

EWA SIMINSKA, BRONISŁAW BORYS, HENRYKA BERNACKA

WPŁYW ŻYWIENIA JAGNIĄT MAKUCHEM SŁONECZNIKOWYM I NASIONAMI LNU BEZ LUB Z DODATKIEM WITAMINY E NA PROFIL KWASÓW TŁUSZCZOWYCH MIĘSA, WĄTROBY I SERCA

Streszczenie

Badano wpływ tuczu jagniąt makuchem słonecznikowym i nasionami lnu oraz dodatku witaminy E na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu *m. longissimus lumborum*, wątroby i serca. Tryczki (18 sztuk) tuczono intensywnie w 3 grupach do 32 - 37 kg mieszanką złożoną z komponentów zbożowych i śruty rzepakowej (grupa kontrolna K) lub z udziałem makuchu słonecznikowego i nasion lnu (MSL; odpowiednio 23,5 i 5 %) oraz z dodatkiem witaminy E (MSL+E). Tłuszcz wątroby zawierał więcej nasyconych kwasów tłuszczowych niż tłuszcz śródmięśniowy i serca (56,68 vs. 48,40 i 45,95 %). W tłuszczu tym stwierdzono najwyższy udział C17:0 i C18:0, a niższy, niż w tłuszczu śródmięśniowym, udział C14:0 i C16:0. Zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA) w tłuszczu serca kształtowała się pośrednio. Najwięcej jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) zawierał tłuszcz śródmięśniowy, następnie tłuszcz wątroby, a najmniej tłuszcz serca (odpowiednio 42,58; 33,93 i 29,95 %). Tłuszcz serca odznaczał się największym udziałem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA); 25,29 % vs. 11,53 i 8,99 % w tłuszczu wątroby i śródmięśniowym. Podobne relacje wystąpiły pod względem zawartości C18:2 i C18:3 n3. Najkorzystniejszymi parametrami odżywczymi odznaczał się tłuszcz serca, a tłuszcze wątroby i *m. longissimus lumborum* były zbliżone pod tym względem; PUFA : SFA wynosił odpowiednio 0,57 vs. 0,21 i 0,19. Najwięcej sprzężonego kwasu linolowego (SKL) zawierała wątroba (41,24 mg/100 g), a serce i mięsień odpowiednio 6,23 i 4,56 mg/100 g. Żywienie komponentami oleistymi nie wpłynęło istotnie na zawartość SFA w badanych elementach, przy spadku udziału C16:0 i C17:0 i wzroście C18:0. Żywienie tymi komponentami zmniejszało udział MUFA, a zwiększało PUFA. Badane organy jagniąt MSL i MSL+E zawierały mniej sprzężonego kwasu linolowego niż próba kontrolna; odpowiednio 17,37 i 15,28 vs. 19,37 mg/100 g. W sumie żywienie makuchem słonecznikowym i nasionami lnu wpłynęło korzystnie na właściwości odżywcze tłuszczu mięśnia, wątroby i serca, a suplementacja mieszanki tuczowej witaminą E potęgowała ten korzystny wpływ.

Słowa kluczowe: jagnięta, komponenty oleiste, kwasy tłuszczowe, mięśnie, wątroba, serce

Dr inż. E. Siminska, dr hab. inż. H. Bernacka, Zakład Biologii Małych Przeżuwaczy, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, ul. Mazowiecka 28, 85-844 Bydgoszcz, prof. dr hab. B. Borys, Zakład Doświadczalny Koluda Wielka, Instytut Zootechniki PIB, 88-160 Janikowo

