

Wszystkie tuczniaki doświadczalne ubijano w rzeźni komercyjnej. Po uboju wykonano pomiary podstawowych parametrów fizyko-chemicznych mięsa. Badano pH1 i PH24, LF1 i LF24, barwę mięsa wg Minolta. Na pobranych próbach mięsa określano wyciek swobodny i wodochłonność wg Graua-Hamma.

Wykonano liniowe pomiary grubości słoniny oraz zawartość wody, białka i tłuszczu. Nie stwierdzono istotnego wpływu suplementów diety na podstawowe cechy fizykochemiczne mięsa oraz użytkowość rzeźną świń [Lisiak i wsp. 2013].

Oceniano wpływ suplementacji paszy olejem rzepakowym i lnianym.

Analizując skład kwasów tłuszczowych w mięsie wykazano, że u świń pbz stwierdzono wyższą zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) oraz niższą zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny omega-6 w mięśniach GM i LD [Lisiak i wsp. 2013].

Suplementacja paszy olejem rzepakowym spowodowała zmniejszenie zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i zwiększenie zawartości MUFA w mięśniach.

Suplementacja paszy olejem lnianym, bogatym źródłem PUFA, spowodowała zwiększenie zawartości PUFA, szczególnie z rodziny omega-3 w mięśni, co wpłynęło na poprawę proporcji PUFA/SFA LD [Lisiak i wsp. 2013].

Duża zmienność osobnicza nie pozwoliła zweryfikować wpływu rasy i żywienia na proporcję kwasów omega-6/omega-3, dzięki czemu parametr ten może być wykorzystany jako wskaźnik osobniczy przemian kwasów tłuszczowych do weryfikacji genetycznego podłoża cech jakości mięsa wieprzowego.

Stwierdzono, że suplementacja paszy 1mg selenu organicznego wpływa korzystnie na profil kwasów tłuszczowych mięsa wieprzowego i działa osłonowo dla kwasów tłuszczowych paszy wykorzystywanych przez zwierzęta. Zaleca się więc stosowanie dodatku selenu organicznego (minimum 1mg) jako antyoksydantu paszowego w żywieniu trzody chlewnej [Blicharski i wsp 2011]. Suplementacja paszy selenem organicznym wpłynęła na poprawę proporcji n-6/n-3 i PUFA/SFA. Suplementacja paszy 1mg selenu organicznego wpływa korzystniej na proporcję n-6/n-3 (7.8 dla pbz i 14.2 dla pbz x duroc) w porównaniu z suplementacją 0.5mg selenu (11 dla pbz i 15.5 dla pbz x duroc).

Podsumowanie

1. Suplementacja paszy 1mg selenu organicznego wpływa korzystnie na profil kwasów tłuszczowych mięsa wieprzowego i działa osłonowo dla kwasów tłuszczowych paszy wykorzystywanych przez zwierzęta.
2. Suplementacja paszy 1mg selenu organicznego wpływa korzystniej na proporcję n-6/n-3 (7,8 dla pbz i 14,2 dla pbz x duroc) w porównaniu z suplementacją 0,5mg selenu (11 dla pbz i 15,5 dla pbz x duroc).
3. Suplementacja paszy olejem lnianym, bogatym źródłem PUFA, spowodowała zwiększenie zawartości PUFA, szczególnie z rodziny omega-3 w mięśni, co wpłynęło na poprawę proporcji PUFA/SFA.

PIŚMIENNICTWO

1. LISIAK D., JANISZEWSKI P., BLICHARSKI T., BORZUTA K., GRZEŚKOWIAK E., LISIAK B, POWAŁOWSKI K., SAMARDAKIEWICZ Ł., BATORSKA M., SKRZYMOWSKA K., HAMMERMEISTER A., 2013 - Effect of selenium supplementation in pigs' feed on slaughter value, physicochemical and sensory meat features. *Annals of Animal Science Instytut Zootechniki PIB* 14: 213–222.
2. LISIAK D., GRZEŚKOWIAK E., BORZUTA K., RAJ S., SKIBA G., 2013 - Effects of supplementary vegetable and animal fats on the slaughter values of fatteners, meat quality and fatty acid profile in pigs. *Czech Journal of Animal Science* 58: 497–511.
3. BLICHARSKI T., A. HAMMERMEISTER, K. SKRZYMOWSKA. 2011 - Biożywność a „POL SUS”, *infoPOL SUS*, 11: 6-8.

2.3 - Wykorzystanie metod molekularnych do weryfikacji genetycznego podłoża cech jakości mięsa wieprzowego.

Cele badań

1. Opracowanie przeglądu literatury z zakresu dotyczącego genetycznego podłoża jakości wieprzowiny. Udział w sympozjach i konferencjach tematycznych. Zakup drobnego sprzętu laboratoryjnego. Przygotowanie założeń metodycznych do analiz laboratoryjnych. Zakup zestawu do izolacji i analiz kwasów nukleinowych.
2. Pobieranie materiału – prób tkanek do izolacji DNA i RNA. Izolacja DNA i RNA od zwierząt wykorzystywanych w badaniach pilotażowych. Ocena jakości RNA pod kątem przydatności do analiz transkryptomicznych. Weryfikacji wybranych genów metabolizmu podstawowego. W Identyfikacja polimorfizmów genów kandydujących do statusu markerów genetycznych cech jakości mięsa wieprzowego.
3. Pobieranie materiału – prób krwi tkanek do izolacji DNA. nukleinowych. Izolacja DNA od zwierząt wybranych w fermach towarowych. Określenie genotypów genów wybranych u zwierząt grup

- doświadczalnych otrzymujących zróżnicowaną suplementację składników pokarmowych (Selen, PUFA)
4. Pobieranie materiału – prób krwi tkanek do izolacji DNA. nukleinowych. Izolacja DNA od zwierząt wybranych w fermach towarowych. Określenie genotypów genów wybranych u zwierząt grup doświadczalnych otrzymujących zróżnicowaną suplementację składników pokarmowych (Selen, PUFA) Izolacja RNA i ocena jego jakości pod względem wykorzystania w analizach poziomu ekspresji genów z wykorzystaniem mkromacierzy ekspresyjnych.
 5. Przeprowadzenie wstępnych analiz celem wyboru mikromacierzy ekspresyjnych dla jakości mięsa u świń. Badania przesiewowe z wykorzystaniem mkromacierzy ekspresyjnych.
 6. Opracowywanie statystyczne wyników mikromacierzowych.
 7. Weryfikacja uzyskanych istotnych zależności w odniesieniu do danych literaturowych oraz baz danych opisujących szlaki metaboliczne. Przeprowadzenie weryfikacji uzyskanych różnic poziomu transkrypcji w oparciu o metodę real-time PCR
 8. Weryfikacja wyników analiz mikromacierzowych przy użyciu techniki Real-time PCR. Analiza regionów regulatorowych genów różniących się poziomem ekspresji.
 9. Opracowywanie statystyczne uzyskanych wyników i przedstawienie w formie publikacji. Przeprowadzenie wstępnych analiz celem wyboru mikromacierzy ekspresyjnych dla jakości mięsa u świń.

Wyniki i dyskusja

Opracowano przegląd literatury z zakresu dotyczącego genetycznego podłoża jakości wieprzowiny. Przygotowano założenia metodyczne dla analiz laboratoryjnych kwasów tłuszczowych i molekularnych ekspresji genów. Dokonano zakup drobnego sprzętu laboratoryjnego oraz zakupu zestawu do izolacji i analiz kwasów nukleinowych. W ekstraktach kwasów nukleinowych przeprowadzono analizy jakości ze szczególnym uwzględnieniem oceny jakości RNA pod kątem przydatności do analiz transkryptomicznych.

Zebranie materiału biologicznego w głębokim mrożeniu. Określenie genów referencyjnych do analiz transkryptomicznych w wybranych tkankach.

Pobrano i skonfekcjonowano w głębokim zamrożeniu wycinki tkanek na potrzeby analiz transkryptomycznych. Pobierane tkanki obejmowały próbki mięśni: najdłuższego grzbietu (*longissimus dorsi*), mięśnia pośladkowego (*gluteus medius*) oraz wątroby. Zebrany materiał pochodził od grupy zwierząt tuczu doświadczalnego: tuczników wpb x pbz żywionych różnymi dawkami o zróżnicowanym poziomie selenu oraz z czystych ras świń: puławska pbz, wbp i duroc tuczonych standardowymi mieszankami pasz - razem 60 szt. Opracowano metodyczne założenia dla analiz molekularnych wybranych genów kandydujących do statusu markerów genetycznych cech jakości mięsa wieprzowego. W pierwszej kolejności przeanalizowano polimorfizm genów kodujących czynniki wzrostowe i ich receptory (gen hormonu wzrostu, insulinopodobny czynnik wzrostu oraz ich receptorów –GH, GHR IGF1, IGF1R, GHR). Opracowano statystycznie zmienność ekspresji genów metabolizmu podstawowego jako referencyjnych, dla potrzeb normalizacji analiz transkryptomicznych Real-Time PCR. Wytypowano najbardziej stabilne geny dla tkanki mięśniowej (TBP, TOPB1, HPRT1) [Pierzchała i wsp. 2013]

Konfekcjonowanie w głębokim mrożeniu materiału biologicznego. Wybór genów referencyjnych do analiz transkryptomycznych w wybranych tkankach.

W trakcie realizacji założonych zadań badawczych pobrano próby tkanek. Pobrane tkanki zamrożono w ciekłym azocie i konfekcjonowano w głębokim zamrożeniu w -80°C . Przeprowadzono analizy jakości wieprzowiny. Analizowanymi cechami jakości wieprzowiny był pomiar pH mięśni, kolor oraz marmurkowatość. Jak też, wodochłonność i wyciek swobodny w mięśni najdłuższym grzbietu. Wymienione cechy mają istotne znaczenie dla przydatności technologicznej mięsa wynikającej ze zmian białkowych postmortem zachodzących w dojrzewającym mięsie. Określono też zawartość tłuszczu śródmięśniowego metodą Soxhleta, oraz jędrność i kruchość mięsa, jako cech o istotnym znaczeniu nie tylko dla walorów smakowych ale i przydatności technologicznej. Zawartość tłuszczu śródmięśniowego w wieprzowinie badanych świń żywionych dodatkami PUFA mieściła się pomiędzy 2,0 a 3,5% i relatywnie do grupy kontrolnej żywionej standardowymi mieszankami pasz obserwowano około 20% wzrost zawartości tłuszczu śródmięśniowego. Stwierdzono również istotną korelację między wartością pH a wyciekami swobodnymi (wsp korelacji Pearsona $\sim 0,75$) oraz

kolorem (0.67), w mięśni najdłuższym grzbiecie. Nie stwierdzono natomiast istotnych zależności pomiędzy zawartością tłuszczu śródmięśniowego a pH.

Przeprowadzono weryfikacje potencjalnych markerów genetycznych genów kandydujących dla do jakości mięsa świń. Przeanalizowano polimorfizm DNA wybranych genów kandydujących między innymi takich jak: gen białka wiążącego kwasy tłuszczowe (H-FABP), gen jednego z enzymów proteolitycznych: kalpajny (CAPN3), i jej inhibitora kalpastatyny (CAST), gen miogeniny (MYOG) i gen jednego z protoonkogenów c-FOS. Geny te odgrywają ważną rolę w procesach wzrostu i rozwoju tkanki mięśniowej na różnych etapach, oraz wchodzi w interakcję z innymi genami biorącymi udział w procesach miogenezy. W badaniach nie stwierdzono jednak polimorfizmu względem analizowanych mutacji genu *CAPN3*, dwóch mutacji genu *CAST*, rozpoznawanych odpowiednio enzymami: *ApaLI* i *Hpy188I* oraz względem mutacji zlokalizowanej w eksonie 4 protoonkogenu *c-FOS* (*c-FOS/HpyCH4IV*). Odnośnie polimorfizmu genu *CAST*, rozpoznawanej przez enzym *PvuII* w badanej grupie zanotowano przewagę osobników homozygotycznych AA (0,7) nad osobnikami homozygotycznymi BB (0,1) i heterozygotycznymi AB (0,2). W badanej stawce świń zaobserwowano znaczną (prawie 3 krotną) przewagę osobników homozygotycznych HH (0,6) względem mutacji genu H-FABP rozpoznawanej endonukleazą *HinfI* w przeciwieństwie do heterozygot Hh (0,25) przy całkowitym braku homozygot hh (0,15). Natomiast dla drugiej mutacji genu H-FABP rozpoznawanej przez enzym *HaeIII* zaobserwowano podobną częstość heterozygot Dd i homozygot dd (odpowiednio 0,37 do 0,35) w porównaniu do 0,27 homozygot DD [Urbański i wsp. 2013].

Analiza statystyczna wykazała związek między polimorfizmem genów kodujących białka wiążące kwasy tłuszczowe, H-FABP, A-FABP a zawartością tłuszczu śródmięśniowego w mięśni najdłuższym grzbiecie. W badanej grupie świń stwierdzono zbliżoną częstość alleli występowanie H i h., która wynosiła odpowiednio: 0,57 i 0,43. Analizy przeprowadzono wykorzystując modele regresji liniowej SAS GLM. Przeprowadzone porównania wskazały na istnienie zależności między genotypem H-FABP a zawartością tłuszczu śródmięśniowego, wykryto także różnice między grubością tłuszczu na grzbiecie a genotypem H-FABP. Dla pozostałych

analizowanych mutacji: *MYOG/MspI*, *H-FABP/HaeIII* i *MspI*, *CAST/PvuII* odnośnie których stwierdzono zróżnicowanie polimorfizmu została wykonana analiza statystyczna ich oddziaływania na tempo wzrostu i cechy mięsności tuszy metodą najmniejszych kwadratów, dla każdej z mutacji oddzielnie. Mutacja w genie kalpastatyny, zlokalizowana w eksonie 14 identyfikowana enzymem *PvuII*, statystycznie istotnie oddziaływała na powierzchnię oka polędwicy i masę polędwicy oraz średni przyrost dzienny. Największe wartości analizowanych cech wykazywały homozygoty o genotypie AA. W przypadku mutacji w rejonie 3'UTR genu miogeniny a cechami mięsności tuszy pokazały statystycznie istotny wpływ tego polimorfizmu na następujące cechy: masa polędwicy, wysokość oka polędwicy i powierzchnia oka polędwicy. Zwierzęta o genotypie AA charakteryzowały się większą wartością każdej cechy.

Bazy danych dotyczące polimorfizmu wybranych genów dla cech jakości mięsa. Określenie poziomu ekspresji wybranych genów referencyjnych

W oparciu o weryfikacje różnych metod izolacji kwasów nukleinowych, zoptymalizowano metodę ekstrakcji RNA i DNA wolnego od inhibitorów reakcji PCR. Metoda ta opierała się na wykorzystaniu trizolu oraz 3 krotnym doczyszczaniu fenolo-chloroformowym. Modyfikacje metody gwarantowały skuteczną inaktywację komórkowych nukleaz, zwłaszcza RNaz - enzymów degradujących RNA. Potwierdzeniem skuteczności metody izolacji była weryfikacja integralności wyizolowanego RNA na Bioanalyzerze, firmy Agilent. Uzyskane wskaźniki RIN dla ekstraktów RNA od 8 do 9 co były dowodem wysokiej jakości ekstraktów RNA. Z ekstraktów RNA stworzono biblioteki cDNA. Przeprowadzono weryfikacje jakościową uzyskiwanych transkryptów mRNA pod kątem analizy genów metabolizmu podstawowego jako genów referencyjnych dla określania profili transkryptomicznych przy wykorzystaniu techniki Real-time PCR. W technice real-time PCR po ilość kopii określana była stopniem fluorescencji mierzonej w czasie elongacji – 3 etapie każdego z cyklu PCR. Zweryfikowano dziewięć genów metabolizmu podstawowego należących do różnych szlaków metabolicznych i funkcji biologicznych: β 2-mikroglobulinę (B2M - związane z cytoszkieletem), β -aktynę (ACTB - związaną ze strukturą komórkową); aldehyd-3-fosforanu dehydrogenazy (GAPDH - związany z metabolizmem

węglowodanów), dehydrogenazę bursztynianową (SDHA - procesy energetyczne); transferazę hipoksantynowo-fosforybozylową I (HPR1 - metabolizm nukleotydów), białko rybosomalne L13a (RPL13A - biosynteza białek), monooksygenazę tyrozyny/tryptofanu (YWHAZ - procesy wzrostu i apoptozy komórek); białko regulatorowe wiążące się z sekwencją TATA-box (TBP - procesy transkrypcji), topoizomeraza (DNA) II beta (TOP2B - transkrypcją i replikacją DNA).

Ustalenie metodyki badań mikromacierzowych. Baza danych transkryptomicznych.

Izolacja kwasów tłuszczowych oraz weryfikacja merytoryczna metody w odniesieniu do szczegółowych analiz molekularnych. Opracowano metodę izolacji i analizy kwasów tłuszczowych, określono parametry analityczne dla chromatografu gazowego GC-7890 firmy Agilent, do analizy próbek tkanek wieprzowych obejmujące szerokiego spektrum kwasów tłuszczowych: C4:0-C22:6.

- a. Zdefiniowano standard estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- b. Opracowano parametry analityczne dla chromatografu w celu optymalnego rozdzielenia specyficznych pików dla kwasów tłuszczowych (KT) oraz optymalizacji czasu analizy pojedynczej próby.

Optymalizacja metody objęła profil kwasów tłuszczowych tkanek wieprzowych z zakresu C14:0 – C22:6. Parametry metody analizy profilu kwasów tłuszczowych: nastrzyk – 1 µl, temperatura injektora i detektora – 260 °C, split 100:1, program temperaturowy pieca od 140°C do 240°C w przyroście 4°C/min na 100m kolumnie (całkowity czas analizy 45 minut).

Optymalny rozdział pików w standardzie (37 kwasów tłuszczowych) uzyskano poprzez zmianę splitu (40:1) oraz programu temperaturowego pieca (całkowity czas analizy 48 minut).

Opracowanie zależności między profilem kwasów tłuszczowych a ich suplementacją w paszy

Określono wpływ suplementacji olejem lnianym i rzepakowym pasz dla świń na profil kwasów tłuszczowych mięśnia gluteus medius (GM) [Ogłuszka i wsp. 2017].

Doświadczenie przeprowadzono na 180 świnich ras PBZ i PBZ x Duroc o masie ubojowej ok. 105kg. Zwierzęta grupy kontrolnej (K) żywione przez cały okres doświadczenia standardową mieszanką komercyjną o zawartości białka – 16 g i energii - 12,5MJ/kg paszy. Zwierzęta grupy L żywiono mieszanką, w której część energii zastąpiono energią z oleju lnianego (3 %), a zwierzęta grupy R żywiono mieszanką suplementowaną olejem rzepakowym (3%). Wszystkie mieszanki były izo-białkowe i izo-energetyczne oraz zbilansowane względem aminokwasów egzogennych. Suplementacja olejem lnianym wzbogacała mieszankę paszową w wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA), szczególnie z rodziny omega-3, natomiast suplementacja olejem rzepakowym wzbogacała mieszankę paszową w PUFA z rodziny omega-6 i jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA).

Przy masie ciała ok. 105kg zwierzęta były ubijane w rzeźni komercyjnej, pobrano próby mięśnia GM, schłodzono w ciekłym azocie, a następnie przetransportowano do laboratorium w celu analizy.

Zawartość kwasów tłuszczowych oznaczono w próbach mięśnia metodą estrów metylowych (Folch i wsp., 1957). Próbę o masie 1 g zhomogenizowano mieszając w 5 ml metanolu i 10 ml chloroformu. Po przesączeniu przez sączone bibuły (Filtrak 390) pobierano 800 µl przesączu do ampulek, a następnie odparowywano pod azotem w bloku grzewczym w temperaturze 50°C. Następnie zmydlano 0,5M roztworem KOH w metanolu w bloku grzewczym (75°C). Po zmydleniu próbkę estryfikowano 4% roztworem SOCl₂ w metanolu, a następnie ekstrahowano estry metylowe heptanem i wysalano NaCl w celu oddzielenia warstwy organicznej. Po 300 µl estrów przenoszono do wialek i dodawano 600 µl heptanu.

Uzyskane w ten sposób próby analizowano metodą chromatografii gazowej przy użyciu chromatografu gazowego GC-7890 firmy Agilent wyposażonego w 60 m kolumnę kapilarną Hewlett-Packard-88 (Agilent J & W Columns GC, USA) o wymiarach 0,25 mm x 0,20 µm według odpowiedniego programu temperaturowego (zadanie 1).

Uzyskane wyniki opracowana statystycznie przy użyciu programu STATISTICA (ver. 9, StatSoft Inc., USA).

U świń PBZ stwierdzono wyższą ($P < 0.02$) zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) oraz niższą ($P < 0.005$)

zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny omega-6. Stwierdzono istotny wpływ żywienia na profil kwasów tłuszczowych mięśnia GM. Suplementacja paszy olejem rzepakowym spowodowała zmniejszenie ($P < 0.001$) zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) i zwiększenie zawartości MUFA, co bezpośrednio wiąże się z wysoką zawartością MUFA w paszy. Suplementacja paszy olejem lnianym, bogatym źródłem PUFA, spowodowała zwiększenie ($P < 0.001$) zawartości PUFA, szczególnie z rodziny omega-3 w mięśniu, co wpłynęło na poprawę proporcji PUFA/SFA - 0.36 i 0.38, która to oscylowała wokół wartości zalecanej przez Światową Organizację Zdrowia (0.4) dla produktów o właściwościach prozdrowotnych [Ogłuszka i wsp. 2017].

Duża zmienność osobnicza nie pozwoliła zweryfikować wpływu rasy i żywienia na proporcję kwasów omega-6/omega-3, dzięki czemu parametr ten może być wykorzystany jako wskaźnik osobniczy przemian kwasów tłuszczowych do weryfikacji genetycznego podłoża cech jakości mięsa wieprzowego.

Opracowanie statystyczne uzyskiwanych wyników, jakość mięsa w relacji do suplementacji paszy nienasyconymi kwasami tłuszczowymi u różnych ras świń.

Badania przeprowadzono na materiale 480 tuczników pochodzących od rasy pbz oraz z krzyżowania loch pbz i knurów rasy duroc. Celem porównań była optymalizacja doboru ras i genotypów, oraz składu dawki pokarmowej. Zwierzęta: 480 warchlaków: czysto rasowych pbz (240) i mieszańców pbz x duroc (240). Tucz od 25 do 100kg masy ciała, tucz dwufazowy: okres I: 25 - 60kg /70kg i okres II: 60/70 - 100/ kg m.c. żywienie: mieszanki pełnoporcjowe na bazie śrut zbożowych (jęczmień, pszenica) uzupełnione poekstrakcyjną śrutą(sojowa i rzepakowa) i 2,5% premiksem firmy Trouw Nutrition Polska zawierającym dodatek selenu i dodatek kwasów tłuszczowych i przeciwutleniaczy, żywienie dawkowane wg Norm żywienia Świń(1993). Dodatek selenu i kwasów tłuszczowych do paszy (mg/kg):

Tuczniki żywione dodatkiem oleju lnianego charakteryzowały się istotnie mniejszym otluszczeniem w punkcie K1 pH końcowym, ciemniejszą barwą. Nieistotne statystycznie wyniki uzyskano w odniesieniu do mięśności.

Proporcja omega-6/omega-3 w mięśniu (skrajne wartości od 1.5 do 25) była kluczowym elementem do wyboru prób do dalszych analiz transkryptomicznych.

Ustalenie metodyki badań mikromacierzowych. Baza danych transkryptomicznych

Przeprowadzenie wstępnych analiz celem wyboru mikromacierzy ekspresyjnych dla jakości mięsa u świń. Badania przesiewowe z wykorzystaniem mikromacierzy ekspresyjnych. W kolejnym etapie badań przeprowadzono analizę polimorfizmu typu SNP kolejnych trzech genów kandydujących dla profilu kwasów tłuszczowych w m. longissimus dorsi u świń rasy duroc x pbz (200 osobników). Wybranymi genami były: syntaza kwasu tłuszczowego (FASN), mikrosomalne białko transportujące trójglicerydy (MTTP) oraz białko wiążące kwasy tłuszczowe 3 (FABP3). Przeprowadzono weryfikację. Przeprowadzone analizy statystyczne z wykorzystaniem modeli liniowych regresji wielokrotnej z wykorzystaniem pakietu SAS-Institute 9.2 wykazały, że zwierzęta o genotypie CT genu FASN, identyfikowanego na podstawie polimorfizmu typu SNP w miejscu C265T wykazywały istotnie wyższy poziom kwasu palmitynowego (C16: 1) ($p < 0,05$), kwas oleinowego (C18: 1) ($p < 0,05$), jedno-nienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) ($p < 0,05$), oraz z istotnie niższy poziom kwasu linolowego (C18: 2) ($p < 0,05$), kwasu alfa-linolenowego (C18: 3) ($p < 0,05$), jak i wielo-nienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) ($p < 0,05$). Podczas gdy, heterozygoty CT w identyfikowanym polimorfizmie SNP w miejscu C2573T genu MTTP wykazywały istotny związek z wyższym poziomem kwasu palmitynowego (C16: 1) ($p < 0,01$). Nie stwierdzono natomiast istotnych zależności między polimorfizmem FABP3 a zawartością kwasów tłuszczowych w m. longissimus dorsi. Uzyskane wyniki wskazują, że wybrane geny MTTP, FASN mogą być przydatne potencjalnymi markerami w selekcji świń dla uzyskania pożądanego składu kwasów tłuszczowych w wieprzowinie.

Analiza Polimorfizmu SNP wybranych genów.

Analiza profili transkryptomicznych. Przeprowadzono syntezę bibliotek cDNA dla tkanki mięśniowej i wątroby przy użyciu zestawu RNA Illumina

TruSeq™. Przygotowywanie bibliotek przeprowadzono zgodnie z protokołem, w ramach którego cDNA zsyntetyzowano z pofragmentowanego i wzbogaconego RNA przy użyciu odwrotnej transkryptazy (Super-Script II) oraz losowych oligonukleotydów/starterów. Jednociowy cDNA został przekształcony do dwuniciowego DNA (dsDNA) przy użyciu odczynników dostarczonych w zestawie. Uzyskane dwuniciowe DNA użyto następnie do przygotowania biblioteki dla tkanki mięśniowej i wątrobowej. Analizy mikromacierzowe przeprowadzone zostały w oparciu o platformę firmy „Agilent” a Sekwencjonowanie przeprowadzono w oparciu o platformę illuminy „Miseq DNA sequencer”.

Przeprowadzono kompleksową bioinformatyczną analizę wyników profili transkryptomicznych., obejmująca analizę jakościową i ilościową w odniesieniu do regulacji ekspresji genów w tkance mięśniowej i wątrobowej. Określano jest aktywność transkrypcyjną, obejmującą:

- relatywną ilość transkryptów mRNA
- kodowanie SNP
- izoformy transkryptów mRNA
- regulacyjne RNA
- węzłowe geny zaangażowane w przemiany kwasów tłuszczowych

Przeprowadzono analizy porównawcze poziomu transkrypcji w oparciu o analizy mikromacierzowe, które pozwoliły wytypować szereg genów kandydujących: *CARP*, *MYO*, *CRP3*, *TROPC*, *VAMP*, *TROPI*, *HSP27*, *TROPT*, *TIMPI*, *RADI*. Geny te zostały zweryfikowane/zwalidowane pod kątem ich wpływu na cechy jakości wieprzowiny z wykorzystaniem techniki Real-time PCR na populacji świń pochodzącej z hodowli komercyjnej.

Zoptymalizowano warunki reakcji Real-time PCR dla analiz ekspresji genów. Dla każdego z genów zaprojektowano po kilka par starterów o parametrach specyficznych dla reakcji PCR. Wybrano primery amplifikujące fragmenty o długości nie mniejszej niż 100 i nie większej niż 400 par zasad, które zapewniają najlepszą specyficzność i wydajność reakcji PCR. Każda para primerów obejmowała sekwencję dwóch sąsiadujących ze sobą eksonów, aby zapewnić specyficzną amplifikację wyłącznie na matrycy cDNA. Następnie zweryfikowano je pod względem składu zasad, temperatur topnienia

i tworzenia ewentualnych niepożądanych struktur typu dimer-dimer, hairpin czy homologów. Ze względu na zastosowanie w technice Real-time PCR barwników interkalujących wybrano tylko primery spełniające najwyższe kryteria specyficzności potwierdzone analizą BLAST wykorzystującą bazy referencyjne DNA dla ludzi oraz dla świń. Wszystkie primery wykorzystane do analiz zostały poddane oczyszczaniu z zastosowaniem metody HPLC [Juszczuk-Kubiak i wsp. 2016].

Wybrano również geny referencyjne do analizy Real-time PCR. Dla genów o najbardziej stabilnej ekspresji w tkance mięśniowej zaprojektowano i zweryfikowano primery analogicznie jak w przypadku genów badanych. Próby cDNA wykorzystane do optymalizowania reakcji PCR zostały wystandaryzowane. Mieszanina reakcyjna w objętości 25µl zawierała 50ng wysokiej jakości cDNA bez śladów innych kwasów nukleinowych.

Opracowano parametry reakcji dla każdej z par primerów. Zoptymalizowano również stężenie primerów umożliwiające przeprowadzenie specyficznej reakcji, dla większości z nich optymalne stężenie wynosiło 0,5-1 µM. Przy pomocy wstępnej analizy tzw. Touchdown zoptymalizowano temperatury przyłączania każdej z par primerów. W zależności od długości i składu zasad badanych fragmentów zastosowano temperatury przyłączania w zakresie od 53 do 62 °C.

Warunki reakcji PCR zoptymalizowano tak aby Cp produktu przypadła między 20 a 35 cyklem. Przeprowadzono analizę specyficzności amplikonów na podstawie temperatury topnienia. Następnie uzyskane dane porównywano z referencyjnymi bazami danych genomu świni.

Do badań zależności między poziomem ekspresji a cechami jakości mięsa wytypowane następujące geny: Troponiny *I*, *C* i *T*, *HSP27*, *TIMP1*, *CRP3*, *MYO*, *RAD1* i *VAMP*. Jako genów referencyjnych użyto genów *B2M* i *TBP*. Większość badanych genów wykazała liniową korelację z pH₂₄. Ponadto wykazano korelację kilku genów takimi cechami mięsa jak wyciek wody, barwa mięsa, przy tym stwierdzono, że te same geny wykazały korelację z L* i b*, natomiast z barwą a* korelację wykazywała inna grupa genów. W szczególności stwierdzono wysoki stopień korelacji pomiędzy poziomem ekspresji genu *RAD1* i pH w 24h po uboju, barwą L* i b*, oraz wyciekaniem wody, między genem *Troponiny T* i % zawartością wielonienasyconych

kwasów tłuszczowych (PUFA). Natomiast skład tłuszczu był głównie skorelowany z genami Troponiny C i *TIMP1*.

Współczynniki korelacji nieliniowej - MIC-p2 wskazały ponadto szereg zależności m.in.: między wyciekami wody, a genem *TROPT*, zawartością jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) a genem *HSP27* i zawartością PUFA a genami *HSP27* i *TROPT*. Wysoki stopień zależności zaobserwowano również między wyciekami wody a genami: *TROPC*, *TROPI*, *HSP27* i *RAD1*. Natomiast barwa L^* była istotnie skorelowana z poziomem ekspresji dwóch genów: *CRP3* i *TROPC*.

Na podstawie wyników, stwierdzono, również, że suplementacja paszy 1mg selenu organicznego wpływa korzystnie na profil kwasów tłuszczowych mięsa wieprzowego i działa osłonowo dla kwasów tłuszczowych zapobiegając ich oksydacji. Zaleca się więc stosowanie dodatku selenu organicznego (minimum 1mg) jako antyoksydantu paszowego w żywieniu trzody chlewnej.

Opracowanie wyników dotyczących jakości ekstraktów RNA transkryptycznych i konstruowanie bibliotek cDNA z tkanek

Wybrano po 20 prób dla tkanki mięśniowej i 20 prób dla tkanki wątrobowej świń rasy pbz wyizolowano RNA i przeprowadzono analizy elektroforetyczne z wykorzystaniem urządzenia Agilent 2100 Bioanalyzer określające jakość (integralność) RNA – wskaźnikiem RIN. Próby, które wynosiły min 8 zostały zakwalifikowane do tworzenia bibliotek do sekwencjonowanie następną generacji NGS oraz analiz mikromacierzowych. Następnie przeprowadzono sekwencjonowanie NGS prób zgrupowanych w dwie pule „low” i „high”, określających odpowiednio niski i wysoki stosunek kwasów tłuszczowych omega 6/3 oznaczony wcześniej we wszystkich próbach tkanki wątrobowej i mięśniowej. Analizy porównawcze profili ekspresji NGS przeprowadzono w dwóch eksperymentach „M” oraz „W” odpowiednio dla tkanki mięśniowej i wątrobowej. Do analizy danych zostało wykorzystane oprogramowanie R/Bioconductor. Wczytane dane zostały podzielone na dwa oddzielne eksperymenty „M” i „W”. Porównanie ekspresji genów odbyło się pomiędzy grupami „low” i „high” każdego eksperymentu. Dane poddane analizie zawierały informacje o ekspresji 22862 genów. Przeprowadzono wstępną

filtrację genów o niskim poziomie ekspresji. W pierwszej kolejności odrzucone zostały geny, dla których suma zliczeń transkryptów w grupach „high” i „low” znajdowała się poniżej wartości jednego kwantyla przy p określonym na poziomie 0,4. Po filtracji przypadku eksperymentu „M” do dalszej analizy pozostawiono 13407 genów, a w przypadku eksperymentu „W” pozostawiono 13369 genów. Dla dokładnych weryfikacji przeprowadzono normalizację danych polegającą na wyliczeniu współczynnika wielkości biblioteki (ang. size factor) dla każdej z grup, które następnie zostały przemnożone przez ten współczynnik sprowadzając dane do wspólnej skali.

Opracowywanie bioinformatyczne wyników analiz ilościowych i jakościowych transkryptomów

Przeprowadzono analizę rozproszenia ekspresji genów (dispersion). Miarą rozproszenia ekspresji genów był kwadrat współczynnika biologicznej zmienności pomiędzy powtórzeniami. Ponieważ próbki nie posiadały powtórzeń, rozproszenie ekspresji genów określano na podstawie średniej ekspresji genów. Zgodnie z tym założeniem oszacowano wartość rozproszenia ekspresji porównując zliczenia zidentyfikowanych (zsekwencjonowanych) transkryptomów między eksperymentami jako zamiennik oszacowania wariancji pomiaru ekspresji między powtórzeniami. Wykresy poniżej przedstawiają zależność między rzeczywistymi wartościami rozproszenia a średnią znormalizowanych zliczeń dla eksperymentu „M” oraz eksperymentu „W”

Oszacowanie zależności między ekspresją wybranych genów w tkance mięśniowej i wątrobowej a profilem kwasów tłuszczowych w mięśniach i wątrobie

W celu określenia zależności między ekspresją wybranych genów w tkance mięśniowej i wątrobowej a profilem kwasów tłuszczowych w mięśniach i wątrobie świń rasy pbz przeprowadzono analizy statystyczne określające istotność uzyskiwanych różnic w ekspresji genów w tkance mięśniowej (eksperyment- „M”) oraz tkance wątrobowej (eksperyment -„W”) . Na podstawie analiz statystycznych określono listy genów o największej zmienności ekspresji w obrębie eksperymentów „M” i „W”

W tym celu dla ustalonych wcześniej wartości rozproszenia ekspresji genów przeprowadzono ujemny test dwumianowy (negative binomial test),

który pozwolił na wytypowanie genów o istotnie różnej ekspresji w zależności od stosunku nienasyconych kwasów tłuszczowych omega 6/3 wyznaczonego wcześniej w próbkach tk. mięśniowej i wątrobowej i określonych jako niski („low”) oraz wysoki („high”) [Szostak i wsp. 2013].

