

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE, BIOLOGY AND BIOECONOMY

wcześniej – formerly

Annales UMCS sectio EE Zootechnica

VOL. XXXV (3)

2017

CC BY–NC–ND

DOI: 10.24326/jasbb.2017.3.4

¹Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych

²Pracownia Ekologicznej Produkcji Żywności Pochodzenia Zwierzęcego

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

e-mail: joanna.barlowska@up.lublin.pl

JOANNA BARŁOWSKA¹, ROBERT PASTUSZKA¹, ANETA BRODZIAK²,
JOLANTA KRÓL¹, ANNA WOLANCIUK¹

Wpływ grupy rasowej kóz i sezonu żywienia na właściwości fizykochemiczne tłuszczu mleka

Effect of the racial group of goats and the feeding season on physical-chemical
properties of milk fat

Streszczenie. Celem pracy była ocena wpływu grupy rasowej kóz i sezonu żywienia powiązanego z fazą laktacji na podstawowy skład chemiczny mleka, dyspersji tłuszczu, zawartość kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mleku. Materiał do badań stanowiło 480 prób mleka od kóz dwóch grup, tj. uszlachetnionych – o znanym pochodzeniu po ojcu (203), i różnych mieszańców o nieznanym pochodzeniu – bezrasowych (277); próby pobrano w trzech sezonach produkcji (fazach laktacji): zimowym (początek laktacji) – 166, wiosenno-letnim (środek laktacji) – 161 i jesiennym (koniec laktacji) – 153. W mleku oznaczano podstawowy skład (zawartość tłuszczu, białka, laktozy i suchej masy), stopień dyspersji tłuszczu mlekowego, zawartość cholesterolu i kwasów tłuszczowych. Wykazano, że kozy mieszańce o nieznanym pochodzeniu pomimo mniejszej produktywności produkowały mleko o korzystniejszym składzie chemicznym, istotnie wyższym dyspersji tłuszczu mlekowego oraz większej zawartości cholesterolu w porównaniu z kozami uszlachetnionymi. Najwyższą koncentrację składników suchej masy, w tym tłuszczu i białka, miało mleko pozyskiwane w okresie żywienia jesiennego, przy jednocześnie najniższej wydajności mlecznej kóz. Wraz z upływem laktacji zwiększał się stopień dyspersji tłuszczu i jednocześnie wzrastała zawartość cholesterolu w mleku. Grupa rasowa kóz wpływała na profil kwasów tłuszczowych w mleku. Istotnie mniejszą zawartość nasyconych oraz większą jedno- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych stwierdzono w mleku kóz bezrasowych, co z reguły zaobserwowano w każdym z sezonów żywienia. Kozy uszlachetnione produkowały natomiast mleko o istotnie większej zawartości kwasów tłuszczowych o nieparzystej liczbie atomów węgla w cząsteczce i rozgałęzionych łańcuchach. Większą zawartość korzystniejszych kwasów tłuszczowych, w tym CLA, stwierdzono w mleku w okresie żywienia wiosenno-letniego (II faza laktacji), tzn. kiedy zwierzęta korzystały ze świeżej zielonki pastwiskowej.

Słowa kluczowe: mleko kozie, skład chemiczny, stan dyspersji tłuszczu mlekowego, cholesterol, kwasy tłuszczowe, grupa rasowa, faza laktacji (sezon żywienia)

WSTĘP

Mleko kozie jest obecnie bardzo cenionym surowcem. Jego udział w produkcji globalnej mleka pięciu gatunków zwierząt uwzględnianych w statystykach FAO wynosi 2,3% [FAOSTAT 2017]. W krajach rozwijających się mleko to odgrywa ważną rolę w żywieniu ludzi [Strzałkowska i in. 2006], przyczyniając się do zwalczenia problemu niedożywienia, zwłaszcza wśród małych dzieci [Sanz Sampelayo i in. 2007]. Z kolei w krajach rozwiniętych wzrost zainteresowania mlekiem kozim spowodowany jest opinią o jego korzystnych (funkcjonalnych) dla zdrowia właściwościach [Strzałkowska i in. 2006]. Ponadto odnotowuje się coraz większą liczbę konsumentów produktów z mleka koziego, głównie serów i jogurtów [Haenlein 2004].

Tłuszcz obecny w mleku występuje w postaci rozproszonych kuleczek tłuszczowych, a ich średnica w mleku kozim waha się od 0,73 do 8,58 μm , zaś w mleku krowim od 0,92 do 15,75 μm [Attaie i Richter 2000]. Mleko kozie różni się od mleka krowiego również zawartością poszczególnych kwasów tłuszczowych [Haenlein 2004]. Charakterystyczną cechą mleka małych przeżuwaczy, a szczególnie kóz, jest wyższa zawartość krótko- i średniołańcuchowych kwasów tłuszczowych, z czego kwasów C6–C10 jest co najmniej dwa razy więcej niż w tłuszczu mleka krowiego [Raynal-Ljutovac i in. 2008, Strzałkowska i in. 2012]. Mleko kozie w porównaniu z krowim zawiera trzy razy mniej kwasu masłowego [Ceballos i in. 2009], a ponadto więcej jednonienasyconych (MUFA) i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) [Haenlein 2004]. Do składników tłuszczu mlekowego należy również cholesterol, który stanowi 0,2–0,4% całości lipidów mleka [Barłowska i Litwińczuk 2009]. W mleku kozim zawartość cholesterolu wynosi od 2 do 24 mg/100 ml [Bonczar i in. 2011, Strzałkowska i in. 2012].

Podstawowy skład mleka, a także parametry fizykochemiczne tłuszczu mlekowego są zmienne i zależą od czynników genetycznych, fizjologicznych i środowiskowych. Celem pracy była ocena wpływu grupy rasowej kóz i fazy laktacji powiązanej z sezonem żywienia na podstawowy skład chemiczny mleka, stopień dyspersji tłuszczu, zawartość kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mleku.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło 480 prób mleka pobranych od kóz dwóch grup, tj. uszlachetnionych o znanym pochodzeniu po ojcu (203) i różnych mieszańców o nieznanym pochodzeniu – bezrasowych (277). Próby pobrano w ciągu jednego roku, w trzech sezonach żywienia, które w dużym stopniu wiążą się u kóz z fazą laktacji: zimowym (początek laktacji) – 166, wiosenno-letnim (środek laktacji) – 161 i jesiennym (koniec laktacji) – 153.

W sezonie zimowym kozy żywione były sianem oraz sianokiszconką, a podczas doju podawano im własną paszę treściwą – srukę zbożową (owies, pszenica, jęczmień). W sezonie wiosenno-letnim podstawą żywienia była zielonka pastwiskowa, a uzupełnieniem dawki pokarmowej była własna pasza treściwa – sruka zbożowa (owies, pszenica, jęczmień). W sezonie jesiennym podstawą żywienia kóz było siano oraz sianokiszconka i w niewielkim stopniu również zielonka pastwiskowa, a podczas doju zwierzęta otrzymywały paszę treściwą jak w sezonie zimowym. Kozy cały czas miały dostęp do wody pitnej i lizawek.

W próbkach mleka oznaczono:

– podstawowy skład chemiczny, tj. zawartość białka, tłuszczu, laktozy i suchej masy aparatem Infrared Milk Analyzer firmy Bentley (USA);

– stopień dyspersji tłuszczu mlekowego (średnią powierzchnię kuleczek tłuszczowych w polu widzenia, średni obwód otoczek kuleczek oraz przeciętną średnicę) oznaczony na zdjęciach z dwóch pól widzenia preparatów mikroskopowych (powiększenie $\times 1000$) wybarwionych Sudanem III z wykorzystaniem programu Motic Images Plus 2.0.