Wprowadzenie

Opracowywanie żywności funkcjonalnej, czyli żywności podtrzymującej dobry stan zdrowia, zapobiegającej niektórym zaburzeniom i schorzeniom organizmu, a jednocześnie bogatej w składniki odżywcze, wydaje się priorytetem w badaniach nad jakością nowych produktów. W związku z tym, głównym zadaniem hodowli zwierząt rzeźnych staje się produkcja wysokiej jakości mięsa, które świadomy konsument postrzeżałby zarówno jako źródło składników odżywczych, jak i produkt o właściwościach prozdrowotnych. Żywność pochodzenia zwierzęcego, aby mogła spełniać kryteria żywności funkcjonalnej, jest wzbogacana w korzystne dla zdrowia składniki np. przez stosowanie odpowiednich krzyżowań międzyrasowych oraz metodami żywieniowymi [2, 4, 6, 14, 16]. Opinie o szkodliwości nadmiaru tłuszczów pochodzenia zwierzęcego, a zwłaszcza niewłaściwym składzie kwasów tłuszczowych w diecie człowieka (czynnik sprzyjający nadciśnieniu czy zaburzeniom metabolicznym) wymagają racjonalnej weryfikacji z uwzględnieniem wyników najnowszych badań medycznych i dietetycznych w zakresie wszystkich składników bioaktywnych produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego. Właściwe odżywianie, w tym optymalny udział czerwonego mięsa w diecie człowieka, przy prawidłowym stylu życia (ruch, brak stresu), są czynnikami warunkującymi podtrzymanie dobrego stanu zdrowia i długowieczności ludzi [9, 13].

W ostatnich latach, w żywieniu zwierząt coraz więcej uwagi poświęca się tłuszczom, jako nośnikom energii oraz źródłom niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). NNKT, podobnie jak większość witamin, nie są syntetyzowane w organizmie człowieka, a ich deficyt w diecie wywołuje zaburzenia metaboliczne i w konsekwencji zdrowotne. Pod względem żywieniowym najważniejsze są niezbędne wielonienasycone kwasy tłuszczowe PUFA, do których należą kwasy: linolowy (LA, C18:2 n-6), α -linolenowy (ALA, C18:3 n-3) oraz długołańcuchowe PUFA powstające w ustroju poprzez przemiany enzymatyczne z LA i ALA, jak również dostarczane bezpośrednio z dietą kwasy: arachidonowy (AA, C20:4 n-6) oraz eikozapenta- i dokozaheksaenowy (EPA C20:5 n-3 i DHA C22:6 n-3) [1, 11]. Dotychczas podejmowano wiele skutecznych prób modyfikowania profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu zwierząt rzeźnych poprzez stosowanie w ich żywieniu dodatków w postaci olejów roślinnych [2, 3, 5, 7, 8, 14, 15]. W warunkach naszego kraju dostępne do praktycznego stosowania są komponenty oleiste zawierające olej rzepakowy i słonecznikowy (głównie makuchy powstające przy produkcji biodiesla) oraz lniany (nasiona lnu), charakteryzujące się wysoką zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wzrost zawartości kwasów nienasyconych w mięsie i innych produktach pochodzenia zwierzęcego powoduje niekorzystny wzrost ich podatności na utlenianie. Proces ten zachodzi przede wszystkim podczas obróbki kulinarnej mięsa i jego przechowywania. Zmianom tym można skutecznie przeciwdziałać poprzez podawanie zwierzętom przeciwutlenia-czy, wśród których za najskuteczniejszy uznaje się witaminę E (tokoferol) [6, 13, 14].

Celem podjętych badań było określenie zróżnicowania profilu kwasów tłuszczowych i zawartości sprzężonego kwasu linolowego (SKL) w tłuszczu tkanki mięśniowej i wybranych organów jadalnych jagniąt (wątroba i serce) oraz wpływu zastosowania w mieszance treściwej makuchu słonecznikowego i nasion lnu bez lub z dodatkiem witaminy E.