Opracowanie wyników analiz bioinformatycznych dotyczących ekspresji genów w określonych szlakach metabolicznych i ścieżkach sygnałowych komórek tkanki mięśniowej i wątrobowej

Wybrane geny o największym stopniu zróżnicowania ekspresji zostały zanotowane wg terminologii uznanej w bazach danych: GO (<http://www.geneontology.org/>) i KEGG (<http://www.genome.jp/kegg/>).

Opracowanie ekspresji genów w tkance wątrobowej w oparciu o metodę mikromacierzy ekspresyjnych

Wykonano 10 niezależnych analiz mikromacierzowych. Eksperyment mikromacierzowy przeprowadzony został w układzie “common reference” – badano próbki wątroby. Próbki pochodziły od 10 osobników, odpowiednio po 5 sztuk scharakteryzowanych na podstawie wcześniej wyznaczonego stosunku nienasyconych kwasów tłuszczowych omega 6 do omega 3.

Przeprowadzono indywidualne mikromacierzowe analizy, które następnie przeanalizowano statystycznie w dwóch grupach zdefiniowanych niskim i wysokim stosunkiem kw. tł. omega 6 do omega 3 (odpowiednio grupy: „L” i „H”). Wybrane do analiz osobniki hybrydyzowane były w kanale 2 mikromacierzy, zaś w kanale 1 hybrydyzowany był materiał z puli dla tkanki mięśniowej. Analiza wyników eksperymentu prowadzona była w podobny sposób jak analiza danych z macierzy jednokanałowych, przy czym jako sygnał charakteryzujący ekspresję badanej próbki przyjmowany był logarytmowany stosunek ekspresji w kanale 2 (próbka badana) do ekspresji w kanale 1 (próbka referencyjna - pula). Jako wartość ekspresji w kanale 2 i 1 brane były wartości oznaczone w plikach z danymi źródłowymi *Mean-B* (tzn. średnia jasność skanowanych pikseli dla sondy minus jasność tła).

Opracowanie ekspresji genów w tkance mięśniowej w oparciu o metodę mikromacierzy ekspresyjnych

Wykonano 10 niezależnych analiz mikromacierzowych. Eksperyment mikromacierzowy przeprowadzony został w układzie “common reference” –

badano próbki mięśnia *gluteus medius*. Próbki pochodziły od 10 osobników, odpowiednio po 5 sztuk scharakteryzowanych na podstawie wcześniej wyznaczonego stosunku nienasyconych kwasów tłuszczowych omega 6 do omega 3. Indywidualne wyniki mikromacierzowych porównań zostały następnie przeanalizowane statystycznie w dwóch grupach zdefiniowanych niskim i wysokim stosunkiem kw. tł. omega 6 do omega 3 (odpowiednio grupy: „L” i „H”). Wybrane do analiz osobniki hybrydyzowane były w kanale 2 mikromacierzy, zaś w kanale 1 hybrydyzowany był materiał z puli dla tkanki mięśniowej. Analiza wyników eksperymentu prowadzona była w podobny sposób jak analiza danych z macierzy jednokanałowych, przy czym jako sygnał charakteryzujący ekspresję badanej próbki przyjmowany był logarytmowany stosunek ekspresji w kanale 2 (próbka badana) do ekspresji w kanale 1 (próbka referencyjna - pula). Jako wartość ekspresji w kanale 2 i 1 brane były wartości oznaczone w plikach z danymi źródłowymi *Mean-B* (tzn. średnia jasność skanowanych pikseli dla sondy minus jasność tła).

Weryfikacja uzyskanych istotnych zależności w odniesieniu do danych literaturowych oraz baz danych opisujących szlaki metaboliczne. Przeprowadzenie weryfikacji uzyskanych różnic poziomu transkrypcji w oparciu o metodę real-time PCR

Na podstawie wcześniej przeprowadzonych analiz profili kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej i wątrobowej świń mieszańców racy pbz x duroc wybrano specyficzne grupy o wysokim i niskim stosunku kwasów omega6/omega3. Od reprezentatywnej grupy 20 osobników wyizolowano wysokiej jakości RNA oraz przeprowadzono analizę ekstraktów z tkanki mięśniowej 20 prób RNA - ekstrakcję z tkanki wątrobowej 20 prób RNA i 20 prób miRNA - ocenę ilości i jakości ekstraktów pod kątem przygotowania bibliotek cDNA na NGS - 4 biblioteki typu TruSeq RNA. Przeprowadzono analizy elektroforetyczne z wykorzystaniem urządzenia Agilent 2100 Bioanalyzer określające jakość (integralność) RNA – wskaźnikiem RIN. Próby, które wynosiły min 8 zostały wykorzystane do sporządzenia bibliotek cDNA do sekwencjonowanie następnej generacji NGS oraz analiz mikromacierzowych. Wybrane biblioteki zostały spoolowane i zsekwencjonowane w oparciu o technikę NGS - 4 biblioteki typu TruSeq.

Porównania profili ekspresji genów objęły następujące biblioteki RNAseq S. scrofa cDNA: grupa 1 - wątroba_Hfat, grupa 2 - wątroba_Lfat, grupa 3 -

mięsień_Lfat, grupa 4 - mięsień_Hfat. W analizach głównym celem było było określenie różnic w ekspresji genów pomiędzy próbkami pobranymi z mięśni i wątroby dla dwóch rodzajów diety – wysokim stosunku kwasów WNKT omega 6/3 (Hfat) oraz niskim stosunku kwasów WNKT omega 6/3 (Lfat). Uzyskane wyniki dotyczące ekspresji genów w tkance wątrobowej wykazały 18219 transkryptów, z których 581 zostało wykrytych jako zróżnicowane pod względem ekspresji genów ze spodziewanym odsetkiem wyników fałszywie dodatnich (ang. False Discovery Rate, FDR) mniejszym lub równym 0,1. Przeprowadzono analizy normalizujące ekspresję genów w oparciu o logarytm zmiany ekspresji dla dwóch grup Hfat i Lfat.

Analizy bioinformatyczne

W oparciu o specjalistyczne oprogramowanie Lasergene DNASTAR i CLCbio Genomics Workbench przeprowadzono analizy kwantyfikacyjne i ontologiczne zidentyfikowanych transkryptów. Dla genów ulegających zróżnicowanej ekspresji w wątrobie zdefiniowano 3273 odniesień ontologicznych do bazy Gene Ontology (przy wartości istotności P po poprawce Bonferroniego $\leq 0,05$). Natomiast w tkance mięśniowej zidentyfikowano 18327 transkryptów, z których 549 zostało określonych jako zróżnicowane pod względem ekspresji genów z parametrem $FDR \leq 0,1$ (Rys.2.) Sporządzono wykresy dla znormalizowanej ekspresji i logarytmu zmiany ekspresji dla grup badanych tkanki mięśniowej. Geny o zróżnicowanej ekspresji scharakteryzowano w odniesieniu do bazy Gene Ontology (przy wartości P po poprawce Bonferroniego $\leq 0,05$) co pozwoliło zdefiniować profil transkrypcyjny w przypadku 2744 transkryptów.

Mapowanie odczytów RNAseq

Odczyty każdej analizy zostały zmapowane na genom *S. scrofa* (na podstawie Ensembl73) przy użyciu Tophat w wersji 2.0.6. Ekspresja genów oszacowano przy pomocy programu Flux-capacitor w wersji 1.24

Na poniższych poszczególne geny/transkrypty są przedstawione w postaci punktów. Punkty o wartościach $FDR < 0,1$ oznaczono kolorem czerwonym. Transkrypty te ulegają istotnej zmianie ekspresji. Przeprowadzono analizy rozproszenia ekspresji genów, porównanie wątroba / mięsień). Odległości Euklidesowskie (ang. Euclidean distances) pomiędzy próbkami wyliczono na

podstawie ekspresji genów znormalizowanej przy użyciu wariacji (w odniesieniu do linii trendu opisującej wartości rozproszenia) Przeprowadzona analiza porównawcza profili ekspresji NGS celem oznaczenia genów, które uległy zróżnicowanej w najwyższym stopniu, wyniki tych analiz przedstawiono w formie klasterów rys 2. Określono różne izoformy tych samych genów (np. Metazoa_SRP na poniższej rycinie różne izoformy oznaczone są za pomocą przyrostków t3 oraz t5).

W celu określenia zależności między ekspresją wybranych genów w tkance mięśniowej i wątrobowej a profilem kwasów tłuszczowych w mięśniach i wątrobie świń mieszańców ras pbz x duroc przeprowadzono analizy statystyczne określające istotność uzyskiwanych różnic w ekspresji genów w tkance mięśniowej oraz tkance wątrobowej. Ekspresja genów została oszacowana przy pomocy programu Flux-capacitor w wersji 1.24 (<http://sammeth.net/confluence/display/FLUX>), z użyciem modeli genów z Ensembl73. Analiza różnic transkrypcyjnych obejmowała weryfikacje na poziomie transkryptów jako dokładniejszą w porównaniu do analizy na poziomie genów, ponieważ ten sam gen może ulegać ekspresji w postaci kilku (lub nawet kilkunastu) transkryptów. Zidentyfikowane geny ulegające zróżnicowanej ekspresji zostały określone przy pomocy DESeq w wersji 1.12.1 (<http://bioconductor.org/packages/2.12/bioc/html/DESeq.html>). Uzyskane wyniki profili ekspresji znormalizowano w odniesieniu do efektywnego rozmiaru biblioteki cDNA każdej próbki. Wykonano analizy rozproszenia ekspresji genów celem oszacowania dyspersji dla każdego genu i dalszych analiz zróżnicowanej ekspresji. Zastosowana procedura pozwoliła na weryfikacje zmienności ekspresji genów w próbach nie replikowanych. Uzyskane wyniki przedstawiono w formie wykresów, gdzie punkty oznaczają eksperymentalne wartości rozproszenia, natomiast czerwona linia jest linią trendu opisującą prezentowane dane.

Wyniki rozproszenia dla poszczególnych genów są istotnie różne, kiedy stopień ekspresji z obu doświadczeń – dla wątroby i mięśnia jest porównywany razem, wówczas uzyskane wyniki linii trendu oznaczają się słabym dopasowaniem do danych, co wskazuje na specyficzność tkankową uzyskanych profili ekspresji i potwierdza przewidywania dużych różnic w ekspresji genów pomiędzy mięśniem i wątrobą. Natomiast, w indywidualnych porównaniach w obrębie grupy, linia trendu znacznie lepiej charakteryzuje stopień dopasowania rozproszenia

Przeprowadzono analizy bioinformatyczne określając funkcje genów w genomie dla 21057 transkryptów dla których przypisano 162576 zdefiniowanych terminów ontologicznych z bazy danych Gene Ontology. Zdefiniowane terminy z bazy Gene Ontology przypisano genom ulegającym zróżnicowanej ekspresji z zastosowaniem wartości P (po poprawce Bonferroniego) mniejszej, niż 0,05. Wybrane geny o największym stopniu zróżnicowania ekspresji zostały zannotowane wg terminologii uznanej w bazach danych: GO (<http://www.geneontology.org/>) i KEGG (<http://www.genome.jp/kegg/>).

Prezentowane liczby genów ulegających zwiększonej ekspresji uwzględniały wartość P po poprawce Bonferroniego $< 0,05$ oraz $\log_2(\text{fold change}) \geq 1.0$. W odniesieniu do tkanki wątrobowej prób z grupy o wysokim stosunku WNKT omega 6/3 liczba ta wynosiła 238, a w przypadku grupy o niskim stosunku WNKT omega 6/ omega 3 liczba wynosiła 271, natomiast w przypadku tkanki mięśniowej liczba ta wynosiła 244 oraz 208 odpowiednio dla grupy próby o wysokim i niskim stosunku kwasów tłuszczowych omega 6 / omega 3.

Podsumowniaie

1. Zwierzęta karmione paszą z większym udziałem oleju lnianego wykazywały wyższy udział kwasów omega 3 w porównaniu do zwierząt żywionych olejem rzepakowym w tkance mięśniowej.

2. Zidentyfikowano ponad 300 genów o zróżnicowanej 8 krotnie ekspresji charakterystycznych dla grup żywieniowych świń w tkance mięśniowej m.in.:

- białka biorące udział w metabolizmie tłuszczów (APOA4, APOC3 i APOH),
- glikoproteiny bądź ich prekursory, które pełnią głównie funkcje transportujące (AMBP, HXP i TF),
- białka zaangażowane w procesy transkrypcyjne (DCLRE1B, NOP10 i ATF),
- białka regulujące proces koagulacji (SERPINC1, SERPINA1 i PROC)
- składniki krwi o różnorodnej funkcji (ALB, FGG, FGB),
- podjednostki enzymów: kinazy tyrozynowej (PTK2B) i troponiny (TNNT2),

3. W grupie o zwiększonej ilości kwasów omega 3, o niskim stosunku n6/n3 odnotowano wyraźny wzrost ekspresji dla genów kodujących:

białko zaangażowane w procesy transkrypcyjne (ZBTB41)

białko z rodziny ligaz tyrozynowych tubuliny (Ttl14) mięśniowy receptor acetylocholino (CHRNA3) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/>)

4. Zidentyfikowano ponad 450 genów o zróżnicowanej 8-krotnie ekspresji charakterystycznych dla grup żywieniowych świń w wątrobie m.in.: PPP1R11, NNAT, MOGAT2, LIPK, ANGPTL2, TAF1D, WDR5B, PCPA1, KCNQ5, RNF181.

PIŚMIENNICTWO

1. URBAŃSKI P., PIERZCHAŁA M., TERMAN A., KAMYCZEK M., KAPELAŃSKI W., BOCIAN M., KAWKA M., PARADA R., ROSZCZYK A., RÓŻYCKI M., KURYŁ J., 2013 - The effect of cystatin B gene (CSTB) on productive traits in pigs. *Animal Science Papers and Reports* 31: 323-330.
2. PIERZCHAŁA M., HOEKMAN A., URBAŃSKI P., KRUIJT L., KRISTENSEN L., YOUNG J.F., OKSBJERG N., GOLUCH D., TE PAS M.F.W., 2014 – Validation of biomarkers for loin meat quality (m. longissimus) of pigs. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 131: 258-270.
3. SZOSTAK A., OGLUSZKA M., PAS M., POLAWSKA E., URBAŃSKI P., JUSZCZUK-KUBIAK E., BLICHARSKI T., PAREEK CH., DUNKELBERGER J., HORBAŃCZUK J., PIERZCHAŁA M., 2016 - Effect of a diet enriched with omega-6 and omega-3 fatty acids on the pig liver transcriptome. *Genes and Nutrition* 11: 9.
4. OGLUSZKA M., SZOSTAK A., TE PAS M.F., POLAWSKA E., URBAŃSKI P., JUSZCZUK-KUBIAK E., BLICHARSKI T., PAREEK C.S., DUNKELBERGER J.R., HORBAŃCZUK J.O., PIERZCHAŁA M. 2017 - A porcine gluteus medius muscle genome-wide transcriptome analysis: dietary effects of omega-6 and omega-3 fatty acids on biological mechanisms. *Genes and Nutrition* 31: 12:4.
5. OGLUSZKA M., 2017. The effect of diet supplemented with omega-6 and omega-3 fatty acids on the gene expression profile in the pig skeletal muscle tissue. Praca doktorska.

6. JUSZCZUK-KUBIAK E., BUJKO K., GRZEŚ M., CYMER M., WICIŃSKA K., SZOSTAK A., PIERZCHAŁA M. 2016 - Study of bovine Mef2B gene: the temporal-spatial expression patterns, polymorphism and association analysis with meat production traits. *Journal of Animal Science* 94: 4536–4548.

2.4 - Określenie komponentów rasowych dających możliwość uzyskania mięsa wieprzowego o standardach żywności funkcjonalnej.

Cele badań

Celem badań było określenie odpowiedniego doboru ras oraz programu krzyżowania ras matecznych i ojcowskich, pozwalającego na uzyskanie potomstwa o wysokiej mięsności tusz, małej zawartości tłuszczu ale o wysokim poziomie podstawowych parametrów jakości mięsa ze szczególnym uwzględnieniem poziomu tłuszczu śródmięśniowego. Właściwy dobór komponentów rasowych i systemu krzyżowania miał na celu uzyskanie świń, które przy właściwych systemach żywienia dadzą możliwość uzyskania mięsa charakteryzującego się optymalnym profilem kwasów tłuszczowych i obniżoną zawartością cholesterolu.

Cel ten został osiągnięty poprzez: (1) przygotowanie stacji testowych do oceny zwierząt oraz wybór zwierząt ras czystych do testu, (2) ocenę zwierząt ras czystych jako przyszłych komponentów w nowo opracowywanym programie krzyżowania, (3) ocenę jakości mięsa tuczników mieszańców, (4) zaproponowanie programu krzyżowania mającego na celu uzyskanie tuczników o optymalnej jakości mięsa [Polasik i wsp. 2016].

Opis wyników i dyskusja

Użytkowość rzeźna mieszańców F1 była na nieco niższym poziomie w porównaniu do ras czystych. Mięsność tusz osiągnęła poziom nieco ponad 57% w przypadku mieszańców wbp x Duroc i ponad 58% u kombinacji rasowej pbz x Duroc. Należy zwrócić uwagę na różnice w grubości tłuszczu okrywowego. U mieszańców wbp x duroc stwierdzono znacznie grubszą słoninę w porównaniu do mieszańców pbz x Duroc. W obydwu, jednakże przypadkach grubość słoniny mieszańców była wyższa w porównaniu do tusz zwierząt czystorasowych. W przypadku parametrów charakteryzujących jakość mięsa, co było zasadniczym celem badań, stwierdzono w wielu

przypadkach, że mięso pochodzące od świń mieszańców dwurasowych wyprodukowanych z wykorzystaniem rasy Duroc cechowało się lepszymi wartościami w porównaniu do ras czystych wbp, pbz i Duroc lub też było zbliżone do parametrów jakości mięsa od rasy Duroc. Wyższą zawartość tłuszczu śródmięśniowego uzyskały mieszańce świń ras pbz x Duroc w porównaniu do wbp x Duroc. Mięso świń mieszańców uzyskało również lepsze wyniki wodochłonności w porównaniu do ras czystych. Zawartość cholesterolu w mięsie tuczników mieszańców wbp x Duroc wynosiła 0,541 g/kg, natomiast u mieszańców pbz x Duroc była nieznacznie wyższa i osiągnęła średni poziom 0,573 g/kg, co plasuje go w grupie zaliczanej do tzw. mięsa chudego [Polasik i wsp. 2016].

Podsumowanie

Użytkowość rzeźna mieszańców F, była na nieco niższym poziomie w porównaniu do ras czystych. Mięśność tusz osiągnęła poziom nieco ponad 58% u kombinacji rasowej pbz x Duroc. Należy zwrócić uwagę na różnicę w grubości tłuszczu okrywowego. U mieszańców wbp x Duroc stwierdzono znacznie grubszą słoninę w porównaniu do mieszańców pbz x Duroc. W obydwu, jednakże przypadkach grubość słoniny mieszańców była wyższa w porównaniu do tusz zwierząt czystorasowych. W przypadku parametrów charakteryzujących jakość mięska, co było zasadniczym celem badań, stwierdzono w wielu przypadkach, że mięso pochodzące od świń mieszańców dwurasowych wyprodukowanych z wykorzystaniem rasy Duroc cechowało się lepszymi wartościami w porównaniu do ras czystych wbp, pbz i Duroc lub też było zbliżone do parametrów jakości mięsa od rasy Duroc. Wyższą zawartość tłuszczu śródmięśniowego uzyskały mieszańce świń ras pbz x Duroc w porównaniu do wbp x Duroc. Mięso świń mieszańców uzyskało również lepsze wyniki wodochłonności w porównaniu do ras czystych. Zawartość cholesterolu w mięsie tuczników mieszańców wbp x Duroc wyniosła 0,54 g/kg, natomiast u mieszańców pbz x Duroc była nieznacznie wyższa i osiągnęła średni poziom 0,57 g/kg, co plasuje go w grupie zaliczanej do tzw. mięsa chudego.

PIŚMIENNICTWO

1. POLASIK D., KUMALSKA M., Y. SAWARAGI Y., ŻAK G., TYRA M., P. URBAŃSKI P., TERMAN A., 2016 – „Analysis of FSHB gene polymorphism in Polish Landrace and Polish Large White x Polish Landrace sows”. *Electronical Journal of Polish Agricultural Universities* 19(1).

2.5 - Wykorzystanie produktów finalnych i ubocznych przemysłu rolnospożywczego jako źródła nutraceutyków w żywieniu świń dla uzyskania mięsa o cechach funkcjonalnych.

Cele badań

Celem badań było opracowanie receptur i zastosowanie w żywieniu świń dodatków paszowych pochodzenia roślinnego, zawierających substancje biologicznie czynne zapewniających wzbogacenie mięsa w składniki bioaktywne. Określona zostanie przydatność suszonych wyłoków owocowych i warzywnych powstałych przy produkcji soków zawierających substancje biologicznie czynne w żywieniu trzody chlewnej oraz ich wpływ na wzbogacenie mięsa w substancje o znaczeniu prozdrowotnym w żywieniu człowieka.

Efektem końcowym realizacji badań była charakterystyka chemiczna i biochemiczna suszonych wyłoków owocowych i warzywnych, określenie ich wartości pokarmowej i przydatności w żywieniu trzody chlewnej, opracowanie receptur dodatków paszowych skomponowanych z suszonych wyłoków z owoców aronii, porzeczki czarnej, jabłek oraz marchwi, zapewniających korzystne oddziaływanie na wzrost i zdrowie odchowywanych i tuczonych świń, równocześnie zapewniających wzbogacenie mięsa w substancje o znaczeniu prozdrowotnym w żywieniu człowieka.

Opis wyników i dyskusja

W omawianym okresie poddano ocenie wyniki badań laboratoryjnych dotyczących składu chemicznego a także wartości biologicznej i żywieniowej

suszonych wyłóków owocowych i warzywnych oraz wyniki uzyskane w doświadczeniu żywieniowym przeprowadzonym na tucznikach [Piesza i wsp. 2015].

W zebranych próbkach suszów przeprowadzono oznaczenia składu chemicznego. Analizowano następujące składniki: białko ogólne, profil aminokwasowy, włókno surowe i jego frakcje: NDF, ADF, ADL, pektyny, cukry rozpuszczalne oraz tłuszcze surowy. Ponadto w badanych próbkach suszów oznaczono: skład kwasów tłuszczowych, zawartość witaminy A, C i E oraz wybranych związków mineralnych. Wykonano testy stabilności antyoksydacyjnej. Suszone wyłoki z owoców aronii czarnoowocowej, porzeczki czarnej, truskawek, jabłek oraz marchwi charakteryzują się zawartością białka ogólnego na poziomie 6,9-16,2 %, włókna surowego ok. 8,8-35%, ekstraktu eterowego ok. 1,7-11,5 % oraz popiołu 1,5-6,9%. W badanych profilach aminokwasowych, stwierdzono istotnie wyższy poziom leucyny, proliny, lizyny i metioniny w suszu z truskawek i porzeczki czarnej w porównaniu do pozostałych suszów. Badane susze owocowe charakteryzują się wysoką zawartością włókna neutralno detergentowego NDF na poziomie 34,5-40,7%, natomiast w suszu marchwiowym stwierdzono niższy poziom 11,8%. Najwyższą zawartość pektyn stwierdzono w suszu jabłkowym, aroniowym odpowiednio: 10,2, 8,9 g/100g, natomiast susze z porzeczki czarnej, marchwi i truskawek zawierały odpowiednio: 7,1, 4,5 i 1,8 g/100g. Zawartość cukrów rozpuszczalnych wynosiła 0,68% w suszu z truskawek, natomiast najwyższy ich poziom stwierdzono w suszu z marchwi i jabłek odpowiednio: 11,4% i 12,4%. Stwierdzono wysoką zawartość kwasów tłuszczowych z rodziny *n-3* i *n-6* szczególnie w suszach z porzeczki czarnej i truskawek. Badane susze okazały się dobrym źródłem związków mineralnych: Na, Mg, Ca, K oraz P. Ponadto w suszach oznaczono zawartość witamin: A, C i E, oraz beta-karoten. Zawartość witaminy E w badanych suszach wahała się w granicach 22,4 mg/kg w suszu z jabłek do 152,3 mg/kg w suszu z aronii. Stwierdzono śladowe ilości witaminy A we wszystkich badanych suszach, natomiast susz z marchwi zawierał 300 mg/100g beta-karotenu. Susz z marchwi zawierał najniższą ilość witaminy C 2,5 mg/100g, natomiast najwyższą zawartością charakteryzowały się susze z aronii i jabłek odpowiednio: 9,5 i 10,2 mg/100g. Na podstawie analiz chemicznych możemy stwierdzić, że suszone wyłoki z aronii, porzeczki czarnej, jabłek, truskawek i marchwi są dobrym źródłem naturalnych witamin głównie tokoferoli,

karotenoidów, witaminy C oraz substancji o działaniu nutraceutycznym (pektyn, kwasów organicznych). Ponadto testy biochemiczne wykazały antyoksydacyjne działanie wodnych roztworów suszonych wyłoków. Najwyższym potencjałem antyoksydacyjnym charakteryzowały się wyłoki z porzeczki czarnej, następnie z aronii i truskawek. Natomiast najwyższą aktywność przeciwutleniającą wobec rodnika DPPH[·] stwierdzono w wodnych ekstraktach suszonych wyłoków z aronii następnie z porzeczki czarnej i truskawek [Pieszka i wsp. 2015].

W trakcie realizacji badań w suszonych wyłokach z owoców aronii, porzeczki czarnej, truskawek, jabłek i marchwi oznaczono zawartość aflatoksyn: B1, B2, G1 i G2 oraz poziomu pleśni i drożdży. W przeanalizowanych próbkach suszów nie stwierdzono obecności aflatoksyn a poziom pleśni i drożdży nie przekraczał dopuszczalnych zawartości związków niepożądanych w paszach (Dz. U. Nr 20 poz. 119). Ponadto przebadano w/w suszone wyłoki pod względem zawartości metali toksycznych (arsenu, kadmu, ołowiu i rtęci) oraz pozostałości środków ochrony roślin. Wszystkie z przebadanych suszów spełniały wymagania rozporządzeń WE NR 396/2005 i Dz. U. Nr 20 poz. 119 w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów pozostałości pestycydów w żywności i paszy pochodzenia roślinnego oraz zawartości substancji niedopuszczalnych w paszach. W badanych suszonych wyłokach oznaczono także zawartość flawonoidów w tym antocyjanów i kwasów fenolowych oraz związków karotenoidowych. Najwyższy poziom flawonoidów stwierdzono w suszonych wyłokach z owoców aronii, następnie w suszu z porzeczki czarnej, truskawek i jabłek, natomiast najwyższą zawartość związków karotenoidowych stwierdzono w suszu z marchwi.

Po wykonaniu badań laboratoryjnych oceniających skład i wartość pokarmową suszonych wyłoków z aronii, porzeczki czarnej, jabłek, truskawek i marchwi przeprowadzono doświadczenie żywieniowe na świniami. Dawki pokarmowe z udziałem badanych suszonych wyłoków owocowych i warzywnych układano zgodnie Nutrient Requirement Standards for Pigs (2003) z wykorzystaniem programu WinPasze Pro (2006).

Materiał doświadczalny stanowiło 60 losowo wybranych prosiąt (30 loszek i 30 wieprzków) rasy wbp, pochodzących z wyrównanych pod względem wagi i wieku miotów. Tucz prowadzono od masy ok. 25 kg do osiągnięcia przez zwierzęta masy ciała 105 kg. Tucz zwierząt prowadzono na

stanowiskach indywidualnych, ściółowych zaopatrzonych w karmidła indywidualne oraz poidła smoczkowe. Po zakończeniu doświadczenia zwierzęta ubito i poddano dysekcji zgodnie z metodyką stosowaną w SKURTCH. W próbkach mięśnia najdłuższego grzbietu (mld) oznaczono parametry fizyko-chemiczne, sensoryczne, technologiczne i wybrane parametry chemiczne m.in. skład kwasów tłuszczowych, zawartość witaminy E, cholesterolu ogólnego oraz poziom TBARS [Pieszka i wsp. 2015].

Odnosnie uzyskanych wyników użytkowości tucznej, masa końcowa świń w poszczególnych grupach wynosiła: 107,8kg (gr. I kontrolna), 107,2 kg (gr. II- susz z jabłek), 105,4kg (gr. III- susz z aronii), 106,0kg (gr. IV- susz z marchwi), 106,8kg (gr. V- susz z czarnej porzeczki), 108,5kg (gr. VI- susz z truskawek). Stwierdzono różnicowanie w długości tuczu: tucz świń otrzymujących wytloki z aronii czarnoowocowej był istotnie krótszy w porównaniu do grup I (kontrolnej) i II otrzymującej dodatek suszonych wytlóków z jabłek ($P \leq 0,01$). Dodatek suszonych wytlóków jabłkowych, z aronii czarnoowocowej, porzeczki czarnej, truskawki i marchwi do mieszanek paszowych spowodował tendencję do różnicowania we wzroście pomiędzy świniami z grupy IV otrzymującej suszone wytloki marchwiowe a grupą III świń otrzymującą suszone wytloki aroniowe, gdzie średnie dobowe przyrosty wyniosły odpowiednio: 838g i 730g ($P \leq 0,5$). Najmniej paszy w trakcie testu spożyły świni z gr. III (dodatek wytlóków aroniowych) - średnio 204 kg natomiast najwyższe spożycie paszy stwierdzono w gr. VI otrzymującej dodatek suszonych wytlóków z truskawek - 227 kg ($P \leq 0,05$). Stwierdzono tendencję do mniejszego zużycia paszy na 1 kg przyrostu masy ciała u świń z grup doświadczalnych w porównaniu do grupy kontrolnej ($P \leq 0,05$).

Nie stwierdzono istotnych różnic w parametrach rzeźnych świń tuczonych dawkami zawierającymi w swym składzie dodatek suszonych wytlóków owocowych i warzywnych. Wydajność rzeźna tuczników zawierała się w granicach 77,69% a 77,92%. Masa polędwicy w poszczególnych grupach żywieniowych wynosiła odpowiednio: 7,68 kg (grupa kontrolna), 7,42 kg (jabłko), 7,46 (aronia), 7,79 kg (porzeczka czarna), 7,52 kg (truskawka), 7,76 kg (marchew). Najwyższą masą szynki właściwej charakteryzowały się świni z grupy otrzymującej dodatek suszonych wytlóków z porzeczki czarnej (10,04 kg), następnie grupy otrzymującej wytloki marchwiowe (10,02 kg) i aroniowe (9,99 kg), truskawkowe (9,88 kg), otręby pszenne - gr. kontrolna (9,83 kg). Najniższą masę szynki stwierdzono u świń otrzymujących wytloki jabłkowe

(9,82 kg). Najniższą grubością słoniny pochodzącą z 5 pomiarów stwierdzono u świń z grup otrzymujących susz z aroni (gr. III) i truskawek (gr. VI) wynoszące odpowiednio: 12,73 mm i 12,92 mm, zaś najgrubszą słoniną charakteryzowały się świnię otrzymujące w dawce pokarmowej suszone wytloki z porzeczki czarnej (gr. V) 13,8 mm oraz wytloki marchwiowe (gr. IV) 15,36 mm. Natomiast najcieńszą warstwę tłuszczu mierzoną nad „okiem połędwicy” charakteryzowały się tusze pochodzące od świń otrzymujących w dawce pokarmowej dodatek porzeczki czarnej - gr. V (9,9 mm) i suszonych wytloczyn z truskawek – gr. VI (10,00 mm).

Oceniając wyniki analiz fizyko-chemicznych mięsa nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanej dawki pokarmowej na kwasowość mięsa po uboju ($\text{pH}_{45\text{min}}$), jak również po schłodzeniu po 24 godzinach ($\text{pH}_{24\text{h}}$). Najniższe $\text{pH}_{45\text{min}}$ odnotowano w schabie pochodzącym od zwierząt otrzymujących w dawce pokarmowej dodatek suszonych wytloków jabłkowych (gr. II) oraz w grupie kontrolnej (gr. II) otrzymującej otręby pszenne i wyniosły odpowiednio 5,59 i 5,68. Podobną tendencję w pH mięsa obserwowano po 24 godzinnym schłodzeniu tuszy, gdzie wartości pH dla grupy z dodatkiem jabłek (gr. II) i otrąb (gr. I) wyniosły odpowiednio: 6,59 i 6,74. Wodochłonność mięsa pochodzącego z wszystkich grup żywieniowych była podobna i wahała się w granicach 28,6 a 29,8%. Stwierdzono różnicowanie barwy mięsa mierzonego w systemie $L^*a^*b^*$ pomiędzy grupami żywieniowymi. Istotnie wyższe wartości wysycenia barwy mięsa w kierunku żółtym (b^*), stwierdzono w grupie otrzymującej marchew w porównaniu do pozostałych grup żywieniowych ($P \leq 0,01$). Ponadto odnotowano istotnie wyższe wartości jasności barwy mięsa (L^*) w grupie kontrolnej (gr. I) oraz grupie otrzymującej susz jabłkowy (gr. II) w porównaniu do pozostałych grup ($P \leq 0,05$) [Pieszka i wsp. 2015].