W reprezentatywnej liczbie próbek mleka (182) oznaczono:

– zawartość cholesterolu wg metodyki opracowanej przez Instytut Zootechniki w Balicach (z własnymi modyfikacjami); pomiaru dokonywano na spektrofotometrze Carry 300 (Varian), przy długości fali 570 nm;

– zawartość kwasów tłuszczowych, po uprzedniej ekstrakcji tłuszczu zmodyfikowaną metodą Röse-Gottlieba, a następnie przez transmetylację próbki tłuszczu z użyciem mieszaniny stężonego H_2SO_4 (95%) i metanolu zgodnie z AOCS Official Method Ce 2-66 [2000] przeprowadzono bezpośrednią konwersję do estrów metylowych (FAME). Rozdział FAME przeprowadzono techniką chromatografii gazowej (GC) wg PN-EN ISO 12966-1:2015-01 [2015] i PN-EN ISO 5508 [1996] z wykorzystaniem aparatu Varian GC 3900 (WalnutCreek, CA USA) z detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID). Identyfikację kwasów tłuszczowych prowadzono przez porównanie czasów retencji poszczególnych FAME z czasami retencji wzorców estrów metylowych kwasów tłuszczowych (Supelco 37 Component FAME Mix CRM 47885 Supelco, Sigma-Aldrich) oraz danymi literaturowymi. Wyniki pomiarów opracowano z wykorzystaniem programu Star GC Workstation ver. 5.5. Uzyskane wyniki estrów metylowych kwasów tłuszczowych (FAME) przekonwertowano na wartości kwasów tłuszczowych (FA) wyrażone w g/100 g FA, wykorzystując w obliczeniach współczynniki korekcyjne dla poszczególnych kwasów tłuszczowych oraz współczynnik konwersji FAME do FA. Na tej podstawie wyliczono główne grupy kwasów tłuszczowych, ich proporcje i indeksy.

Uzyskane wyniki badań zostały opracowane statystycznie za pomocą programu StatSoft Inc. STATISTICA 13.1 [2016] z wykorzystaniem dwuczynnikowej analizy wariancji z interakcją. Istotność różnic pomiędzy średnimi wartościami dla poszczególnych parametrów wyznaczono testem Tukeya przy poziomach istotności: $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$.

W analizie statystycznej uwzględniono następujące czynniki:

– grupa kóz (2 grupy: kozy uszlachetnione o znanym pochodzeniu po ojcu i różne mieszańce o nieznanym pochodzeniu – bezrasowe),

– sezon żywienia – faza laktacji (3 sezony: zimowy – I faza, wiosenno-letni – II faza, jesienny – III faza).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wykazano istotny ($p \leq 0,001$) wpływ sezonu żywienia oraz grupy rasowej na wydajność dobową i skład chemiczny mleka koziego (tab. 1). W sezonie zimowym (I faza laktacji) produktywność zwierząt obu grup rasowych była na zbliżonym poziomie (różnica na korzyść kóz uszlachetnionych wynosiła zaledwie 0,12 l), następnie w szczycie la-

Tabela 1. Wydajność dobową i skład chemiczny mleka pozyskiwanego od kóz bezrasowych i uszlachetnionych z uwzględnieniem sezonu żywienia ($\bar{x} \pm SD$)
 Table 1. Daily yield and chemical composition of milk obtained from breedless and improved goats with regard to the feeding season ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Specification		Żywienie zimowe (I faza laktacji) Winter feeding (lactation stage I)		Żywienie wiosenno-letnie (II faza laktacji) Spring-summer feeding (lactation stage II)		Żywienie jesienne (III faza laktacji) Autumn feeding (lactation stage III)		Wpływ czynnika Factor influence		
		k.b. / b.g.	k.u. / i.g.	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.			
<i>n</i> (próbki mleka) <i>n</i> (milk samples)		95	71	101	60	81	72	Gr	Sp	Gr × Sp
Wydajność dobowa (l) Daily yield (l)	\bar{x}	1,71 ^Y	1,83 ^Y	1,95 ^{AY}	2,43 ^{BZ}	0,93 ^{AX}	1,40 ^{BX}	***	***	n.s.
	SD	0,65	0,70	0,66	0,69	0,37	0,50			
Tłuszcz (%) Fat (%)	\bar{x}	3,87 ^Y	3,61 ^Y	3,25 ^X	3,26 ^X	4,98 ^{BZ}	3,31 ^{AXY}	***	***	***
	SD	0,68	0,80	0,59	0,42	0,99	0,55			
Białko (%) Protein (%)	\bar{x}	2,88 ^{BX}	2,64 ^{AX}	2,94 ^X	2,79 ^{XY}	4,11 ^{BY}	2,97 ^{AY}	***	***	***
	SD	0,29	0,26	0,27	0,25	0,68	0,31			
Laktoza (%) Lactose (%)	\bar{x}	4,70 ^Z	4,81 ^Y	4,51 ^{AY}	4,66 ^{BX}	4,37 ^{AX}	4,58 ^{BX}	***	***	n.s.
	SD	0,25	0,24	0,23	0,25	0,27	0,20			
Sucha masa (%) Dry matter (%)	\bar{x}	12,09 ^Y	11,64	11,31 ^X	11,32	14,31 ^{BZ}	11,36 ^A	***	***	***
	SD	0,96	1,09	0,96	0,75	1,61	0,87			
LKS (tys./ml) SCC (thous./ml)	\bar{x}	1174 ^X	1458	1156 ^X	1259	2828 ^{BY}	1408 ^A	n.s.	***	n.s.
	SD	1930	1975	1055	1373	1937	1587			

A, B – różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami rasowymi w obrębie sezonu żywienia przy $p \leq 0,01$; a, b – różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami rasowymi w obrębie sezonu produkcji przy $p \leq 0,05$; X, Y, Z – różnice istotne statystycznie w obrębie grupy rasowej pomiędzy sezonami żywienia przy $p \leq 0,01$; x, y – różnice istotne statystycznie w obrębie grupy rasowej pomiędzy sezonami żywienia przy $p \leq 0,05$; LKS – liczba komórek somatycznych; k.b. – kozy bezrasowe; k.u. – kozy uszlachetnione; Gr – grupa rasowa; Sp – sezon żywienia; Gr × Sp – interakcja: grupa rasowa z sezonem żywienia; *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n.s. – nieistotne
 A, B – statistically significant differences between racial groups within feeding season significant at $p \leq 0.01$; a, b – statistically significant differences between racial groups within feeding season significant at $p \leq 0.05$; X, Y, Z – statistically significant differences between feeding seasons within racial group significant at $p \leq 0.01$; x, y – statistically significant differences between feeding seasons within racial group significant at $p \leq 0.05$; SCC – somatic cell count; b.g. – breedless goats; i.g. – improved goats; Gr – racial group; Sp – feeding season; Gr × Sp – interaction of racial group and feeding season; *** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; * $p \leq 0.05$; n.s. – non significant

Tabela 2. Stopień dyspersji tłuszczu mleka kóz bezrasowych i uszlachetnionych oraz zawartość cholesterolu z uwzględnieniem sezonu żywienia ($\bar{x} \pm SD$)
 Table 2. Fat dispersion and cholesterol content in milk of breedless and improved goats with regard to the feeding season ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Specification		Żywienie zimowe (I faza laktacji) Winter feeding (lactation stage I)		Żywienie wiosenno-letnie (II faza laktacji) Spring-summer feeding (lactation stage II)		Żywienie jesienne (III faza laktacji) Autumn feeding (lactation stage III)		Wpływ czynnika Factor influence		
		k.b. / b.g.	k.u. / i.g.	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.			
<i>n</i> (próbki mleka) <i>n</i> (milk samples)		95	71	101	60	81	72	Gr	Sp	Gr × Sp
Powierzchnia kuleczek tłuszczowych w polu widzenia (μm^2) Surface area of fat globules in field of view (μm^2)	\bar{x} SD	5,33 ^A _Y 1,64	6,99 ^B _Z 3,56	5,32 ^Y 2,57	5,16 ^Y 1,54	3,90 ^X 1,21	3,70 ^X 0,88	*	***	*
Obwód otoczek kuleczek tłuszczowych w polu widzenia (μm) Circumference of fat globules in the field of view (μm)	\bar{x} SD	7,26 ^A _Y 1,03	8,01 ^B _Z 1,43	6,76 ^Y _X 1,35	7,01 ^Y 0,98	6,02 ^X 0,77	6,05 ^X 0,68	**	***	n.s.
Przeciętna średnica kuleczek tłuszczowych w polu widzenia (μm) Mean diameter of fat globules in the field of view (μm)	\bar{x} SD	2,30 ^A _Y 0,33	2,55 ^B _Z 0,46	2,15 ^Y _X 0,43	2,23 ^Y 0,30	1,92 ^X 0,24	1,93 ^X 0,22	**	***	n.s.
<i>n</i> (próbki mleka) <i>n</i> (milk samples)		30	30	32	30	30	30			
Zawartość cholesterolu (mg/100 ml) Cholesterol content (mg/100 ml)	\bar{x} SD	13,64 ^X 2,06	13,42 ^X 2,19	15,58 ^X 2,96	14,24 ^X 3,14	21,30 ^B _Y 3,91	17,04 ^A _Y 3,89	***	***	**