Material i metody badań

Material badawczy stanowiło 18 tryczków pełnej owcy kołudzkiej (OK) oraz mieszańce F₁ Ile de France × OK (po 50 %). Jagnięta tuczono intensywnie od odsadzenia od matek w wieku 8 tygodni do uzyskania masy ciała 32 - 37 kg. Jagnięta utrzymywano grupowo (3 grupy po 6 sztuk) i żywiono *ad libitum* mieszankami o różnym składzie z dodatkiem siana z traw. W grupie kontrolnej (K) mieszanka złożona była głównie z komponentów zbożowych (>50 %) i poekstrakcyjnej śruty rzepakowej (20 %). W grupach doświadczalnych śrutę rzepakową zastąpiono: w grupie MSL makuchem słonecznikowym (23,5 %) i nasionami lnu (5 %), a w grupie MSL+E wprowadzono dodatek witaminy E (Polfamix E - 0,2 %).

Bezpośrednio po uboju jagniąt pobierano próby *m. longissimus lumborum*, wątroby i serca. Próby, po około 100 g, pakowano próżniowo, zamrażano w temp. -20 °C i przetrzymywano w tej temperaturze do czasu wykonywania analiz składu kwasów tłuszczowych. Bezpośrednio przed wykonaniem analiz próby rozmrażano w temperaturze 4 °C przez około 12 h. Po rozmrożeniu, rozdrobione próby (100 mg) poddawano ekstrakcji.

Skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu wyekstrahowanym z ww. elementów analizowano zgodnie z PN-EN ISO 5508 [17] i PN-EN ISO 5509 [18] przy użyciu chromatografu gazowego firmy Varian, typ 3800 GC z detektorem FID, w kolumnie SPTM-2380 930 m × 0,25 mm × 0,20 μm). Warunki analizy: temp. dozownika 230 °C (Split 1:100), temp. detektora 250 °C, gaz nośny hel (przepływ 1,0 ml/min), objętość dozowanej próbki 1 μl.

Zawartość sprzężonego kwasu linolowego (SKL) w badanym materiale doświadczalnym oznaczano metodą chromatografii cieczowej, przy użyciu chromatografu firmy Merck wyposażonego w detektor UV/VIS. Warunki analizy: kolumna RP-C18 (250 × 4,6 mm) termostatowana w temp. 32 °C, rozpuszczalniki: acetonitryl - woda z elucją gradientową, przepływ 1,5 ml/min. Do identyfikacji SKL zastosowano wzorzec Sigma 0-5507, a zawartość w próbie określano na podstawie krzywej kalibracji.

Wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem dwuczynnikowej analizy wariancji (badany material, żywienie) z interakcjami (STATISTICA v. 8). Istotność różnic zawartości kwasów tłuszczowych między organami i grupami żywieniowymi szacowano testem Duncana.

Wyniki i dyskusja

Zróźnicowanie profilu lipidowego w zależności od badanego elementu jagnięcia

Uzyskane wyniki wskazują na duże zróźnicowanie składu kwasów tłuszczowych tłuszczu porównywanych elementów (tab. 1 i 2). Tłuszcz wątroby zawierał istotnie więcej kwasów nasyconych (SFA) niż tłuszcz mięśnia i serca; odpowiednio o 17,1 i 23,4 % ($P \leq 0,01$). Wynikało to z największej zawartości kwasu stearynowego (C18:0; głównego kwasu nasyconego) oraz C17:0, przy pośredniej, w stosunku do tłuszczu mięśnia i serca, zawartości C16:0 i najmniejszej C14:0. Również różnice zawartości pojedynczych kwasów nasyconych w tłuszczu mięśnia i serca były duże (wszystkie analizowane, poza C14:0, statystycznie potwierdzone) i miały zróźnicowany charakter. Tłuszcz mięśnia w porównaniu z tłuszczem serca zawierał więcej kwasów C14:0 i C16:0 (odpowiednio o 22,5 i 43,0 %), a mniej kwasów C17:0 i C18:0 (odpowiednio o 19,3 i 19,9 %).