Analizy składu kwasów tłuszczowych mięśnia najdłuższego (*M. longissimus dorsi*) wykazały tendencję do obniżenia poziomu kwasów nasyconych (SFA) u loszek w porównaniu do wieprzków, odpowiednio 42,05 i 44,44 ($P \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanych dodatków suszonych wytloków owocowych i suszu z marchwi na poziom kwasów SFA i (nienasyconych) UFA w mięsie, jakkolwiek istotnie wyższy poziom kwasów UFA stwierdzono u loszek w porównaniu do wieprzków ($P \leq 0,05$). W mięsie loszek stwierdzono istotnie wyższą zawartość wielonienasyconych kwasów PUFA w porównaniu do wieprzków która wyniosła odpowiednio 17,74 i 13,98

($P \leq 0,01$). Zawartość kwasu linolenowego (C18:3) była istotnie wyższa w mięsie świń otrzymujących w diecie suszone wytlaki z truskawek w porównaniu do pozostałych grup żywieniowych ($P \leq 0,01$). Zastosowanie dodatku suszonych wytlaków jabłkowych w diecie świń spowodowało istotne obniżenie poziomu kwasu EPA (kwas eikozapentaenowy) porównaniu do pozostałych grup żywieniowych ($P \leq 0,01$). Najwyższą zawartością kwasu DHA (kwas dokozaheksaenowy) charakteryzowało się mięso świń otrzymujących w diecie suszone wytlaki z jabłek i truskawek w porównaniu do pozostałych grup żywieniowych ($P \leq 0,05$). Stwierdzono wysoko istotne różnice w poziomie kwasów z rodziny (wielonienasyconych) kwasów PUFA *n-3* pomiędzy grupą otrzymującą suszone wytlaki z truskawek i jabłek a grupą kontrolną i grupą otrzymującą wytlaki marchwiowe ($P \leq 0,01$). Mięso loszek charakteryzowało się istotnie niższą zawartością PUFA *n-3* w porównaniu do wieprzków, odpowiednio 0,92 i 1,09 ($P \leq 0,05$). Dodatek suszonych wytlaków owocowych i warzywnych nie spowodował zmian w poziomie kwasów PUFA *n-6* w badanych grupach żywieniowych. Stwierdzono jednak obniżenie poziomu PUFA *n-6* u wieprzków w porównaniu do loszek, które wyniosło odpowiednio: 12,62 i 16,19 (% zawartości w sumie kwasów) ($P \leq 0,01$). Poziom CLA sprzężony kwas linolowy w mięsie zwierząt wahał się w granicach 0,38 a 0,49 jednak nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami żywieniowymi. Stwierdzono jednak istotnie wyższy poziom izomeru *c9c11* CLA w mięsie świń otrzymujących suszone wytlaki z jabłek w porównaniu do grupy zwierząt otrzymujących aronię czarnoowocową ($P \leq 0,05$). Stwierdzono istotny wpływ dawki pokarmowej zawierającej dodatek suszu z truskawek na obniżenie proporcji kwasów z rodziny *n-6/n-3* w porównaniu do grup zwierząt otrzymujących suszone wytlaki z marchwi i otręby pszenne (kontrola) ($P \leq 0,05$). Zastosowane dodatki nie spowodowały istotnych zmian w zawartości w mięsie witaminy E jednak odnotowano wyższą jej zawartość w grupie otrzymującej wytlaki aronii czarnoowocowej i porzeczki czarnej odpowiednio: 3,97 i 4,24 $\mu\text{g/g}$ w porównaniu do grupy otrzymującej otręby pszenne (kontrola), suszone wytlaki z jabłek, truskawek i marchwi odpowiednio: 3,54; 3,51; 3,61 i 3,92 $\mu\text{g/g}$. Obserwowano niższą zawartość witaminy E w mięsie wieprzków (3,62 $\mu\text{g/g}$) w porównaniu do loszek (4,00 $\mu\text{g/g}$) jednak różnic statystycznych nie odnotowano. Stwierdzono istotny wpływ dodatków na obniżenie poziomu cholesterolu ogólnego w mięsie świń otrzymujących w paszy suszone wytlaki z porzeczki czarnej i truskawek w porównaniu do grupy kontrolnej, odpowiednio: 42,1; 41,1 i 47,0 mg/100 g

($P \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych różnic w poziomie cholesterolu w mięsie loszek i wieprzków. Podawanie w paszy dodatku otrąb pszennych (gr. kontrolna), suszonych wytlóków z jabłek, aronii czarnoowocowej, porzeczki czarnej, truskawek i marchwi nie spowodowało istotnych zmian w powstawaniu wtórnych metabolitów utleniania kwasów tłuszczowych (TBARS) po okresie przechowywania mięsa w zamrożeniu przez okres 90 dni. Najniższą zawartość TBARS odnotowano w mięsie świń otrzymujących w diecie suszone wytloki jabłkowe (0,460 mg/kg) w porównaniu do grup otrzymujących otręby pszenne (kontrola), susz z aronii czarno owocowej, porzeczki czarnej, truskawek i marchwi, gdzie stwierdzono odpowiednio: 0,463; 0,488; 0,489; 0,502 i 0,546 mg/kg. Stwierdzono istotnie niższą zawartość TBARS w mięsie loszek 0,458 mg/kg w porównaniu do wieprzków 0,525 mg/kg ($P \leq 0,05$).

Przeprowadzono ocenę cech sensorycznych mięsa. Nie stwierdzono zróżnicowania w strukturze mięsa pomiędzy grupami żywieniowymi. Najintensywniejszym zapachem charakteryzowało się mięso pochodzące od świń otrzymujących w diecie aronię (4,00) oraz otręby pszenne (4,07) z kolei najslabszym zapachem - mięso pochodzące od świń otrzymujących w diecie porzeczki czarną (3,75) ($P \leq 0,05$). Z kolei najbardziej pożądanym zapachem posiadało mięso pochodzące od świń otrzymujących w diecie susz aronii (4,07), jabłek (4,10) i otrąb (4,14) w porównaniu do grupy otrzymującej susz z truskawek (3,65) ($P \leq 0,05$). Nie stwierdzono zróżnicowania w jakości mięsa pomiędzy grupami żywieniowymi pod względem cech: kruchości, soczystości i smakowitości mięsa. Nie odnotowano także zróżnicowania w cechach sensorycznych mięsa pomiędzy loszkami a wieprzkami. Wykonano analizę tekstury mięsa. Nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanego suszu na wartość siły cięcia, jakkolwiek obserwowano zróżnicowanie. W grupie otrzymującej aronię (gr. III) odnotowano najniższą wartość 6,03 kg, najwyższą wartość siły cięcia stwierdzono w grupie otrzymującej susz jabłkowy (gr. II) 7,16 kg. Mięso loszek charakteryzowało się istotnie wyższą siłą cięcia w porównaniu do mięsa wieprzków, która wyniosła odpowiednio: 7,16 kg i 6,54 kg ($P \leq 0,04$). Podobne tendencje odnotowano odnośnie twardości, gdzie mięso loszek było twardsze w porównaniu do mięsa wieprzków jakkolwiek istotnych różnic nie stwierdzono ($P \leq 0,06$). Pod względem cech kohezji i gumowatości najwyższe wartości odnotowano w grupie kontrolnej otrzymującej w diecie otręby w porównaniu do grup doświadczalnych otrzymujących suszone

wytłoki z aronii, jabłek, porzeczki czarnej, truskawek i marchwi. Najwyższą sprężystością charakteryzowało się mięso pochodzące od świń otrzymujących w diecie susz z wyłoków jabłkowych (0,507), najniższą wartość odnotowano w grupie kontrolnej 0,459 (P=0,60). Dodatek suszów nie miał wpływu na zróżnicowanie cech mięsa: sprężystości, kohezji, gumowatości i odbojności pomiędzy loszkami a wieprzkami.

Podsumowanie

1. Suszone wytłoki z aronii czarnoowocowej, porzeczki czarnej, jabłek oraz marchwi zawierają szereg substancji o działaniu nutraceutycznym m.in. NNKT, witaminę E i beta-karoten, antocyjany, kwasy organiczne (kawowy i chlorogenowy) pektyny i błonnik.
2. Stwierdzono poprawę składu kwasów tłuszczowych w mięsie, podwyższenie zawartości kwasów PUFA z rodziny n-3 i wzajemnej relacji kwasów z PUFA z rodziny n-6 a PUFA n-3 w mięsie świń otrzymujących w paszy dodatek suszu z porzeczki czarnej.
3. Zastosowane w dawkach pokarmowych suszone wytłoki owocowe i warzywne wpłynęły korzystnie na poprawę cech sensorycznych mięsa w tym barwy i zapachu.

PIŚMIENNICTWO

1. PIESZKA, M., GOGOL, P., PIETRAS, M., PIESZKA, M. 2015 - Valuable components of dried pomaces of chokeberry, black currant, strawberry, apple and carrot as a source of natural antioxidants and nutraceuticals in the animal diet, *Annals of Animal Science* 15: 475-491.

Rozdział 3. Pozyskiwanie mięsa drobiu i jaj o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej.

J. O. Horbańczuk, A. Józwik, N. Strzałkowska, Ż. Zdanowska-Sąsiadek, J. Marchewka, E. Poławska, M. Kotlarska, A. Korwin-Kossakowska, M. Świtnicki, K. Papis, E. Juszczyk-Kubiak, J. Oprządek, M. Sacharczuk, M. Cybulska, I. Bieńkowska M. Stachelek, D. Holc K. Wicińska, M. Cymer, J. Ligas, W. Grzybek, K. Jasińska, K. Kosińska, K. Kordos, B. Pyzel, F. Wojciechowski, E. Tober, M. Szeląg, M. Buza, E. Szablisty, B. Wijas, A. Bobrowska S. Petrykowski, E. Wenta-Muchalska

3.1 - Ocena przydatności nowo tworzonych ogólnoużytkowych mieszańców kur do chowu proekologicznego.

Cele badań

1. Przegląd piśmiennictwa tematu. Przygotowanie stanowisk badawczych i grup doświadczalnych ptaków. Dobór osobników różnych grup genetycznych do krzyżowania kur mięsnych i nieśnych. Krzyżowanie i odchów mieszańców.
2. Test efektywności tuczu mieszańców różnych grup genetycznych z uwzględnieniem systemu chowu. Ubój ptaków, analiza rzeźna i laboratoryjna ocena jakości mięsa.
3. Dobór osobników różnych grup genetycznych do krzyżowania kur nieśnych. Krzyżowanie i odchów mieszańców kur nieśnych.
4. Analiza poziomu produkcji i jakości jaj w warunkach chowu intensywnego i ekstensywnego z dostępem do wybiegów. Ocena zdrowotności i wybranych wskaźników dobrostanu ptaków.
5. Terenowa ocena wytworzonych mieszańców kur nieśnych.
6. Kontynuacja terenowej oceny wytworzonych mieszańców kur nieśnych. Opracowywanie instrukcji wdrożeniowej tworzenia mieszańców w ośrodkach reprodukcyjnych kur oraz opracowywanie instrukcji prowadzenia (technologii chowu) stad mieszańców kur dla hodowców drobiu.

Opis wyników i dyskusja

Zróznicowany kształt oraz barwa skóry tuszki pozwalają na odróżnienie poszczególnych grup genetycznych broilerów (Cobb, Cornish*Sussex, Cornish*zielononóżka kuropatwiana) bez pomocy przyrządów optycznych, zatem cechy te mogą być prostymi markerami pozwalającym konsumentom identyfikować tuszki brojlerów z chowu ekstensywnego [Batkowska i wsp. 2014, Batkowska 2015]. Z późniejszym uzyskiwaniem wolno rosnących kurcząt rzeźnych związane następujące cechy tuszek:

- lepsze wybarwienie skóry i mięsa,
- bardziej wyrównana i zdecydowanie niższa konduktancja niezależnie od rodzaju mięśnia,
- wyższe pH początkowe oraz mierzone po 24 godz. od uboju, świadczące o prawidłowym przebiegu glikolizy poubojowej
- większa zdolność mięsa do utrzymywania wody manifestująca się mniejszą wodochłonnością oraz wyciekami naturalnym (zwłaszcza z mięśnia piersiowego) i termicznym.

Większą utratę wody rejestrowano dla mięśni udowego niż dla piersiowego, oraz u ptaków młodszych niż u starszych. Może to wskazywać na lepszą przydatność technologiczną mięsa kurcząt ubijanych w późniejszym terminie. Zmienność cech jakościowych mięsa wynikała głównie z różnych genotypów badanych kurcząt, ich wieku oraz interakcji pomiędzy tymi dwoma czynnikami. Istotne współczynniki korelacji między cechami mogą być przesłanką do przewidywania jakości technologicznej mięsa.

Ze względu na zawartość cholesterolu w jajach kur krzyżówka Zk x Sx sprawdza się nieco lepiej niż z RIR. Obecność Zk w krzyżówce zwiększa istotnie udział frakcji HDL cholesterolu w porównaniu do niosek komercyjnych.

Badania, których celem była ocena przydatności mieszańców wytworzonych przez krzyżowanie kogutów zielononóżka kuropatwiana i kur Rhode Island Red lub Sussex wykazały, że do chowu proekologicznego i produkcji jaj o podwyższonych walorach smakowych nadają się bardziej kury uzyskane z kojarzeń $Zk\text{♂} \times RIR\text{♀}$. Świadczą o tym takie cechy jak dojrzałość płciowa, średni procent nieśności, zużycie paszy na produkcję jednego jaja, cechy jakości jaj, oraz duża przeżywalność ptaków pomimo braku szczepień profilaktycznych [Michalczuk i wsp. 2018; Batkowska i wsp. 2015].

Badania wykazały również dużą przydatność do ekstensywnego użytkowania mięsnego kogutów tej grupy mieszańców. Uboju tych ptaków należy dokonywać po minimum 24 tygodniach utrzymania, gdyż ptaki 16-tygodniowe osiągnęły zbyt małą masę ciała i tuszkę charakteryzującą się 14% i 17% udziałem odpowiednio najcenniejszych elementów tuszki. Parametry te, jak też wydajność rzeźna, poprawiły się znacząco u kogutów w wieku 24 tygodni [Zięba 2015].

Podsumowanie

1. Mieszańce nieśne z udziałem zielononózki po matkach Rhode Island Red, Sussex lub Hy-Line brown nadają się do ekstensywnej lub półintensywnej produkcji drobiarskiej.
2. Mieszańce rzeźne zielononózki kuropatwianej z kogutami mięsnymi dają przy ekstensywnym chowie zadowalające wyniki produkcyjne i pozwalają uzyskać dobrej jakości, mało otłuszczone tuszki.

PIŚMIENNICTWO

1. MICHALCZUK M., MARZEC A., DAMAZIAK K., ZDANOWSKA-SAŚIADEK Z., BOGDAŃSKA K., SŁÓSZARZ J., NIEMIEC J., DE SMET S., 2018 - Application of the support sensory system and principal component analysis to compare meat of chickens of two genotypes. *CyTA - Journal of Food* 16: 667-671.
2. BATKOWSKA J., BRODAKCI A., ZIĘBA G., HORBAŃCZUK J. O., ŁUKASZEWICZ M., 2015 - Growth Performance, Carcass Traits And Physical Properties Of Chicken Meat As Affected By Genotype And Production System. *Archives Animal Breeding* 58: 325-333.
3. BATKOWSKA J., BRODAKCI A., KNAGA S., FLOREK M., 2014 - Slaughter Traits And Skin Colour Of Newly Crossed Chicken Broilers Dedicated For Extensive Rearing System As A Criterion Of Product Identification And Meat Quality, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 64: 161-169.
4. BATKOWSKA J. 2015. Instrukcja technologii ekstensywnego chowu stad mieszańców kur dla hodowców drobiu obejmująca ocenę jakości jaj. URL: www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
5. ZIĘBA G. 2015. Instrukcja wdrożeniowa tworzenia mieszańców. URL: www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.

3.2 - Opracowanie technologii produkcji kurczęcia brojlera o podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej

Cele badań

Opracowanie warunków utrzymania kurcząt wolno rosnących, dostosowanie wartości pokarmowej mieszanek i opracowanie zaleceń dotyczących składu diety (poziom witaminy E) w celu określenia potencjału antyoksydacyjnego mięsa brojlerów i jego przydatności do przechowywania. Wybór odpowiednich mieszańców do chowu wolno wybiegowego.

Opis wyników i dyskusja

Wytworzono nowy materiał kurcząt wolno rosnących Cobb x (Cobb x Zk). Mięso mieszańców charakteryzowało się wyższą zawartością białka i niższą zawartością tłuszczu śródmięśniowego w porównaniu z dostępnymi na rynku kurczętami oraz lepszą zdolnością utrzymania wody własnej i niższymi ubytkami termicznymi [Damaziak i wsp. 2019; Michalczuk i wsp. 2014, 2016a i b, Marcinkoska-Lesiak i wsp. 2013]. Dostęp kurcząt do wybiegu nie wpłynął na wyniki produkcyjne ani na jakość mięsa. Dodatek witaminy E istotnie poprawił jakość produktu. Analiza ekonomiczna wykazała, że produkcja kurcząt Cobb x (Cobb x Zk) może być konkurencyjna w stosunku do dostępnych na rynku kurcząt zagrodowych [Zdanowska-Sąsiadek i wsp. 2016a i b, Wnuk-Gnich i wsp, 2016, 2013a i b i c, Riedel i wsp. 2013]. Opracowano Instrukcję prowadzenia stada reprodukcyjnego oraz towarowego [Michalczuk i wsp. 2017; 2018; .

Podsumowanie

Wytworzono nowy materiał kurcząt wolno rosnących Cobb x (Cobb x Zk).
Opracowano technologię utrzymania stada reprodukcyjnego i towarowego.

PIŚMIENNICTWO

1. DAMAZIAK K., CHARUTA A., NIEMIEC J., TATARA M.R., KRUPSKI W., GOZDOWSKI D., KRUZIŃSKA B. 2019 - Femur and tibia development in meat-type chickens with different growth potential for 56 days of rearing period. *Poultry Science* 1-13.
2. MICHALCZUK M., MARZEC A., DAMAZIAK K., ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ź., BOGDANŃSKA K., SŁÓSZARZ J., NIEMIEC J., DE SMET S., 2018 - Application of the support sensory system and principal component analysis to compare meat of chickens of two genotypes. *CyTA – Journal of Food* 16: 667-671.
3. MICHALCZUK M., ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ź., DAMAZIAK K., NIEMIEC J. 2017 - Influence of indoor and outdoor systems on meat quality of slow-growing chickens. *CYTA-Journal of Food* 15: 15-20.
4. MARCINKOWSKA-LESIAK M., ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ź., STELMASIAK A., DAMAZIAK K., MICHALCZUK M., POŁAWSKA E., WYRWISZ J., WIERZBICKA A. 2016. Effect of packaging method and cold-storage time on chicken meat quality. *CYTA – Journal of Food* 14: 41-46.
5. MICHALCZUK M., DAMAZIAK K., GORYL A., 2016a - Sigmoid models for the growth curves in medium-growing meat type chickens, raised under semi-confined conditions. *Annals of Animal Science* 16: 65-77.
6. MICHALCZUK M., JÓŹWIK A., DAMAZIAK K., ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ź., MARZEC A., GOZDOWSKI D., STRZAŁKOWSKA N. 2016b - Age-related changes in the growth performance, meat quality, and oxidative processes in breast muscles of three chicken genotypes. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 40: 389-398.
7. ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ź., MICHALCZUK M., POŁAWSKA E., DAMAZIAK K., NIEMIEC J., RADZIK-RANT A., 2016a - Dietary vitamin E supplementation on cholesterol, vitamin E content and fatty acids profile in chicken muscles. *Canadian Journal Animal Science* 96: 114-120.
8. ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ź., MICHALCZUK M., DAMAZIAK K., NIEMIEC J., POŁAWSKA E., GOZDOWSKI D., RÓŹAŃSKA E., 2016b. Effect of vitamin E supplementation on growth performance and chicken meat quality. *European Poultry Science – Archiv Gefugeln* 80: 1-14.
9. WNUK-GNICH A., ŁUKASIEWICZ M., NIEMIEC J., MROCZEK-SOSNOWSKA N., 2016. The effect of a housing system on production

- results and slaughter analysis of slow-growing chickens. *Annals of Warsaw University of Life Sciences* 55: 309-318.
10. WNUK A., ŻBIKOWSKI A., ŁUKASIEWICZ M., MROCZEK-SOSNOWSKA N., GONDEK A., 2013a. Zespół nagłej śmierci sercowej u kurcząt. *Życie Weterynaryjne* 88: 285-287.
 11. ZDANOWSKA-SĄSIADK Ż., MICHALCZUK M., 2013 - Wpływ żywienia kurcząt rzeźnych na skład mikroflory jelit. *Życie Weterynaryjne*. 88: 287-290
 12. MICHALCZUK M., ŁUKASIEWICZ M., WNUK A., DAMAZIAK K., NIEMIEC J., 2013 - Wpływ dostępu do wybiegów na wyniki produkcyjne oraz wartość rzeźną kurcząt wolno rosnących Hubbard JA 957. *Roczniki Naukowe PTZ* 9: 23-31.
 13. ZDANOWSKA - SĄSIADK Ż., MICHALCZUK M., MARCINKOWSKA - LESIAK M., DAMAZIAK K., 2013 - Czynniki kształtujące cechy sensoryczne mięsa drobiowego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna XLVI*: 344-353.
 14. MARCINKOWSKA-LESIAK M., MOCZKOWSKA M., WYRWISZ J., STELMASIAK A., ZDANOWSKA-SĄSIADK Z., DAMAZIAK K., MICHALCZUK M., 2013 - Wpływ płci na wybrane cechy jakości mięśni mieszańców (CCZk). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 574: 39-47.
 15. RIEDEL J., MICHALCZUK M., ZDANOWSKA-SĄSIADK Ż., 2013 - Assessment of slaughter value of three broiler chicken genotypes. *Annals of Warsaw University of Life Sciences* 52: 179-185.
 16. WNUK A., MROCZEK-SOSNOWSKA N., ADAMEK D., KAMASZEWSKI M., ŁUKASIEWICZ M., NIEMIEC J., 2013b - Effect of rearing system and gender on histological profile of chicken breast and leg muscles in hybrid (Cobb x Zk). *Annals of Warsaw University of Life Sciences* 52: 211-217.
 17. ZDANOWSKA-SĄSIADK Ż., MICHALCZUK M., RIEDEL J., ŁUKASIEWICZ M. DAMAZIAK K., 2013 - Genotype – factor influencing performance of chicken production. *Annals of Warsaw University of Life Sciences* 52: 237-242.
 18. MICHALCZUK M., ŁUKASIEWICZ M., ZDANOWSKA-SĄSIADK Ż., NIEMIEC J., 2014 - Comparison of Selected Quality Attributes of Chicken Meat as Affected by Rearing Systems. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 64, 2.
 19. MICHALCZUK M. 2016. Ocena przydatności kurcząt różnych grup genetycznych do chowu wybiegowego. Rozprawa habilitacyjna.
 20. ZDANOWSKA-SĄSIADK Ż. 2014. Wyniki produkcyjne i jakość mięsa kurcząt wolno rosnących w zależności od żywienia. Praca doktorska, SGGW

21. WNUK-GNICH A., 2016. Wpływ systemu utrzymania kurcząt wolno rosnących na wyniki produkcyjne i jakość mięsa. Praca doktorska, SGGW
22. WNUK A., ŁUKASIEWICZ M., MROCZEK-SOSNOWSKA N., GONDEK A., 2013c - Wpływ budowy histologicznej na wybrane wyróżniki jakości mięsa. *Polskie Drobiarstwo* 9: 10-13.

3.3 - Modyfikacja składu kwasów tłuszczowych oraz zwiększenie potencjału antyoksydacyjnego w mięsie kurcząt brojlerów

Cele badań

1. Opracowanie mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości niezbędnych długołańcuchowych kwasów tłuszczowych omega-3 (n-3PUFA), dobrych cechach organoleptycznych i właściwościach funkcjonalnych
2. Optymalizacja okresu podawania mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA
3. Zwiększenie potencjału antyoksydacyjnego w mięsie brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA przez zwiększenie poziomu dodatku witaminy E do mieszanek dla kurcząt
4. Zwiększenie potencjału antyoksydacyjnego i właściwości funkcjonalnych mięsa brojlerów przez zwiększenie poziomu witaminy E i selenu w mieszankach dla kurcząt.

Opis wyników i dyskusja

Opracowanie mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości niezbędnych długołańcuchowych kwasów tłuszczowych omega-3 (n-3PUFA), dobrych cechach organoleptycznych i właściwościach funkcjonalnych

Doświadczenie przeprowadzono na 132 kurczętach brojlerach żywionych przez pierwsze 2 tygodnie życia mieszanką typu starter, podzielonych na 6 grup po 22 ptaki w grupie. Kurczętom przez następne 3 tygodnie podawano 6 zbilansowanych zgodnie z zapotrzebowaniem diet typu grower i finisz. Diety doświadczalne zawierały po 70 g/kg tłuszczu surowego. Do diety grupy kontrolnej (K) dodawano smalec, skład kwasów

tłuszczowych w grupach doświadczalnych różnicowano przez dodatek zmielonych nasion rzepaku (R) lub lnu (L) oraz oleju rybiego (O) w różnych proporcjach: grupa RL1 (R70 i L20 g/kg), grupa RL2 (R60 i L30 g/kg), grupa RO1 (R 60 i O10 g/kg), grupa RO2 (R60 i O 20 g/kg), grupa RLO (R60, L30 i O 10 g/kg). W diecie grupy kontrolnej stosunek PUFAn-6/n-3 wynosił 19,5, w dietach doświadczalnych od 2,3 (dieta RLO) do 7 (dieta RO1). Długołańcuchowe nienasycone kwasy tłuszczowe (LC-PUFA) znajdowały się jedynie w dietach z olejem rybim w ilości od 1 do 2% sumy KT.

Obliczono przyrost masy ciała (BWG), spożycie i wykorzystanie paszy (FCR) w 35 dniu życia, po czym kurczęta ubito, od 8 kurcząt z każdej grupy pobrano krew, odwirowano i osocze zamrożono do oznaczenia zawartości aldehydu malonowego (MDA). Tuszki oskubano, wypatroszono i schłodzono w temp -4°C przez 24 godz. Następnego dnia tuszki zważono, oddzielono i zważono mięśnie piersiowe. Obliczono wydajność rzeźną i wydajność mięśni piersiowych. Pobrano i zamrożono próbki mięśni piersiowych, mięśni udowych i tłuszczu sadelkowego do oznaczeń kwasów tłuszczowych. Osiem tuszek z każdej grupy zamrożono do oznaczeń właściwości organoleptycznych, pozostałe tuszki (ze skórą) autoklawowano, oddzielano kości, mięso zliofilizowano, zmielono i dodano do diet dorosłych szczurów jako jedyne źródło tłuszczu.

Ocena wpływu modyfikacji składu mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA na wyniki odchowu i wydajność rzeźną

Skład diet nie wpłynął istotnie na końcową masę ciała, która wyniosła średnio 2,27 kg, ani na przyrost masy ciała kurcząt w ostatnich 3 tygodniach odchowu. Jednak kurczęta żywione dietami z udziałem 30g (grupa RL2) lub 40g (grupa RLO) nasion lnu zużywały odpowiednio o 4 i 5% więcej paszy na kg przyrostu ($P<0,01$). Z innych badań wiadomo, że nasiona lnu zwiększają u kurcząt lepkość treści pokarmowej, co z kolei powoduje pogorszenie wchłaniania tłuszczu. Może to dyskwalifikować diety o takiej zawartości lnu jako powodujące straty w produkcji. Skład diet nie wpłynął na wydajność rzeźną, która we wszystkich grupach wynosiła średnio 69,2%, ale u kurcząt żywionych dietami z olejem rybim zwiększyła się wydajność mięśni piersiowych. U kurcząt żywionych dietą RO2 z udziałem 2% oleju rybiego

stwierdzono powiększenie wątroby o 13% w porównaniu do grupy kontrolnej ($P < 0,01$).

Ocena wpływu modyfikacji składu mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA na stres oksydacyjny u kurcząt

Opracowano czułą metodę pomiaru aldehydu malonowego poprzedzoną upochodnieniem z DNPH (2,4- dinitrophenylhydrazine) umożliwiającą oznaczanie aldehydu di-malonowego (MDA) w płynach ustrojowych i tkankach zwierzęcych. (Czauderna M., Kowalczyk J., Marounek M., 2011. *The simple and sensitive measurement of malonaldehyde in specimens of animal tissues and feed by reversed phase ultra-fast liquid chromatography. J. Chromatogr, B, 879, 2251-2258*). Metodę tą zastosowano do oznaczenia koncentracji MDA w osoczu krwi kurcząt żywionych dietami doświadczalnymi. Stężenie MDA w osoczu krwi kurcząt w grupie kontrolnej wynosiło 78,5 ng/L, w grupach RL1 i RO2 było porównywalne, niższe było w grupach RL, RO1 a istotnie niższe (64,3 ng/L) było w grupie RLO ($P < 0,05$). Wyniki wskazują, że podawanie kurczętom diet o zwiększonej zawartości wielonienasyconych kwasów nienasyconych z rodziny n-3 nie powoduje stresu oksydacyjnego w organizmie kurcząt, a przez analogię można przypuszczać, że także w organizmach ludzi spożywających produkty bogate w kwasy tłuszczowe omega-3 [Czauderna i wsp.2011; Konieczka i wsp. 2014, 2015].

Ocena wpływu modyfikacji składu mieszanek na zawartość n-3PUFA w tkankach kurcząt

Skład kwasów tłuszczowych analizowano w mięsie piersi, uda oraz w tłuszczu sadelkowym. W grupie kontrolnej udział PUFA w analizowanych tkankach był najmniejszy a w grupie RLO największy. Największy udział kwasów z rodziny n-3 (omega-3) stwierdzono w mięsie uda w grupie RLO, i w mięsie z piersi w grupie RO2 i RLO, najniższa zawartość tych kwasów w badanych tkankach była w grupie kontrolnej. Zalecana przez dietetyków proporcja PUFA n-6/n-3 wynosi od 2 do 4. W grupie kontrolnej proporcja PUFA n-6/n-3 wynosiła w mięsie uda 14, w mięsie piersi 29 i w tłuszczu

sadełkowym 15, w grupach doświadczalnych wynosiła od 2 do 4 w mięsie z uda i piersi i od 3 do 7 w tłuszczu sadełkowym. W mięsie z piersi i uda ptaków z grupy kontrolnej zawartość sumy kwasów eikozapentaenowego (EPA) i dokozaheksaenowego (DHA) była niska (12 i 25 mg/100g), u ptaków żywionych dietami z nasionami rzepaku i lnu wynosiła od 40 do 63mg/100g, u ptaków żywionych dietami z nasionami rzepaku, lnu i olejem rybim wynosiła odpowiednio od 71 do 163 mg/100 g, w tłuszczu sadełkowym obecności tych kwasów nie stwierdzono. Według Rozporządzenia Komisji (UE) nr 116/2010 z dnia 9 lutego 2010 roku produkt określany jako źródło kwasów tłuszczowych omega-3 powinien zawierać nie mniej niż 0,3 g kwasu alfa-linolenowego i/lub przynajmniej 40 mg sumy EPA i DHA/100g, a produkt o wysokiej zawartości kwasów omega-3 powinien zawierać nie mniej niż 0,6 g kwasu alfa-linolenowego i/lub przynajmniej 80 mg sumy EPA i DHA/100g.

Na podstawie zawartości sumy EPA i DHA można stwierdzić, że mięso z grup RL1 stanowi źródło kwasów tłuszczowych omega-3, mięso z grup RO1, RO2 oraz RLO zawiera wysoką zawartość kwasów omega-3, natomiast mięsa kurcząt z grupy kontrolnej nie można uznać za źródło kwasów omega-3.

Ocena wpływu modyfikacji składu mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA diety na właściwości przechowalnicze i profil sensoryczny mięsa

W tuszkach kurcząt po 3 miesiącach przechowywania w temp. -18°C wykonano ocenę organoleptyczną i technologiczną w Katedrze Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa SGGW. Tuszki rozmrożono i zważono. W grupie kontrolnej wyciek przechowalniczy wynosił 0,1% masy tuszki, w pozostałych grupach od 0,2 do 0,29%. Z tuszek wyodrębniono elementy kulinarne (piersi i udka) które następnie poddano obróbce cieplnej. Mięso z piersi grillowano z wykorzystaniem grilla gazowego, udka poddano pieczeniu w piecu konwekcyjno-parowym firmy Küppersbusch w temperaturze 180°C, obie obróbki prowadzono do momentu osiągnięcia w geometrycznym środku produktu temp. 75°C. Wyciek termiczny z piersi był najniższy (28,1%) w grupie RL2, najwyższy (36%) w grupie RO2, natomiast wyciek termiczny z uda wahał się od 30% w grupie RLO do 36,2% w grupie RL1. Próbkę zostały ocenione przez panel ekspertów, oceniano 23 cechy sensoryczne. W grupach

RO2 i RLO w mięsie z piersi i z udek wyczuwalny był zapach i smak identyfikowany jako rybi.

Ocena wpływu mięsa o wysokiej zawartości n-3PUFA na wskaźniki metabolizmu lipidów u szczurów

Tuszki kurcząt (ze skórą) z doświadczenia 1 połączono grupami, zautoklawowano, odrzucono kości, mięso zliofilizowano, zmielono i oznaczono w nim skład chemiczny. Zliofilizowane mięso kurcząt zawierało około 98% suchej masy, mięso kurcząt z grupy kontrolnej zawierało 61% białka ogólnego i 36% tłuszczu, mięso kurcząt z grup doświadczalnych zawierało od 56 do 58% białka ogólnego i 38-39% tłuszczu. Mięso kurcząt dodano do diet dorosłych szczurów jako jedyne źródło tłuszczu, diety zawierały około 10% tłuszczu. 48 szczurów samców w wieku 10 tygodni o masie ciała średnio 330 g podzielono na 6 grup doświadczalnych i umieszczono w indywidualnych klatkach. Szczury żywiono przez 9 tygodni granulowanymi dietami doświadczalnymi, mierzono spożycie paszy. Po zakończeniu doświadczenia szczury zważono, ubito, pobrano i odwirowano krew i w surowicy oznaczono zawartość triglicerydów, cholesterolu całkowitego, HDL, LDL, VLDL oraz gamma-glutamylotransferazy. Końcowa masa ciała szczurów wynosiła średnio 488 g, spożycie paszy i przyrost masy ciała nie różniły się między grupami, ale współczynnik wykorzystania paszy był gorszy w grupie RO2 niż w pozostałych grupach. W grupach żywionych dietami z mięsem kurcząt z wszystkich grup doświadczalnych masa wątroby była mniejsza niż w grupie kontrolnej. Zawartość cholesterolu całkowitego była wyższa w grupach żywionych dietami z mięsem kurcząt z grupy RL2 niż u szczurów w żywionych dietami z mięsem kurcząt z grup RL1, RO1 i RO2 ($P < 0,05$), pozostałe wskaźniki nie różniły się istotnie między grupami.

Optymalizacja okresu podawania wybranych mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA

Doświadczenie przeprowadzono na 144 kurczętach brojlerach żywionych mieszanką typu starter przez pierwsze 2 tygodnie życia. W 15 dniu życia kurczęta zważono, umieszczono w klatkach indywidualnych i podzielono na 4 grupy, po 36 ptaków w grupie. Każdą z grup podzielono na 3

podgrupy po 12 ptaków. Przygotowano 4 diety doświadczalne typu Grower i Finiszera zbilansowane zgodnie z zapotrzebowaniem kurcząt. Do diety kontrolnej (grupa S) dodawano smalec, w dietach doświadczalnych skład kwasów tłuszczowych różnicowano przez dodatek 60 g zmielonych nasion lnu i 10 g oleju rybiego (grupa LO) lub 60 g zmielonych nasion rzepaku i 10 g oleju rybiego na kg (grupa RO) lub smalec i 10 g oleju rybiego (grupa SO) na kg diety. Zawartość tłuszczu surowego w dietach wyrównywano przez uzupełnienie smalcem. W dietach grupy kontrolnej (S) stosunek PUFA_{n-6}/n-3 wynosił około 24, w dietach doświadczalnych od 1 (grupa LO) do 6,8 (grupa RO) i 13 (grupa SO). Długołańcuchowe nienasycone kwasy tłuszczowe (LC-PUFA) znajdowały się jedynie w dietach z olejem rybim w ilości około 0,9% sumy KT.

Ocena okresu podawania wybranych mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA na wyniki odchowu

Wyniki odchowu i wydajność rzeźna kurcząt z grup otrzymujących diety doświadczalne były dobre i nie różniły się od grupy kontrolnej. Końcowa masa ciała wynosiła średnio 2,14 kg, BWG 1,69 kg a FCR 1,54 kg paszy/kg BWG. Porównanie grup żywionych dietami doświadczalnymi wykazało, że kurczęta żywione dietą SO osiągnęły o 5% wyższą masę ciała niż kurczęta z grup LO i RO, natomiast okres podawania mieszanki nie miał istotnego wpływu na wyniki odchowu ani wydajności rzeźnej.