A, B – różnice istotne statystycznie pomiędzy grupą rasową w obrębie sezonu żywienia przy $p \leq 0,01$; X, Y, Z – różnice istotne statystycznie w obrębie grupy rasowej pomiędzy sezonami żywienia przy $p \leq 0,01$; x, y – różnice istotne statystycznie w obrębie grupy rasowej pomiędzy sezonami żywienia przy $p \leq 0,05$; k.b. – kozy bezrasowe; k.u. – kozy uszlachetnione; Gr – grupa rasowa; Sp – sezon żywienia; Gr × Sp – interakcja: grupa rasowa z sezonem żywienia; *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n.s. – nieistotne
 A, B – statistically significant differences between racial groups within feeding season significant at $p \leq 0.01$; X, Y, Z – statistically significant differences between feeding seasons within racial group significant at $p \leq 0.01$; x, y – statistically significant differences between feeding seasons within racial group significant at $p \leq 0.05$; b.g. – breedless goats; i.g. – improved goats; Gr – racial group; Sp – feeding season; Gr × Sp – interaction of racial group and feeding season; *** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; * $p \leq 0.05$; n.s. – non significant

Tabela 3. Profil kwasów tłuszczowych mleka koziego pozyskiwanego od osobników uszlachetnionych i mieszańców o nieznanym pochodzeniu (bezasowych) z uwzględnieniem sezonu żywienia (g/100 g FA; $\bar{x} \pm SD$)

Table 3. Fatty acid profile in milk of improved goats and various crossbreeds of unknown origin (breedless) with regard to the feeding season (g/100 g FA; $\bar{x} \pm SD$)

Kwasy tłuszczowe Fatty acids	Żywienie zimowe (I faza laktacji) Winter feeding (lactation stage I)		Żywienie wiosenno-letnie (II faza laktacji) Spring-summer feeding (lactation stage II)		Żywienie jesienne (III faza laktacji) Autumn feeding (lactation stage III)		Wpływ czynnika Factor influence		
	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 32	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 30	Gr	Sp	Gr × Sp
	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.			
C 4:0	2,61 ^{BY} ± 0,22	2,35 ^{Ay} ± 0,36	2,44 ^{XX} ± 0,40	2,37 ^Y ± 0,26	2,32 ^X ± 0,16	2,11 ^{XX} ± 0,24	n.s.	n.s.	n.s.
C 6:0	2,78 ^{BY} ± 0,48	2,52 ^{AY} ± 0,33	2,43 ^X ± 0,28	2,49 ^Y ± 0,30	2,48 ^X ± 0,29	2,25 ^X ± 0,21	n.s.	**	n.s.
C 8:0	3,05 ^Y ± 0,96	2,74 ± 0,46	2,59 ^X ± 0,53	2,70 ± 0,50	2,73 ^{XY} ± 0,51	2,45 ± 0,28	n.s.	*	n.s.
C 10:0	10,26 ^Y ± 4,01	9,67 ± 1,56	8,39 ^X ± 2,43	9,61 ± 1,96	9,32 ^{XY} ± 2,09	9,44 ± 1,34	n.s.	n.s.	n.s.
C 12:0	3,73 ± 1,53	3,95 ± 0,69	3,70 ± 1,59	4,10 ± 1,22	3,77 ^a ± 1,05	4,75 ^b ± 1,05	n.s.	n.s.	n.s.
∑ SCSFA	22,42 ± 6,83	21,25 ± 2,64	19,55 ± 4,25	21,27 ± 3,87	20,62 ± 3,88	21,00 ± 2,38	n.s.	n.s.	n.s.
C 14:0	8,89 ^A ± 1,51	10,89 ^{BX} ± 1,14	8,53 ^A ± 1,51	10,86 ^{BX} ± 1,60	9,48 ^A ± 1,59	12,22 ^{BY} ± 1,28	**	n.s.	n.s.
C 16:0	25,42 ^{AXY} ± 2,12	28,58 ^{BXY} ± 4,22	23,24 ^{AX} ± 3,03	26,62 ^{BX} ± 2,33	26,38 ^{AY} ± 3,53	30,32 ^{BY} ± 4,37	*	n.s.	n.s.
C 18:0	12,56 ^B ± 4,94	9,09 ^{AXY} ± 2,38	12,75 ± 4,70	10,63 ^Y ± 2,31	11,51 ^B ± 3,95	6,89 ^{AX} ± 2,57	n.s.	n.s.	n.s.
C 20:0	0,28 ^{BY} ± 0,14	0,19 ^A ± 0,03	0,23 ^{XY} ± 0,08	0,24 ± 0,07	0,21 ^X ± 0,06	0,20 ± 0,05	n.s.	n.s.	n.s.
C 22:0	0,08 ^Y ± 0,03	0,07 ^{XX} ± 0,02	0,08 ^Y ± 0,03	0,09 ^Y ± 0,03	0,06 ^{AX} ± 0,02	0,10 ^{BY} ± 0,04	n.s.	n.s.	n.s.
C 24:0	0,024 ^{XY} ± 0,005	0,034 ^{XY} ± 0,003	0,051 ^Y ± 0,02	0,056 ^Y ± 0,02	0,030 ^X ± 0,01	0,027 ^X ± 0,01	n.s.	*	n.s.
∑ LCSFA	47,24 ^Y ± 3,11	48,83 ± 3,24	44,88 ^{AXX} ± 3,93	48,47 ^B ± 1,74	47,66 ^Y ± 2,28	49,74 ± 2,87	*	n.s.	n.s.
C 11:0	0,075 ± 0,05	0,071 ± 0,03	0,085 ± 0,07	0,084 ± 0,05	0,067 ± 0,04	0,092 ± 0,04	n.s.	n.s.	n.s.
C 13:0	0,084 ± 0,02	0,092 ± 0,03	0,085 ± 0,03	0,092 ± 0,03	0,073 ± 0,02	0,102 ± 0,02	n.s.	n.s.	n.s.
C 15:0	0,79 ^{AY} ± 0,13	1,05 ^{BXY} ± 0,17	0,87 ^Y ± 0,17	0,95 ^X ± 0,16	0,64 ^{AX} ± 0,13	1,15 ^{BY} ± 0,17	**	n.s.	n.s.
C 17:0	0,69 ^{AY} ± 0,10	0,96 ^{BY} ± 0,18	0,91 ^{bZ} ± 0,13	0,80 ^{aX} ± 0,12	0,51 ^{AX} ± 0,09	0,81 ^{BX} ± 0,16	n.s.	**	n.s.
C 21:0	0,025 ^X ± 0,01	0,024 ^X ± 0,01	0,047 ^{bY} ± 0,02	0,035 ^{aXY} ± 0,01	0,033 ^X ± 0,01	0,041 ^Y ± 0,01	n.s.	n.s.	n.s.
C 23:0	0,037 ^{XY} ± 0,01	0,035 ^X ± 0,01	0,047 ^Y ± 0,02	0,053 ^Y ± 0,02	0,032 ^{AX} ± 0,01	0,053 ^{BY} ± 0,02	n.s.	n.s.	n.s.
∑ OCFA	1,70 ^{AY} ± 0,25	2,22 ^{BY} ± 0,30	2,04 ^Z ± 0,28	1,99 ^X ± 0,30	1,33 ^{AX} ± 0,24	2,24 ^{BY} ± 0,33	*	*	n.s.
C 13:0 <i>izo</i>	0,021 ^X ± 0,01	0,026 ^X ± 0,01	0,034 ^Y ± 0,02	0,031 ^X ± 0,01	0,034 ^Y ± 0,01	0,058 ^Y ± 0,03	*	*	**