Tłuszcz badanych elementów różnił się istotnie pod względem zawartości kwasów nienasyconych (UFA), a różnice kształtowały się odwrotnie niż w przypadku kwasów nasyconych. Najwięcej UFA zawierał tłuszcz serca, następnie mięśnia (o 6,6 % mniej; $P \leq 0,05$), a najmniej wątroby – mniej niż tłuszcz mięśnia i serca, odpowiednio o 11,8 i 17,7 % ($P \leq 0,01$). Bardzo zróźnicowana była zawartość kwasów tłuszczowych jedno- (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) w tłuszczu porównywanych elementów. Wszystkie próby różniły się istotnie ($P \leq 0,01$) pod względem łącznej zawartości kwasów jednonienasyconych. Najwięcej MUFA zawierał tłuszcz mięśnia, następnie wątroby (o 20,3 % mniej), a najmniej serca – odpowiednio o 11,7 i 29,7 % mniej (wszystkie różnice istotne na poziomie $P \leq 0,01$). Podobne różnice dotyczyły kwasu oleinowego C18:1, dominującego w grupie MUFA. Natomiast najwięcej pozostałych kwasów jednonienasyconych (C16:1 i C17:1) zawierał tłuszcz wątroby, następnie mięśnia, a najmniej serca.

Odmienne kształtowały się różnice zawartości kwasów tłuszczowych wielonienasyconych w tłuszczu porównywanych elementów. Tłuszcz serca zawierał łącznie ponad 2 razy więcej PUFA niż tłuszcz wątroby i blisko 3 razy więcej niż tłuszcz mięśnia ($P \leq 0,01$). Natomiast różnica zawartości PUFA między tłuszczem wątroby i mięśnia (w wątrobie o 28,3 % więcej) okazały się statystycznie nieistotne ze względu na małe wyrównanie wartości tego parametru w obrębie badanych elementów (współczynniki zmienności w przedziale 28 – 43 %). Podobny charakter i wielkość miały różnice zawartości kwasu linolowego C18:2 (głównego wśród PUFA) oraz arachidowego C20:4. Zawartość kwasu linolowego w tłuszczu poszczególnych prób wzrastała w tym samym kierunku: mięsień < wątroba < serce, jednak różnice te były mniejsze i statystycznie nieistotne.

Tabela 1

Zawartość głównych kwasów tłuszczowych w tłuszczu badanych elementów jagniąt z uwzględnieniem sposobu żywienia [g/100 g FA].
Content of main fatty acids in fat of the studied lamb elements as regards feeding method [g/100 g FA].

Cecha Trait	Badany element / Element studied			Żywienie / Feeding			Interakcja Interaction	
	LLT	WT	ST	K	MSL	MSL+E		
C14:0	\bar{X}	2,50A	0,92AB	2,04B	1,73	1,80	1,92	NS
	v%	16,9	79,1	40,1	41,8	51,9	60,6	
C16:0	\bar{X}	24,60AB	20,23BC	17,20AC	22,73AB	20,06A	19,24B	**
	v%	7,3	18,0	9,1	16,6	12,7	23,6	
C16:1	\bar{X}	2,17AB	2,80BC	1,45AC	2,83AB	1,74A	1,85B	**
	v%	18,2	45,0	21,4	42,8	20,9	36,4	
C17:0	\bar{X}	0,84aA	2,10AB	1,04aB	1,42	1,27	1,30	NS
	v%	25,7	15,5	24,5	43,6	45,8	51,8	
C17:1	\bar{X}	0,54A	1,00AB	0,40B	0,85AB	0,58A	0,51B	NS
	v%	35,3	45,5	46,4	42,5	61,4	79,6	
C18:0	\bar{X}	20,31AB	32,85BC	25,35AC	22,38AB	29,07A	27,04B	*
	v%	25,5	21,1	20,3	24,6	29,6	27,7	
C18:1	\bar{X}	38,70AB	29,22Ba	26,27Aa	34,85AB	29,23A	30,11B	NS
	v%	11,1	18,7	17,1	17,0	23,7	24,6	
C18:2	\bar{X}	7,02A	9,08B	19,59AB	8,84AB	12,30A	14,54B	NS
	v%	38,1	47,1	28,7	75,0	43,2	54,9	
C18:3 n-3	\bar{X}	0,64	0,73	0,82	0,52aA	0,77a	0,90A	**
	v%	50,0	68,6	25,6	54,6	34,2	48,1	
C20:4	\bar{X}	1,00Aa	1,72aB	3,96AB	2,25	2,01	2,41	NS
	v%	34,4	43,1	38,8	71,3	66,6	79,1	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