Wpływ podawania wybranych mieszanek zapewniających otrzymanie mięsa kurcząt brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA na skład KT w mięsie brojlerów

W mięsie z uda kurcząt żywionych dietą kontrolną uzupełnioną smalcem stosunek n-6/n-3 PUFA wynosił 7,6, w grupie SO 7,3, w grupie RO 5,5 a w grupie LO 2,5. Odnosząc uzyskane wyniki zawartości n-3 LC-PUFA w mięsie kurcząt do Rozporządzenia Komisji (UE) nr 116/2010 można stwierdzić, że mięso z piersi i uda kurcząt, które otrzymywały dietę kontrolną ze smalcem nie stanowiło źródła kwasów omega-3. Podawanie diet o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych jedynie przez 1 ostatni tydzień przed ubojem nie jest wystarczające do efektywnej modyfikacji składu

kwasów tłuszczowych mięsa kurcząt. Podanie diety SO przez 2 lub 3 tygodnie przed ubojem daje w rezultacie mięso, które stanowi źródło kwasów omega-3. W mięsie kurcząt otrzymujących dietę RO zawartość kwasów omega-3 rośnie wraz z czasem jej spożywania, mięso uda jest źródłem po 2 tygodniach, a wysokim źródłem kwasów omega-3 po 3 tygodniach spożywania diety. W mięsie z uda kurcząt, które otrzymywały dietę LO przez 2 i 3 tygodnie przed ubojem zwiększa się zarówno zawartość kwasu alfa-linolenowego jak i EPA i DHA, stanowi ono wysokie źródło kwasów omega-3, natomiast w mięsie z piersi zawartość EPA i DHA stabilizuje się na poziomie około 40mg/100g po 2 i 3 tygodniach spożywania diety.

Zwiększenie potencjału antyoksydacyjnego w mięsie brojlerów o wysokiej zawartości n-3PUFA przez zwiększenie poziomu dodatku witaminy E do mieszanek dla kurcząt

Doświadczenie 3 przeprowadzono na 132 kurkach brojlerach Ross 308 żywionych przez pierwsze 3 tygodnie życia taką samą mieszanką typu Starter. Kurczęta utrzymywano w indywidualnych klatkach, podzielono je na 4 grupy po 33 ptaki, każdą z grup podzielono na 3 podgrupy. W ciągu następnych 2 tygodni kurczętom podawano diety o składzie podobnym jak w doświadczeniu nr 2 zawierające jako źródło dodawanego tłuszczu smalec (S), nasiona lnu i olej rybi (LO), smalec i olej rybi (SO), nasiona rzepaku i olej rybi (RO) i różniące się składem kwasów tłuszczowych. Olej rybi dodawano w ilości 10 g/kg diety. Każdą z diet przygotowano w 3 wariantach różniących się zawartością witaminy E, która wynosiła 80, 150 lub 300 mg/kg. Po zakończeniu doświadczenia wzrostowego w 35 dniu życia obliczono wskaźniki odchowu, po czym kurczęta ubito, pobrano treść jelita biodrowego do pomiaru lepkości, tuszki oskubano wypatroszono, tuszki zapakowano próżniowo i przechowywano w temp -18°C . Mięso z piersi i uda wycięto, zapakowano próżniowo i także przechowywano w temp -18°C do oznaczeń witaminy E i związków reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS).

Ocena wpływu podawania wybranych mieszanek o zwiększonej zawartości witaminy E na wyniki odchowu, wydajność rzeźną i lepkość treści jelita biodrowego kurcząt

Wyniki odchowu kurcząt z grup otrzymujących diety doświadczalne były dobre. Końcowa masa ciała w grupie kontrolnej wynosiła średnio 2.32 kg, BWG 1,39 kg a FCR 1,55 kg paszy/kg BWG. W grupie LO końcowa masa ciała była średnio o 5% niższa niż w grupie kontrolnej, wykorzystanie paszy było o 3% gorsze, ale nie różniło się statystycznie istotnie od grupy kontrolnej. Lepkość treści jelita biodrowego wynosiła średnio 1.56 cP w grupach S, SO i RO natomiast w grupie LO była istotnie wyższa i wynosiła 3,6 cP, co prawdopodobnie było powodem gorszych przyrostów masy ciała. Także wydajność rzeźna w grupie LO była o około 2 punkty procentowe niższa niż w pozostałych grupach. Poziom witaminy E w diecie nie wpływał na wyniki odchowu.

Wpływ podawania wybranych mieszanek o zwiększonej zawartości witaminy E na właściwości organoleptyczne mięsa brojlerów

W tuszkach kurcząt po 3 miesiącach przechowywania w temp. -18°C wykonano ocenę organoleptyczną i technologiczną w Katedrze Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa SGGW jak w doświadczeniu nr 1. Tuszki rozmrożono, wyodrębniono z nich elementy kulinarne (piersi i udka) które następnie poddano obróbce cieplnej. Mięso z piersi grillowano z wykorzystaniem grilla gazowego, udka poddano pieczeniu w piecu konwekcyjno-parowym firmy Küppersbusch w temperaturze 180°C, obie obróbki prowadzono do momentu osiągnięcia w geometrycznym środku produktu temp. 75°C. Wyciek termiczny z piersi w grupach otrzymujących 80 mg witaminy E wynosił średnio 28,4% i obniżył się o 4 punkty procentowe przy zawartości 300 mg witaminy E w diecie w grupach S i RO. Wyciek termiczny z uda wahał się od 27,4% do 31,9% i nie różnił się statystycznie w zależności od rodzaju diety i zawartości witaminy E. Próbkę zostały ocenione przez panel ekspertów, oceniano 23 cechy sensoryczne. Zastosowane składniki diet nie powodowały pogorszenia smaku ani zapachu mięsa.

Wpływ podawania wybranych mieszanek o zwiększonej zawartości witaminy E na zawartość witaminy E i TBARS w mięsie brojlerów

W mięsie piersi i uda z tuszek pakowanych próżniowo i przechowywanych w temp -18°C przez okres 6 miesięcy oznaczono zawartość witaminy E i związków reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS).

Zawartość witaminy E była wyższa w mięsie uda, niższa w mięsie piersi i zwiększała się istotnie przy najwyższym poziomie witaminy E w diecie. Zawartość witaminy E w mięsie była niższa przy podawaniu nasion lnu i rzepaku, zawierających dużo kwasów nienasyconych a wyższa przy podawaniu smalcu bez, lub z dodatkiem oleju rybiego. Koncentracja TBARS w mięsie obniżała się wraz ze wzrostem zawartości witaminy E w diecie, co potwierdza obserwacje innych autorów, że witamina E zabezpiecza tłuszcz znajdujący się w mięsie przed utlenianiem.

Zwiększenie potencjału antyoksydacyjnego i właściwości funkcjonalnych mięsa brojlerów przez zwiększenie poziomu witaminy E i selenu w mieszankach dla kurcząt

Doświadczenie 4 wykonano na 160 kurkach Ross 308 żywionych do rozpoczęcia doświadczenia standardową mieszanką typu Starter, umieszczonych w indywidualnych klatkach. Kurczęta w 22 dniu życia zważono i podzielono na 4 grupy po 40 ptaków w grupie (średnia masa ciała w grupach 989 g). Grupa K (kontrolna) otrzymywała przez następne 2 tygodnie dietę uzupełnioną smalcem, grupa RO otrzymywała dietę z nasionami rzepaku (60g/kg) i olejem rybim (15g/kg) o takiej samej zawartości tłuszczu surowego. Obie diety zawierały komercyjny premiks mineralno witaminowy, zawierający 80 mg witaminy E i 0,3 mg Se (w formie nieorganicznej selenianu sodu). Grupa ROE otrzymywała dietę RO uzupełnioną witaminą E do poziomu 150 mg/kg diety, grupa ROES dietę RO uzupełnioną witaminą E do poziomu 150 mg/kg diety i selenem w formie organicznej (Sel-Plex) do poziomu 0,7 mg/kg diety. Ptaki w 35 dniu życia wazono, mierzono spożycie paszy, obliczono przyrost masy ciała i współczynnik wykorzystania paszy. W 36 dniu życia ptaki ubito, wypatroszono i z tuszek usunięto skórę z piórami. Od 8 ptaków z każdej grupy pobrano wątrobę oraz mięso z piersi i uda i podzielono je na próby a i b. W próbkach a oznaczono zawartość związków reagujących z kwasem tiobarbiturowym (TBARS) jako wskaźnika oksydacji tłuszczu. Próbkę b zapakowano próżniowo i zamrożono w temp. -18°C na okres 3 miesięcy do oznaczenia zawartości witaminy E, selenu i TBARS.

Pozostałe tuszki zapakowano próżniowo i zamrożono w temp.-18°C, po czym tuszki autoklawowano, mięso oddzielano od kości, łączono w obrębie grup, liofilizowano i mielono.

Wpływ podawania mieszanek o zwiększonym poziomie witaminy E i selenu na wyniki odchowu kurcząt brojlerów

Wyniki odchowu kurcząt z grup otrzymujących diety doświadczalne były dobre. Końcowa masa ciała we wszystkich grupach wynosiła średnio 2,30 kg. W grupach K, RO i ROE przyrost masy ciała (BWG) wynosił 1,32 kg a FCR 1,47 kg paszy/kg BWG. W grupie ROES przyrost masy ciała był mniejszy ($P<0,05$) a wykorzystanie paszy o 3% gorsze ($P<0,05$), niż w grupie kontrolnej (K). W grupach doświadczalnych masa wątroby i żołądka nie różniła się od grupy kontrolnej, ale w grupach ROE i ROES masa serca była większa niż w grupie kontrolnej. Jest to cecha korzystna, gdyż niska względna masa serca może być związana z pojawianiem się syndromu nagłej śmierci sercowej (ascites syndrom).

Wpływ zwiększenia potencjału antyoksydacyjnego mięsa kurcząt brojlerów na jego przydatność do przechowywania

Wpływ zmiany składu kwasów tłuszczowych i zwiększenia dodatku witaminy E i selenu na przydatność do przechowywania oceniono na podstawie zawartości reaktywnych form kwasu tiobarbiturowego (TBARS) jako markera stresu oksydacyjnego w próbkach mięsa z piersi, uda i wątroby zapakowanych próżniowo i przechowywanych przez 3 tygodnie lub 3 miesiące w temp. -18°C . Po 3 tygodniach przechowywania w zamrożeniu w mięsie uda nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości TBARS, podczas gdy w mięsie piersi była ona wyższa w grupie RO ($P<0,05$), a w grupach ROE i ROES podobna jak w grupie kontrolnej. W wątrobie zawartość TBARS po 3 tygodniach przechowywania była wyższa w grupie ROE niż w pozostałych grupach. Po 3 miesiącach przechowywania zawartość TBARS podwoiła się w mięsie piersi we wszystkich grupach (brak różnic istotnych między grupami), zwiększyła się w mięsie uda (w grupie RO była istotnie wyższa niż w pozostałych grupach), w wątrobie zwiększyła się w grupie K, a obniżyła w grupach RO i ROE (różnica między grupą K a pozostałymi istotna przy $P<0,05$). Oznaczano także zawartość różnych form witaminy E (octan tokoferylu, α -tokoferol, δ -tokoferol i γ -tokoferol), cholesterolu oraz produktów jego utleniania (5-cholesten- 3β -ol-7-one i 25-hydroksycholesterol)

w wątrobie, mięsie z piersi i z uda po przechowywaniu w zamrożeniu przez 5 miesięcy. Zawartość witaminy E w wątrobie była istotnie większa w grupach K i RO (około 139 $\mu\text{g/g}$) niż w grupach ROE i ROES (około 88 $\mu\text{g/g}$), we wszystkich grupach przeważał octan tokoferolu (około 50%) i α -tokoferol (od 32% w grupach K i RO do 42% w grupach ROE i ROES), δ -tokoferol stanowił od 5,7 do 17,6% a γ -tokoferol około 3% sumy witaminy E. Mięso z uda z grup K i RO zawierało około 56 $\mu\text{g/g}$ witaminy E, istotnie więcej niż z grup ROE i ROES (48,4 $\mu\text{g/g}$), najmniej witaminy E zawierało mięso z piersi (około 37 $\mu\text{g/g}$), podobnie jak w wątrobie przeważał octan tokoferolu i α -tokoferol, δ -tokoferol stanowił od 8 do 10% a γ -tokoferol około 1% sumy witaminy E. Zawartość cholesterolu była wyższa w wątrobie (91-124 mg/100g), mniejsza w mięsie z uda (62-86 mg/100g) i piersi (22-71 mg/100g). Zawartość utlenionych form cholesterolu oznaczała się dużą zmiennością i nie różniła się istotnie między grupami, w mięsie z piersi i uda zawartość 25-hydroksycholesterolu równała się średnio 4% zawartości cholesterolu, natomiast w wątrobie wynosiła 29% zawartości cholesterolu w grupie ROE, 35, 41 i 51% w grupach RO, K i ROES, odpowiednio.

Wpływ zwiększenia potencjału antyoksydacyjnego mięsa kurcząt brojlerów na jego właściwości funkcjonalne

W odróżnieniu od doświadczenia 1a z tuszek kurcząt usunięto skórę wraz z tłuszczem podskórnym, która zawiera większość tłuszczu odkładanego przez ptaki, gdyż tłuszcz ten w trakcie obróbki kulinarnej ulega wytopieniu i nie jest spożywany. Tuszki autoklawowano, usuwano z nich kości, liofilizowano i mielono. W liofilizowanym mięsie kurcząt (LMK) z odpowiednich grup doświadczalnych (K, RO, ROE, ROES) oznaczono zawartość różnych form witaminy E, cholesterolu oraz 25-hydroksycholesterolu. LMK z grupy K zawierało około 97 μg witaminy E/g, wprowadzenie nasion rzepaku i oleju rybiego do diety kurcząt spowodowało obniżenie zawartości witaminy E w mięsie do 50 $\mu\text{g/g}$, w grupach ROE i ROES poziom witaminy E był podobny jak w grupie kontrolnej. Udział różnych form witaminy E w mięsie był podobny w grupach K, ROE i ROES (60% stanowił octan tokoferylu, około 30% α -tokoferol, pozostałe 10% δ -tokoferol i γ -tokoferol), w grupie RO octan tokoferylu stanowił około 80%, a α -tokoferol jedynie 11%.

Właściwości funkcjonalne mięsa kurcząt oceniano w doświadczeniu na dorosłych szczurach w wieku 2 miesięcy i o początkowej masie ciała średnio 358 g. Liofilizowane mięso kurcząt wprowadzono jako jedyne źródło białka i tłuszczu do 4 diet dla dorosłych szczurów. Premiks dodawany do diet szczurów zawierał niższą od zapotrzebowania zawartość witaminy E i seleniu. Diety podawano dorosłym szczurom przez 10 tygodni. Spożycie paszy i masę ciała szczurów mierzono co 2 tygodnie. Końcowa masa ciała szczurów wynosiła średnio 528 g i nie różniła się istotnie między grupami. Także spożycie i wykorzystanie paszy oraz masa wybranych narządów wewnętrznych szczurów nie różniły się istotnie między grupami. Po zakończeniu doświadczenia szczury ubito i pobrano od nich krew i wątrobę. We krwi przeprowadzono oznaczenia hematologiczne i biochemiczne, w tym poziom triglicerydów, cholesterolu, enzymów wątrobowych, immunoglobulin (IgA, IgG, IgM), w wątrobie, zawartość różnych form witaminy E oraz cholesterolu i oksycholesteroli.

Wskaźniki hematologiczne krwi szczurów mieściły się w granicach normy dla tego gatunku zwierząt. Średnia zawartość hemoglobiny w krwince (MCH) i średnie stężenie hemoglobiny w krwince (MCHC) były niższe ($P < 0,05$) a pozostałe wskaźniki u szczurów z grupy RO nie różniły się istotnie od wskaźników grupy kontrolnej. Wskaźniki hematologiczne krwi u szczurów z grup ROE i ROES nie różniły się między sobą, ale liczba leukocytów (WBC) była niższa ($P < 0,05$), a liczba krwinek czerwonych (RBC), stężenie hemoglobiny (HGB), wartość hematokrytu (HCT), wielkość czerwonych krwinek (MCV) i liczba płytek krwi (PLT) były wyższe ($P < 0,05$) niż w grupie kontrolnej i grupie RO, wartość MCH była podobna jak w grupie kontrolnej a niższa niż w grupie RO ($P < 0,05$), wartość MCHC podobna jak w grupie RO. Zawartość cholesterolu, HDL, bilirubiny, albuminy, białka oraz aktywność aminotransferazy asparaginowej (AST) i cholinoesterazy nie różniła się między grupą kontrolną oraz grupami RO i ROE, natomiast była większa w grupie ROES ($P \leq 0,05$). Zawartość immunoglobulin IgA i IgG nie różniła się między grupami, zawartość IgM była podwyższona w grupie RO i obniżała się w grupach ROE i ROES ($P \leq 0,05$).

W wątrobie szczurów zawartość octanu tokoferylu oraz delta- i gamma-tokoferolu była wyższa w grupach doświadczalnych niż grupie kontrolnej ($P \leq 0,05$). Zawartość alfa-tokoferolu w wątrobie wyniosła średnio 2,4 mg/100g tkanki i nie różniła się istotnie pomiędzy grupami

doświadczalnymi, natomiast zawartość octanu tokoferolu w grupie kontrolnej wynosiła 4 mg/100 g, w grupach RO, ROE i ROES wynosiła średnio 6, 7,8 i 6,6 mg/100g ($P \leq 0,05$). Zawartość cholesterolu w wątrobie wynosiła średnio 151 mg/100g i nie różniła się istotnie pomiędzy grupami. W grupie ROE zawartość 25-hydroksycholesterolu była wyższa niż w grupie kontrolnej i RO (16,3 vs 4,6 i 5 mg/100g) w grupie ROES obniżała się do poziomu grupy kontrolnej.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że zmiana składu kwasów tłuszczowych w liofilizowanym mięsie kurcząt w niewielkim stopniu wpłynęła na wskaźniki hematologiczne i biochemiczne krwi szczurów, mięso kurcząt żywionych dietą o zwiększonej zawartości witaminy E poprawiło niektóre wskaźniki hematologiczne i nie wpływało na wskaźniki biochemiczne krwi, lecz zwiększyło poziom szkodliwej utlenionej formy cholesterolu w wątrobie. Równoczesne zwiększenie zawartości witaminy E i selenu w diecie kurcząt zwiększyło poziom wielu parametrów biochemicznych krwi szczurów, ale zmniejszyło poziom szkodliwej utlenionej formy cholesterolu w wątrobie szczurów [Konieczka i wsp. 2013; Konieczka 2013 a, b].

Podsumowanie

1. Na podstawie kryteriów zawartych w Rozporządzeniu Komisji UE nr 116/2010 z dnia 9 lutego 2010 r. można stwierdzić, że mięso kurcząt żywionych mieszankami natłuszczanymi tłuszczami pochodzenia zwierzęcego nie może być uznane za źródło kwasów tłuszczowych omega-3, mięso kurcząt otrzymujących mieszanki z nasionami rzepaku i lnu stanowi źródło tych kwasów, natomiast wysoką zawartość długołańcuchowych kwasów omega-3 w mięsie można uzyskać podając kurczętom mieszanki zawierające olej rybi pochodzący z ryb z zimnych akwenów morskich.
2. Optymalnym sposobem modyfikacji składu kwasów tłuszczowych w mięsie, nie pogarszającym wyników odchowu ani smaku i zapachu mięsa jest podawanie kurczętom zmielonych nasion rzepaku z niewielkim dodatkiem oleju z ryb morskich (6 i 1% diety, odpowiednio) przez 2 lub 3 tygodnie przed ubojem.
3. Podawanie kurczętom mieszanek o zwiększonej zawartości wielonienasyconych kwasów z rodziny n-3 nie powoduje stresu

oksydacyjnego w organizmie kurcząt. Zwiększenie zawartości witaminy E w takich mieszankach poprawia właściwości funkcjonalne mięsa i przeciwdziała powstawaniu produktów oksydacji tłuszczu w czasie przechowywania mięsa w zamrozeniu.

PIŚMIENNICTWO

1. CZAUDERNA M., KOWALCZYK J., MAROUNEK M., 2011 - The simple and sensitive measurement of malonaldehyde in specimens of animal tissues and feed by reversed phase ultra fast liquid chromatography. *Journal of Chromatography B* 879: 2251-2258.
2. KONIECZKA, P., CZAUDERNA, M., ROZBICKA-WIECZOREK, A., SMULIKOWSKA, S., 2015 - The effect of dietary fat, Vitamin E and selenium concentrations on the fatty acid profile and oxidative stability of frozen stored broiler meat. *Journal of Animal and Feed Sciences* 24: 244-251.
3. KONIECZKA P., WIECZOREK-ROZBICKA A.J., WIĘSYK E., SMULIKOWSKA S., CZAUDERNA M., 2014 - Improved derivatization of malondialdehyde with 2-thiobarbituric acid for evaluation of oxidative stress in selected tissues of chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences* 23: 2.
4. KONIECZKA P., KOSTYRA E., ŚWIDERSKI F., CZERWIŃSKI J., CZAUDERNA M., SMULIKOWSKA S., 2013 - Effect of dietary rapeseed, linseed and fish oil on fatty acid content and sensory characteristics of broiler meat. Proceedings XXI European Symposium on the Quality of Poultry Meat, Bergamo, Italy, 15-19.09.2013, World's Poultry Science J. Vol. 69, Book of abstracts, pp.31-32
5. KONIECZKA P., 2012a. Mięso kurcząt brojlerów jako żywność funkcjonalna. *Polskie Drobiarstwo* 3, 22-23.
6. KONIECZKA P., 2012b - Tłuszcze paszowe w żywieniu kurcząt rzeźnych – wpływ na jakość mięsa. *Hodowca Drobiu* 2: 30-32.
7. KONIECZKA P., 2013a - Prozdrowotna modyfikacja produktów drobiarskich jako przykład wykorzystania innowacyjnych rozwiązań w produkcji zwierzęcej. *Polskie Drobiarstwo* 4: 44-46.
8. KONIECZKA P., 2013b - Kwasy tłuszczowe oraz witamina E jako czynniki immunomodulujące – wykorzystanie w żywieniu kurcząt brojlerów. *Polskie Drobiarstwo* 12, 22-23.
9. KONIECZKA P., 2015 - Wpływ rodzaju tłuszczu, okresu jego podawania oraz dodatku witaminy E na profil kwasów tłuszczowych i właściwości funkcjonalne mięsa kurcząt brojlerów. Praca doktorska.

3.4 - Opracowanie technologii pozyskiwania mięsa strusi o wysokiej wartości odżywczej i prozdrowotnej.

Cele badań

Opracowanie kompleksowej technologii produkcji strusi rzeźnych dla pozyskania mięsa o podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej z wykorzystaniem pasz rodzimych, głównie zboża, oleiste (śruta z nasion rzepaku i lnu) i zielonki z lucerny i trawy z uwzględnieniem warunków klimatyczno-środowiskowych tej części Europy. Dodatkowo przewidziana była suplementacja w diecie ptaków wybranymi składnikami bioaktywnymi: selenem i witaminą E dla zwiększenia stabilności oksydacyjnej mięsa.

Opracowanie innowacyjnej technologii suszonego mięsa strusi o podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej dla dzieci, osób dorosłych i kobiet z niedoborami żelaza, oraz weryfikacja i wykorzystanie wytworzonych produktów z mięsa strusiego w diecie ludzi z niedoborami żelaza na modelu zwierzęcym.

Weryfikacja i wykorzystanie wytworzonych produktów z mięsa strusiego w diecie ludzi z niedoborami żelaza na modelu zwierzęcym: badania obejmowały wykazanie przydatności suszonych wyrobów z mięsa strusiego [zgłoszenie patentowe nr P.412491] - jako cennego źródła wysoko przyswajalnego żelaza w diecie ludzi z niedoborami żelaza średniego i niskiego stopnia na modelu szczura [Horbańczuk i wsp. 2017, Wirzbicka i wsp. 2017]. To bardzo ważny etap badań aplikacyjnych obejmujący weryfikację i wykorzystanie wytworzonych produktów z mięsa strusiego w diecie ludzi z niedoborami żelaza na modelu zwierzęcym służący do potwierdzenia prozdrowotnego oddziaływania opracowanych produktów producentom żywności, konsumentom oraz specjalistom z branży profilaktyki i ochrony zdrowia.

Opis wyników i dyskusja

Etap 1. obejmował wpływ suplementacji roślin oleistych w diecie strusi na cechy fizykochemiczne, sensoryczne i wartość odżywczą mięsa, głównie na skład kwasów tłuszczowych. Doświadczenie przeprowadzono na 5 grupach

strusi w wieku od 5 do 12 miesiąca życia: grupa kontrolna (C) i grupy doświadczalne z 4 lub 8% dodatkiem do mieszanki nasion lnu oraz 5 lub 10% dodatkiem nasion rzepaku, odpowiednio: L4, L8 oraz R5 i R10. Po osiągnięciu ok. 95 kg ptaki były ubite w zakładzie mięsnym z certyfikatem UE. Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że mięso strusie z grup doświadczalnych nie różniło się od siebie (poza tłuszczem) pod względem składu chemicznego. Mięso to odznaczało się stosunkowo wysokim pH >6 oraz dobrą wodochłonnością 22-23% [Poławska i wsp. 2012a, b, 2013a,b]. Ubytek mięsa podczas pieczenia wyniósł od 35% do 40% (najmniejszy w grupie L4, a największy w grupie R5). W ocenie organoleptycznej mięso strusie cechowała wysoka wartość badanych wyróżników, przekraczająca średnio 4 punkty (w skali 1-5) za smak, soczystość, kruchość i zapach. Najwyższą ocenę smakowitości (4.6) uzyskano w grupie L4 (udział siemienia w mieszance 4%). Suplementacja roślin oleistych w diecie strusi korzystnie wpłynęła także na profil kwasów tłuszczowych mięśni, szczególnie w grupie z 4% udziałem siemienia lnianego. W grupie tej (L4) czterokrotnie zwiększyła się zawartość kwasu linolenowego (ALA) w porównaniu z grupa kontrolną ($P < 0.001$). Zwiększył się istotnie w grupach doświadczalnych także udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) w sumie kwasów tłuszczowych [Poławska i wsp. 2014]. Wyższa zawartość PUFA w mięsie strusi w grupach skarmianych nasionami lnu (4 i 8%) spowodowała zwiększenie proporcji PUFA/SFA (powyżej 1.0) i tzw. index nienasyceń (powyżej 1.2) w porównaniu z grupami C, R5 i R10, odpowiednio (średnio poniżej 0.9 PUFA/SFA i 1.14 UI, $P < 0.001$). Zmianie uległa też proporcja n-6/n-3, z 16 w grupie kontrolnej do około 10 w grupie R5 i R10, aż do 6 i 4 w grupach L8 i L4 ($P < 0.001$). Wyniki zatem wskazują, że suplementacja diety strusi roślinami oleistymi, szczególnie nasionami lnu wpływa korzystnie przede wszystkim na wartość prozdrowotną (wysoka zawartość kwasów n-3 i walory sensoryczne mięsa strusi [Horbańczuk i wsp. 2013a]).

Etap 2. badań obejmował określenie wpływu zielonek (lucerna, trawa) na profil kwasów tłuszczowych mięsa strusi żywionych mieszanką standardową i suplementowaną nasionami lnu. Doświadczenie przeprowadzono na 6 grupach żywieniowych strusi: grupa K – mieszanka kontrolna, grupa L – mieszanka suplementowana nasionami lnu - 4%, grupa K-L i K-T – mieszanka kontrolna + odpowiednio lucerna lub trawa (2% BW), L-L i L-T – mieszanka z lnem + odpowiednio lucerna lub trawa. Wykazano, że mięso strusi

żywionych mieszanką suplementowaną nasionami lnu odznaczało się niższą ($P < 0.05$) zawartością MUFA (38,1%) i wyższą ($P < 0.05$) PUFA (31,4%) w porównaniu z mięsem ptaków z grupy kontrolnej (odpowiednio 40,1 i 25%). Ponadto, mięso strusi z grup suplementowanych nasionami lnu cechowała też wyższa proporcja PUFA/SFA ($> 1,0$) w porównaniu z grupą kontrolną ($< 0,8$). Jednocześnie stwierdzono, że na całkowitą zawartość MUFA i PUFA oraz proporcję PUFA/SFA nie miało istotnie wpływu podawanie zielonki. Stwierdzono natomiast istotny wpływ zielonek na zawartość długołańcuchowych kwasów tłuszczowych z grupy omega-3, tj. EPA- 20:5n-3 i DHA - 22:6n-3 (tych najbardziej pożądaných w diecie człowieka [Poławska i wsp. 2011, 2012, 2013c], zwłaszcza lucerny - wzrost odpowiednio o 47 i 31%. Podsumowując, dla uzyskania mięsa o wysokiej wartości odżywczej zasadne jest żywienie strusi mieszanką suplementowaną nasionami lnu oraz zielonką głównie z lucerny [Poławska i wsp. 2016].

Jednym z głównych wątków badawczych 3. etapu było zoptymalizowanie czasu podawania paszy suplementowanej nasionami lnu i uzupełnianej zielonką z lucerny. Doświadczenie przeprowadzono na 9 grupach żywieniowych strusi. Grupa K – żywiona mieszanką kontrolną i grupa L żywiona mieszanką suplementowaną 4% nasion lnu przez cały okres doświadczenia, stanowiły kontrolę negatywną i pozytywną. W pięciu grupach żywienie podzielono na 2 etapy: 1 etap żywienie mieszanką kontrolną, 2 etap żywienie mieszanką paszową suplementowaną 4% nasion lnu + zielonka z lucerny (2% BW) od odpowiedniej masy ciała ptaków tj. 45, 55, 65, 75 i 85kg. Dodatkowo w 2 grupach doświadczalnych zastosowano żywienie mieszane, podzielone na 3 etapy: 1 etap żywienie mieszanką kontrolną (do 45 kg BW), 2 etap żywienie mieszanką paszową suplementowaną 4% nasion lnu (do 65 lub 85 kg BW), 3 etap żywienie mieszanką paszową suplementowaną 4% nasion lnu + zielonka z lucerny (2% BW). Wykazano, że najlepsze wyniki pod względem wartości odżywczej (głównie profil kwasów tłuszczowych, stosunek n6/n3 w mięsie) oraz tempa wzrostu uzyskano w grupie zwierząt żywionych mieszanką paszową z dodatkiem lnu i lucerny (L-L65) podawaną od 65 kg masy ciała strusi. Zatem biorąc pod uwagę aspekt ekonomiczny i prozdrowotny hodowcom strusi zaleca się stosowanie w diecie ptaków lnu i lucerny, po uzyskaniu przez strusie 65 kg masy ciała do końca tuczu tj. do 95-100kg.

Weryfikacja i wykorzystanie wytworzonych produktów z mięsa strusiego w diecie ludzi z niedoborami żelaza na modelu zwierzęcym

Podjmowany problem jest bardzo poważny bowiem niedobór żelaza w organizmie jest powszechnym zjawiskiem występującym w populacji ludzkiej. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) szacuje, że obecnie na świecie problem niedoboru żelaza dotyczy aż 600-700 milionów ludzi za Horbańczukiem i wsp. [2017] Najczęstszą przyczyną deficytu (70-80 proc.) jest utrata żelaza w wyniku obfitych krwawień. Najwięcej żelaza traci się z organizmu wraz z krwią podczas menstruacji. Dlatego na jego brak najczęściej narażone są kobiety, które mają długie i obfite miesiączki oraz osoby cierpiące na krwotoki z przewodu pokarmowego (nadużywanie leków przeciwbólowych, wrzody, hemoroidy) Rzadziej przyczyną niedoboru są krwawienia z innych narządów, utrata krwi po urazach i zabiegach operacyjnych lub na skutek zaburzenia krzepnięcia. Skutki niedoboru żelaza wiążą się często z niewłaściwą dietą. Wyniki badań ostatnich lat wskazują na istotny problemy związany z zaburzeniami przyswajalności oraz wchłanianiem mikroelementów m.in. żelaza. Stosowanie diet eliminacyjnych, zbyt duże obciążenie organizmu poprzez uprawianie wytrzymałościowych dyscyplin sportu również mogą się przyczynić do niedoborów żelaza. Przewlekły brak żelaza prowadzi do niedokrwistości (anemii) [Horbańczuk i Sieroń 2018].

Zapotrzebowanie na przeprowadzenie tych dodatkowych badań pojawiło się w trakcie realizacji projektu ze strony producentów żywności i branży medycznej w trakcie promocji wyników na targach oraz podczas przygotowania do transferu wyników. Po dyskusjach z potencjalnymi odbiorcami wyników, którzy oczekują bardziej szczegółowych dowodów potwierdzających wysoką jakość mięsa strusi zdecydowano się na podjęcie ww. badań na modelach zwierzęcych. I tak po opracowaniu innowacyjnej technologii produkcji suszonego mięsa strusi o podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej” (zgłoszenie patentowe nr P.414678), dokonano weryfikacji i wykorzystania wytworzonych produktów z mięsa strusiego w diecie ludzi z niedoborami żelaza na modelu zwierzęcym (model szczura). Przeprowadzono doświadczenie na szczurach w 4 grupach: S- dieta standardowa bez dodatku mięsa strusiego, A – dieta bezzelazowa (anemiczna) bez dodatku mięsa strusiego, SO – dieta standardowa z dodatkiem mięsa strusiego, AO – dieta bezzelazowa (anemiczna) z dodatkiem mięsa strusiego.

W doświadczeniu stosowano suszone mięso strusi (zawartość żelaza 11-12 mg/100g mięsa suszonego) – (Zdanowska-Sasiadek i wsp. 2018). W czasie 60 dniowego eksperymentu wykazano:

Zastosowanie diety beżelazowej (grupa „A”) przez 30 dni; w stosunku do diety zbilansowanej (grupa „S”) oraz dodatek mięsa strusiego odpowiednio dla grup (grupa „AO”i „SO”);; w żywieniu szczurów spowodowało zmiany w obrazie parametrów hematologicznych krwi. Po zastosowaniu diety bez żelaza wykazano spadek poniżej wartości referencyjnych następujących parametrów:

HGB – hemoglobiny

HCT – hematokrytu (określa stosunek liczby erytrocytów do całej objętości krwi)

MCH – (określa średnią masę hemoglobiny w krwince)

MCV – (średnia objętości krwinki czerwonej)

Wykazano również istotny spadek ilości ferrytyny oraz zawartości żelaza w surowicy krwi.

Interesującym jest, że dieta bez żelaza nie płynęła na całkowitą liczbę erytrocytów (RBC) oraz na MCHC (określa średnie stężenie hemoglobiny w erytrocytach). Być może jest to reakcja organizmu na istotny spadek hemoglobiny zmniejszeniem ilości dostarczania tlenu i tym samym przeciwdziałanie skutkom niedotlenienia organizmu.

Zastosowanie w diecie strusiego mięsa suszonego u szczurów przez 30 dni z wywołaną anemią (grupa „AO”) spowodował poprawienie wszystkich parametrów hematologicznych krwi. Wszystkie badane parametry hematologiczne mieściły się w normach referencyjnych. Dodatkowo nastąpił wzrost zawartości żelaza i ferrytyny w surowicy krwi.

Pozytywne wyniki badań wskazują, że skuteczną metodą uzupełnienia żelaza jest dieta bogata w żelazo w oparciu o naturalny produkt tj. mięso strusia, które cechuje się wysoką zawartością żelaza może stanowić alternatywę dla suplementacji tego pierwiastka w formie iniekcji czy pigułek, która jest niewystarczająco skuteczna. Wynikami badań zainteresowana jest nie tylko branża spożywcza, ale i także branża biotechnologiczna, która może rozszerzyć swoje portfolio oferowanych produktów na rynku. Również branża

medyczna wyraziła zainteresowanie wynikami tych badań. Na podstawie doświadczeń na zwierzętach modelowych wykonanych w ramach projektu BIOŻYWNOŚĆ będą mogły zostać wykonane również badania kliniczne na ludziach z niedoborami żelaza we współpracy z uczelniami medycznymi. Dążymy też do przygotowania platformy współpracy z uczelniami medycznymi w celu dalszego rozwoju i lepszego wykorzystania naturalnych produktów prozdrowotnych w ochronie zdrowia społeczeństwa.