C 13:0 <i>anteizo</i>	0,023 ^x ± 0,01	0,023 ^x ± 0,01	0,030 ^y ± 0,01	0,033 ^y ± 0,01	0,024 ^x ± 0,01	0,031 ^y ± 0,01	n.s.	n.s.	n.s.
C 14:0 <i>izo</i>	0,092 ± 0,02	0,134 ^y ± 0,04	0,092 ± 0,03	0,095 ^x ± 0,04	0,076 ± 0,04	0,116 ^{xy} ± 0,03	n.s.	n.s.	n.s.
C 15:0 <i>izo</i>	0,17 ^{AXY} ± 0,03	0,23 ^B ± 0,06	0,20 ^y ± 0,05	0,21 ± 0,05	0,15 ^{AX} ± 0,03	0,24 ^B ± 0,06	*	n.s.	n.s.
C 15:0 <i>anteizo</i>	0,42 ^{AXY} ± 0,08	0,51 ^{Bx} ± 0,09	0,48 ^y ± 0,13	0,48 ^x ± 0,09	0,36 ^{AX} ± 0,07	0,58 ^{Byy} ± 0,08	*	n.s.	*
C 16:0 <i>izo</i>	0,24 ^A ± 0,06	0,39 ^{Byy} ± 0,10	0,26 ± 0,08	0,28 ^x ± 0,08	0,21 ^A ± 0,08	0,33 ^{Bx} ± 0,07	**	n.s.	n.s.
C 17:0 <i>izo</i>	0,30 ^{AX} ± 0,05	0,38 ^B ± 0,07	0,45 ^y ± 0,09	0,42 ± 0,07	0,29 ^{AX} ± 0,04	0,39 ^B ± 0,07	n.s.	**	n.s.
C 17:0 <i>anteizo</i>	0,49 ^{AX} ± 0,11	0,68 ^{By} ± 0,07	0,59 ^y ± 0,13	0,60 ^{xx} ± 0,09	0,47 ^{AX} ± 0,11	0,75 ^{By} ± 0,16	***	n.s.	**
C 18:0 <i>izo</i>	0,041 ^{AXy} ± 0,01	0,070 ^{By} ± 0,02	0,061 ^{By} ± 0,02	0,049 ^{AX} ± 0,01	0,030 ^{AXx} ± 0,01	0,052 ^{Bx} ± 0,01	n.s.	n.s.	*
∑ BCFA	1,80 ^{AX} ± 0,19	2,46 ^{By} ± 0,31	2,19 ^y ± 0,41	2,19 ^x ± 0,34	1,64 ^{AX} ± 0,19	2,55 ^{By} ± 0,26	**	n.s.	*
∑ SFA	73,15 ^y ± 4,76	74,75 ± 3,43	68,66 ^{AX} ± 4,13	73,93 ^B ± 3,85	71,25 ^{AXY} ± 4,09	75,52 ^B ± 3,88	*	n.s.	n.s.
C 10:1	0,19 ^x ± 0,07	0,22 ^{xy} ± 0,06	0,20 ^x ± 0,12	0,21 ^x ± 0,05	0,26 ^y ± 0,09	0,28 ^y ± 0,08	n.s.	n.s.	n.s.
C 14:1 <i>c9</i>	0,07 ^{AX} ± 0,02	0,12 ^{Bx} ± 0,06	0,09 ^{XY} ± 0,05	0,11 ^x ± 0,04	0,13 ^{AY} ± 0,04	0,23 ^{By} ± 0,10	**	***	**
C 16:1 <i>c13</i>	0,07 ^x ± 0,03	0,05 ^x ± 0,02	0,22 ^{By} ± 0,11	0,08 ^{Asy} ± 0,04	0,10 ^x ± 0,05	0,11 ^y ± 0,08	n.s.	n.s.	n.s.
C 16:1 <i>c7 n-9</i>	0,22 ^x ± 0,04	0,24 ± 0,04	0,29 ^{By} ± 0,07	0,24 ^A ± 0,06	0,21 ^x ± 0,05	0,21 ± 0,05	n.s.	n.s.	n.s.
C 16:1 <i>t9</i>	0,025 ^x ± 0,01	0,024 ^{XY} ± 0,01	0,032 ^y ± 0,01	0,029 ^y ± 0,01	0,027 ^{XY} ± 0,01	0,023 ^x ± 0,005	*	n.s.	n.s.
C 16:1 <i>c9 n-7</i>	0,38 ^A ± 0,05	0,54 ^{Byx} ± 0,14	0,44 ± 0,10	0,42 ^{xx} ± 0,15	0,49 ^A ± 0,09	0,68 ^{By} ± 0,27	**	***	***
C 17:1 <i>c9</i>	0,18 ^{Ay} ± 0,04	0,29 ^{Byy} ± 0,07	0,22 ^{xy} ± 0,05	0,19 ^x ± 0,04	0,14 ^{AXx} ± 0,02	0,25 ^{Bxy} ± 0,04	n.s.	n.s.	**
C 18:1 <i>t6/7</i>	0,21 ^B ± 0,06	0,10 ^{AX} ± 0,03	0,21 ^B ± 0,06	0,15 ^{Ay} ± 0,03	0,19 ^B ± 0,08	0,09 ^{AX} ± 0,02	**	n.s.	n.s.
C 18:1 <i>t9</i>	0,198 ^B ± 0,04	0,118 ^{AX} ± 0,02	0,223 ^B ± 0,06	0,157 ^{Ay} ± 0,02	0,204 ^B ± 0,07	0,124 ^{AXY} ± 0,03	**	n.s.	n.s.
C 18:1 <i>t10</i>	0,26 ^{Bx} ± 0,07	0,13 ^A ± 0,05	0,34 ^{Byy} ± 0,21	0,19 ^A ± 0,06	0,22 ^{Bx} ± 0,11	0,12 ^A ± 0,03	n.s.	n.s.	n.s.
C 18:1 <i>t11</i>	0,98 ^{Bx} ± 0,59	0,40 ^a ± 0,15	2,47 ^{By} ± 1,47	0,76 ^A ± 0,38	0,91 ^x ± 0,36	0,91 ± 0,77	n.s.	n.s.	n.s.
C 18:1 <i>c9 n-9</i>	18,88 ± 5,68	18,87 ± 2,91	20,29 ± 4,84	18,91 ± 4,59	21,30 ^B ± 3,40	16,62 ^A ± 2,26	n.s.	n.s.	n.s.
C 18:1 <i>t15</i>	0,27 ^B ± 0,10	0,10 ^{AX} ± 0,03	0,24 ± 0,09	0,21 ^y ± 0,12	0,21 ^B ± 0,08	0,12 ^{AX} ± 0,06	***	n.s.	*
C 18:1 <i>c11</i>	0,58 ^{By} ± 0,10	0,38 ^A ± 0,43	0,58 ^{By} ± 0,09	0,43 ^A ± 0,08	0,43 ^x ± 0,10	0,37 ± 0,09	***	n.s.	*
C 18:1 <i>c12</i>	0,14 ^{By} ± 0,04	0,08 ^{AX} ± 0,03	0,12 ^{xy} ± 0,04	0,12 ^y ± 0,04	0,11 ^x ± 0,04	0,09 ^x ± 0,02	**	n.s.	*
C 18:1 <i>c13</i>	0,060 ^{Bx} ± 0,02	0,041 ^{AX} ± 0,01	0,086 ^{By} ± 0,03	0,060 ^{Ay} ± 0,02	0,058 ^x ± 0,01	0,050 ^{XY} ± 0,02	n.s.	n.s.	n.s.
C 18:1 <i>t16</i>	0,38 ^B ± 0,066	0,18 ^{AX} ± 0,04	0,37 ± 0,09	0,32 ^y ± 0,14	0,34 ^B ± 0,11	0,21 ^{AX} ± 0,09	***	n.s.	n.s.
C 20:1 <i>c11 n-9</i>	0,049 ^x ± 0,02	0,048 ± 0,01	0,061 ^{by} ± 0,02	0,050 ^a ± 0,01	0,052 ^{xy} ± 0,02	0,045 ± 0,01	n.s.	n.s.	n.s.
C 20:1 <i>n-7</i>	0,027 ^x ± 0,01	n/z	0,046 ^y ± 0,02	0,037 ± 0,01	0,029 ^{xy} ± 0,01	0,030 ± 0,01	—	—	—
C 20:1 <i>t</i>	0,036 ^x ± 0,01	0,027 ^x ± 0,01	0,071 ^{By} ± 0,03	0,038 ^{Asy} ± 0,01	0,039 ^x ± 0,01	0,047 ^y ± 0,03	n.s.	n.s.	n.s.
∑ C 18:1 <i>trans</i>	2,30 ^{Bx} ± 0,69	1,02 ^{AX} ± 0,25	3,86 ^{By} ± 1,78	1,79 ^{Ay} ± 0,65	2,07 ^x ± 0,49	1,56 ^{xy} ± 0,96	*	n.s.	n.s.