n = 18; LLT - tłuszcz *m. longissimus lumborum* / fat of *m. longissimus lumborum*; WT - tłuszcz wątroby / liver fat; ST - tłuszcz serca / heart fat; Grupy / Groups: K - kontrolna / control; MSL - makuch słonecznikowy + nasiona lnu / sunflower cake + linseeds; MSL+E - MSL + witamina E / MSL + vitamin E; AA, ** - $P \leq 0,01$; aa, * - $P \leq 0,05$; NS - statystycznie nieistotne / statistically insignificant

Tabela 2

Parametry jakości zdrowotnej tłuszczu badanych elementów jagniąt z uwzględnieniem sposobu żywienia [g/100g FA].
Health quality parameters of fat in the studied lamb elements as regards feeding method [g/100 g FA].

Cecha Trait		Badany element / Element studied			Żywienie / Feeding			Interakcja Interaction
		LLT	WT	ST	K	MSL	MSL+E	
SFA	\bar{x}	48,40A	56,68AB	45,95B	48,62	52,54	49,87	NS
	v%	11,1	9,7	12,9	12,4	14,6	15,1	
UFA	\bar{x}	51,57aA	45,46AB	55,24aB	51,87a	48,35ab	52,05b	NS
	v%	10,4	13,6	7,7	11,1	14,415	13,0	
- w tym: MUFA - whereas: MUFA	\bar{x}	42,58AB	33,93BC	29,95AC	39,76AB	32,88A	33,82B	NS
PUFA	v%	11,2	19,3	15,9	15,9	21,8	22,1	NS
	\bar{x}	8,99A	11,53B	25,29AB	12,11aA	15,47a	18,23A	
SKL [mg/100 g] CLA [mg/100 g]	v%	35,9	43,3	28,4	72,3	45,2	56,0	NS
	\bar{x}	4,6A	41,2AB	6,2B	19,4	17,4	15,3	
UFA:SFA	v%	25,9	26,4	41,1	82,3	90,0	85,0	NS
	\bar{x}	1,09aA	0,82AB	1,23aB	1,10a	0,96a	1,08	
PUFA:SFA	v%	19,3	21,8	19,3	23,7	26,7	26,0	NS
	\bar{x}	0,19A	0,21B	0,57AB	0,27A	0,31	0,39A	
PUFA:MUFA	v%	40,4	49,7	37,2	84,7	52,5	69,1	NS
	\bar{x}	0,21Aa	0,36aB	0,89AB	0,34aA	0,52a	0,62A	
DFA:OFA	v%	39,1	51,5	40,5	86,3	62,5	74,5	*
	\bar{x}	2,58AB	3,40BC	3,96AC	2,92AB	3,36Aa	3,67Ba	
	v%	10,4	22,6	13,9	20,6	15,7	27,9	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

n = 18; Oznaczenia grup i istotności różnic, jak w tab. 1./ Groups and the significance of differences are denoted as in Tab. 1.