Podsumowanie

Wykazano m.in., że suplementacja diety strusi roślinami oleistymi, szczególnie nasionami lnu (4% w mieszance) wpływa korzystnie przede wszystkim na wartość prozdrowotną tj. wysoką zawartość kwasów n-3 w mięsie strusi. Stwierdzono istotny wpływ zielonek na zawartość długołańcuchowych kwasów tłuszczowych z grupy omega-3, tj. EPA- 20:5n-3 i DHA - 22:6n-3 (tych najbardziej pożądaných w diecie człowieka), zwłaszcza lucerny - wzrost odpowiednio o 47 i 31% [Poławska i wsp. 2013a]. Wykazano, że najlepsze wyniki pod względem wartości odżywczej (głównie profil kwasów tłuszczowych, proporcja n6/n3 w mięsie), tempa wzrostu (i także aktywności enzymów lizosoamalnych) uzyskano w grupie zwierząt żywionych mieszanką paszową z dodatkiem lnu i lucerny [Jóźwik i wp.2015.] podawaną od 55-65 kg masy ciała strusi. Zatem biorąc pod uwagę aspekt prozdrowotny i ekonomiczny zaleca się stosowanie w diecie ptaków lnu i lucerny, po uzyskaniu przez strusie 55kg masy ciała do końca tuczu tj. do 95-100kg. Wykazano także, że wzbogacone w wielonienasycone kwasy tłuszczowe mięso strusie najlepiej przechowywać schłodzone w lodówce w temperaturze 2-40°C przez 7 dni, a głęboko mrożone (-200 C) do 60 dnia [Horbańczuk i wsp. 2015, Poławska i wsp. 2014, 2016].

PIŚMIENNICTWO

1. POŁAWSKA E., MARCHEWKA J., KRZYŻEWSKI J., BAGNICKA E., WÓJCIK A. 2011 – The ostrich meat – an updated review. I. Physical characteristics of ostrich meat. *Animal Science Papers and Reports*, 29, 5-18.
2. POŁAWSKA E., MARCHEWKA J., COOPER R.G., SARTOWSKA K., POMIANOWSKI J., JÓŹWIK A., STRZAŁKOWSKA N., HORBAŃCZUK J.O. 2011 - The ostrich meat – an updated review. II. Nutritive value. *Animal Science Papers and Reports* 29, 89-97.

3. POŁAWSKA E., LISIAK D., JÓŻWIK A., PIERZCHAŁA M., STRZAŁKOWSKA N., POMIANOWSKI J., WÓJCIK A. 2012 - The effect of the diet supplementation with linseed and rapeseed on the physico-chemical and sensory characteristics of ostrich meat. *Animal Science Papers and Reports* 30, 65-72.
4. POŁAWSKA E., COOPER R.G., JÓŻWIK A., POMIANOWSKI J. 2013 - Meat from alternative species – nutritive & dietetic value, and its benefit for human health – a review. *CYTA Journal of Food* 11, 37-42.
5. E. POŁAWSKA, J.O. HORBAŃCZUK, M. PIERZCHAŁA, N. STRZAŁKOWSKA, A. JÓŻWIK, A. WÓJCIK, J. POMIANOWSKI, K. GUTKOWSKA, A. WIERZBICKA, L.C. HOFFMAN. 2013 - Effect of dietary linseed and rapeseed supplementation on the fatty acid profiles in the ostrich. Part 1. Muscles. *Animal Science Papers and Reports* 31, 239-248.
6. E. POŁAWSKA, A. JÓŻWIK, A. WÓJCIK, N. STRZAŁKOWSKA, M. PIERZCHAŁA, D. TOLIK, A. PÓLTORAK, L.C. HOFFMAN. 2013 - Effect of dietary linseed and rapeseed supplementation on the fatty acid profiles in the ostriches. Part 2. Fat. *Animal Science Papers and Reports* 31, 347-354.
7. JÓŻWIK A., POŁAWSKA E., STRZAŁKOWSKA N., NIEMCZUK K., ŁYSEK-GLADYSIŃSKA M., KAMIŃSKA A., MICHALCZUK M. 2013 – Effect of linseed, rapeseed, and vitamin E long term supplementation on the activity of the lysosomal enzymes in ostrich liver. *Bull Vet Pulawy* 57, 573-578.
8. POŁAWSKA E., PÓLTORAK A., WYRWISZ J., WIERZBICKA A., GUTKOWSKA K., POMIANOWSKI J., ZDANOWSKA-SĄSIADK Z., WÓJCIK A., KAWKA M., RAES K., DE SMET S., 2014 - The physical traits and fatty acids profile of ostrich meat enriched in n3 fatty acids as influenced by duration of refrigerated storage and type of packaging. *Animal Science Papers and Reports* 32, 351-358
9. J.O. HORBAŃCZUK, E. POŁAWSKA, A. WÓJCIK, L.C. HOFFMAN. 2015 - Influence of frozen storage on the fatty acid composition of ostrich meat enriched with linseed and rapeseed. *South African Journal of Animal Science* 45, 129-136.
10. JÓŻWIK A., POŁAWSKA E., ZDANOWSKA-SĄSIADK Z., LIPIŃSKA P., KAWKA M., GUZEK D., STRZAŁKOWSKA N., 2015 - Oxidative stability of ostrich meat related to duration of linseed and lucerne supplementation to the bird's diet. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 59, 79-83.

11. POŁAWSKA E., ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ż., HORBAŃCZUK J., POMIANOWSKI J., JÓŻWIK A., TOLIK D., PÓŁTORAK A., RAES K., DE SMET S., 2016 - Effect of dietary organic and inorganic selenium supplementation on chemical, mineral and fatty acid composition of ostrich meat. *CyTA - Journal of Food* 14, 84-87.
12. HORBAŃCZUK J.O., SIEROŃ A., 2018 – Polskie osiągnięcia w terapii niedokrwistości z niedoboru żelaza. *Świat lekarza* 5, 102-103.
13. ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ż., MARCHEWKA J., HORBAŃCZUK J.O., WIERZBICKA A., LIPIŃSKA P., JÓŻWIK A., ATANASOV A.G., HUMINIECKI Ł., SIEROŃ A., SIEROŃ K., STRZAŁKOWSKA N., STELMASIAK A., DE SMET S., VAN HECKE T., HOFFMAN L.C., 2018 – Nutrients composition in fit snacks made from ostrich, beef and chicken dried meat. *Molecules* 23, 1267.
14. HORBAŃCZUK J.O., POŁAWSKA E., PÓŁTORAK A., WIERZBICKA A., ZDANOWSKA-SĄSIADEK Ż., LIPIŃSKA P., STELMASIAK A., SIEROŃ A., WYRWISZ J., STRZAŁKOWSKA N., ŁUKASZEWICZ M., GUTKOWSKA K., OPRZĄDEK J., NARANOWICZ H., JUSZCZUK-KUBIAK E., TOMASIK C., JÓŻWIK A., PIERZCHAŁA M., SZPICER A. - Sposób wytwarzania gotowego do spożycia wyrobu z mięsa strusiego oraz gotowy do spożycia wyrób z mięsa strusiego (Innowacyjna technologia produkcji suszonego mięsa strusi o podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej) (zgłoszenie patentowe P.414678, 4.11.2015);
15. HORBAŃCZUK J.O., POŁAWSKA E., WIERZBICKA A., JÓŻWIK A., STRZAŁKOWSKA N., WÓJCIK A., POMIANOWSKI J., WOJTASIK-KALINOWSKA I., GUZEK D., GUTKOWSKA K., TOMASIK C. Sposób pozyskania kulinarnego mięsa strusia (patent nr P.412491 – uzyskany w 2018 r.)
16. WIERZBICKA A., HORBAŃCZUK J O., PÓŁTORAK A., POŁAWSKA E., STELMASIAK A., WYRWISZ J., GUZEK D., GŁĄBSKA D., ZAREMBA R., GUTKOWSKA K., MARCINKOWSKA-LESIAK M, TOMASIK C - Sposób wytwarzania wysokojakościowego wyrobu z mięsa strusiego (P.410125, patent przyznany w 2017r.)

3.5 - Wzbogacanie treści jaj w wybrane składniki bioaktywne - jod i selen.

Cele badań

1. Stanowiska badawcze przygotowane zgodnie z założeniami metodyk poszczególnych doświadczeń. Wybór materiału zwierzęcego. Ustalenie składu mieszanki paszowej dla drobiu. (Przygotowanie i wyposażenie stanowisk badawczych. Opracowanie szczegółowej metodyki badań. Przygotowanie receptur mieszanek paszowych, ich wykonanie oraz analiza chemiczna. I.2. Rozpoczęcie wykonania eksperymentu I.)
2. Przygotowanie dokumentacji – raportu z realizacji doświadczenia, uwzględniający wyniki i wnioski przeprowadzonego eksperymentu. (Kontynuacja I doświadczenia. Wykonanie oznaczeń selenu w jajach i wybranych tkankach zwierzęcych, pomiarów allometrycznych przewodu pokarmowego oraz ocena jakościowa jaj.)
3. Stanowiska badawcze przygotowane zgodnie z założeniami metodyki doświadczenia. Ustalenie składu mieszanki paszowej dla drobiu dla doświadczenia II. (Przygotowanie II eksperymentu. Przygotowanie stanowisk do badań na zwierzętach. III.2. Rozpoczęcie wykonania II eksperymentu.
4. Przygotowanie receptur i wykonanie mieszanek paszowych dla niosek doświadczalnych z zastosowaniem różnych preparatów będących źródłem jodu dla ptaków oraz analiza pasz.)
5. Przygotowanie dokumentacji – raportu z realizacji doświadczenia II, uwzględniający wyniki i wnioski przeprowadzonych badań. (Kontynuacja II doświadczenia na kurach nieśnych. Wykonanie oznaczeń jodu w jajach i wybranych tkankach zwierzęcych. Analiza parametrów krwi, cech allometrycznych przewodu pokarmowego, histologia tarczycy ptaków i ocena jakościowa jaj.)
6. Stanowiska badawcze przygotowane zgodnie z założeniami metodyki doświadczenia. Ustalenie składu mieszanki paszowej dla drobiu dla doświadczenia III. (Przygotowanie III eksperymentu. Przygotowanie stanowisk badawczych do badań na zwierzętach Opracowanie szczegółowej metodyki badań. V.2. Rozpoczęcie wykonania III eksperymentu. Przygotowanie receptur mieszanek paszowych dla niosek
7. doświadczalnych (z zastosowaniem preparatów będących źródłem jodu dla ptaków) zawierających w swoim składzie poekstrakcyjną śrutę sojową lub poekstrakcyjne śruty sojową i rzepakową (modyfikującą

- gospodarkę jodową w organizmach zwierzęcych) oraz ich analiza chemiczna.)
8. Przygotowanie dokumentacji – raportu z realizacji doświadczenia III, uwzględniający wyniki i wnioski przeprowadzonych badań. (Kontynuacja III doświadczenia na kurach nieśnych. Wykonanie oznaczeń jodu w jajach i wybranych tkankach zwierzęcych. Analiza parametrów krwi, cech allometrycznych przewodu pokarmowego, histologia tarczycy ptaków i ocena jakościowa jaj.)
 9. Raport końcowy z realizacji wszystkich doświadczeń zakończony opracowaniem zaleceń dla przemysłu paszowego i producentów drobiu dotyczących zastosowania selenu i witaminy E oraz jodu w żywieniu kur niosek celem zwiększenia zawartości wymienionych substancji biologicznie aktywnych w jajach. (Raport końcowy z realizacji wszystkich doświadczeń zakończony opracowaniem zaleceń dla przemysłu paszowego i producentów drobiu dotyczących zastosowania selenu i witaminy E oraz jodu w żywieniu kur niosek celem zwiększenia zawartości wymienionych substancji biologicznie aktywnych w jajach.)

Opis wyników i dyskusja

W ramach realizowanego w części doświadczalnej zadania (01.10.2010-31.12.2012) przeprowadzono planowo trzy 5-6 miesięczne eksperymenty, każdorazowo na 216 młodych kurkach nioskach utrzymywanych w klatkach bateryjnych.

Aby zarejestrować reakcję młodych niosek, szczególnie wrażliwych na działanie czynników żywieniowych, wzbogacono stosowane mieszanki treściwe w selen na poziomie 0,3 mg/kg mieszanki oraz w jod w dawce 1, 3 i 5 mg/kg mieszanki w celu fortyfikacji zawartości tych bioaktywnych pierwiastków w treści jaja. Głównym celem badań było uzyskanie funkcjonalnego produktu konsumpcyjnego, ale również zarejestrowanie wskaźników produkcyjnych i cech jakościowych jaj (od 30% nieśności) jak również określenie wskaźników zdrowotnych niosek: morfotycznych składników krwi, biochemicznych składników w surowicy krwi; aktywności enzymów wątrobowych, wskaźników lipidowych, zawartości

immunoglobulin oraz hormonów tarczycy a także morfologii tarczycy i morfometrii pęcherzyków tarczycy.

Zbadanie tych parametrów miało na celu określenie „zdrowotnych” efektów długotrwałego podawania selenu i jodu u niosek, stanowiących dla tych wskaźników zwierzę modelowe.

Część doświadczalną zakończono w grudniu 2012 roku natomiast niektóre z oznaczeń biochemicznych i wyniki badań histologicznych otrzymano w połowie roku 2013.

Doświadczenie I.

Najwyższą nieśność kur niosek uzyskano w grupie doświadczalnej ptaków otrzymującej selen w formie chelatu drożdżowego. Nieśność kur niosek w grupach, w mieszankach których zastosowano dodatek selenu w formie seleninu sodu lub selenometioniny była zbliżona.

Koncentracja selenu była najniższa w jajach pochodzących od niosek z grupy kontrolnej, gdzie nie zastosowano dodatku tego mikroelementu. Stwierdzono wysoko istotny ($P \leq 0.01$) wpływ dodatku selenu na jego zawartość w jajach niezależnie od formy w jakiej był on podawany. W odniesieniu do form stosowanych dodatków selenu nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości selenu w jajach pochodzących od kur otrzymujących selen selenin sodu i drożdże selenowe. Uzyskane średnie wartości zawartości selenu w jajach pochodzących od niosek z tych grup statystycznie nie różniły się. Zanotowano istotnie wyższą zawartość selenu w jajach niosek, którym mieszankę uzupełniano selenem podawanym w formie seleno-metioniny. Była ona wysoko istotnie wyższa ($P \leq 0.01$) niż w jajach niosek otrzymujących dwie pozostałe formy tego mikroelementu. Uzyskane wyniki dotyczące zawartości selenu w jajach wskazują, że zastosowanie w mieszance dla kur niosek seleno-metioniny korzystnie wpływa na jego kumulację w jajach.

Doświadczenie II

W doświadczeniu drugim oceniono wpływ podawania różnych form i różnych poziomów jodu na kumulację tego mikroelementu oraz ich wpływ na parametry produkcyjne, wskaźniki krwi – stężenie hormonów tarczycy w serum krwi oraz morfologię tarczycy kur.

U kur niosek otrzymujących w mieszance pełnoporcjowej KI odnotowano statystycznie istotny w porównaniu do dwóch pozostałych grup niższa nieśność oraz wyższe pobranie paszy na 1 jajo. W tej grupie najniższa również była kumulacja jodu w jajach. Przy zastosowaniu dwóch pozostałych dodatków jodu oceniane parametry były korzystniejsze w obrębie tych grup na tym samym poziomie. Zastosowana dawka jodu istotnie modyfikowała koncentrację jodu w jajach i była wyższa przy poziomie 5 mg/kg. Zastosowane formy i poziomy jodu nie miały wpływu na średnią masę jaj, wskaźniki hematologiczne krwi oraz aktywność enzymów wątrobowych. Jakość jaj zależna była jedynie od wieku kur. Czynniki doświadczalne nie miały wpływu na te parametry [Słupczyńska i wsp. 2014].

Nie stwierdzono wpływu rodzaju dodatku jodu na stężenie hormonów tarczycy, istotny wpływ na stężenie hormonów tarczycy miał natomiast poziom tego mikroelementu w mieszance pełnoporcjowej. Zawartość jodu w mieszankach pełnoporcjowych dla kur niosek nie miała wpływu na wielkość pęcherzyków tarczycy oraz wysokość nabłonków pęcherzyków. Forma zastosowanego dodatku jodu wpłynęła zarówno na wielkość pęcherzyków tarczycy jak i wysokość nabłonków pęcherzyków. Najmniejsze pęcherzyki obserwowano u kur niosek z grupy otrzymującej w mieszance pełnoporcjowej KIO_3 , natomiast najwyższą wysokość nabłonków pęcherzyków u kur niosek z grupy otrzymującej $Ca (IO_3)_2$.

Doświadczenie III

W doświadczeniu III odnotowano wpływ rodzaju diety – udziału lub braku dodatku w mieszance pełnoporcjowej dla kur niosek poekstrakcyjnej śruty rzepakowej na nieśność, masę jaja oraz udział skorupy w jaju. Zastosowanie w mieszance poekstrakcyjnej śruty rzepakowej istotnie wpłynęło na wzrost nieśności oraz udziału skorupy w jaju, natomiast masa jaja u kur w tej grupie była istotnie niższa.

W przypadku zastosowania różnych źródeł jodu odnotowano ich wpływ na masę jaja oraz liczbę erytrocytów, zawartość hemoglobiny, a także kumulację jodu w treści jaja. Wartości wszystkich tych parametrów były istotnie wyższe u kur niosek otrzymujących w mieszance dodatek jodku potasu. Poziom zastosowanych form jodu istotnie wpłynął na masę jaja, pobranie paszy na produkcję 1 kg jaj oraz zawartość jodu w treści jaja. Wraz ze wzrastającą

ilością dodatku jodu do mieszanki pełnoporcjowej jego kumulacja w treści jaja wzrastała.

Nie stwierdzono wpływu badanych czynników doświadczalnych na leukogram krwi oraz metabolity lipidowe (TG, Chol, HDL, LDL). Stwierdzono natomiast istotny wpływ rodzaju diety na aktywność ALP – która była wyższa u ptaków otrzymujących w mieszance śrutę rzepakową.

Wyniki badań wykazały, że rodzaj zastosowanej diety – miał istotny wpływ na stężenie hormonu fT_3 , była ona wyższa w grupie zwierząt, w których mieszance pełnoporcjowej wprowadzono 10% udział poekstrakcyjnej śruty rzepakowej [Słupczyńska i wsp. 2018]. Rodzaj diety nie wpływał na zawartość immunoglobulin. Nie odnotowano wpływu formy zastosowanego źródła jodu zarówno na poziom immunoglobulin jak i stężenie hormonów tarczycy. Poziom jodu w mieszankach pełnoporcjowych nie wpływał na koncentracje immunoglobulin, natomiast istotnie wpływał na poziom fT_3 , w grupie ptaków otrzymujących w mieszance mineralnej 5 mg I/kg był on najwyższy.

W zakresie badań dotyczących morfologii tarczyc ptaków odnotowano istotne ($P<0,05$) zwiększenie wielkości pęcherzyków przy stosowaniu diety zawierającej śrutę rzepakową. Zastosowanie w mieszance KI jako źródła jodu spowodowało istotne ($P<0,01$) zwiększenie wysokości nabłonków. Wraz ze wzrostem poziomu jodu w mieszankach doświadczalnych odnotowano wzrost ($P<0,01$) wysokości nabłonków pęcherzyków, natomiast przy najwyższym poziomie jodu w diecie (5 mg/kg) odnotowano zmniejszenie ($P<0,01$) wielkości pęcherzyków oraz zwiększenie ich aktywności [Słupczyńska i wsp. 2018].

Podsumowanie

1. Najkorzystniejsze wyniki produkcyjne (dośw. I) uzyskano przy stosowaniu 0,3 mg se/kg mieszanki podawanego w postaci drożdży selenowych, natomiast najwyższą kumulację tego pierwiastka w treści jaj uzyskano przy stosowaniu seleno-metioniny (382 mcg/kg treści jaja) w porównaniu do retencji Se notowanej przy zastosowaniu seleninu sodu lub drożdży selenowych (średnio 257 mcg/kg treści jaja). Nie odnotowano

istotnego wpływu zastosowanych połączeń Se na morfologię i biochemiczne wskaźniki krwi.

2. Porównywalne i lepsze ($P < 0,01$) wyniki produkcyjne (dośw. II) oraz retencję jodu w treści jaja uzyskano przy stosowaniu w mieszankach dla niosek dodatku $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ lub KIO_3 w porównaniu do KI. Przy dawce jodu 1 mg/kg mieszanki kumulacja jodu w jajach wynosiła 365 mcg. Wprowadzenie dodatku 5 mg/kg zwiększyła 3-krotnie zawartość jodu do 1098 mcg/kg treści jaja. Nie stwierdzono negatywnego oddziaływania zastosowanych związków jodu i jego dawek na wskaźniki morfotyczne i biochemiczne krwi oraz na morfologię i stężenie hormonów tarczycy w surowicy krwi.
3. Zastosowanie jako źródła jodu KI lub KIO_3 w dietach młodych kur niosek (dośw. III) różnicowało stopień kumulowania jodu w treści jaj, odpowiednio na poziomie 812 i 702 mcg/kg treści jaj. Stopniowanie dawek jodu z 1 do 3 i 5 mg/kg mieszanki treściwej spowodowało wzrost ilości I w treści jaja z 308 do 717 i 1245 mcg/kg treści. Przy wprowadzaniu do jodowanej mieszanki treściwej 10% śruty rzepakowej var. 00 stwierdzono jedynie nieistotne zmniejszenie retencji jodu w jajach do 736 mcg/kg w porównaniu do efektu uzyskanego przy podawaniu wzbogaconej w jod mieszanki zbożowo-sojowej (778 mcg/kg treści jaja). Nie obserwowano wpływu dodatku jodu na parametry zdrowotne kur – wskaźniki morfotyczne i biochemiczne krwi i surowicy jak również nie stwierdzono negatywnego wpływu dodatków tego pierwiastka na morfologię i morfometrię tarczycy oraz stężenie hormonów tarczycy w surowicy krwi.

PIŚMIENNICTWO

1. SŁUPCZYŃSKA M., JAMROZ D., ORDA J., WILICZKIEWICZ A., 2014 - Effect of various sources and levels of iodine, as well as the kind of diet, on the performance of young laying hens, iodine accumulation in eggs, egg characteristics, and morphotic and biochemical indices in blood. *Poultry Science* Volume 93: 2536–2547.
2. SŁUPCZYŃSKA M., JAMROZ D., ORDA J., 2018 - Long-Term Supplementation of Laying Hen Diets with Various Selenium Sources as a Method for the Fortification of Eggs with Selenium. *Journal of Chemistry* 2018: 1-7.

3.6 - Wpływ stosowania roślin genetycznie modyfikowanych w diecie przepiórki japońskiej na wartość odżywczą mięsa i jaj, bezpieczeństwo żywności oraz użytkowość i status zdrowotny ptaków.

Cele badań

Celem projektu było przeprowadzenie kompleksowych badań, wykluczających bądź potwierdzających negatywny wpływ stosowania roślin paszowych genetycznie modyfikowanych (GM) na jakość surowców zwierzęcych oraz bezpieczeństwo żywności z punktu widzenia konsumenta, wyjaśniające czy istnieje problem retencji (kumulacji) transgenicznego DNA i modyfikowanego białka w mięsie i jajach przepiórki japońskiej, jako gatunku modelowego [Korwin-Kossakowska i wsp. 2013a]. Cel ten realizowany był przez następujące zadania cząstkowe:

- a) określenie tzw. równoważności składnikowej pasz GM i konwencjonalnych oraz równoważności składnikowej w mięsie i jajach ptaków w wyniku stosowania dwóch rodzajów pasz – bez GMO i z GMO (transgeneza I stopnia)
- b) porównanie produktywności i wskaźników reprodukcji oraz zdrowotności ptaków żywionych obydwojoma rodzajami pasz
- c) zbadanie czy następuje retencja transgenicznego DNA i zmodyfikowanego białka będącego produktem jego ekspresji w mięsie i jajach ptaków.

Opis wyników i dyskusja

Przygotowanie materiału zwierzęcego do doświadczenia

Materiałem modelowym w doświadczeniu było 10 pokoleń ptaków – przepiórki japońskiej, pochodzące ze stada własnego Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu. Ptaki w każdym pokoleniu przydzielane były do trzech różnych grup żywieniowych:

Grupa A żywna paszą zawierającą soję modyfikowaną genetycznie - RR (Roundyp Ready)

Grupa B żywna paszą zawierającą kukurydzę modyfikowaną genetycznie MON 810

Grupa C (grupa kontrolna) nie zawierająca w paszy komponentów GM.

Prowadzenie lęgów

W każdym kolejnym pokoleniu do inkubacji zbierano po 350 jaj z każdej grupy, odrzucano jaja o nieprawidłowym kształcie lub kolorze skorupy, zbyt małe, zbyt duże oraz z mikropęknięciami skorupy, które stwierdzano przy użyciu owoluksu. Jaja były układane na specjalnych oznakowanych tacach i umieszczane w inkubatorze na półkach, których nachylenie było automatycznie zmieniane. Inkubacja przebiegała przy temperaturze 37,8 stopni Celsjusza i wilgotności 70-80%. Po 17-u dniach, jaja były wyjmowane i prześwietlane ponownie w celu kontroli zapłodnienia jaj i rozwoju zarodków. Jaja niezapłodnione były odrzucane, a zapłodnione przekładane do specjalnych woreczków i oznakowanych skrzynek, wstawianych do inkubatora (już bez pochylania). 21-go dnia wyklute pisklęta wyjmowano z inkubatora, ważono i rozdzielano do przygotowanych wcześniej klatek. Przeprowadzono biologiczną analizę lęgów, odnotowując liczbę piskląt niewyklutych zamarych itd.

Zdrowe pisklęta z każdej grupy rozdzielano początkowo do trzech identycznych klatek w liczbie po ok. 100 sztuk. Klatki te dostosowane były do odchovu młodych przepiórek: wyposażone w sztuczne kwoki utrzymujące wysoką temperaturę – 38 ° Celsjusza, karmidła i poidła dostosowane do małego rozmiaru piskląt oraz podłogę wyścielaną drobną siatką i papierem. Temperatura była stopniowo obniżana. Po dwóch tygodniach ptaki rozdzielano następnie do czterech klatek pośrednich wyposażonych już w karmidła i poidła zewnętrzne, ale wciąż z drobną siatką na podłodze. Począwszy od szóstego tygodnia życia, ptaki przydzielano do klatek docelowych dla dorosłych przepiórek, wyposażonych w podłogę rusztową z niewielkim spadkiem umożliwiającym wyturlanie się jaj na zewnątrz. Wszystkie odchowane samice rozdzielano do tych sześciu klatek po równo i przydzielano do nich odpowiednią ilość samców w proporcji 3:1. W tym czasie ptakom zmieniano paszę na odpowiednią dla niosek i rozpoczął się okres

nieśności. W takich warunkach ptaki utrzymywane były do 16-tego tygodnia życia, kiedy to zbierano jaja na kolejne pokolenie [Korwin-Kossakowska i wsp. 2013a, b].

Analiza wartości pokarmowej skomponowanych mieszanek

Ptaki otrzymywały dwa typy paszy: w okresie wzrostu (1-6 tydzień) – „Grower feed” i w okresie nieśności (7-17 tydzień) „Layer feed”. Według takich samych zasad we wszystkich 10 – u pokoleniach. Pasze przygotowywane były przez firmę Agro-Kocięba (Bogdan Kocięba, Czarnocin, Polska). Poziom podstawowych składników odżywczych w obydwu rodzajach pasz był analizowany w każdym pokoleniu zgodnie z metodyką A.O.A.C. (2005).

Ptaki w każdej z klatek otrzymywały tę samą ilość paszy, pozostałości były monitorowane raz w tygodniu. Każdorazowo, w takcie trwania doświadczenia kontrolowany była rzeczywisty skład paszy.

Zawartość modyfikowanego DNA w paszy była kontrolowana częściowo przez Laboratorium Referencyjne Instytutu Fizjologii i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie, częściowo wg. własnej metodyki. Wyniki potwierdzają zawartość kukurydzy MON 810 w paszy przeznaczonej dla grupy B oraz występowanie soi RR w grupie A, podczas gdy w paszy z grupy C pozostawała niewielka ilość domieszek modyfikowanego DNA (promotora CAMv). Wśród komponentów paszy obecność promotora wynika z obecności wirusa mozaiki kalafiora, natomiast olej sojowy, który jest dodatkiem do paszy jest produkowany całkowicie z soi RR, stąd prawdopodobnie jej domieszki w grupie C (non-GMO). Domieszki te były jednak śladowe i nie wpływały na wynik doświadczenia [Korwin-Kossakowska i wsp. 2013a].

Rejestracja wyników produkcyjnych

10 pokoleń ptaków przepiórki japońskiej zostało odchowanych do 17 tygodnia życia, każdorazowo zbierano dane dotyczące ich produktywności, następnie ptaki ubijano i określano masę absolutną oraz masę relatywną poszczególnych organów (mięsień piersiowy, serce, wątroba, żołądek, układ rozrodczy) [Sartowska i wsp. 2012a].

Po uboju przeprowadzono dyssekcję i pobierano następujące próby:

-: fragment wątroby, śledziony, nerki, dwunastnicy z trzustką oraz fragment mięśnia piersiowego, w każdym pokoleniu od 6 ptaków z każdej grupy (od 3 samców i 3 samic). do badań histopatologicznych p

- fragment mięśnia piersiowego, wątroby, jelita, żołądka, serca, śledziony, nerki (w każdym pokoleniu po 12 samic i 3 samców z każdej grupy). do analizy DNA w celu ewentualnej identyfikacji i badania konstruktu genowego.

Ponadto:

- żółtko jaja do badania składu chemicznego – w każdym pokoleniu 12 próbek z każdej grupy, razem 36 próbek w jednym pokoleniu (próbki spulowane (ang. *pooling*) z 5 żółtek).

- mięsień piersiowy do badania składu chemicznego, w każdym pokoleniu od 24 ptaków (12 samic i 12 samców) z każdej grupy, razem 72 próbki w jednym pokoleniu

- żółtko i mięśnie do badań zawartości kwasów tłuszczowych, pobrane i zamrożone w – 80°C

- tarczki zarodkowe do badań molekularnych, po 6 z każdej grupy żywieniowej w każdym pokoleniu [Sartowska i wsp. 2012b].

Lęgi

Procent wylęgu wynosił w grupie A –82,11%, grupie B – 79.25%; i grupie C – 77.68 %, średnio ze wszystkich dziesięciu pokoleń.

Analiza biologiczna nie wykazała różnic pomiędzy grupami żywieniowymi. Poziom zapłodnienia (liczba zapłodnionych jaj) osiągał wysokość około 94%. Największe straty przy wylęgu ptaków zostały zaobserwowane na etapie zamierania w trakcie wczesnego rozwoju. Procent ptaków nie wyklułych i kalekich był mały, stąd liczba ptaków zdrowych była na satysfakcjonującym poziomie.

Masa ciała

Masa ciała piskląt była podobna we wszystkich trzech grupach żywieniowych. Jedynie w 4 tygodniu życia piskląt występowały różnice pomiędzy masą ciała ptaków z grupy A w stosunku do grupy B. Nie zaobserwowano różnic w

stosunku do grupy kontrolnej C. W okresie nieśności masa samic z grupy B była minimalnie wyższa (wykres 1) jednak ta różnica okazała się nie istotna statystycznie.

Pobranie paszy

Podczas trwania doświadczenia monitorowany był pobór paszy, przeliczany na poszczególne klatki. Pomiar ten nie jest jednak precyzyjny ze względu na skłonność ptaków do silnego rozsypywania. Generalnie w okresie nieśności średnie pobranie paszy wynosiło 200 g paszy/ptaka/tydzień. Nie zostały wykazane żadne różnice w pobraniu paszy pomiędzy badanymi grupami.

Nieśność

Nieśność przepiórek odnotowywana była przez okres 10 tygodni. Średni poziom nieśności nie różnił się od literaturowej charakterystycznej dla tego okresu produkcyjnego.

Nieco wyższą nieśność wykazywały ptaki w grupie B – średnio 77.67 % w porównaniu do 75,66 % i 75,52% w grupach A i C, odpowiednio. Podobnie kształtowała się masa jaja (nie było tu różnic w stosunku do grupy kontrolnej).

Charakterystyka poubojowa przepiórek

Średnia masa tuszki samicy po uboju wynosiła odpowiednio 221.89; 225.82; oraz 226.59 gramów odpowiednio dla grup A, B, i C. Podobnie w grupie samców 188.84; 187.78 i 184.13 gramów, odpowiednio w badanych grupach. Nie wykazano statystycznych różnic w masie ciała pomiędzy grupami żywieniowymi. Odnotowano statystycznie istotne różnice w masie żołądka i masie mięśnia piersiowego, przy czym wyższą masę w obydwu przypadkach miały ptaki z grupy B zarówno w stosunku do A jak i C. Wykazano również różnicę w masie poszczególnych organów pomiędzy płciami. Każdorazowo samice wykazywały wyższe wartości [Sartowska i wsp. 2015].

Skład chemiczny i zawartość kwasów tłuszczowych w mięsie i żółtku jaja

Skład chemiczny w mięsie uzyskanym od osobników z grupy A różnił się od składu mięśni z grupy C (kontrolnej). Nieco wyższy był poziom białka, natomiast znacznie mniejsza zawartość tłuszczu. Grupa B wykazały poziom pośredni. W przypadku składu chemicznego żółtka jaj, grupy A i B różnią się

między sobą, natomiast nie różnią się od grupy kontrolnej [Sartowska i wsp. 2013].

Poziom kwasów tłuszczowych oznaczony był w mięsie pochodzącym od ptaków z 3 pokoleń –II, III i IV (12samic+ 12 samców w każdym pokoleniu , 1 próbka spulłowana z 5 żółtek).

Różnice pomiędzy grupami żywieniowymi w poziomie poszczególnych kwasów tłuszczowych były nie istotne statystycznie. Jedyne różnice profilu kwasów tłuszczowych jakie odnotowano występowały pomiędzy płciami [Sartowska i wsp. 2013].

Kalkulowano sumy SFA (14:0 + 16:0 + 18:0), MUFA (16:1 + 18:1) i PUFA (18:2 + 18:3 + 20:4 + 20:5 + 22:5 + 22:6). Suma kwasów n-6 była kalkulowana jako suma 18:2 + 20:4, natomiast suma kwasów n-3 jako suma 18:3 + 20:5 + 22:5 + 22:6.

Wykazano brak różnic w profilu poszczególnych kwasów tłuszczowych w żółtku jaja. Stwierdzono, że profil tłuszczowy jaj jest korzystniejszy dla konsumenta - stosunek $n6/n3=3,51$; PUFA/SFA=0,50 zgodnie z normami WHO. Stwierdzono wyższy poziom EPA, DPA i DHA, w porównaniu do jaj kurzych, co sprawia że produkt ten jest zdrowszy.

Badania molekularne

Przeprowadzono analizę molekularną na obecność konstruktów genowych w próbkach pobranych od osobników z 10 pokoleń, razem 3150 próbek tkanek (15 osobników x 3grupy x 10 pokoleń x 7 tkanek) i 180 tarczki zarodkowych pobranych z jaj. Zostały one przebadane pod kątem występowania konstruktów genowych promotor *CaMV 35 S* i terminator *nos*, charakterystycznych dla RR soi i kukurydzy MON810. Genomowe DNA zostało wyizolowane z zamrożonych prób (25 mg) przy użyciu gotowego zestawu DNasy Blood and Tissue Kit (Qiagen, Hilden, Germany).