∑ MUFA	23,20 ^x ± 5,07	21,95 ± 3,13	26,57 ^{By} ± 4,20	22,68 ^A ± 4,23	25,42 ^{By} ± 3,65	20,56 ^A ± 2,95	n.s.	n.s.	n.s.
C 18:2 t9 t12	0,21 ^B ± 0,06	0,10 ^{AX} ± 0,03	0,25 ± 0,11	0,20 ^Y ± 0,08	0,24 ^B ± 0,06	0,15 ^{AXY} ± 0,06	*	n.s.	n.s.
C 18:2 c9 t12	0,23 ± 0,05	0,23 ± 0,05	0,22 ± 0,04	0,22 ± 0,04	0,23 ± 0,05	0,21 ± 0,05	n.s.	*	n.s.
C 18:2 c9 c12 n-6	1,70 ^{XY} ± 0,22	1,78 ± 0,32	1,85 ^{By} ± 0,79	1,50 ^a ± 0,41	1,41 ^X ± 0,56	1,71 ± 0,25	n.s.	n.s.	n.s.
C 18:3 c6,9,12 n-6	0,03 ^{Xx} ± 0,01	0,03 ^X ± 0,01	0,06 ^{BY} ± 0,02	0,05 ^{AY} ± 0,01	0,04 ^{xy} ± 0,01	0,04 ^X ± 0,01	n.s.	*	n.s.
C 18:3 c9,12,15 n-3	0,79 ^{xy} ± 0,36	0,55 ± 0,37	0,83 ^y ± 0,33	0,61 ± 0,36	0,55 ^x ± 0,19	0,81 ± 0,50	*	n.s.	n.s.
CLA c9t11 + t9c11	0,30 ^X ± 0,14	0,19 ^X ± 0,07	0,88 ^{BY} ± 0,54	0,33 ^{AXY} ± 0,13	0,48 ^X ± 0,27	0,53 ^Y ± 0,37	n.s.	n.s.	n.s.
CLA t11 c13	n/z	n/z	0,05 ± 0,01	n/z	n/z	n/z	–	–	–
CLA t10 c12	n/z	n/z	0,05 ± 0,01	n/z	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	–	–	–
CLA t11 c15	0,029 ^X ± 0,01	0,025 ^X ± 0,004	0,047 ^Y ± 0,02	0,046 ^Y ± 0,01	0,031 ^{AX} ± 0,01	0,071 ^{BZ} ± 0,03	n.s.	n.s.	n.s.
∑ CLA	0,32 ^X ± 0,15	0,21 ^X ± 0,08	0,97 ^{BY} ± 0,57	0,37 ^{AXY} ± 0,14	0,52 ^X ± 0,27	0,58 ^Y ± 0,42	n.s.	n.s.	n.s.
C 20:2 n-6	0,055 ^X ± 0,01	0,050 ^X ± 0,01	0,086 ^{BY} ± 0,03	0,069 ^{AY} ± 0,02	0,057 ^{ax} ± 0,02	0,073 ^{by} ± 0,02	n.s.	n.s.	n.s.
C 20:3 c8,11,14 n-6	0,023 ^X ± 0,01	0,024 ^X ± 0,01	0,044 ^Y ± 0,02	0,042 ^Y ± 0,01	0,036 ^{XY} ± 0,02	0,031 ^{XY} ± 0,01	n.s.	n.s.	n.s.
C 20:4 n-6	0,12 ^{xy} ± 0,02	0,13 ± 0,04	0,13 ^y ± 0,04	0,11 ± 0,03	0,10 ^x ± 0,02	0,11 ± 0,04	n.s.	n.s.	n.s.
C 20:5 n-3	0,054 ^X ± 0,02	0,063 ± 0,03	0,089 ^Y ± 0,03	0,070 ± 0,03	0,052 ^{ax} ± 0,02	0,074 ^b ± 0,03	n.s.	n.s.	n.s.
C 22:5 n-3	0,10 ^X ± 0,03	0,11 ± 0,05	0,17 ^{BY} ± 0,07	0,11 ^A ± 0,04	0,09 ^{ax} ± 0,03	0,13 ^b ± 0,07	n.s.	n.s.	n.s.
C 22:6 n-3	0,03 ^X ± 0,01	0,04 ^X ± 0,02	0,08 ^{BY} ± 0,03	0,06 ^{AY} ± 0,02	0,03 ^X ± 0,01	0,05 ^{XY} ± 0,02	n.s.	**	n.s.
∑ PUFA	3,64 ^X ± 0,61	3,31 ± 0,79	4,77 ^{BY} ± 1,81	3,39 ^A ± 0,90	3,32 ^X ± 0,68	3,92 ± 1,14	n.s.	n.s.	n.s.

n – liczba próbek mleka; A, B – różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami rasowymi w obrębie sezonu żywienia przy $p \leq 0,01$; a, b – różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami rasowymi w obrębie sezonu żywienia przy $p \leq 0,05$; X, Y, Z – różnice statystycznie w obrębie grupy rasowej pomiędzy sezonami żywienia przy $p \leq 0,01$; x, y, z – różnice istotne statystycznie w obrębie grupy rasowej pomiędzy sezonami żywienia przy $p \leq 0,05$; k.b. – kozy bezrasowe; k.u. – kozy uszlachetnione; Gr – grupa rasowa; Sp – sezon żywienia; Gr × Sp – interakcja: grupa rasowa z sezonem żywienia; *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n.s. – nieistotne

SCSFA – krótko- i średniołańcuchowe nasycone kwasy tłuszczowe, LCSFA – długołańcuchowe nasycone kwasy tłuszczowe, OCFA – kwasy tłuszczowe o nieparzystej liczbie atomów węgla, BCFA – kwasy tłuszczowe o rozgałęzionych łańcuchach, SFA – nasycone kwasy tłuszczowe, MUFA – jednonienasycone kwasy tłuszczowe, PUFA – wielonienasycone kwasy tłuszczowe

n – number of milk samples; A, B – statistically significant differences between racial groups within feeding season significant at $p \leq 0.01$; a, b – statistically significant differences between racial groups within feeding season significant at $p \leq 0.05$; X, Y, Z – statistically significant differences between feeding seasons within racial group significant at $p \leq 0.01$; x, y, z – statistically significant differences between feeding seasons within racial group significant at $p \leq 0.05$; b.g. – breedless goats; i.g. – improved goats; Gr – racial group; Sp – feeding season; Gr × Sp – interaction of racial group and feeding season; *** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; * $p \leq 0.05$; n.s. – non significant

SCSFA – short- and medium-chain saturated fatty acids, LCSFA – long-chain saturated fatty acids, OCFA – odd-chain fatty acids, BCFA – branched-chain fatty acids, SFA – saturated fatty acids, MUFA – monounsaturated fatty acids, PUFA – polyunsaturated fatty acids

Tabela 4. Współczynniki charakteryzujące profil kwasów tłuszczowych mleka kóz uszlachetnionych i różnych mieszańców o nieznanym pochodzeniu (bezasowych) z uwzględnieniem sezonu żywienia (g/100 g FA; $\bar{x} \pm SD$)

Table 4. Indexes characterizing fatty acid profile in milk of improved goats and various crossbreeds of unknown origin (breedless) with regard to the feeding season (g/100 g FA; $\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Specification	Żywienie zimowe (I faza laktacji) Winter feeding (lactation stage I)		Żywienie wiosenno-letnie (II faza laktacji) Spring-summer feeding (lactation stage II)		Żywienie jesienne (III faza laktacji) Autumn feeding (lactation stage III)		Wpływ czynnika Factor influence		
	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 32	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 30	Gr	Sp	Gr × Sp
	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.	k.b. / b.g.	k.u. / i.g.			
Indeks aterogenny (AI) Atherogenic index (AI)	2,54 ^{xy} ± 0,78	3,09 ^{bx} ± 0,61	2,00 ^{ax} ± 0,49	2,94 ^{BX} ± 0,74	2,46 ^{AXY} ± 0,69	3,55 ^{BY} ± 0,80	***	n.s.	n.s.
Indeks trombogenny (TI) Thrombogenic index (TI)	2,95 ^{xy} ± 0,29	3,43 ^b ± 0,73	2,47 ^{AXx} ± 0,47	3,20 ^B ± 0,40	3,00 ^{AY} ± 0,51	3,50 ^b ± 0,88	***	n.s.	n.s.
HSFA	38,04 ^{AXY} ± 4,24	43,43 ^{Bx} ± 4,77	35,48 ^{AX} ± 4,70	41,57 ^{BX} ± 3,19	39,63 ^{AY} ± 5,22	47,28 ^{BYy} ± 5,63	**	n.s.	n.s.
n-3	0,98 ^{XY} ± 0,40	0,77 ± 0,46	1,16 ^{BY} ± 0,44	0,84 ^a ± 0,43	0,72 ^X ± 0,22	1,03 ± 0,61	ns	n.s.	n.s.
n-6	1,91 ^{XY} ± 0,23	2,00 ± 0,36	2,17 ^{BY} ± 0,83	1,75 ^a ± 0,41	1,63 ^X ± 0,57	1,94 ± 0,26	ns	n.s.	n.s.
n-6/n-3	2,33 ^A ± 1,04	3,77 ^{BY} ± 2,18	1,90 ± 0,34	2,61 ^x ± 1,16	2,36 ± 0,87	2,79 ^{xy} ± 1,72	***	*	*
PUFA/SFA	0,05 ^X ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,07 ^{BY} ± 0,03	0,05 ^A ± 0,01	0,05 ^X ± 0,01	0,05 ± 0,02	n.s.	n.s.	n.s.
MUFA/SFA	0,32 ^X ± 0,09	0,30 ± 0,06	0,39 ^{BY} ± 0,08	0,31 ^A ± 0,07	0,36 ^{BY} ± 0,07	0,28 ^A ± 0,06	n.s.	n.s.	n.s.

n – liczba próbek mleka; A, B – różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami rasowymi w obrębie sezonu żywienia przy $p \leq 0,01$; a, b – różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami rasowymi w obrębie sezonu żywienia przy $p \leq 0,05$; X, Y – różnice istotne statystycznie w obrębie grupy rasowej pomiędzy sezonami żywienia przy $p \leq 0,01$; x, y – różnice istotne statystycznie w obrębie grupy rasowej pomiędzy sezonami żywienia przy $p \leq 0,05$; k.b. – kozy bezasowe; k.u. – kozy uszlachetnione; Gr – grupa rasowa; Sp – sezon żywienia; Gr × Sp – interakcja grupa rasowa z sezonem żywienia; *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; n.s. – nieistotne

HSFA – hipercholesterolemiczne nasycone kwasy tłuszczowe $(C12:0 + C14:0 + C16:0)$; AI – indeks aterogenny = $(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) \div (MUFA + PUFA)$; TI – indeks trombogenny = $(C14:0 + C16:0 + C18:0) \div (0,5 \times MUFA + 0,5 \times n6 + 3 \times n3 + n3 \div n6)$.

n – number of milk samples; A, B – statistically significant differences between racial groups within feeding season significant at $p \leq 0.01$; a, b – statistically significant differences between racial groups within feeding season significant at $p \leq 0.05$; X, Y – statistically significant differences between feeding seasons within racial group significant at $p \leq 0.01$; x, y – statistically significant differences between feeding seasons within racial group significant at $p \leq 0.05$; b.g. – breedless goats; i.g. – improved goats; Gr – racial group; Sp – feeding season; Gr × Sp – interaction of racial group and feeding season; *** $p \leq 0.001$; ** $p \leq 0.01$; * $p \leq 0.05$; n.s. – non significant

HSFA – hypercholesterolaemic saturated fatty acids $(C12:0 + C14:0 + C16:0)$, AI – atherogenic index = $(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) \div (MUFA + PUFA)$, TI – thrombogenic index = $(C14:0 + C16:0 + C18:0) \div (0,5 \times MUFA + 0,5 \times n6 + 3 \times n3 + n3 \div n6)$.

ktacji (sezon wiosenno-letni) nastąpił wzrost produkcji mleka, przy czym gwałtowniejszy był u kóz uszlachetnionych w porównaniu z bezrasowymi (o 0,6 l vs. 0,24 l). W sezonie jesiennym (III tercja laktacji) u obu grup zwierząt wydajność zmniejszyła się o ok. 1 l mleka, jednak kozy uszlachetnione produkowały go o 0,47 l więcej niż bezrasowe. Zbliżone zależności dotyczące wydajności mleka u kóz uszlachetnionych i bezrasowych wykazali we wcześniejszych badaniach Litwińczuk i in. [2007]. Zawartość suchej masy, w tym tłuszczu, w mleku u obu grup rasowych kóz zmniejszała się w szczycie laktacji, a następnie zdecydowanie wzrastała w III fazie laktacji. Gwałtowniejsze jednak zmiany w tym zakresie dotyczyły mleka kóz bezrasowych, natomiast surowiec pozyskiwany od zwierząt uszlachetnionych charakteryzował się bardziej ustabilizowaną zawartością tych składników w trakcie trwania laktacji. W przypadku białka stwierdzono odwrotną tendencję. Jego zawartość wzrastała wraz z przebiegiem laktacji, przy czym gwałtowniejsze zmiany dotyczyły mleka kóz bezrasowych. Podobne zależności wykazała we wcześniejszych badaniach Barłowska i in. [2011], oceniając mleko kóz rasy saaneńskiej, polskiej białej uszlachetnionej i kóz bezrasowych, oraz Wolanciuk i in. [2013], badając mleko kóz białych uszlachetnionych.

Analizując zmiany stopnia dyspersji tłuszczu mleka koziego w analizowanych sezonach żywienia (fazach laktacji), stwierdzono, że przeciętna średnica kuleczek tłuszczowych zmniejszyła się o ponad 20%, a zawartość cholesterolu w mleku wzrosła o prawie 30% pomiędzy sezonem zimowym (I faza laktacji) a jesiennym (III faza laktacji). Wykazano również, że kozy bezrasowe w każdym z sezonów żywienia produkowały mleko o mniejszej przeciętnej średnicy kuleczek tłuszczowych, a więc również mniejszym obwodzie ich otoczek w polu widzenia, w porównaniu z kozami uszlachetnionymi, aczkolwiek statystycznie tę zależność potwierdzono jedynie w sezonie zimowym (w I fazie laktacji) – tab. 2. Uzyskane wyniki są zgodne z badaniami Wolanciuk i in. [2013], którzy wykazali istotnie ($p \leq 0,05$) mniejszą przeciętną średnicę kuleczek tłuszczowych, a więc również mniejszy obwód ich otoczek i mniejszą powierzchnię w sezonie jesiennym w porównaniu z sezonem letnim w mleku kóz białych uszlachetnionych. El-Zeini [2006] potwierdza tendencję do produkcji mniejszych kuleczek tłuszczowych pod koniec laktacji w porównaniu z jej początkiem, kiedy powstają z reguły kuleczki tłuszczowe o większych rozmiarach.

Zawartość cholesterolu w mleku kóz bezrasowych była niewiele wyższa niż w mleku kóz uszlachetnionych, jedynie w sezonie jesiennym odnotowano istotnie ($p \leq 0,01$) wyższą o 20% zawartość tego składnika w surowcu pozyskiwanym od różnych mieszańców (tab. 2). Uzyskane wyniki dotyczące zawartości cholesterolu w mleku kóz korespondują badaniami Bernackiej [2008], w których stwierdziła większą zawartość tego składnika w mleku pozyskiwanym w sezonie zimowym w porównaniu z letnim.

Dane zawarte w tabeli 3 wskazują, że mleko kóz pozyskiwane w lecie (II faza laktacji), niezależnie od grupy rasowej, charakteryzowało się korzystniejszym profilem kwasów tłuszczowych. Zawierało ono z reguły mniej nasyconych kwasów tłuszczowych, w tym długołańcuchowych (mirystynowego C14:0 i palmitynowego C16:0), w porównaniu z pozostałymi analizowanymi sezonami produkcji, przy czym ich koncentracja była istotnie ($p \leq 0,01$) mniejsza w mleku osobników bezrasowych. Mleko pozyskiwane w lecie zawierało jednocześnie więcej jedno- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych niż surowiec w sezonie zimowym. Porównując grupy rasowe, wykazano, że w każdym z sezonów żywienia kozy bezrasowe produkowały mleko o większej zawarto-