DNA amplifikowano przy użyciu zestawu REDTaq ReadyMix (Sigma-Aldrich,GB).

Po amplifikacji sekwencje docelowe były analizowane w 2% żelu agarozowym i wizualizowane w świetle UV w obecności bromku etydyny a następnie dokumentowane w postaci zdjęć. Wynik w postaci prążka 118 par

zasad świadczy o występowaniu terminatora *nos* natomiast 123 pary zasad sekwencja promotora *CaMV 35S*.

W sumie wykonano 3330 analizy. W żadnej z badanych tkanek, tj. serce, wątroba, jelito, żołądek, mięsień sercowy, śledziona i nerka oraz tarczka zarodkowa jaj, nie amplifikował się fragment o charakterystycznej długości, świadczący o występowaniu w/w konstruktu. Stworzono bazę danych, , zawierającą informacje na temat ilości wyizolowanego DNA, użytych odczynników oraz wyników reakcji PCR zarówno dla standardów (kontrola pozytywna) jak również dla prób badanych.

Analiza stanu klinicznego ptaków

W trakcie uboju każdego pokolenia ocenie poddano status kliniczny ptaków porównując poszczególne grupy doświadczalne do stanu zdrowia przepiórek grupy kontrolnej. Zachowania aktywności życiowych były jednakowe a przepiórki wszystkich grup nie wykazywały żadnych objawów klinicznych ani symptomów dotychczas znanych jednostek chorobowych u drobiu a także żadnych oznak związanych z niedoborami żywieniowymi (np. awitaminozy, niedobory mikroelementów itp.) [Sartowska i wsp. 2015].

Każdorazowo badanie sekcyjne zakończone było ekspertyzą lekarza weterynarii. Wynik każdej z ekspertyz kończył się podobną konkluzją:

Przeprowadzone analizy stanu klinicznego i sekcyjne ptaków (przepiórki japońskie), nie wskazały na istnienie jakiegokolwiek objawów klinicznych ani zmian anatomopatologicznych wywołanych przez znane patogeny ptaków czy powodowanych przez czynniki natury żywieniowo-środowiskowej. Stwierdzenie nieznacznych odstępstw od stanu fizjologicznego u pojedynczych ptaków (tj. zabarwienie jasno- gliniasto-żółte, co mogłoby świadczyć o nieznacznym stłuszczeniu wątroby, niewielkie ogniska wybroczynowości w tym narządzie, lekkie powiększenie, błądź i wyraźnie zaznaczona marmurkowatość śledziony, w pojedynczych przypadkach nieznaczne powiększenie i przekrwienie nerek) w poszczególnych grupach nie stanowi o statusie zdrowotnym grupy a mogły być skutkiem osobniczej podatności np. na czynniki środowiskowe. Trudno na tej podstawie wyciągać wnioski o wpływie konkretnych czynników. Brak objawów klinicznych wskazuje, że mierne zmiany anatomopatologiczne były przypadkowe i nie miały związku z prowadzonym doświadczeniem.

Wyniki histopatologii

Każdorazowo, po ubojach wykonywane były badania histopatologiczne wybranych narządów. Otrzymano wyniki badań histopatologicznych narządów wewnętrznych (fragment mięśnia piersiowego, dwunastnica z trzustką, śledziona, wątroba oraz nerka) przepiórek w postaci raportów z Instytutu Weterynarii w Puławach. W badaniach nie wykazano istotnych różnic pomiędzy próbkami pochodzącymi od ptaków utrzymywanych w różnych grupach żywieniowych. Umiarkowanego, nieznacznego lub silnego stopnia przekrwienie mięszu stwierdzono w wątrobie, nerkach i śledzionie we wszystkich trzech badanych grupach zwierząt. Umiarkowanego, nieznacznego lub silnego stopnia zwyrodnienie tłuszczowe wątroby stwierdzono również we wszystkich grupach. Również wystąpienie nacieków komórek limfoidalnych w narządach tj wątroba, nerki czy dwunastnica pojawiało się bez względu na przynależność do grupy żywieniowej. Pozostałe organy tj. mięsień piersiowy i w większości przypadków dwunastnica pozostawały bez zmian. Przyczyny powstawania zmian w przypadku próbek wątroby oraz pojedynczych próbek nerek i dwunastnicy nie ustalono, a przekrwienie (od nieznacznego do silnego) narządów mięszowych mogło by wynikiem niedostatecznego skrwawienia ptaków podczas uboju (na podstawie sprawozdań z badań).

Podsumowanie

1. Nie stwierdzono negatywnego wpływu stosowania soi ani też kukurydzy GM w paszy na wyniki produkcyjne, rozród i status zdrowotny ptaków.
2. Mimo wykazanych niewielkich różnic w nieśności, masie niektórych organów oraz w składzie chemicznym w mięsie i jajach ptaków należących do różnych grup żywieniowych, nie wykazano tendencji, które wskazywałyby na fakt negatywnego oddziaływania którejkolwiek z użytych modyfikacji.
3. W żadnej z badanych próbek mięśnia, organów wewnętrznych ani jaj nie zidentyfikowano występowania konstruktu genowego pochodzącego z roślin genetycznie modyfikowanych co potwierdza bezpieczeństwo produktów jadalnych dla konsumentów.

PIŚMIENNICTWO

1. SARTOWSKA K., KORWIN-KOSSAKOWSKA A., SENDER G., JOZWIK A., PROKOPIUK M., 2012a - The impact of genetically modified plants in the diet of Japanese quails on performance traits and the nutritional value of meat and eggs – preliminary results. *Archiv fur Geflügelkunde* 76: 140–144, 2012.
2. KORWIN-KOSSAKOWSKA A., SARTOWSKA K., Linkiewicz A., Tomczyk G., PRUSAK B., SENDER G. 2013a - Evaluation of the effect of genetically modified RR soya bean and MON 810 maize in the diet of Japanese quail on chosen aspects of their productivity and retention of transgenic DNA in tissues. *Archiv fur Tierzucht – Archives of Animal Breeding* 56: 597-606.
3. SARTOWSKA K., KORWIN-KOSSAKOWSKA A., POŁAWSKA E., LIPIŃSKA P., BIENKOWSKA I., GRZYBEK W., SENDER G., 2013 - Effects of genetically modified ingredients in feed of Japanese quail on chemical composition of egg yolk. European Symposium On The Quality Of Egg And Egg Products Bergamo, Włochy, 15-19 września 2013, Book of abstracts, *World Poultry Science Journal* 69, Supplement, pp. 120
4. SARTOWSKA K., KORWIN-KOSSAKOWSKA A., SENDER G., 2015 – Genetically modified crops in a 10-generation feeding trial on Japanese Quail – Evaluation of its influence on birds’ performance and body composition. *Poultry Science* 94: 2909-2916.
5. SARTOWSKA K., KORWIN-KOSSAKOWSKA A., SENDER G., JOZWIK A., PROKOPIUK M., 2012b - The impact of genetically modified plants in the diet of Japanese quails on performance traits and the nutritional value of meat and eggs – preliminary results. *Archiv fur Geflügelkunde* 76: 140-144.
6. KORWIN-KOSSAKOWSKA A., SARTOWSKA K., SENDER G., 2013b - Effect of genetically modified plants in the diet of Japanese quail on the productivity and the presence of transgenic DNA in the genome of the birds. XXI Plant and Animal Genome Conference, San Diego, CA, USA, pp. 248.

Rozdział 4. Opracowanie kompleksowych, innowacyjnych technologii produkcji artykułów mleczarskich, wytwarzanych z mleka krów, kóz i owiec, spełniających kryteria żywności funkcjonalnej.

E. Bagnicka, A. Józwik, N. Strzałkowska, , D. Słoniewska

4.1 – Opracowanie technologii produkcji wyrobów głównie z mleka krowiego i koziego o podwyższonej wartości funkcjonalnej.

Cel badań

1. Opracowanie receptury kefiru i twarogu kwasowo podpuszczkowego wytworzonego z mleka koziego o optymalnym składzie czynników prozdrowotnych. Wytworzenie serii pilotowych produktów z mleka koziego.
2. Opracowanie receptury jogurtu oraz sera podpuszczkowo solankowego wytworzonego z mleka owczego o optymalnym składzie czynników prozdrowotnych. Wytworzenie serii pilotowych produktów z mleka owczego.
3. Opracowanie receptury produkcji mleka krowiego pasteryzowanego o przedłużonej trwałości, mleka acidofilnego i bifidusowego oraz sera kwasowo podpuszczkowego. Wytworzenie serii pilotowych produktów z mleka krowiego.
4. Opracowanie receptury mleka spożywczego pasteryzowanego o przedłużonej trwałości oraz sera podpuszczkowego solankowego wytworzonego z mleka koziego o optymalnym składzie czynników prozdrowotnych. Wytworzenie serii pilotowych produktów z mleka koziego.
5. Opracowanie receptury kefiru oraz sera z masy parzonej wytworzonego z mleka koziego o optymalnym składzie czynników prozdrowotnych. Wytworzenie serii pilotowych produktów z mleka koziego.
6. Wybrane produkty z mleka koziego (twaróg kwasowo podpuszczkowy, ser solankowy oraz kefir) wytwarzane były również w warunkach przemysłowych. Przeprowadzone próby wykazały, że mleko kozie o podwyższonej zawartości składników bioaktywnych jest dobrym surowcem do produkcji ww. produktów

Opis wyników i dyskusja

W pierwszym etapie badań opracowano monografię na temat przydatności technologicznej mleka koziego i owczego do przetwórstwa. Zebrano i opracowano materiały dotyczące aktualnej sytuacji na świecie i w

Polsce w zakresie produkcji mleka koziego i owczego, jakości surowego mleka koziego i owczego oraz przykładowych grup produktów z mleka koziego i owczego [Danków i Pikul 2011a, Danków i Pikul 2011b].

W kolejnym etapie badań dokonano oceny przydatności technologicznej zbiorczego mleka koziego o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych. Opracowano receptury, składu oraz wytworzenie: kefiru, twarogu kwasowo-podpuszczkowego, mleka pasteryzowanego o przedłużonej trwałości, sera podpuszczkowego solankowego i sera z masy parzonej wzbogaconych w substancje bioaktywne. Podsumowano wyniki dotyczące oceny wybranych cech jakościowych ww. produktów. Opracowano także instrukcje technologicznych wytwarzania ww. produktów [Pikul i wsp. 2014, Cais-Sokolińska i wsp. 2015a, Cais-Sokolińska 2015b, Danków 2015, Pikul i wsp. 2015e, Pikul i wsp. 2015f, Pikul i wsp. 2015g, Pikul i wsp. 2015h, Pikul i wsp. 2015i, Wójtowski i wsp. 2015b].

Następny etap badań dotyczył ocena przydatności technologicznej zbiorczego mleka owczego o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych. Opracowano receptury, składu oraz wytworzenia: jogurtu naturalnego oraz sera podpuszczkowego solankowego wzbogaconych w substancje bioaktywne. Dokonano także oceny wyników dotyczących wybranych cech jakościowych ww. produktów. Opracowano instrukcje technologiczne wytwarzania ww. produktów [Danków i wsp. 2015, Wójtowski i wsp. 2015a].

W ramach kolejnego etapu badań oceniono przydatność technologiczną zbiorczego mleka krowiego pozyskanego od krów rasy Holsztyńsko-Fryzyjskiej oraz Montbeliarde o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych. Opracowano receptury, składu oraz wytworzenie: mleka pasteryzowanego o przedłużonej trwałości, mleka acidofilnego, bifidusowego oraz sera podpuszczkowego wzbogaconych w substancje bioaktywne. W końcowym etapie realizacji tych badań zostały poddane ocenie wybrane cechy jakościowe ww. produktów. Opracowano instrukcje technologiczne wytwarzania ww. produktów [Pikul i wsp. 2015a, Pikul i wsp. 2015b, Pikul i wsp. 2015c, Pikul i wsp. 2015d].

Podsumowanie

- Ocena przydatności technologicznej zbiorczego mleka koziego o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych. Opracowanie receptur, składu oraz wytworzenie: kefiru, twarogu kwasowo-podpuszczkowego, mleka pasteryzowanego o przedłużonej trwałości, sera podpuszczkowego solankowego i sera z masy parzonej wzbogaconych w substancje bioaktywne. Opracowanie wyników dotyczących oceny wybranych cech jakościowych ww. produktów.

Opracowanie instrukcji technologicznych wytwarzania ww. produktów.

- Ocena przydatności technologicznej zbiorczego mleka owczego o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych. Opracowanie receptur, składu oraz wytworzenie: jogurtu naturalnego oraz sera podpuszczkowego solankowego wzbogaconych w substancje bioaktywne. Opracowanie wyników dotyczących oceny wybranych cech jakościowych ww. produktów. Opracowanie instrukcji technologicznych wytwarzania ww. produktów.
- Ocena przydatności technologicznej zbiorczego mleka krowiego pozyskanego od krów rasy Holsztyńsko-Fryzyjskiej oraz Montbeliarde o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych. Opracowanie receptur, składu oraz wytworzenie: mleka pasteryzowanego o przedłużonej trwałości, mleka acidofilnego, bifidusowego oraz sera podpuszczkowego wzbogaconych w substancje bioaktywne. Opracowanie wyników dotyczących oceny wybranych cech jakościowych ww. produktów. Opracowanie instrukcji technologicznych wytwarzania ww. produktów.

PIŚMIENNICTWO

1. CAIS-SOKOLIŃSKA D., PIKUL J., WÓJTOWSKI J., DANKÓW R., TEICHERT J., CZYŻAK-RUNOWSKA G., BAGNICKA E., 2015a - Evaluation of quality of kefir from milk obtained from goats supplemented with a diet rich in bioactive compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95 (6), 1343-1349.
2. CAIS-SOKOLIŃSKA D., WÓJTOWSKI J., PIKUL J., DANKÓW R., MAJCHER M., TEICHERT J., BAGNICKA E., 2015b - Formation of volatile compounds in kefir made of goat and sheep milk with high polyunsaturated fatty acid content. *Journal of Dairy Science* . 98 (10), 6692-6705.
3. DANKÓW R., 2015 - Sposób produkcji sera z masy parzonej z mleka koziego wzbogaconego w substancje bioaktywne. **URL: www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje**
4. DANKÓW R., PIKUL J., 2011a - Przydatność technologiczna mleka koziego do przetwórstwa. *Nauka Przyroda Technologia* 5 (2),# 6.
5. DANKÓW R., PIKUL J., 2011b - Przydatność technologiczna mleka owczego do przetwórstwa. *Nauka Przyroda. Technologie* 5 (2), #19
6. DANKÓW R., PIKUL J., WÓJTOWSKI J., CAIS-SOKOLIŃSKA D., TEICHERT J., BAGNICKA E., 2015 -The effect of false flax (*Camelina sativa*) cake diet supplementation on fatty acid profile of

- ewes milk and yoghurt produced from it. *Journal of Animal and Feed Sciences* 24 (3), 193-202.
7. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J. 2015a- Produkcja sera kwasowo-podpuszczkowego z mleka krowiego wzbogaconego w substancje bioaktywne.
URL:www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
 8. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J., 2015b - Produkcja mleka acidofilnego z mleka krowiego wzbogaconego w substancje bioaktywne. **URL:**www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
 9. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J., 2015c - Produkcja mleka pasteryzowanego o przedłużonej trwałości z mleka krowiego wzbogaconego w substancje bioaktywne.
URL:www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
 10. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J., 2015d. - Produkcja mleka bifidusowego metodą termostatową z mleka krowiego wzbogaconego w substancje bioaktywne.
URL:www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje
 11. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J., CAIS-SOKOLIŃSKA D., 2015e - Kefir z mleka koziego o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych.
URL:www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
 12. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J., CAIS-SOKOLIŃSKA D., 2015f - Ser podpuszczkowy-solankowy z mleka koziego o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych.
URL:www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
 13. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J., CAIS-SOKOLIŃSKA D., 2015g - Ser twarogowy kwasowo-podpuszczkowy z mleka koziego o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych.
URL:www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
 14. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J., CAIS-SOKOLIŃSKA D., 2015h - Produkcja twarogu kwasowo-podpuszczkowego metodą wirówkową z mleka koziego wzbogaconego w substancje bioaktywne.
URL:www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
 15. PIKUL J., DANKÓW R., TEICHERT J., CAIS-SOKOLIŃSKA D., 2015i- Sposób produkcji mleka pasteryzowanego o przedłużonej trwałości z mleka koziego o zwiększonej zawartości składników bioaktywnych.
URL:www.biozywnosc.edu.pl/instrukcje.
 16. PIKUL J., WÓJTOWSKI J., DANKÓW R., TEICHERT J., CZYŻAK-RUNOWSKA G., CAIS-SOKOLIŃSKA D., CIEŚLAK A., SZUMACHER-STRABEL M., BAGNICKA E., 2014 - The effect of

- false flax (*Camelina sativa*) cake diet supplementation in dairy goats on fatty acid profile of kefir. *Small Ruminant Research*, 122, 44-49.
17. WÓJTOWSKI J., PIKUL J., CIEŚLAK A., SZUMACHER-STRABEL M., DANKÓW R., 2015a - Produkcja sera podpuszczkowego solankowego z mleka owczego wzbogaconego w substancje bioaktywne.
URL:www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje.
18. WÓJTOWSKI J., PIKUL J., CIEŚLAK A., SZUMACHER-STRABEL M., DANKÓW R., 2015b - Produkcja mleka o podwyższonej zawartości składników bioaktywnych kóz żywionych suplementem DDGS.
URL:www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje.

4.2 – Opracowanie technologii produkcji przetworów z mleka owiec o podwyższonej wartości odżywczej i obniżonej alergenicności

Cele badań

1. Opracowanie technologii produkcji serów półtwardych o wysokiej zawartości składników bioaktywnych Doświadczalna produkcja serów twarogowych ze wszystkich białek mleka owczego wzbogacanych dodatkiem ziół tradycyjna metodą podpuszczkową, serwitową – wapniowo-podpuszczkową, kwasowo-podpuszczkową oraz grani.
2. Opracowanie technologii produkcji serów twarogowych o wysokiej zawartości składników bioaktywnych – wzbogaconych o składniki bioaktywne ziół.
3. Weryfikacja technologii produkcji serów twarogowych z wszystkich białek mleka owczego wzbogacanych dodatkiem ziół metodą: tradycyjną podpuszczkową, serwitową, kwasowo-podpuszczkową oraz grani
4. Opracowanie technologii produkcji jogurtów naturalnych z mleka owczego o wysokiej zawartości składników bioaktywnych.
5. Transfer technologii produktów wytwarzanych z mleka owczego. Testowa produkcja wybranych produktów z mleka owczego – testowa produkcja jogurtów z mleka merynosów. Próbnny rozruch nowych linii technologicznych.

Opis wyników i dyskusja

Opracowanie technologii produkcji serów półtwardych o wysokiej zawartości składników bioaktywnych – wykonano 2 doświadczenia: „1” w oparciu o mleko merynosa polskiego odmiany barwnej, „2” na bazie mleka plenno-mlecznej owcy kołudzkiej. W każdym z doświadczeń produkowano trzy rodzaje serów półtwardych dojrzewających: I – ser kontrolny („Ser Kołudzki” wg normy Zakładowej IZ PIB ZD Kołuda Wielka), II – ser doświadczalny ze wszystkich białek mleka, część białek wytrącana za pomocą chlorku wapnia, pozostałe za pomocą podpuszczki, III – ser doświadczalny ze wszystkich białek mleka (metoda kwasowo – podpuszczkowa) – wytrącenie białek za pomocą podpuszczki w ukwaszonym mleku. Każdy rodzaj sera w każdym z doświadczeń wytwarzano czterokrotnie. Wykazano możliwość wytwarzania serów półtwardych dojrzewających w warunkach przyzagrodowych każdą z porównywanych metod. Przy produkcji serów II metodą uzyskano wyższy ($P < 0,05$) wydatek masy sera (26,3) niż przy I (24,5) i III (24,0%). Sery produkowane III metodą zawierały więcej suchej masy (53,45), białka (26,42%) i miały wyższą wartość energetyczną (303 kcal) niż I (odp.: 51,72, 24,60 i 296) i II (odp.: 49,81, 24,37 i 278). Zawartość popiołu była wyższa w serze II (3,87), nieco niższa w III (3,65) i najniższa w I (3,25%). Zawartość tłuszczu w serach średnio wynosiła: I – 20,49, II – 18,76, III – 20,78% i nie różniła się statystycznie. Stwierdzono w serach II i III wzrost proporcjonalnego udziału białka w suchej masie sera – vs. 49,03 i 49,46 w stosunku do I – 47,52. Ogólnie wyższą ($P < 0,01$) wydajność sera uzyskano przy produkcji ich z mleka merynosów (27,48) niż owcy kołudzkiej (22,33%); sery z mleka owcy kołudzkiej zawierały więcej suchej masy (odp.: 53,06 vs. 50,26%) i miały wyższą ($P < 0,05$) wartość energetyczną (300 vs. 284 kcal). Retencja składników mleka, takich jak sucha masa, tłuszcz i smb w porównywanych serach była na podobnym poziomie, odpowiednio dla I – 65,9, 70,3 i 63,3; II – 68,2, 67,1 i 68,0; III – 64,6, 66,2 i 63,8%. Retencja białek mleka w serach była wyższa przy II metodzie (96,34), nieco niższa przy III (94,18) i niższa przy I (90,15%). Metoda produkcji nie wpłynęła na zawartość: makroelementów (Ca, Mg, K, Na i P) i mikroelementów (Cu, Zn i Fe), witamin A i E oraz profil frakcji tłuszczowej w serach. W serze II w porównaniu z kontrolnym uzyskano korzystniejszy ($P < 0,05$) stosunek wapnia do fosforu (I - 1,49, II - 1,59 i III - 1,54). Sery produkowane z mleka owcy kołudzkiej zawierały średnio więcej witamin: A (odp. 3,37 i 1,47 mcg/g) i E (odp. 4,01 i 1,88 mcg/g) oraz makroelementów: Mg, K i Na. Ocena jakości mikrobiologicznej serów, tak z mleka merynosów jak i owcy kołudzkiej nie wykazała obecności w nich takich patogenów jak *Listeria monocytogenes* i *Salmonella spp.*, obserwowano niski stopień zakażenia gronkowcami koagulującymi dodatkowo i bakteriami z grupy coli - $< 1/10^{-1}$ jtk/g. Stwierdzono pewien stopień zakażenia serów drożdżami i pleśniami, średnio wynosił on dla serów: I – 8,450, II – 8,064 i III – 9,041 ln jtk/g, przy tym był on nieco wyższy

dla tych z mleka merynosów - 8,958 niż owcy kołudzkiej – 8,079 In jtk/g [Pakulski i Pakulska 2010, Pakulski 2015b, Pakulski 2015e, Pakulski i wsp. 2016].

Opracowanie technologii produkcji serów twarogowych o wysokiej zawartości składników bioaktywnych – wzbogaconych o składniki bioaktywne ziół – wykonano jedno doświadczenie w oparciu o mleko merynosów, w którym wytwarzano sery twarogowe (białe niedojrzewające) czterema metodami:

- I)** tradycyjną – podpuszczkową (kontrolny „Ser Biały” - niedojrzewający),
- II)** „Serwitową” – wapniowo-podpuszczkową („Ser serwit”), polegającą na dwuetapowym procesie wytrącania białek mleka, w pierwszym - wytrącenie części białek w wyniku ich interakcji z chlorkiem wapnia w wysokiej temperaturze (92 –94⁰C), w drugim wytrącenie pozostałych białek podpuszczką w temperaturze 36-34⁰C;
- III)** Kwasowo – podpuszczkową („Twarożek Owczy”), ser ze wszystkich białek mleka, polegającą na wytrąceniu białek, we wstępnie ukwaszonym mleku, w wyniku długotrwałego działania podpuszczki w obniżonej temperaturze. Przy tej metodzie produkcji nie stosowano dodatku soli.
- IV)** Twarożek typu „Grani” (Serek Grani) – nowa metoda sprawdzona w trakcie realizacji eksperymentu, polegającą na tym, że w wyniku zastosowania odpowiednich zbiegów termicznych można uzyskać ziarnisty twarożek z ukwaszonego i ściętego podpuszczką mleka owczego

Każdy rodzaj sera wytwarzano czterokrotnie, w czterech wariantach: **A** – ser bez dodatku ziół, **B** – ser z dodatkiem suszonej bazylii, w ilości odpowiadającej 0,07% masy mleka przerobowego, **C** – ser z dodatkiem nasion kminku, w ilości odpowiadającej 0,15% masy mleka przerobowego, **D** – ser z dodatkiem suszonego tymianku, w ilości odpowiadającej 0,07% masy mleka przerobowego.

Wykazano możliwość produkcji serów twarogowych porównywanymi metodami, w warunkach przetwórstwa związanego bezpośrednio z gospodarstwem hodowcy (pryzagrodowych).

Wydajność serów produkowanych metodą tradycyjną, serwitową i kwasowo-podpuszczkową była podobna (odp. 41,58; 41,07 i 42,15%), a niższa w stosunku do nich przy wytwarzaniu serka typu „Grani”(36,16%). Wykazano jednocześnie możliwość produkcji serka ziarnistego typu „Grani” z mleka owiec.

Obserwowano pewien wpływ metody produkcji serów twarogowych na ich skład. W serach wytwarzanych metodą tradycyjną (I) i serwitową (II) uzyskano wyższą zawartość suchej masy (odp. 43,32 i 42,14%) i białka (18,34 i 18,51%) oraz wyższą ich wartość energetyczną (odp. 257 i 250 kcal) w stosunku do dwu pozostałych metod (odp. III – 38,15 i 15,81%, 240 kcal; IV

– 37,50 i 15,54%; 222 kcal). Natomiast zawartość tłuszczu była niższa w serku „Grani” (odp. I, II, III i IV – 19,10; 18,55; 18,76 i 16,58%), a składników mineralnych (popiołu) niższa przy metodzie kwasowo-podpuszczkowej w porównaniu z pozostałymi (odp. I - 2,51, II – 2,51; III – 1,23 i IV – 2,40%). Dodatek ziół nie wpłynął na skład i wartość energetyczną serów.

Zawartość składników mineralnych i witamin w serach zależała od metody ich produkcji. Ser produkowany metodą kwasowo-podpuszczkową (Twarożek) poza potasem oraz cynkiem i miedzią zawierał mniej składników mineralnych od pozostałych. Zawartość wapnia (Ca) w Twarożku (III) była niższa w stosunku do: sera kontrolnego (I) o 48,3, produkowanego metodą serwitową (II) o 44,3 i typu Grani (IV) o 36,2%; magnezu odp. o 40,0; 37,9 i 30,8%; żelaza odp. o 20,8; 18,6 i 10,9%, a fosforu była niższa tylko w stosunku do I i II odp. o 31,0 i 27,7%. Ponadto niższa zawartość sodu w serze III w stosunku do pozostałych, wynikała przede wszystkim z faktu, że w procesie technologicznym nie stosowano dodatku soli. Niska zawartość wapnia w Twarożku wpłynęła na obniżenie jego stosunku do fosforu, był on wyższy w serze kontrolnym o 35,5, Serwicie o 40,3 i typu Grani o 31,4%. Nie stwierdzono wpływu metody produkcji na zawartość witaminy A w serach twarogowych (odp.: I – 1,80; II – 1,95; III - 1,85 i IV – 1,68 mcg/g); zawartość witaminy E była najwyższa w serze produkowanym metodą II, nieco niższa w kontrolnym, pośrednia w Twarożku (III) i najniższa w IV (odp.: I – 2,59, II – 2,84; III – 2,18 i IV 1,83 mcg/g).

Sery twarogowe różniły się stosunkiem białka do tłuszczu, był on najkorzystniejszy w serze produkowanym metodą serwitową (1,007), niższy, lecz na podobnym poziomie w serze kontrolnym (Białym – 0,964) i typu Grani (0,942) oraz najmniej korzystny w produkowanym metodą kwasowo-podpuszczkową (Twarożek – 0,845). Skład frakcji tłuszczowej serów twarogowych zasadniczo nie różnił się zawartością poszczególnych kwasów i ich grup, poza różnicami w poziomie zawartości kwasów: kaprynowego (C10:0), palmitynowego (C 16:0), α – linolenowego (C 18:3), behenowego (C 22:0), arachidonowego (C 20:4) i erukowego (C 22:1).

Serek typu Grani zawierał mniej kwasu C 10:0 oraz więcej C 16:0 od pozostałych, a ponadto stwierdzono tylko w jego tłuszczu obecność kwasu C 22:1. Zawartość kwasu C 18:3 była najwyższa w serze kontrolnym, pośrednia i podobna w Serwicie oraz Twarożku, a najniższa w Grani, natomiast kwasu behenowego najwięcej zawierał ser kontrolny, niższy jego poziom był kolejno w Serwicie i Grani, a najniższy w Twarożku. Zawartość kwasu palmitynowego była wyższa w serze kontrolnym a niższa w Serwitem. W sumie porównywane sery różniły się łączną zawartością nasyconych długołańcuchowych kwasów tłuszczowych, ich zawartość była najwyższa w serze typu Grani, niższa odp. o 5,5 w kontrolnym, 11,3 w Serwicie i o 9,7% w Twarożku. Natomiast dla zawartości nasyconych średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych

obserwowano odwrotną tendencję, co w efekcie spowodowało, że porównywane sery nie różniły się między sobą zawartością ogółem nasyconych kwasów tłuszczowych. Obliczone stosunki między poszczególnymi grupami kwasów tłuszczowych, indeksy: IA i IT oraz egzogennych kwasów tłuszczowych kształtowały się na podobnym poziomie w porównywanych serach.

Stwierdzono wpływ metody produkcji na skład aminokwasowy serów. Ser ze wszystkich białek mleka produkowany metodą II w kg produktu zawierał więcej poszczególnych aminokwasów egzo- i endogennych w porównaniu z serem kontrolnym (I) i typu Grani (IV). Różnice w zawartości: asparaginy, treoniny, glicyny, alaniny, waliny, izoleucyny, leucyny, fenyloalaniny, lizyny, argininy, cysteiny i metioniny między serami II a IV i III okazały się istotne. Ogółem ser produkowany II metodą (serwit) zawierał więcej egzo- i endogennych aminokwasów odp. w stosunku do kontrolnego (I) o 8,7 i 5,9, Twarożku (III) o 17,6 i 16,8 oraz Grani (IV) o 24,1 i 21,1%. Sery produkowane metodą III i IV w stosunku do kontrolnego (I) zawierały mniej: alaniny, argininy i cysteiny. Zwraca uwagę tendencja do wysokiej zawartości aminokwasów egzogennych, w serze ze wszystkich białek produkowanym metodą kwasowo-podpuszczkową (III), w tym metioniny w stosunku do sera kontrolnego (I) i Grani (IV) oraz tryptofanu w stosunku do wszystkich pozostałych.

Metoda produkcji serów białych (twarogowych) powodowała zmiany w składzie ich białka. W serach II i III („Serwit” i „Twarożek”), produkowanych dwoma różnymi metodami ze wszystkich białek mleka, uzyskano wyższą zawartość w białku egzogennych aminokwasów: tyrozyny, fenyloalaniny, lizyny, cysteiny i metioniny, w porównaniu z serem kontrolnym i typu Grani.

W składzie 100g białka sera „Serwit” był wyższy udział lizyny w porównaniu z produkowanym metodą III oraz wyższy udział glicyny w porównaniu z białkiem sera kontrolnego. W 100g białka sera kontrolnego była niższa zawartość tyrozyny i fenyloalaniny a wyższa cysteiny w porównaniu ze składem białka sera produkowanego metodą IV („Grani”) [Pakulski 2015c, Pakulski i wsp. 2015].

Opracowanie technologii produkcji jogurtów naturalnych z mleka owczego o wysokiej zawartości składników bioaktywnych - Jogurty produkowano na bazie mleka owcy kołudzkiej, następującymi metodami: Jogurt naturalny (kontrolny) produkowany z mleka owczego poddawanego pasteryzacji, po której do mleka o temperaturze 42 - 46⁰C dodawano chlorek wapnia i kultury termofilnych bakterii jogurtowych, ukwaszających mleko przez około 2 godziny w temperaturze zaprawiania, po czym ukwaszone mleko porcjowano do opakowań jednostkowych (słoiki szklane o poj. 200 ml) i dalej inkubowano w stałej temperaturze (42 – 45⁰C) przez kilka godzin aż do uzyskania jogurtu

o odpowiedniej konsystencji. Gotowy produkt przenoszono natychmiast do chłodni (4 – 6°C).

Biojogurt owczy – tok postępowania podobny jak przy produkcji jogurtu naturalnego, z tym, że do ukwaszania pasteryzowanego mleka oprócz kultur bakterii jogurtowych stosowano odpowiednie szczepy bakterii probiotycznych.

Jogurt owczo-krowi naturalny – część mleka owczego (1/4) zastępowano mlekiem krowim (nie normalizowanym) i poddawano pasteryzacji. Dalszy tok postępowania taki sam jak przy produkcji jogurtu kontrolnego.

Biojogurt owczo-krowi – część mleka owczego (1/4) zastępowano mlekiem krowim (nie normalizowanym) i poddawano pasteryzacji. Dalszy tok postępowania jak przy produkcji biojogurtu z mleka owczego.

Każdy rodzaj jogurtu wytwarzano sześciokrotnie. Mleko owcze pozyskiwano od plenno-mlecznej owcy kołudzkiej, a mleko krowie (pełne) od hodowcy bydła mlecznego. Zastąpienie części mleka owczego krowim obniżyło w biojogurtach i jogurtach zawartość: suchej masy o 12,4, białka o 15,4; tłuszczu o 11,1, laktozy o 6,4 i ich wartość energetyczną o 12,4%. Nie stwierdzono wpływu dodatku kultur bakterii probiotycznych na skład jogurtów. Nie stwierdzono różnic w zawartości lotnych kwasów tłuszczowych w jogurtach, poza wyższym poziomem obecności kwasu octowego w biojogurtach. W jogurtach z mleka owczego uzyskano niższy i tym samym korzystniejszy stosunek między kwasami octowym i mlekowym.

Zastąpienie części mleka owczego krowim spowodowało zmiany w profilu lipidowym tłuszczu jogurtów, które ze względów żywieniowych należy uznać za korzystne. W tłuszczu jogurtów z 25% udziałem pełnego mleka krowiego obniżył się udział nasyconych kwasów tłuszczowych średniołańcuchowych (C 8:0, C 10:0, C 12:0 i C 14:0), a wzrósł udział kwasu C 18:0 oraz łącznie nasyconych długołańcuchowych (> C 16:0), a ponadto był wyższy udział kwasu oleinowego (C 18:1) i niższy gama – linolenowego (γ - C 18:3). W sumie tłuszcz jogurtów z mleka owczo-krowiego zawierał łącznie mniej nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), a więcej nienasyconych (UFA), zwłaszcza jednonienasyconych (MUFA). Ponadto w tłuszczu jogurtów z udziałem mleka krowiego była wyższa zawartość kwasów hipocholesterolemicznych (DFA) a niższa - hipercholesterolemicznych (OFA) w porównaniu z tłuszczem jogurtów z samego mleka owczego. Tłuszcz jogurtów z dodatkiem mleka krowiego charakteryzował się korzystniejszym stosunkiem grup kwasów: UFA/SFA, DFA/OFA i MUFA/SFA oraz tendencją do korzystniejszego stosunku kwasów n6/n3 i wyższego indeksu egzogennych kwasów tłuszczowych (C 18:2/C 18:3) w porównaniu z tłuszczem jogurtów samego mleka owczego. Nie stwierdzono różnic w profilu lipidowym jogurtów naturalnych i tych z dodatkiem probiotycznych kultur bakterii niezależnie od rodzaju mleka, z którego były wyprodukowane.