ści jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, lecz jedynie w sezonie zimowym nie potwierdzono tego statystycznie. Większą zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych stwierdzono w mleku mieszańców bezrasowych w sezonie zimowym i wiosenno-letnim. Spośród kwasów PUFA więcej w sezonie letnim było kwasu α -linolenowego (C18:3 c9,12,15 n-3) (potwierdzone statystycznie przy $p \leq 0,05$ tylko w przypadku kóz bezrasowych) i γ -linolenowego (C18:3 c6,9,12 n-6) (potwierdzone statystycznie przy $p \leq 0,01$ w obu grupach rasowych). W sezonie letnim, kiedy podstawą żywienia była zielonka pastwiskowa, stwierdzono wyższą koncentrację sumy kwasów C18:1 *trans* ($p \leq 0,01$ w mleku kóz bezrasowych i $p \leq 0,05$ – mleko kóz uszlachetnionych), w tym kwasu *trans*-wakcenenowego (tab. 3). Kozy korzystające ze świeżej zielonki pastwiskowej produkowały mleko o ponad 2,5-krotnie wyższej zawartości ogólnej sumy izomerów skoniugowanego kwasu linolowego (CLA) w porównaniu z sezonem zimowym. Na uwagę zasługuje fakt, że mleko różnych mieszańców bez znanego pochodzenia w sezonie letnim zawierało ok. 62% więcej ogólnej sumy izomerów CLA niż mleko kóz uszlachetnionych. W sezonie jesiennym zasobniejsze w ten kwas tłuszczowy było mleko osobników uszlachetnionych, aczkolwiek różnice te były nieistotne statystycznie (tab. 3). W sezonie wiosenno-letnim mleko charakteryzowało się istotnie ($p \leq 0,01$) najwyższą zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, tj. eikozapentaenowego (EPA, C20:5 n-3), dokozaheksaenowego (DHA, C22:6 n-3) i dokozapentaenowego (C22:5 n-3), przy czym w każdym przypadku większy ich udział był w mleku kóz bezrasowych. W okresie żywienia jesiennego wyższa ich zawartość była natomiast w mleku kóz uszlachetnionych. W sezonie zimowym i jesiennym mleko kóz uszlachetnionych zawierało istotnie ($p \leq 0,01$) więcej (odpowiednio: o ok. 23 i 40%) kwasów tłuszczowych o nieparzystej liczbie atomów węgla (OCFA) w porównaniu z mlekiem różnych mieszańców bez znanego pochodzenia. Podobną sytuację zaobserwowano w przypadku kwasów tłuszczowych o rozgałęzionych łańcuchach (BCFA). Mleko osobników uszlachetnionych było istotnie bardziej zasobne w te kwasy o 27% w sezonie zimowym i o 36% w jesiennym (tab. 3).

Oceniając wpływ analizowanych czynników na profil kwasów tłuszczowych (tab. 3), stwierdzono, że grupa rasowa kóz nie miała statystycznego wpływu na zawartość w mleku 42 kwasów tłuszczowych spośród 61. Wykazano natomiast, że czynnik ten istotnie wpływał między innymi na zawartość LCSFA, OCFA, SFA, Σ C18:1 *trans*, kwasu α -linolenowego ($p \leq 0,05$) oraz BCFA ($p \leq 0,01$). Sezon żywienia z kolei nie miał istotnego wpływu na zawartość 50 kwasów tłuszczowych. Dwuczynnikowa analiza wariancji uwzględniająca grupę rasową kóz i sezon żywienia wykazała istotną interakcję między innymi dla BCFA ($p \leq 0,05$).

Bernacka [2005] oraz Talpur i in. [2009], porównując profil kwasów tłuszczowych mleka kóz, również stwierdzili różnice międzyrasowe w tym zakresie. Jednak Chilliard i Ferlay [2004] twierdzą, że w obrębie danego gatunku zwierząt wpływ rasy czy genotypu może być istotny, ale żywienie jest czynnikiem najszybciej oddziałującym na zmiany profilu kwasów tłuszczowych. Większość autorów [D'Urso i in. 2008, Strzałkowska i in. 2009, Renna i in. 2012a, b, Barłowska i in. 2016] wskazuje, że żywienie pastwiskowe zwiększa udział korzystnych kwasów tłuszczowych jedno- i wielonienasyconych, w tym CLA, i jednocześnie zmniejsza zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych. Spadek zawartości niekorzystnych nasyconych kwasów tłuszczowych (tak samo jak w bada-

niach własnych), tj. mirystynowego i palmitynowego, po przejściu kóz z żywienia paszami konserwowanymi na żywienie pastwiskowe odnotowali Renna i in. [2012b]. Wykazali także istotny wzrost kwasu α -linolenowego i γ -linolenowego w trakcie żywienia pastwiskowego. Ruń pastwiskowa stanowi źródło funkcjonalnych kwasów tłuszczowych, m.in. kwasu α -linolenowego. Z tego związku w wyniku przemian biochemicznych zachodzących w żwaczu powstaje CLA. Ponadto kwas α -linolenowy zapobiega przemianie kwasu *trans*-wakcenenowego do stearynowego (C18:0). Skutkiem tego jest wzrost koncentracji w gruczole mlekowym kwasu *trans*-wakcenenowego, który z kolei jest substratem do produkcji CLA, co ostatecznie skutkuje wyższą zawartością skoniugowanego kwasu linolowego. Kwas CLA powstaje w żwaczu także częściowo z kwasu linolowego z udziałem bakterii *Butyrivibrio fibrisolvens* [Nałęcz-Tarwacka i Zdanowska-Sąsiadek 2011]. Różnice w zawartości kwasów wielonienasyconych pomiędzy sezonem żywienia pastwiskowego a zimowym mogą wynikać z różnic w spożyciu przez zwierzęta kwasów PUFA. Mniejsze zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku w trakcie żywienia zimowego (paszami konserwowanymi) mogą wynikać z mniejszej zawartości tych kwasów w diecie zwierząt. Siano powstające w wyniku wędnięcia i suszenia traw zawiera jedną czwartą mniej kwasu α -linolenowego. Ponadto mechaniczne uszkodzenia roślin w procesie koszenia, połączone z dostępem powietrza, powodują utlenianie wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym kwasu α -linolenowego [Kalač i Samková 2010, Rutkowska i in. 2012]. Adamska i Rutkowska [2014] twierdzą, że mleko o wyższej zawartości oraz zróżnicowanym profilu kwasów tłuszczowych nieparzystych i o rozgałęzionych łańcuchach uzyskuje się z produkcji ekologicznej oraz produkcji z dużym udziałem żywienia pastwiskowego.

Oceniając wpływ analizowanych czynników na współczynniki charakteryzujące profil kwasów tłuszczowych (tab. 4), wykazano istotny wpływ grupy rasowej kóz na wartości indeksów aterogenego i trombogenego, stosunek kwasów n-6/n-3 ($p \leq 0,001$) oraz zawartość HSFA ($p \leq 0,01$). Sezon żywienia miał jedynie wpływ na stosunek n-6/n-3 ($p \leq 0,05$). Rozpatrując natomiast równoczesny wpływ obu tych czynników, nie stwierdzono istotnych interakcji dla analizowanych współczynników z wyjątkiem stosunku kwasów n-6/n-3 ($p \leq 0,05$).

Istotnie ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) najniższe (korzystniejsze) wartości indeksów aterogenego i trombogenego oraz mniejszą zawartość hipercholesterolemicznych nasyconych kwasów tłuszczowych zaobserwowano w surowcu pozyskiwanym w sezonie wiosenno-letnim. Ponadto w każdym z sezonów produkcji wskaźniki te były istotnie ($p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) niższe w mleku kóz bezrasowych. Nie stwierdzono różnic potwierdzonych statystycznie w zawartości kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 i n-3, zaś ich wzajemny stosunek był najniższy w okresie żywienia wiosenno-letniego, co potwierdzono statystycznie ($p \leq 0,05$) w przypadku kóz uszlachetnionych. Również w tym sezonie zaobserwowano najwyższy (korzystniejszy) stosunek kwasów tłuszczowych wielo- i jednonienasyconych do nasyconych, co z kolei potwierdzono statystycznie ($p \leq 0,01$) w przypadku kóz bezrasowych.

Mancilla-Leytón i in. [2013], porównując żywienie pastwiskowe z alkierzowym, kiedy stosowano pasze konserwowane, uzyskali istotnie niższe wartości zarówno indeksu trombogenego, jak i stosunku kwasów n-6/n-3 w mleku w okresie, kiedy kozy korzysały z zielonki. Nie stwierdzili natomiast istotnych różnic stosunku kwasów PUFA/SFA oraz nienasyconych do nasyconych (UFA do SFA). Z kolei Renna

i in. [2012a] odnotowali istotnie niższe wartości indeksów aterogennego i trombogennego oraz istotnie mniejszą zawartość hipercholesterolemicznych nasyconych kwasów tłuszczowych w mleku kóz żywionych większym udziałem (30%) świeżej trawy w dawce pokarmowej w porównaniu z mniejszym jej udziałem w diecie (10%).

WNIOSKI

1. Wykazano, że kozy mieszańce bez znanego pochodzenia, pomimo mniejszej wydajności, produkowały mleko o korzystniejszym składzie chemicznym, istotnie wyższym stopniu dyspersji tłuszczu mlekowego oraz większej zawartości cholesterolu w porównaniu z kozami uszlachetnionymi.

2. Największą koncentrację składników suchej masy, w tym tłuszczu i białka, miało mleko pozyskiwane w okresie żywienia jesiennego, przy jednocześnie najniższej wydajności mlecznej kóz. Wraz z upływem laktacji zwiększał się stopień dyspersji tłuszczu i jednocześnie wzrastała zawartość cholesterolu w mleku.

3. Grupa rasowa kóz miała wpływ na profil kwasów tłuszczowych w mleku. Istotnie mniejszą zawartością nasyconych oraz większą jedno- i wielonienasyconych kwasów tłuszczowych charakteryzowało się mleko kóz bezrasowych, co z reguły obserwowano w każdym z sezonów żywienia. Kozy uszlachetnione produkowały natomiast mleko o istotnie większej zawartości kwasów tłuszczowych o nieparzystej liczbie atomów węgla w cząsteczce i rozgałęzionych łańcuchach.

4. Większą zawartość korzystniejszych kwasów tłuszczowych, w tym CLA, stwierdzono w mleku w okresie żywienia wiosenno-letniego (II faza laktacji), tzn. kiedy zwierzęta korzystały ze świeżej zielonki pastwiskowej.

PIŚMIENNICTWO

- Adamska A., Rutkowska J., 2014. Nieparzyste i rozgałęzione kwasy tłuszczowe w tłuszczu mlecznym – charakterystyka i właściwości prozdrowotne. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 68, 957–966.
- AOCS 2000. Official method Ce 2-66. Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids. Campaign, IL: American Oil Chemists' Society.
- Attai R., Richter R.L., 2000. Size distribution of fat globules in goat milk. *J. Dairy Sci.* 83, 940–944.
- Barłowska J., Litwińczuk Z., 2009. Właściwości odżywcze i prozdrowotne tłuszczu mleka. *Med. Weter.* 65 (3), 171–174.
- Barłowska J., Sz wajkowska M., Litwińczuk Z., Grodzicki T., Wolanciuk A., 2011. Właściwości fizykochemiczne i przydatność technologiczna mleka kóz różnych ras z uwzględnieniem sezonu produkcji. *Zesz. Nauk. UE Pozn.* 196, 188–195.
- Bernacka H., 2005. Effect of breed and feeding season on the nutritive quality of goat's milk. *Folia Biol. (Kraków)* 53, Suppl. 1, 99–102.
- Bernacka H., 2008. Analiza produktywności kóz ras białej i barwnej uszlachetnionej oraz jakości ich mleka. *Rozprawy Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy*, 127.
- Bonczar G., Chrzanowska K., Maciejowski K., Walczycka M., 2011. Zawartość cholesterolu i jego pochodnych w mleku i produktach mleczarskich – uwarunkowania surowcowe i technologiczne. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 1 (74), 15–27.

- Ceballos L.S., Morales E.R., de la Torre Adarve G., Castro J.D., Martínez L.P., Sanz Sampelayo M.R., 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J. Food Comp. Anal.* 22, 322–329.
- Chilliard Y., Ferlay A., 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Develop.* 44, 467–492.
- D'Urso S., Cutrignelli M.I., Calabrò S., Bovera F., Tudisco R., Piccolo V., Infascelli F., 2008. Influence of pasture on fatty acid profile of goat milk. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 92, 405–410.
- El-Zeini H.M., 2006. Microstructure, rheological and geometrical properties of fat globules of milk from different animal species. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 15/56 (2), 147–154.
- FAOSTAT 2017. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Statistics Division, <http://faostat.fao.org>.
- Haenlein G.F.W., 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin. Res.* 51, 155–163.
- Kalač P., Samková E., 2010. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech J. Anim. Sci.* 55, 521–537.
- Litwińczuk A., Kędzierska-Matysek M., Barłowska J., 2007. Wydajność i jakość mleka kóz o różnych genotypach α ₁-kazeiny z rejonu Wielkopolski i Podkarpacia. *Med. Weter.* 63 (2), 192–195.
- Mancilla-Leytón J.M., Martín Vicente A., Delgado-Pertíñez M., 2013. Summer diet selection of dairy goats grazing in a Mediterranean shrubland and the quality of secreted fat. *Small Rumin. Res.* 113, 437–445.
- Natęcz-Tarwacka T., Zdanowska-Sąsiadek Ż., 2011. Wpływ żywienia na zawartość skoniugowanego kwasu linolowego (CLA) w mleku przeżuwaczy. *Przevl. Hod.* 3, 19–22.
- PN-EN ISO 12966-1:2015-01. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Chromatografia gazowa estrów metylowych kwasów tłuszczowych – Część 1: Przewodnik do nowoczesnej chromatografii gazowej estrów metylowych kwasów tłuszczowych.
- PN-EN ISO 5508:1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- Raynal-Ljutovac K., Lagriffoul G., Paccard P., Guillet I., Chilliard Y., 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Rumin. Res.* 79, 57–72.
- Renna M., Cornale P., Lussiana C., Malfatto V., Mimosi A., Battaglini L.M., 2012a. Fatty acid profile of milk from goats fed diets with different levels of conserved and fresh forages. *Int. J. Dairy Technol.* 65 (2), 201–207.
- Renna M., Lussiana C., Cornale P., Fortina R., Mimosi A., 2012b. Changes in goat milk fatty acids abrupt transition from indoor to pasture diet. *Small Ruminant Res.* 108, 12–21.
- Rutkowska J., Adamska A., Białek M., 2012. Fatty acid profile of the milk of cows reared in the mountain region of Poland. *J. Dairy Res.* 79, 469–476.
- Sanz Sampelayo M.R., Chilliard Y., Schmidely Ph., Boza J., 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68, 42–63.
- Strzałkowska N., Bagnicka E., Józwick A., Krzyżewski J., 2006. Concentration of total cholesterol in milk of Polish White Improved goats during the whole lactation. *Arch. Tierz.* 49, 166–173.
- Strzałkowska N., Józwick A., Bagnicka E., Krzyżewski J., Horbańczuk K., Pyzel B., Horbańczuk J.O., 2009. Chemical composition, physical traits and fatty acid profile of goat milk as related to the stage of lactation. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 27 (4), 311–320.
- Strzałkowska N., Józwick A., Bagnicka E., Poławska E., Krzyżewski J., Pyzel B., Horbańczuk J.O., 2012. Profil kwasów tłuszczowych, koncentracja cholesterolu i podatność na lipolizę frakcji tłuszczowej mleka koziego. *Med. Weter.* 68 (1), 40–44.
- Talpur F.N., Bhangar M.I., Memon N.N., 2009. Milk fatty acid composition of indigenous goat and ewe breed from Sindh, Pakistan. *J. Food Comp. Anal.* 22, 59–64.

Wolanciuk A., Barłowska J., Pastuszka R., Topyła B., 2013. Podstawowy skład chemiczny i wybrane parametry tłuszczu mleka koziego z okresu żywienia letniego i jesienno-zimowego. *Rocz. Nauk. PTZ* 9 (2), 63–70.

Summary. The aim of the study was to evaluate the effect of goat breed and the feeding season combined with the lactation stage on basic chemical composition, fat dispersion, fatty acid profile and cholesterol content in milk. The subject of the study included 480 milk samples collected from two groups of goats, i.e. improved with a known origin on the father's side (203) and various crossbreeds of unknown origin – breedless (277), in three production seasons (lactation stages): winter (beginning of lactation) – 166, spring-summer (middle of lactation) – 161 and autumn (end of lactation) – 153. The following parameters were determined in milk samples: basic chemical composition (content of protein, fat, lactose and dry matter), fat dispersion, fatty acid profile and cholesterol content. It was shown that despite a lower daily milk yield, crossbreeds of goats of unknown origin produced milk both with favourable chemical composition, significantly higher fat dispersion and higher cholesterol content compared to the improved crossbreeds. The highest concentration of dry matter components, including fat and protein, was characteristic of milk collected in the autumn feeding period, at the same time with the lowest daily milk yield. Along with the course of lactation the dispersion state of fat was increasing and so was the concentration of cholesterol. The breed group of goats had an impact on milk fatty acid profile. A significantly lower concentration of saturated fatty acids and higher mono- and polyunsaturated fatty acids was found in the milk of goats of unknown origin, and that was generally observed in each season of production. Improved goats produced milk with a significantly higher concentration of odd-chain fatty acids and branched-chain fatty acids. A higher concentration of beneficial fatty acids, including CLA, was found in milk in the spring-summer season (lactation stage II), i.e. when goats were grazing fresh green pasture.

Key words: goat milk, chemical composition, milk fat dispersion, cholesterol, fatty acids, breed group, lactation stage (feeding season)

Otrzymano:/ Received: 2.10.2017
Zaakceptowano:/ Accepted: 2.10.2017