Rodzaj mleka użytego do produkcji jogurtów różnicował ich skład aminokwasowy. W jogurtach z mleka owczego była wyższa zawartość poszczególnych aminokwasów, a tym samym w sumie było więcej egzo- i endogennych aminokwasów w porównaniu do jogurtów wyprodukowanych z 25% dodatkiem mleka krowiego. Nie stwierdzono różnic w zawartości aminokwasów między jogurtami naturalnymi a probiotycznymi. Zastąpienie części mleka owczego krowim zróżnicowało udział poszczególnych aminokwasów w składzie białka jogurtów. Białko jogurtów z mleka owczego zawierało więcej następujących aminokwasów: asparaginy, treoniny, seryny, glutaminy, proliny, glicyny, alaniny, waliny, izoleucyny, leucyny oraz łącznie fenyloalaniny z tyrozyną w porównaniu z białkiem jogurtów owczo-krowich. 100 g białka jogurtów z mleka owczego ogółem zawierało więcej aminokwasów (AA) o 7,34%, w tym egzogennych (EAA) o 5,96% w porównaniu z białkiem jogurtów z 25% udziałem mleka krowiego. Obliczony wskaźnik aminokwasu ograniczającego CS wykazał, że w stosunku do wzorca białka WHO jogurty z mleka owczego jak i z dodatkiem krowiego dostarczały odpowiednią ilość aminokwasów egzogennych. Dla wzorca białka jaja kurzego WE lub mleka ludzkiego MH, aminokwasem ograniczającym okazała się metionina z cystyną/cysteiną, a drugim w kolejności tryptofan. Nie stwierdzono wpływu dodatku kultur bakterii probiotycznych na skład białka biojogurtów w porównaniu z jogurtami naturalnymi wyprodukowanymi bez ich udziału.

Transfer technologii produktów wytwarzanych z mleka owczego – testowa produkcja jogurtów z mleka merynosów. Wykonano testową produkcję jogurtów bio- i naturalnych z mleka merynosów oraz przy zastąpieniu 1/4 mleka owczego normalizowanym mlekiem krowim („Mleko świeże 3,2% tłuszczu” – zakup z sieci handlowej).

Jogurty produkowano zgodnie z stosowaną w poprzednim etapie badań (kamień milowy 6.2.5) technologią. Jogurty wyprodukowane z mleka owczego zawierały więcej suchej masy i tłuszczu oraz miały wyższą wartość energetyczną od tych z mieszanego surowca ($P < 0,01$). Zastąpienie części mleka owczego normalizowanym krowim obniżyło w jogurtach średnio zawartość: suchej masy o 10,6, białka o 4,3, tłuszczu o 22,4 i wartość energetyczną o 14,9%. Obniżenie zawartości tłuszczu w jogurtach z mieszanego surowca wpłynęło korzystnie na stosunek białkowo-tłuszczowy podwyższając go z 0,84 do 1,09. Nie obserwowano różnic w składzie między biojogurtami i naturalnymi produkowanymi z tego samego surowca.

Zastąpienie części mleka owczego (merynosów) normalizowanym mlekiem krowim (3,2% tłuszczu) spowodowało zmiany w składzie frakcji lipidowej wyprodukowanych jogurtów. Podwyższyło zawartość nasyconych kwasów: oktanowego (C 8:0), dekanowego (C 10:0) i dodekanowego (C 12:0), co spowodowało wzrost zawartości ogółem nasyconych kwasów

średniołańcuchowych o 11,35% w porównaniu ze składem tłuszczu jogurtów wyprodukowanych z samego mleka owczego. Ponadto w składzie tłuszczu jogurtów, produkowanych z mieszanego surowca, obserwowano tendencję do obniżania się poziomu zawartości prawie wszystkich pozostałych kwasów tłuszczowych, potwierdzoną statystycznie dla kwasów: z nasyconych - palmitynowego (heksadekanowego C 16:0) oraz nienasyconych - linolowego (C 18:2), α -linolenowego (C 18:3), arachidonowego (C 20:4), EPA, DHA i CLA. Różnice te spowodowały w sumie obniżenie się łącznej zawartości nasyconych kwasów długołańcuchowych o 7,1%, jednak przy wzroście udziału kwasów średniołańcuchowych o 11,4 jednostek procentowych, ogólny udział wszystkich nasyconych kwasów (SFA) w tłuszczu jogurtów z mieszanego surowca był wyższy. Tym samym w składzie tłuszczu jogurtów z mleka owczego była wyższa ogółem zawartość kwasów: UFA o 9,3, MUFA o 7,4, PUFA o 20,3, w tym n-6 o 15,8 i n-3 o 33,3% oraz hipocholesterolomicznych DFA o 11,2%, a niższa hipercholesterolomicznych OFA o 4,1%.

Zmiany w składzie tłuszczu jogurtów spowodowane zastąpieniem części mleka merynosów mlekiem krowim, normalizowanym na zawartość tłuszczu 3,2%, ze względu na potrzeby żywieniowe człowieka należy uznać za niekorzystne – obserwowano wzrost zawartości nasyconych i obniżenie poziomu nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym CLA. W rezultacie stwierdzono dla tłuszczu jogurtów z samego mleka owczego, korzystniejsze stosunki między grupami kwasów: UFA/SFA, DFA/OFA, MUFA/SFA, PUFA/SFA i PUFA/MUFA, natomiast zastąpienie części mleka owczego krowim wpłynęło korzystnie na podwyższenie proporcji między kwasami PUFA n-6/n-3 oraz indeksu egzogennych kwasów tłuszczowych (C 18:2/C 18:3).

Zastąpienie części mleka merynosów normalizowanym mlekiem krowim, pociągnęło za sobą zmiany w składzie aminokwasowym wyprodukowanych z niego biojogurtów i jogurtów. Zawartość w nich aminokwasów egzogennych z wyjątkiem lizyny jak również endogennych była niższa, z wyjątkiem cystyny/cysteiny niż w tych z samego mleka owczego. W jogurtach z mleka merynosów wyższa była zawartość aminokwasów ogółem o 22,8%, a w tym egzogennych - o 24%. Nie stwierdzono różnic w składzie aminokwasowym między biojogurtami i jogurtami naturalnymi wyprodukowanymi z tego samego rodzaju surowca. Stwierdzono także różnice w składzie aminokwasowym białka jogurtów spowodowane zastąpieniem części mleka owczego normalizowanym mlekiem krowim. W 100g białka biojogurtów i jogurtów z samego mleka owczego była wyższa zawartość: treoniny, glutaminy, glicyny, alaniny, waliny, izoleucyny, leucyny, tyrozyny, fenyloalaniny i histydyny, a tym samym wyższa zawartość aminokwasów egzogennych oraz wszystkich ogółem. Obliczone wskaźniki

aminokwasu limitującego CS dla wzorców białka: jaja kurzego WE i mleka kobiecego MW wykazały, że była nim metionina z cystyną/cysteina, w drugiej kolejności tryptofan [Pakulski 2015a, Pakulski 2015d].

Podsumowanie

1. Opracowano technologie produkcji serów półtwardych dojrzewających z mleka owczego
2. Opracowano technologie produkcji serów „twarogowych” z dodatkiem ziół z mleka owczego
3. Opracowano technologie produkcji jogurtów probiotycznych na bazie mleka owczego

PIŚMIENNICTWO

1. PAKULSKI T, PAKULSKA E., 2010 - Effect of production method on composition of cheese from Merino milk.. Book of Abstracts of the 61 st Annual Meeting of the European Association for Animal Production. No. 16 (2010), Heraklion, Greece, 23 – 27 August 2010, p. 131.
2. PAKULSKI T., KABA J., BAGNICKA E., 2016 - Influence of manufacturing technology on amino acid composition of soft white unripened cheese from sheep milk. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*.
3. PAKULSKI T., 2015a - Technologia produkcji jogurtów naturalnych i biojogurtów na bazie mleka owczego”.
URL:www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje.
4. PAKULSKI T., 2015b - Produkcja sera półtwardego dojrzewającego ze wszystkich białek mleka owczego.
URL:www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje.
5. PAKULSKI T., 2015c - Produkcja serów twarogowych – „białych” z mleka owczego wzbogacanych dodatkiem ziół.
URL:www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje.
6. PAKULSKI T., BAGNICKA E., PAKULSKA E., 2015 - Technologia produkcji serów twarogowych z dodatkiem ziół.
URL:www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje
7. PAKULSKI T., 2015d - Technologia produkcji jogurtów.
URL:www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje.
8. PAKULSKI T., 2015e - Technologia produkcji serów dojrzewających półtwardych.
URL:www.biozywnosc.edu.pl\instrukcje.

4.3 - Opracowanie technologii produkcji bioaktywnych preparatów siary krów zachowujących parametry jej wartości biologicznej.

Cele badań

1. Opracowanie metody redukcji zawartości flory bakteryjnej w siarze
2. Opracowanie technologii przebiegu ultrafiltracji siary
3. Uzyskanie preparatów siarowych o wysokiej redukcji flory bakteryjnej z zachowaniem jej wartości biologicznej

Opis wyników i dyskusja

Technologia otrzymania koncentratów białkowych siary jest bardzo trudna i mało wydajna. Do przeprowadzenia pełnej skutecznej filtracji niezbędne jest bardziej specjalistyczne oprzyrządowanie w odniesieniu do aparatu, który jest wykorzystywany do tego procesu. Konstrukcja takiego urządzenia jest bardzo skomplikowana technicznie i droga.

W założeniu badań przewidywano opracowanie metody uzyskania aseptycznego koncentratu z siary krów, która bezpośrednio po wydojeniu wykazuje znaczne skażenie bakteryjne, co eliminują ją z szerszego wykorzystania. Zastosowane w badaniach próby likwidacji skażenia bakteryjnego świeżej siary, w tym: zastosowanie promieni UV, skoncentrowanego pola mikrofalowego, pulsacyjnych pól elektromagnetycznych oraz pasteryzacji temperaturą nie przyniosły zadowalających wyników. Żadna z metod nie była w pełni skuteczna. Dopiero filtracja na filtrach ceramicznych pozwoliła na uzyskanie koncentratu bez udziału bakterii coli i coliform. Jednak proces filtracji siary na membranach ceramicznych okazał się bardzo skomplikowany. Trudny przebieg filtracji siary pełnej, ale też odłuszczonej powodował, że następowały znaczne straty siary, wynikające z ciągłego zapychania się sond. Odzyskiwano tylko ok. 50% składników z filtrowanej siary, co stanowiło znaczną stratę. Mimo zmiany technologii i sposobu filtracji możliwe było uzyskanie tylko niezbędnej ilości koncentratu do badań, w tym: formy płynnej dla jagniąt oraz preparatów suszonych i liofilizowanych dla cieląt, a także część koncentratu, który wykorzystano do wykonania draż w Parku Technologicznym we Wrocławiu, które prezentowano w czasie sprawozdania w Jastrzębcu i na konferencji w Poznaniu [Demkowicz i wsp. 2010]. Trudności jakie napotkano w procesie filtracji siary powodują, że nie możemy zaproponować skutecznej, wydajnej technologii uzyskania filtratu na filtrach ceramicznych. Niezbędne do tego jest zaproponowanie nowej bardziej złożonej aparatury do filtracji. W badaniach korzystano z wypożyczonych urządzeń do filtracji. Dlatego też nie jest możliwe opracowanie instrukcji wdrożeniowych, które pozwolą na wdrożenie

produkcji koncentratu i w następnej kolejności produkcję draż czy produktu w formie sypkiej.

Trudności w przeprowadzeniu filtracji spowodowały konieczność przetestowania innej możliwości uzyskania aseptycznych preparatów siary krów. W tym celu siarę pełną i siarę odtłuszczoną, po oczyszczeniu – przed suszeniem suszono na laboratoryjnej suszarce rozpyłowej w temperaturze wlotu 143 °C. Przy tym sposobie suszenia cząsteczki siary były podgrzewane do temperatury 45-50 °C. Temperatura suszonej siary w odbieralniku wynosiła również poniżej 50 °C. W tej temperaturze nie następowały zmiany we właściwościach biologicznych siary. Niestety w tym procesie suszenia nie ulegała w pełni likwidacji flara bakteryjna, która stanowi znaczne zakażenie prawie każdej siary krów. Dlatego wysuszoną i liofilizowaną siarę poddawano pasteryzacji termicznej w temperaturze 67,5 °C przez 20-25 minut. W wyniku działania temperatury w suszonej siarze nastąpiła całkowita likwidacja bakterii coli i coliform. Pasteryzacja suszonej siary w podwyższonej temperaturze powoduje, że w mniejszym stopniu uszkodzane są białka i inne substancje białkowe niż w przypadku pasteryzacji siary płynnej. Potwierdzają to badania na cielętach z wykorzystaniem suszonej tą metodą i liofilizowanej siary krów. [Szulc i wsp. 2014, Szulc i wsp. 2015]. W pasteryzowanym suszu siary stwierdzono obniżenie o ok. 20% udziału witaminy A. Suszoną i pasteryzowaną siarę (6-8% wilgotności) można przechowywać w temperaturze pokojowej w szczelnych pojemnikach plastikowych, saszetkach lub w żelatynowych kapsułkach. Tak przygotowana siara może być wykorzystana w profilaktyce wychowu osesków różnych, ale też w celach profilaktycznych dla ludzi [Demkowicz 2013]. Badania te, wymagają jednak testów na zwierzętach i innych specjalistycznych badań.

Podsumowanie

- Stwierdzono możliwość pozyskiwania przy pomocy filtracji membranowej aseptycznych koncentratów białek siary krów zachowujących jej wartość biologiczną
- Potwierdzono w doświadczeniach na zwierzętach przydatność koncentratów siary krów we wspomaganiu układu immunologicznego jagniąt oraz zastępowaniu siary matek u cieląt po porodzie.
- Stwierdzono możliwość uzyskiwania suszonej siary krów o wysokiej wartości biologicznej, odwadnianej w suszarce rozpyłowej, po pasteryzacji temperaturą po jej wysuszeniu. Koncentrat siary krów, podobnie jak suszona i pasteryzowana po suszeniu siara, jako naturalne produkty od krów, mogą być wykorzystane również w suplementacji układu immunologicznego u człowieka.

PIŚMIENNICTWO

1. SZULC T., DEMKOWICZ M., NEWLACIL I., BOBAK Ł., 2014 - Technology of acquisition aseptic concentrates of cow colostrum and its use in the feeding of calves after birth. *Medycyna Weterynaryjna* 70 (8), 479-482.
2. SZULC T., DEMKOWICZ M., NIŻAŃSKI W., MROWIEC J., 2015 - The effect of lambs supplementation with cow colostrum and cow colostrum protein concentrate obtained in ultrafiltration process on their immune status. *Veterinarija ir Zootechnika* 69 (91), 58-62.
3. DEMKOWICZ M. NEWLACI I. SZULC T., BOBAK Ł., 2010 - Innowacyjne wykorzystanie istniejących technik w produkcji nowej generacji żywności funkcjonalnej. Materiały Konferencji Młodych Naukowców nt.: Wpływ młodych naukowców na osiągnięcia polskiej nauki. *Nowe trendy w naukach przyrodniczych* II, 165-171.
4. DEMKOWICZ M., 2013 - Bioaktywne preparaty siary krów zachowujące parametry jej wartości technologicznej oraz ich przyswajalność u cieląt i jagniąt. *Praca doktorska, UP Wrocław*.

Rozdział 5. Ocena, jakości wybranych surowców zwierzęcych i ich przetworów w zakresie właściwości funkcjonalnych (wartości odżywczej, jakości prozdrowotnej, fizykochemicznej, sensorycznej)

N. Strzałkowska, J. Marchewka, A. Józwik, J. O. Horbańczuk

5.1 - Ocena jakości sensorycznej, właściwości fizyko-chemicznych, wartości odżywczej oraz wybranych wskaźników jakości prozdrowotnej surowców o cechach żywności funkcjonalnej, otrzymanych w badaniach hodowlanych.

Cele badań

Celem badań była ocena wpływu żywienia zwierząt paszami o zróżnicowanym składzie na jakość sensoryczną, właściwości fizyko-chemiczne, wartość odżywczą i właściwości prozdrowotne surowego mięsa wieprzowego. Ok. 20% tuczników żywionych było paszami bez dodatków wzbogacających (próba kontrolna), 20% paszami wzbogaconymi w selen nieorganiczny, 20% paszami wzbogaconymi w selen organiczny, pozostała ilość paszami zawierającymi kwasy z grupy n-3 na dwóch poziomach dodatku. Badania obejmowały ocenę sensoryczną mięsa oraz określenie podstawowego składu chemicznego (oznaczenie zawartości białka, tłuszczu, suchej masy, składników mineralnych ogółem) oraz składników mających wpływ na walory prozdrowotne surowca mięsnego, np. profilu kwasów tłuszczowych, zawartości cholesterolu, witaminy E, aktywności przeciwutleniającej. Ponadto określono parametry fizyczne mięsa, tj. parametry charakteryzujących teksturę oraz barwę mięsa. Na podstawie przeprowadzonych testów wyznaczono następujące składowe tekstury mięsa: twardość; łamliwość, kruchość lub podatność na łamanie; spójność lub spoistość; adhezyjność lub przylepność; sprężystość/ elastyczność.

Opis wyników i dyskusja

Zrealizowano badania z prób przemysłowych przeprowadzonych z wyłączeniem badań składników mineralnych w tym seleniu.

Barwa mięsa kulinarnego oraz jej stabilność jest przedmiotem ciągłego zainteresowania badawczego z uwagi na fakt, że wyróżnik ten w pierwszej

kolejności kształtuje opinie handlowców i konsumentów o cechach jakościowych mięsa. Analiza uzyskanych wyników pozwoliła na określenie poziomu dodatku do pasz substancji biologicznie aktywnych, pozwalającego na uzyskanie surowca o zadowalającej jakości, spełniającego wymagania stawiane żywności funkcjonalnej (o podwyższonych właściwościach prozdrowotnych).

Z cząstkowych wyników badań został określony profil frakcji lotnej na cechy surowego mięsa (schab, karkówka, szynka) pochodzącego z różnych grup eksperymentalnych, jak również wybranych wędlin uzyskanych w ramach opatentowanej technologii. Dzięki tym badaniom można uzyskać kompletną informację o podobieństwie danej próbki do próbki odniesienia (referencyjnej lub kontrolnej).

Ponadto wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na stworzenie pierwszej partii oświadczeń zdrowotnych i żywieniowych, na podstawie których przygotowywano rozwiązania gotowe do użycia (RGDU) oraz oświadczenia żywieniowe dla mięsa surowego, oświadczenia żywieniowe dla przetworów mięsnych; oświadczenia zdrowotne dla mięsa surowego i oświadczenia zdrowotne dla przetworów mięsnych, jakie mogą znaleźć się na opakowaniach [Guzek i wsp. 2012, 2012a; Półtorak i współ. 2012, Zalewska i współ. 2012]. Dotyczą one między innymi, tych cech, na które zwracają szczególną uwagę konsumenci tj. podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej oraz zmniejszonej kaloryczności oraz niższej zawartości tłuszczu i soli.

Podsumowanie

Uzyskane wyniki z badań fizycznych i technologicznych oraz Współautorów zgłoszeń patentowych dały możliwość przygotowania 6 zgłoszeń patentowych (w tym 3 uzyskały już status patentu).

- Istotny był wpływ suplementowanych pasz selenem nieorganicznym i organicznym na podwyższoną zawartość selenu w mięsie i podwyższoną wartość odżywczą mięsa wieprzowego.
- Suplementacja pasz kwasami tłuszczowymi z grupy n-3 na dwóch poziomach udziału w pasz wpłynęły efektywnie na podwyższenie zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych i na ich wartość odżywczą optymalną relacje kwasów tłuszczowych n3:n6 jak również miały istotny wpływ strukturę mięśni i tłuszczu wieprzowego.

- Udział suplementów w paszach pozytywnie wpłynął na akceptację i satysfakcję sensoryczną ocenianego sensorycznie mięsa. Mięso o podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej charakteryzowało się korzystnym składem podstawowym tj. podwyższoną zawartością białka i nienasyconych kwasów tłuszczowych jak również składników mineralnych i witamin). Szczególnie istotny był zoptymalizowany profil kwasów tłuszczowych, niska zawartość cholesterolu i z podwyższoną zawartością witaminy E, która zwiększyła aktywność przeciwutleniającą skutkując na wydłużenie terminu przydatności mięsa w niezmiennym stanie jakości i wartości odżywczej.
- Został stwierdzony odpowiednio korzystny wpływ parametrów fizycznych mięsa, tj. parametrów charakteryzujących teksturę oraz barwę mięsa. Na podstawie przeprowadzonych testów wyznaczono następujące istotne składowe tekstury mięsa: twardość kruchość, spójność, adhezyjność, sprężystość i elastyczność.

PIŚMIENNICTWO

1. GUZEK D., GŁĄBSKA D., WIERZBICKA A. 2012 - Wpływ obecności genu wrażliwości na stres RYR1 na barwę i przydatność technologiczną mięsa wieprzowego. *Życie Weterynaryjne*, t. 4, s. 324-328.
2. GUZEK D., GŁĄBSKA D. WIERZBICKA A. 2012 (a) - Niedestrukcyjna ocena jakości mięsa i jego przetworów przy zastosowaniu komputerowej analizy obrazu. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, t. 22/41, nr 2, s. 118-122.
3. GUZEK D., GŁĄBSKA D., WIERZBICKA A. 2011 - Nowe trendy w przetwórstwie mięsa wieprzowego a preferencje konsumenckie. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, t. 21/39, nr 2, s. 92-96.
4. PÓŁTORAK A., ZALEWSKA M., MARCINKOWSKA-LESIAK M.M. 2012 - Możliwość wykorzystania nowoczesnych systemów pakowania w produkcji przetworów z mięsa wieprzowego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, t. 22/41, nr 2, s. 91-95.

5. ZALEWSKA M., MARCINKOWSKA M.M., PÓŁTORAK A., WYRWISZ J., ZAREMBA R. 2012 - Wpływ sposobu pakowania na zachowanie barwy mięsa i przetworów z mięsa wieprzowego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, t. 22/41, nr 2, s. 127-132.

5.2 - Opracowanie technologii produkcji przetworów z wieprzowiny o cechach żywności funkcjonalnej.

Cele badań

Celem badań było opracowanie technologii produkcji wyrobów funkcjonalnych na bazie mięsa wzbogaconego w substancje prozdrowotne, mających cechy innowacyjności tj. produkty były bez udziału polifosforanów i innych niepożądanych efektywizujących proces produkcji substancji dodatkowych, a także o zmniejszonej zawartości soli. Nowe technologie będą miały na celu uzyskanie produktów o wysokich właściwościach prozdrowotnych i smakowitości przy jak najniższych kosztach przetwarzania i przechowywania oraz zoptymalizowanej jakości do ceny produktu gotowego z zachowaniem wydłużonego terminu przydatności do spożycia w stanie niezmienniej jakości w całym okresie przechowywania, co pozwoli zredukować straty wyrobów mięsnych wynikających m.in. z niewprowadzonych wyrobów do obrotu z racji na utratę akceptowalności konsumenckiej tych wyrobów.

Opis wyników i dyskusja

Badania technologiczne wykonano w kilku etapach. Pierwszy etap prac miał na celu opracowanie technologii produkcji wybranych asortymentów wędlin bez dodatku polifosforanów, o obniżonej zawartości chlorku sodu i tłuszczu. Ustalono założenia recepturowe i przeprowadzono w skali półtechnicznej wstępne produkcje doświadczalne wybranych produktów modelowych tj. wędzonki-szynki (z mięśnia czterogłowego), kielbasy grubo rozdrobnionej typu szynkowa, kielbasy średnio rozdrobnionej typu śląska, kielbasy homogenizowanej typu parówki. Surowiec do produkcji kielbasy homogenizowanej i średnio rozdrobnionej poddawany był specjalnej selekcji tak, aby zawartość tłuszczu w gotowym produkcie nie przekraczała 20% (cel ten był istotnym z punktu widzenia redukcji zawartości tłuszczu w wyrobach i ich kaloryczności). Zgodnie z założeniami projektu w wytwarzanych produktach obniżono do minimum dodatek substancji dodatkowych, w tym

substancji wiążących i teksturo-twórczych. Opracowując technologie produkcji poszczególnych grup asortymentowych próbowano wykorzystać naturalne właściwości białek mięsa, w tym białek łączno- tkankowych stosując odpowiednią obróbkę mechaniczną mięsa i dobór surowcowy. Oprócz składników mięsnych wprowadzono do produktów chlorek sodu (na obniżonym poziomie, częściowo zastąpiony go chlorkiem potasu tj. w ilości od 20% do 40% chlorku sodu), askorbinian sodu w celu obniżenia do minimum poziomu resztkowych azotynów w wyrobie gotowym, cytrynian sodu, azotyn sodu oraz przyprawy naturalne. Dodatkowo w produkcji kielbasy szynkowej i parówkach zastosowano dodatek skrobi ziemniaczanej w celu stabilizacji struktury i związania wody w produkcie tak aby w okresie przechowywania nie następował wyciek chłodniczy i w ten sposób aby nie następowała redukcja okresu przydatności do spożycia w stanie niezmiennych jakości i akceptowalności konsumenckiej. Zakładana wydajność produktów gotowych oscylowała w przypadku kielbasy śląskiej na poziomie 105-107%, w przypadku kielbasy homogenizowanej 106-108%, kielbasy grubo rozdrobnionej 116-118% a w przypadku wędzonki-szynki 103-106%. Udział wody w procesie produkcyjnym był niezbędny w celu uzyskania określonej soczystości wyrobów i zachowania określonej efektywności ekonomicznej wytwarzania tego typu produktów na skalę przemysłową zgodnie z założeniami projektu. Nie stosowano i nie wiązano wody w produktach dla wysokiej efektywności procesu produkcji.

W pierwszym etapie badawczym dokonano określenia możliwości obniżenia chlorku sodu w wybranych produktach mięsnych bez istotnego pogorszenia właściwości technologicznych mięsa i cech sensorycznych produktu gotowego. W wybranych wariantach zastosowano również częściowe zastąpienie chlorku sodu chlorkiem potasu w celu maksymalnego obniżenia chlorku sodu w produktach.

Wytworzone produkty doświadczalne zostały poddane ocenie technologicznej i sensorycznej oraz badaniom fizykochemicznym (m.in. pH, potencjał redox, zawartość, białka, tłuszczu, węglowodanów/skrobi, sodu, potasu, fosforu). Ocenę sensoryczną wyprodukowanych asortymentów przeprowadzono również pod względem konsumenckim (przeprowadzono testy semikonsumenckie).

Wytworzone produkty doświadczalne spełniały zakładane kryteria dotyczące wydajności i zawartości tłuszczu w produkcie gotowym. Przeprowadzona ocena sensoryczna wykazała negatywny wpływ częściowego zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu w ilości 30% i 40% (wariant 4 i 5). W tych kielbasach stwierdzono znaczne odchylenia w smaku produktów, związane głównie z wyczuwalną nutą gorzką i metalicznym posmakiem.

Struktura i konsystencja tych produktów była miękka, mało zwięzła, plastry kielbasy rozpadały się, co wskazuje na negatywny wpływ chlorku potasu na właściwości technologiczne mięsa. Barwa wszystkich wytworzonych wariantów kielbas oceniona została pozytywnie, bez zastrzeżeń. Najbardziej zbliżone cechy sensoryczne kielbas modelowych do wariantu kontrolnego stwierdzono w wariantach 1 i 2. Produkty modelowe charakteryzowały się pożądanym smakiem i zapachem z wyczuwalnymi przyprawami. Konsystencja kielbas była ścisła i zwięzła. Rozwiązanie w wariantcie drugim uznano za optymalne do obniżenia dodatku chlorku sodu w produkcji.

W kolejnym doświadczeniu wyprodukowano serię doświadczalną kielbasy homogenizowanej typu parówki o obniżonej zawartości tłuszczu (do 20%) bez dodatku fosforanów i o obniżonej zawartości soli. W celu obniżenia zawartości soli w produkcji zastosowano częściowe zastąpienie chlorku sodu chlorkiem potasu na poziomie uznanym za optymalny w poprzednim doświadczeniu (NaCl -1,28%, KCl – 0,32% w przeliczeniu na masę gotowego produktu).

Wyprodukowane wyroby poddane zostały ocenie technologicznej, badaniom sensorycznym i fizykochemicznym. Produkty modelowe spełniały kryteria dotyczące zakładanej wydajności, zawartości tłuszczu i soli. Smak wyrobów był charakterystyczny dla produktów drobnorozdrobnionych tj. kielbas typu parówki, z wyczuwalnymi przyprawami. Niemniej stwierdzono odczucie braku soczystości produktów, niski stopień homogenizacji, (ziarnistość) i złe wybarwienie przekroju produktu (odcień szarości).

W kolejnych doświadczeniach wyprodukowano serię kielbas grubo rozdrobnionych i wędzonkę - szynkę z mięśnia czterogłowego. W celu obniżenia zawartości soli w produktach tak jak w poprzednich badaniach część chlorku sodu została zastąpiona chlorkiem potasu. Po produkcji i wychłodzeniu wyrobów przeprowadzono oceny technologiczne, sensoryczne i badania fizykochemiczne oraz badania przechowalnicze.

Wytworzone produkty modelowe spełniały kryteria dotyczące zakładanej wydajności, zawartości tłuszczu i soli. Niemniej w przypadku kielbasy grubo rozdrobnionej stwierdzono za wysoki stopień aromatyzacji oraz złe wybarwienie mięsa na przekroju – brak równomiernego rozkładu barwnego (niepożądana szara barwa farszu wiążącego). Natomiast w przypadku szynki stwierdzono odchylenia jakościowe w zakresie złego związania mięśni na przekroju, produkt charakteryzował się miękką strukturą z istotnie dużym wyciekaniem soku mięsnego, co stanowiło poważny problem w ocenie jakościowej i akceptacji konsumenckiej.

Kolejne prace dotyczyły optymalizacji receptur produktów mięsnych, wytwarzanych zgodnie z założeniami projektu. Poszukiwania zastosowania nowej technologii produkcji lub modyfikacja dotychczasowej miała na celu poprawienie wybranych cech jakościowych wytwarzanych produktów. Wprowadzenie zmian recepturowych miało na celu poprawę tekstury i barwy, w przypadku kielbasy homogenizowanej, poprawę barwy i zmianę aromatyzacji, w przypadku kielbasy grubo rozdrobnionej oraz ograniczenie efektu wycieku luźnej solanki w przypadku produkcji wędzonek-szynek bez dodatku fosforanów i o obniżonej zawartości chlorku sodu. Przeprowadzono kolejne produkcje doświadczalne kielbas homogenizowanych, których recepturę zmodyfikowano poprzez zwiększenie dodatku mięsa krwistego i wydłużenie procesu osadzania. W celu poprawy soczystości produktu przy jednoczesnym zachowaniu stosunkowo niskiej zawartości tłuszczu zwiększono o kilka procent dodatek wody technologicznej, zwiększając wydajność końcową produktu gotowego do poziomu 118-120%. W przypadku kielbasy grubo rozdrobnionej, recepturę zmodyfikowano poprzez zmianę procesu rozdrabniania surowców i obniżono poziom dodatku substancji aromatycznych, tak aby w ocenie sensorycznej nie było dyskwalifikacji produktów ze względu na nadmiernie intensywny smak i aromat. Wyprodukowano również pięć wariantów wędzonki o zróżnicowanym składzie podstawowym. Zmieniono stosowany do jej produkcji mięsień wieprzowy na mięsień dwugłowy z szynki, oraz w zależności od wariantu zastosowano naturalne substancje wspomagające (skrobia ziemniaczana/modyfikowana, jotta karagen, plazma krwi, błonnik bezglutenowy pszenny) których celem miało być ograniczenie wycieku solanki z produktu i uzyskanie odpowiedniej struktury produktu gotowego. Wyprodukowane produkty zostały poddane ocenom technologicznym, sensorycznym i badaniom fizykochemicznym. Zastosowane rozwiązania technologiczne przyniosły zamierzone efekty. Zarówno kielbasa grubo rozdrobniona i jak i homogenizowana oceniono wysoko. W przypadku wędzonki najlepszym produktem zdaniem oceniających był wariant w którym zastosowano udział solanki nastrykowej z błonnikiem pszennym bezglutenowym. Produkt charakteryzował się pożądaną smakowitością, jędrną konsystencją i odpowiednią strukturą na przekroju. Stwierdzono stosunkowo mały wyciek soku mięsnego w okresie przechowywania.

Kolejnym etapem projektu było zastosowanie opracowanej technologii wędlin bez dodatku fosforanów, o obniżonej zawartości soli i o obniżonej/niskiej zawartości tłuszczu do produkcji wyrobów mięsnych na bazie mięsa wzbogaconego w substancje prozdrowotne zgodnie z założeniami projektu.

Zgodnie z uzyskanymi wynikami i rekomendacjami wynikających z oceny wybrano do dalszych badań przemysłowych w warunkach doświadczalnych dwa opracowane produkty tj. kiełbasę grubo rozdrobnioną typu szynkowa i kiełbasę homogenizowaną typu parówki. W uzasadnionych przypadkach rozszerzano zakres asortymentowy wytwarzanych produktów. We wstępnych badaniach rozpoznawczych wyprodukowano serie wyrobów z grupy polędwic wędzonych i parzonych, kiełbas surowych wędzonych i mielonek o różnym składzie recepturowym. Wytworzone produkty poddawane były ocenie technologicznej, sensorycznej i badaniom fizykochemicznym.

Przeprowadzono szereg produkcji doświadczalnych przetworów mięsnych z mięsa pochodzącego ze świń karmionych paszą wzbogaconą w selen na różnym poziomie, z mięsa pochodzącego ze świń karmionych paszą wzbogaconą w nienasycone kwasy tłuszczowe (w zależności od wariantu kwasy tłuszczowe były w różny sposób zbilansowane), z mięsa pochodzącego ze świń karmionych paszą wzbogaconą w nienasycone kwasy tłuszczowe i witaminę E. W poszczególnych doświadczeniach równolegle wytwarzany był wariant kontrolny z mięsa świń żywionych normalnie. W trakcie wytwarzania produktów prowadzono kontrolę procesu technologicznego, w tym wydajności produkcji.

Surowiec do produkcji (poszczególne klasy mięsa i tłuszcz) oraz wytworzone wyroby gotowe poddawane były badaniom fizykochemicznym w szerokim zakresie (m.in. pH, potencjał redox, zawartość, białka, tłuszczu, węglowodanów, wody, fosforu, popiołu, selenu, kwasów tłuszczowych). Produkty gotowe poddawane były ocenie technologicznej i sensorycznej. Prowadząc produkcje doświadczalne z mięsa wzbogaconego w składniki bioaktywne podjęto również kolejną próbę optymalizacją procesu wytwarzania kiełbasy grubo rozdrobnionej poprzez ograniczenie zastosowania skrobi ziemniaczanej do 0,5% przy jednoczesnym zwiększeniu mechanicznej aktywacji białek mięśniowych przy użyciu specjalnego procesu mechanicznego mieszania.

Na podstawie przeprowadzonych prób doświadczalnych i badań produktów modelowych nie stwierdzono negatywnego wpływu zastosowanego mięsa ze świń karmionych paszą wzbogaconą w selen na wydajność i jakość sensoryczną produktów wytworzonych z jego udziałem, co potwierdza przydatność technologiczną uzyskanego surowca do produkcji wyrobów bez udziału polifosforanów i innych niepożądanych dodatków, a także o zmniejszonej zawartości soli. W zależności od zbilansowania kwasów tłuszczowych w paszy skarmianych nią zwierząt pozyskanie mięs charakteryzowało się zróżnicowanymi właściwościami technologicznymi. W

skrajnych przypadkach produkty wytworzone z takiego surowca charakteryzowały się niską smakowitością o nietypowych nutach smakowych, określane jako zapach i smak świadczący o nieświeżości produktu. W przypadku kiełbasy grubo rozdrobnionej stwierdzano brak zwięzłości między kawałkami mięsa, plastry rozpadały się, widoczne były skupiska galarety na przekroju. Zaobserwowano, że modyfikacja składu kwasów tłuszczowych w paszy skarmianych nią zwierząt może wpływać nie tylko na jakość tkanki tłuszczowej, ale i na właściwości technologiczne mięsa chudego. W innych doświadczeniach zastosowanie mięsa pochodzącego ze świń karmionych paszą wzbogaconą w nienasycone kwasy tłuszczowe nie wpływała negatywnie na cech jakościowe produktów modelowych.

W związku z tym, że w doświadczeniach zaobserwowano, iż selen akumuluje się na stosunkowo wysokim poziomie w nerkach i wątrobie wieprzowej podjęto się również opracowania i opatentowania produktu podrobowego typu kiszka wątrobiano-nerkowa o podwyższonej zawartości selenu. Ocen sensoryczna wyprodukowanej pierwszej serii wyrobów wykazała odchylenia w smaku. Stwierdzono, że oceniane wyroby charakteryzowały się niską smakowitością z wyraźną gorzką nutą i obcym posmakiem. Niska ocena sensoryczna wyrobów modelowych związana była z użyciem w przewodzie w recepturze nerek i wątroby wieprzowej. Zaproponowano skład mieszanki przyprawowej, której zadaniem było nadanie odpowiedniej smakowitości produktowi niwelując potencjalne niekorzystne nuty smakowo-zapachowe, których źródłem było zastosowanie w stosunkowo dużej ilości podrobów wieprzowych. Zastosowano również odpowiednią obróbkę wątroby wieprzowej oraz nerek w celu zniwelowania smaku gorzkiego i obcych posmaków w produkcji. Przeprowadzono kolejną produkcję doświadczalną i oceniono wytworzone produkty modelowe. Oceniane produkty charakteryzowały się pożądaną smakowitością z dobrze wyczuwalnymi przepisami bez obcych posmaków oraz teksturą typową dla kiszek podrobowych.

Wytworzone produkty doświadczalne zostały poddane ocenie technologicznej i sensorycznej przeprowadzonej przez zespół oceniających oraz badaniom fizykochemicznym (m.in. pH, potencjał redox, zawartość, białka, tłuszczu, węglowodanów/skrobi, sodu, potasu, fosforu).

Wytworzone produkty doświadczalne spełniały zakładane kryteria dotyczące wydajności i zawartości tłuszczu w produkcie gotowym. Przeprowadzona ocena sensoryczna wykazała negatywny wpływ częściowego zastąpienia chlorku sodu chlorkiem potasu w ilości 30% i 40% (wariant 4 i 5). W tych kiełbasach stwierdzono znaczne odchylenia w smaku produktów, związane głównie z wyczuwalną gorzką nutą i metalicznym posmakiem.

Struktura i struktura tych produktów była miękka, mało zwięzła, plastry kiełbasy rozpadały się, co wskazuje na negatywny wpływ chlorku potasu na właściwości technologiczne mięsa. Barwa wszystkich wytworzonych wariantów kiełbas oceniona została pozytywnie, bez zastrzeżeń. Najbardziej zbliżone cechy sensoryczne kiełbas modelowych do wariantu kontrolnego stwierdzono w wariantach 1 i 2. Produkty modelowe charakteryzowały się pożądanym smakiem i zapachem z wyczuwalnymi przyprawami. Struktura kiełbas była ścisła i zwięzła. Rozwiązanie w wariacie drugim uznano za optymalne do obniżenia dodatku chlorku sodu w produkcji.

W kolejnym badaniu wyprodukowano serię doświadczalną kiełbasy homogenizowanej typu parówki o obniżonej zawartości tłuszczu (do 20%) bez dodatku fosforanów i o obniżonej zawartości soli. W celu obniżenia zawartości soli w produkcji zastosowano częściowe zastąpienie chlorku sodu chlorkiem potasu na poziomie uznanym za optymalny w poprzednim doświadczeniu (NaCl -1,28%, KCl – 0,32% w przeliczeniu na gotowy produkt).

Wyprodukowane wyroby poddane zostały ocenie technologicznej, badaniom sensorycznym i fizykochemicznym. Produkty modelowe spełniały kryteria dotyczące zakładanej wydajności, zawartości tłuszczu i soli. Smak wyrobów był charakterystyczny dla kiełbas typu parówki, z wyczuwalnymi przyprawami. Niemniej stwierdzono odczucie braku soczystości produktów, niski stopień homogenizacji, (ziarnistość) i złe wybarwienie przekroju produktu (odcień szarości).

W kolejnych badaniach wyprodukowano serię kiełbas grubo rozdrobnionych i wędzonkę - szynkę z mięśnia czterogłowego. W celu obniżenia zawartości soli w produktach tak jak w poprzednich doświadczeniach część chlorku sodu zastała zastąpiona chlorkiem potasu. Po produkcji i wychłodzeniu wyrobów przeprowadzono oceny technologiczne, sensoryczne i badania fizykochemiczne.

Wytworzone produkty modelowe spełniały kryteria dotyczące zakładanej wydajności, zawartości tłuszczu i soli. Niemniej w przypadku kiełbasy grubo rozdrobnionej stwierdzono za wysoki stopień aromatyzacji oraz złe wybarwienie mięsa na przekroju (niepożądana szara barwa farszu wiążącego). Natomiast w przypadku szynki stwierdzono odchylenia jakościowe w zakresie złego związania mięśni na przekroju, produkt charakteryzował się miękką strukturą z dużym wyciekami soku mięsnego.

Kolejne prace dotyczyły optymalizacji receptur produktów mięsnych, wytwarzanych zgodnie z założeniami projektu. Poszukiwania zastosowania nowej technologii produkcji lub modyfikacja dotychczasowej miała na celu poprawienie wybranych cech jakościowych wytwarzanych produktów.

Wprowadzenie zmian recepturowych miało na celu poprawę tekstury i barwy, w przypadku kielbasy homogenizowanej, poprawę barwy i zmianę aromatyzacji, w przypadku kielbasy grubo rozdrobnionej oraz ograniczenie efektu wycieku luźnej solanki w przypadku produkcji wędzonek-szynek bez dodatku fosforanów i o obniżonej zawartości chlorku sodu. Przeprowadzono kolejne produkcje doświadczalne kielbas homogenizowanych, których recepturę zmodyfikowano poprzez zwiększenie dodatku mięsa krwistego i wydłużenie procesu osadzania. W celu poprawy soczystości produktu przy jednoczesnym zachowaniu stosunkowo niskiej zawartości tłuszczu zwiększono o kilka procent dodatek wody technologicznej, zwiększając wydajność końcowa produktu gotowego do poziomu 118-120%. W przypadku kielbasy grubo rozdrobnionej, recepturę zmodyfikowano poprzez zmianę procesu rozdrabniania surowców i obniżono poziom dodatku substancji aromatycznych. Wyprodukowano również pięć wariantów wędzonki. Zmieniono stosowany do jej produkcji mięsień wieprzowy na mięsień dwugłowy z szynki, oraz w zależności od wariantu zastosowano naturalne substancje wspomagające (skrobia ziemniaczana/modyfikowana, jotta karagen, plazma krwi, błonnik bezglutenowy pszenny) których celem miało być ograniczenie wycieku solanki z produktu i uzyskanie odpowiedniej konsystencji produktu gotowego. Wyprodukowane produkty zostały poddane ocenom technologicznym, sensorycznym i badaniom fizykochemicznym. Zastosowane rozwiązania technologiczne przyniosły zamierzone efekty. Zarówno kielbasa grubo rozdrobniona i jak i homogenizowana oceniono wysoko. W przypadku wędzonki najlepszym zdaniem rzeczoznawców produktem był wariant w którym zastosowano dodatek do solanki nastrzykowej błonnika pszenego bezglutenowego. Produkt charakteryzował się pożądaną smakowitością, jędrną konsystencją. Stwierdzono stosunkowo mały wyciek soku mięsnego.

Kolejnym etapem projektu było zastosowanie opracowanej technologii wędlin bez dodatku fosforanów, o obniżonej zawartości soli i o obniżonej/niskiej zawartości tłuszczu do produkcji wyrobów mięsnych na bazie mięsa wzbogaconego w substancje prozdrowotne zgodnie z założeniami projektu.

Do dalszych wybrano produkcji doświadczalnych dwa opracowane produkty tj. kielbasę grubo rozdrobnioną typu szynkowa i kielbasę homogenizowaną typu parówki. W uzasadnionych przypadkach rozszerzano zakres asortymentowy wytwarzanych produktów. We wstępnych badaniach rozpoznawczych wyprodukowano serie wyrobów z grupy połędwic wędzonych i parzonych, kielbas surowych wędzonych i mielonek o różnym składzie recepturowym. Wytworzone produkty poddawane były ocenie technologicznej, sensorycznej i badaniom fizykochemicznym.

Przeprowadzono szereg produkcji doświadczalnych przetworów mięsnych z mięsa pochodzącego ze świń karmionych paszą wzbogaconą w selen na różnym poziomie, z mięsa pochodzącego ze świń karmionych paszą wzbogaconą w nienasycone kwasy tłuszczowe (w zależności od wariantu kwasy tłuszczowe były w różny sposób zbilansowane), z mięsa pochodzącego ze świń karmionych paszą wzbogaconą w nienasycone kwasy tłuszczowe i witaminę E. W poszczególnych doświadczeniach równolegle wytwarzany był wariant kontrolny z mięsa świń żywionych standardowo. W trakcie wytwarzania produktów prowadzono kontrolę procesu technologicznego, w tym wydajności produkcji.

Na podstawie przeprowadzonych prób doświadczalnych i badań produktów modelowych nie stwierdzono negatywnego wpływu zastosowanego mięsa ze świń karmionych paszą wzbogaconą w selen na wydajność i jakość sensoryczną produktów wytworzonych z jego udziałem, co potwierdza przydatność technologiczną uzyskanego surowca do produkcji wyrobów bez udziału polifosforanów i innych niepożądanych dodatków a także o zmniejszonej zawartości soli. W zależności od zbilansowania kwasów tłuszczowych w paszy skarmianych nią zwierząt pozyskane mięs charakteryzowało się zróżnicowanymi właściwościami technologicznymi. W skrajnych przypadkach produkty wytworzone z takiego surowca charakteryzowały się niską smakowitością o nietypowych nutach smakowych, określane jako zapach i smak świadczący o nieświeżości produktu. W przypadku kielbasy grubo rozdrobnionej stwierdzano brak zwięzłości między kawałkami mięsa, plastry rozpadały się, widoczne były skupiska galarety na przekroju. Zaobserwowano, że modyfikacja składu kwasów tłuszczowych w paszy skarmianych nią zwierząt może wpływać nie tylko na jakość tkanki tłuszczowej, ale i na właściwości technologiczne mięsa chudego. W innych doświadczeniach zastosowanie mięsa pochodzącego ze świń karmionych paszą wzbogaconą w nienasycone kwasy tłuszczowe nie wpływała negatywnie na cech jakościowe produktów modelowych.

W związku z tym, że w doświadczeniach zaobserwowano, że selen akumuluje się na stosunkowo wysokim poziomie w nerkach i wątrobie wieprzowej podjęto się również opracowania i opatentowania produktu podrobowego typu kiszka wątrobiano-nerkowa o podwyższonej zawartości selenu. Ocen sensoryczna wyprodukowanej pierwszej serii wyrobów wykazała odchylenia w smaku. Stwierdzono, że oceniane wyroby charakteryzowały się niską smakowitością z wyraźną nutą gorzką i obcym posmakiem. Niska ocena sensoryczna wyrobów modelowych związana była z użyciem w przewodzie w recepturze nerek i wątroby wieprzowej. Zaproponowano skład mieszanki przyprawowej, której zadaniem było nadanie odpowiedniej smakowitości produktowi niwelując potencjalne niekorzystne nuty smakowo-zapachowe,

których źródłem było zastosowanie w stosunkowo dużej ilości podrobów wieprzowych. Zastosowano również odpowiednią obróbkę wątroby wieprzowej oraz nerek w celu zniwelowania smaku gorzkiego i obcych posmaków w produkcji. Przeprowadzono kolejną produkcję doświadczalną i oceniono wytworzone produkty modelowe. Oceniane produkty charakteryzowały się pożądaną smakowitością z dobrze wyczuwalnymi przeprawami bez obcych posmaków oraz teksturą typową dla kiszek podrobowych [Guzek i wsp. 2012, 2012a; Półtorak i współ. 2012, Zalewska i współ. 2012].

Podsumowanie

- Możliwe jest obniżenie zawartości soli w wędlinach poprzez zmniejszenie jej dodatku i zastąpienie 20% chlorku sodu, chlorkiem potasu przy odpowiednim doborze surowcowym i przeprowadzonej obróbce mechanicznej mięsa w celu aktywacji białek mięśniowych. Zastąpienie chlorku sodu, chlorkiem potasu na wyższym niż 20% poziomie wpływa niekorzystnie na właściwości technologiczne mięsa i jakość sensoryczną produktu gotowego.
- Nie stwierdzono istotnego wpływu zastosowanego mięsa ze świń karmionych paszą wzbogaconą w selen na wydajność i jakość sensoryczną produktów wytworzonych z jego udziałem, co potwierdza przydatność technologiczną uzyskanego surowca do produkcji wyrobów bez udziału polifosforanów i innych niepożądanych dodatków, a także o zmniejszonej zawartości soli.
- Tylko odpowiednio zbilansowanie kwasów tłuszczowych w paszy skarmianych nią zwierząt zapewnia przydatność technologiczną uzyskanego surowca do produkcji wyrobów bez udziału polifosforanów i innych niepożądanych dodatków, a także o zredukowanej ilości soli.

PIŚMIENNICTWO

1. GUZEK D., GŁĄBSKA D., WIERZBICKA A. 2012 - Wpływ obecności genu wrażliwości na stres RYR1 na barwę i przydatność technologiczną mięsa wieprzowego. *Życie Weterynaryjne*, t. 4, s. 324-328.
2. GUZEK D., GŁĄBSKA D., WIERZBICKA A. 2012 (a) - Niestrukturalna ocena jakości mięsa i jego przetworów przy zastosowaniu komputerowej analizy obrazu. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, t. 22/41, nr 2, s. 118-122.
3. GUZEK D., GŁĄBSKA D., WIERZBICKA A. 2011- Nowe trendy w przetwórstwie mięsa wieprzowego a preferencje konsumenckie. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, t. 21/39, nr 2, s. 92-96.

4. PÓŁTORAK A., ZALEWSKA M., MARCINKOWSKA-LESIAK M.M. 2012 - Możliwość wykorzystania nowoczesnych systemów pakowania w produkcji przetworów z mięsa wieprzowego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, t. 22/41, nr 2, s. 91-95.
5. ZALEWSKA M., MARCINKOWSKA M.M., PÓŁTORAK A., WYRWISZ J., ZAREMBA R. 2012 - Wpływ sposobu pakowania na zachowanie barwy mięsa i przetworów z mięsa wieprzowego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, t. 22/41, nr 2, s. 127-132.

5.3 – Ocena jakości sensorycznej, właściwości fizyko-chemicznych, wartości odżywczej oraz wybranych wskaźników jakości prozdrowotnej przetworów mięsnych o cechach żywności funkcjonalnej.

Cele badań

Celem badań była ocena wpływu żywienia zwierząt paszami o zróżnicowanym składzie, na jakość sensoryczną, wartość odżywczą, właściwości prozdrowotne oraz wybrane, inne cechy funkcjonalne, takie jak właściwości fizykochemiczne surowca i przetworów otrzymanych z mięsa wieprzowego.

Ocena jakościowa otrzymanego surowego mięsa wieprzowego o właściwościach prozdrowotnych oraz otrzymanych z niego wybranych przetworowa, była oceną weryfikującą efekty badań hodowlanych. Obejmowała ona szeroki zakres parametrów jakościowych (takich, jak cechy teksturalne, barwa pH, zawartość mioglobiny, profil związków lotnych, całkowity potencjał antyoksydacyjny, wskaźnik TBARS, profil kwasów tłuszczowych, zawartość białka, tłuszczu, wody, popiołu, składników mineralnych, witaminy E, witamin z grupy B, takich jak witamina B₁ i B₁₂) które realizowane zostały w ramach podzadań.

Celem badań była ocena jakości sensorycznej, wartości odżywczej oraz wybranych właściwości fizyko-chemicznych i wskaźników jakości prozdrowotnej przetworów mięsnych o cechach żywności funkcjonalnej, wyprodukowanych z mięsa wieprzowego, pozyskanego w wyniku żywienia zwierząt modyfikowanego pod względem ilościowo-jakościowym.

Ocenię poddano następujące rodzaje przetworów: szynki, kielbasy drobnorozdrobnione, kielbasy gruborozdrobnione oraz parówki, wyprodukowane z dwóch rodzajów mięsa wieprzowego, tj. o podwyższonej zawartości selenu oraz mięsa o podwyższonej zawartości kwasów

tłuszczowych z grupy n-3. Dodatkowo przeprowadzone zostały badania przetworów mięsnych wyprodukowanych z mięsa kontrolnego (PQS), uzyskanego z tuczników karmionych paszą bez dodatków składników bioaktywnych. Badania przeprowadzone zostały w 4 powtórzeniach procesu przetwórczego, do którego został użyty surowiec łącznie z ponad 400 szt. trzody chlewnej.

Produkty funkcjonalne, otrzymane z pozytywnie zweryfikowanego surowca funkcjonalnego, poddane zostały ocenie jakościowej: sensorycznej, badaniom wartości odżywczej, wybranych elementów jakości prozdrowotnej oraz badaniom wybranych cech mechanicznych. Badania miały na celu określenie wpływu podwyższonej zawartości składników bioaktywnych (selenu oraz kwasów n-3 na) w surowcu na: - jego przydatność do celów przetwórczych, - jakość i akceptowalność sensoryczną uzyskanych przetworów mięsnych, - wartość odżywczą, parametry fizyczne i mechaniczne, które warunkować będą ich akceptowalność wśród konsumentów. Wyniki odniesione były do próby kontrolnej, tj. próbek wyrobów uzyskanych z mięsa pozyskanego ze zwierząt karmionych paszą bez dodatku składników bioaktywnych [Guzek i współ. 2012, Guzek i współ., 2013].

Opis wyników i dyskusja

Zrealizowano badania z prób przemysłowych przeprowadzonych w sierpniu i październiku 2013 roku z wyłączeniem badań składników mineralnych w tym seleniu. Badania te zostały zrealizowane z pobranych prób z II przemysłowej próby przeprowadzonej w I dekadzie października 2013r. Ostatnie III Doświadczenie z badań przemysłowych zostało zrealizowane do końca I kwartału 2014r. Zakończenie badań do tego podzadania nastąpiło do końca III kwartału 2014 roku.

Podsumowanie

- Z częściowych wyników badań został określony profil frakcji lotnej tzw. odcisk palca (ang. *fingerprints*) dla surowego mięsa (schab, karkówka, szynka) pochodzącego z różnych grup eksperymentalnych, jak również wybranych wędlin uzyskanych w ramach opatentowanej technologii. Dzięki tym badaniom można uzyskać kompletną informację o podobieństwie danej próbki do próbki odniesienia (referencyjnej lub kontrolnej).
- Ponadto wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na stworzenie pierwszej partii oświadczeń zdrowotnych i żywieniowych, na podstawie których przygotowywane są RGDU. Dotyczą one między innymi, tych cech, na które zwracają szczególną uwagę konsumenci, tj. zmniejszonej wartości odżywczej, niższej zawartości tłuszczu i/ lub soli.
- Uzyskane wyniki z badań fizycznych i technologicznych z Zadania 7 oraz Współautorów zgłoszeń patentowych dały możliwość przygotowania 6 zgłoszeń patentowych (w tym 3 uzyskały już status patentu).

PIŚMIENNICTWO

1. GUZEK D., GŁĄBSKA D., SAKOWSKA A., WIERZBICKA A. 2012 - Color of smoked loin from animals fed with bioactive compounds added to forage. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 47, 1.
2. GUZEK D., GŁĄBSKA D., POGORZELSKA E., POGORZELSKI G., WIERZBICKA A. 2013 - Instrumental texture measurement of meat in a laboratory research and on a production line.” *Advances in Science and Technology* 7, 5-11.

5.6 – Przygotowanie projektu informacji o znakowaniu opracowanych produktów o właściwościach prozdrowotnych.

Cele badań

Celem badań była ocena wpływu żywienia zwierząt paszami o zróżnicowanym składzie, na jakość sensoryczną, wartość odżywczą, właściwości prozdrowotne oraz wybrane, inne cechy funkcjonalne, takie jak właściwości fizykochemiczne surowca i przetworów otrzymanych z mięsa wieprzowego.

Ocena jakościowa otrzymanego surowego mięsa wieprzowego o właściwościach prozdrowotnych oraz otrzymanych z niego wybranych przetworowa, była oceną weryfikującą efekty badań hodowlanych. Obejmowała ona szeroki zakres parametrów jakościowych, które realizowane były w ramach zadania 5.

Celem badań było zebranie dowodów naukowych dotyczących oświadczeń zdrowotnych i żywieniowych, które można byłoby sformułować dla surowca mięsnego i otrzymanych wyrobów wędliniarskich, cechujących się podwyższoną wartością odżywczą i prozdrowotną. Opracowane treści oświadczeń możliwe do zamieszczenia na etykietach opakowań jednostkowych są zgodne z odpowiednimi przepisami prawnymi, warunkującymi przygotowanie produktów do wdrożenia, tj. zawierać będą m.in. takie informacje jak: wykaz składników, datę minimalnej trwałości, sposób przechowywania, wartość odżywczą obejmującą wartość energetyczną, zawartość białka, tłuszczu, węglowodanów oraz odpowiednich składników bioaktywnych (zawartość selenu, kwasów tłuszczowych n-3).

Opis wyników i dyskusja

W oparciu o uzyskane wyniki zostało sformułowanych 120 oświadczeń żywieniowych i zdrowotnych dla surowca mięsnego o podwyższonej zawartości selenu i/lub kwasów tłuszczowych n-3 oraz dla przetworów mięsnych, należących do grup wskazanych w badaniach 5.1. i zweryfikowanych w badaniach 5.3. (o podwyższonej zawartości kwasów tłuszczowych z grupy n-3, zwiększonej zawartości przeciwutleniaczy, o obniżonej zawartości soli i substancji dodatkowych, np. polifosforanów, produkty typu „light” o obniżonej kaloryczności i zawartości tłuszczu) – możliwość formułowania oświadczeń żywieniowych i prozdrowotnych opracowana została w oparciu o wyniki uzyskane w badaniach 5.4.

Na podstawie wartości uzyskanych z oznaczeń chemicznych porównano wybrane parametry wartości odżywczej wędlin wieprzowych uzyskanych z mięsa zwierząt karmionych różnymi rodzajami pasz z wartościami dla wędlin wieprzowych pozyskanej z mięsa wieprzowego ze

zwierząt karmionych przy zastosowaniu pasz wzbogaconych w selen organiczny i ziarna siemienia lnianego bogatego w wielonasycone kwasy tłuszczowe i konwencjonalnej stanowiącej próby kontrolne i odniesiono do wartości tabelarycznych dla tych przetworów mięsnych [Brodowska i wsp. 2018].

Podsumowanie

Możliwość wykorzystania ustalonych oświadczeń żywieniowych lub / i zdrowotnych wg. artykułu 5. Rozporządzenia (WE) nr 1924/2006 musi uwzględniać, że na podstawie ogólnie uznanych danych naukowych potwierdzone zostało, że obecność lub brak, albo też obniżona zawartość w danej żywności lub kategorii żywności składnika odżywczego lub innej substancji, do której odnosi się oświadczenie, ma korzystne działanie odżywcze lub fizjologiczne. Dodatkowo składnik odżywczy lub inna substancja, której dotyczy oświadczenie powinien być zawarty w produkcie końcowym w znaczącej ilości, nie być w nim zawarty lub być zawarty jedynie w obniżonej ilości określonej w przepisach wspólnotowych, która ma zgodne z oświadczeniem działanie odżywcze lub fizjologiczne, co potwierdzają ogólnie uznane dane naukowe. Składnik odżywczy lub inna substancja, której dotyczy oświadczenie, występować powinien w produkcie finalnym w postaci przyswajalnej przez organizm, a ilość produktu, jakiej spożycia można racjonalnie oczekiwać, zapewnia znaczącą ilość składnika odżywczego lub innej substancji, której dotyczy oświadczenie, określoną w przepisach wspólnotowych lub znaczącą ilość, która przyniesie zgodne z oświadczeniem działanie odżywcze lub fizjologiczne. W informacji o wartości odżywczej przedstawionej zgodnie z artykułem 6 dyrektywy Rady 90/496/EWG (z póź. zm. z Dyrektywa Komisji 2003/120/WE z dnia 5 grudnia 2003 r. zmieniająca dyrektywę 90/496/EWG w sprawie oznaczania wartości odżywczej środków spożywczych, Rozporządzenie (WE) nr 1882/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 września 2003; Dyrektywa Komisji 2008/100/WE z dnia 28 października 2008; Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1137/2008 z dnia 22 października 2008) powinna się znaleźć zależnie od sytuacji, informacja o ilości substancji, której (których) dotyczy oświadczenie żywieniowe lub zdrowotne, a która nie jest podana w określeniu wartości odżywczej, jest zamieszczana w tym samym polu widzenia.

Przeprowadzone badania i dowody naukowe pozwoliły na opracowanie oświadczeń żywieniowych i zdrowotnych dla surowca mięsnego i przetworów o podwyższonej zawartości selenu i/lub kwasów tłuszczowych

n-3 takich jak „Oświadczenie, że środek spożywczy jest źródłem białka oraz każde oświadczenie, które może mieć taki sam sens dla konsumenta, może być stosowane tylko wówczas, gdy przynajmniej 12% wartości energetycznej środka spożywczego pochodzi z białka.” Dla wyrobów takich jak Szynka – średni udział energii z białka w tych produktach ze wszystkich grup wynosi od 70 do 84%

Połądwica – śred. udział energii z białka w tych prod. ze wszystkich grup wynosi od 58 do 72%

Baleron – śred. udział energii z białka w tych prod. ze wszystkich grup wynosi od 29 do 49%

Szynkowa – śred. udział energii z białka w tych prod. ze wszystkich grup wynosi od 49 do 74%

Parówki – śred. udział energii z białka w tych prod. ze wszystkich grup wynosi od 19 do 21%

Mięso (schab) – śred. udział energii z białka w tych prod. ze wszystkich grup wynosi od 65 do 81%. Wówczas możliwy jest zapis na opakowaniu „białko przyczynia się do zwiększenia masy mięśniowej”. Oświadczenie to może być zastosowane dla produktów, które są oznaczone przynajmniej jako źródło białka. Commission Regulation (EU) 432/2012 z dn. 16/05/2012 Dla produktów, dla których można zastosować oświadczenie „ŹRÓDŁO BIAŁKA”.

PIŚMIENNICTWO

1. BRODOWSKA M., GUZEK D., JÓŻWIK A., GŁĄBSKA D., GODZISZEWSKA J., WOJTASIK-KALINOWSKA I., ZARODKIEWICZ M., GANTNER M., WIERZBICKA A., 2018. The effect of high-CO₂ atmosphere in packaging of pork from pigs supplemented with rapeseed oil and antioxidants on oxidation processes; LWT, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.077>

5.7 – Przygotowanie produktów mięsnych o właściwościach prozdrowotnych do wdrożenia.

Cele badań

Celem badań była ocena wpływu żywienia zwierząt paszami o zróżnicowanym składzie, na jakość sensoryczną, wartość odżywczą, właściwości prozdrowotne oraz wybrane, inne cechy funkcjonalne, takie jak właściwości fizykochemiczne surowca i przetworów otrzymanych z mięsa wieprzowego.

Ocena jakościowa otrzymanego surowego mięsa wieprzowego o właściwościach prozdrowotnych oraz otrzymanych z niego wybranych przetworowa, była oceną weryfikującą efekty badań hodowlanych.

Opis wyników i dyskusja

Osiągane wyniki podczas realizacji badań projektu były regularnie monitorowane w celu eliminowania wszelkich odchyłeń i błędów. W przypadku wystąpienia nieprawidłowości, które zagroziłyby pomyślnej realizacji badań projektu dokonywane były bieżące korekty. Dlatego też celem zadania było ustalenie mierników i metod kontroli jakości zarówno surowego mięsa wieprzowego pozyskanego w warunkach zmodyfikowanego sposobu żywienia zwierząt, warunkującego uzyskanie podwyższonej wartości odżywczej i prozdrowotnej, jak i pozyskanych z nich gotowych wyrobów przetworzonych. W tym celu ustalone zostały poszczególne mierniki zarówno dla surowca, jaki przetworów, które powinny być kontrolowane po otrzymaniu wyrobów, które uznane zostały jako produkt rynkowy. Opracowane zostały dokumenty normalizacyjne, zgodne z aktualnie obowiązującymi przepisami prawnymi.

Podsumowanie

Ponadto wyniki przeprowadzonych badań przechowalniczych surowców i przetworów mięsnych pozwoliły na utworzenie pierwszej partii oświadczeń zdrowotnych i żywieniowych, na podstawie, których przygotowane zostały rozwiązania gotowe do użycia - RGDU (oświadczenia żywieniowe dla mięsa surowego, oświadczenia żywieniowe dla przetworów mięsnych; oświadczenia zdrowotne dla mięsa surowego, oświadczenia zdrowotne dla przetworów mięsnych), jakie mogą znaleźć się na opakowaniach. Dotyczą one między innymi, tych cech, na które zwracają szczególną uwagę konsumenci, tj. zmniejszonej wartości odżywczej, niższej zawartości tłuszczu i/ lub soli [Brodowska i współ. 2018].

Uzyskane wyniki z badań fizycznych i technologicznych dały możliwość przygotowania 6 zgłoszeń patentowych (w tym 3 uzyskały już status patentu - zgłoszenia patentowe).

PIŚMIENNICTWO

1. BRODOWSKA M., GUZEK D., JÓŻWIK A., GŁĄBSKA D., GODZISZEWSKA J., WOJTASIK-KALINOWSKA I., ZARODKIEWICZ M., GANTNER M., WIERZBICKA A. 2018. The effect of high-CO₂ atmosphere in packaging of pork from pigs supplemented with rapeseed oil and antioxidants on oxidation processes; *LWT*, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.077>

5.8 – Uzyskanie wyników i dowodów naukowych z prób rynkowych w zakresie realnych potrzeb konsumentów dla innowacyjnych przetworów z mięsa wieprzowego charakteryzujących się wysoką jakością i wartością odżywczą”.

Cele badań

Celem podzadania było przeprowadzenie prób przemysłowych w zakładach mięsnych w zakresie innowacyjnych przetworów wieprzowych wyprodukowanych według przyjętych założeń badawczych w oparciu o nadzór techniczny i technologiczny ogólnopolskiego branżowego związku „Polskie Mięso”. Próby przemysłowe stanowiły weryfikację sposobu przetworzenia mięsa na wyroby o walorach prozdrowotnych. Wyprodukowane przetwory zostały poddane ponownie ocenie jakości sensorycznej (w tym eksperckiej oraz konsumenckiej), badaniu wartości odżywczej oraz właściwości fizykochemicznych.

Podsumowanie

Z uzyskanych wyników badań został określone profile frakcji lotnej na cechy surowego mięsa (schab, karkówka, szynka) pochodzącego z różnych grup eksperymentalnych, jak również wybranych wędlin uzyskanych w

ramach opatentowanej technologii. Dzięki tym badaniom można uzyskać kompletną informację o podobieństwie danej próbki do próbki odniesienia (referencyjnej lub kontrolnej).

Ponadto wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na opracowanie pierwszej partii oświadczeń zdrowotnych i żywieniowych, na podstawie których przygotowywano rozwiązania gotowe do użycia - RGDU (oświadczenia żywieniowe dla mięsa surowego, oświadczenia żywieniowe dla przetworów mięsnych; oświadczenia zdrowotne dla mięsa surowego, oświadczenia zdrowotne dla przetworów mięsnych), jakie mogą znaleźć się na opakowaniach. Dotyczą one między innymi, tych cech, na które zwracają szczególną uwagę konsumenci, tj. zmniejszonej wartości odżywczej, niższej zawartości tłuszczu i/ lub soli.

Podsumowanie

- Z uzyskanych wyników badań zostały określone profile frakcji lotnej surowego mięsa (schab, karkówka, szynka) pochodzącego z różnych grup eksperymentalnych (wymienić jakie grupy to były), jak również wybranych wędlin uzyskanych w ramach opatentowanej technologii sposobu pakowania. Dzięki tym badaniom można uzyskać kompletną informację o podobieństwie danej próbki do próbki odniesienia (referencyjnej lub kontrolnej) [Brodowska i współ., 2018, Wojtasik-Kalinowska i współ. 2015, Górską-Horzyczak i współ. 2015].
- Ponadto wyniki przeprowadzonych badań przechowalniczych surowców i przetworów mięsnych pozwoliły na stworzenie pierwszej partii oświadczeń zdrowotnych i żywieniowych (realizowane w badaniu 5.6.), na podstawie, których przygotowywano RGDU (oświadczenia żywieniowe dla mięsa surowego, oświadczenia żywieniowe dla przetworów mięsnych; oświadczenia zdrowotne dla mięsa surowego, oświadczenia zdrowotne dla przetworów mięsnych), jakie mogą znaleźć się na opakowaniach (współpraca z badaniami 5.6). Dotyczą one między innymi, tych cech, na które zwracają szczególną uwagę konsumenci, tj. zmniejszonej wartości odżywczej, niższej zawartości tłuszczu i/ lub soli [Guzek i współ. 2012, 2012a, Guzek i współ., 2013].

PIŚMIENNICTWO

1. GUZEK D., GŁĄBSKA D., SAKOWSKA A., WIERZBICKA A. 2012 - Analiza wpływu skarmiania trzody chlewnej paszą z dodatkiem selenu i wpływu opakowania na składowe barwy mięsnych wyrobów funkcjonalnych na przykładzie polędwicy. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 57, 157-161.
2. GÓRSKA-HORCZYCZAK E., GUZEK D., MOŁĘDA Z., WOJTASIK-KALINOWSKA I., BRODOWSKA M., WIERZBICKA A. 2016 - Applications of electronic noses in meat analysis. *Food Science Technology (Campinas)* vol.36 no.3. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.03615>
3. BRODOWSKA M., GUZEK D., GODZISZEWSKA J., POGORZELSKA E., WIERZBICKA A. 2018 - Oxidation processes of *Longissimus dorsi* from pigs supplemented with linseed oil and antioxidants. *South African Journal Of Animal Science* 48, 545.
4. WOJTASIK-KALINOWSKA I., KONARSKA M., SAKOWSKA A., GUZEK D., GŁĄBSKA D., WIERZBICKA A. 2014 - Sektor mięsa wieprzowego w Polsce i na świecie w latach 2000-2012. Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Ekonomia i Organizacji Gospodarki Żywnościowej 14, 205-215.
5. GUZEK D., GŁĄBSKA D., KOZAŃ K., WIERZBICKA A., 2012 - Analiza wpływu zastosowanego opakowania na składowe barwy szynki wieprzowej. *Opakowanie*. 12, 55-59.