SFA - Σ C14:0, C16:0, C17:0, C18:0 i C20:0; MUFA - Σ C14:1, C16:1, C17:1, C18:1, C20:1, C22:1 i C24:1; PUFA - Σ C18:2, C18:3 n-6, C18:3 n-3, C20:4 i C22:4; UFA = MUFA + PUFA; DFA = UFA + C18:0; OFA = SFA - C18:0; SKL - C18:2 c9 t11

Tłuszcz serca w porównaniu z tłuszczem wątroby i mięśnia odznaczał się istotnie korzystniejszymi wskaźnikami jakości zdrowotnej, obliczanymi na podstawie składu kwasów tłuszczowych; najwyższym stosunkiem UFA : SFA (odpowiednio o 50,0 i 12,8 %), PUFA : SFA (odpowiednio o 171,4 i 200,0 %), PUFA : MUFA (odpowiednio o 147,2 i 323,8 %) oraz DFA : OFA – odpowiednio o 16,7 i 53,5 %. Różnice wartości większości tych wskaźników między mięśniem a wątrobą były również wyraźne; stosunek UFA : SFA korzystnie wyższy w przypadku mięśnia (o 32,9 %, $P \leq 0,01$), PUFA : SFA podobny, a PUFA : MUFA i DFA : OFA niekorzystnie niższe niż wątroby, odpowiednio o 41,7 % ($P \leq 0,05$) i 24,1 % ($P \leq 0,01$).

Pod względem zawartości sprzężonego kwasu linolowego (SKL) w tłuszczu wątroby było go 6,6 razy więcej niż w tłuszczu serca i 9,0 razy więcej niż w tłuszczu badanego mięśnia.

Wyraźne zróżnicowanie profilu kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego oraz wątroby i serca, niezależnie od czynników genetycznych i środowiskowych (w tym żywienia), znajduje potwierdzenie w wynikach badań innych autorów [3, 6, 7, 10]. Badania Korniluk i wsp. [12], Borowca i Augustyna [3] oraz Kaczor i wsp. [10] potwierdzają większą zawartość kwasów nasyconych, w tym C18:0 w tłuszczu wątroby niż w tkance mięśniowej, a badania Borowca i Augustyna [3] oraz Kaczor i wsp. [10] również mniejszą zawartość kwasów o średniej długości łańcucha węglowego – C14:0 i C16:0. Podobnie, jak w badaniach własnych, większą zawartość kwasów jednonienasyconych MUFA w *m. longissimus dorsi* niż w wątrobie i sercu stwierdziła Kaczor i wsp. [10], a w stosunku do wątroby również Gabryszuk i wsp. [6] oraz Korniluk i wsp. [12]. Większy udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w puli kwasów tłuszczowych podrobów jagniąt w porównaniu z tkanką mięśniową znajduje potwierdzenie w większości innych badań [3, 7, 10], jednak Korniluk i wsp. [12] nie stwierdzili wyraźnych różnic zawartości PUFA w puli kwasów tłuszczowych wątroby i poledwicy jagniąt. Dane o zawartości pojedynczych kwasów wielonienasyconych w tłuszczu tkanki mięśniowej oraz podrobów jagnięcych są w dostępnym piśmiennictwie zróżnicowane i trudne do bezpośredniego porównania, co praktyczne uniemożliwia ich jednoznaczną dyskusję z wynikami badań własnych. Dostępne dane literaturowe potwierdzają większą zawartość sprzężonego kwasu linolowego w wątrobie niż mięśniach, jednak różnice stwierdzone w badaniach własnych były znacznie większe. Borowiec i Augustyn [3], podobnie jak Gabryszuk i wsp. [6], stwierdzili około 2 razy większą zawartość tego ważnego składnika prozdrowotnego w wątrobie niż w mięśniach, a Korniluk i wsp. [12] o około 20 %. Ogólnie podobne wyniki do uzyskanych w badaniach własnych uzyskali Kaczor i wsp. [10] na jagniętach tuczonych średnio intensywnie do masy ciała 40 kg. Stwierdzili oni, że tłuszcz podrobów (wątroby i serca) w porównaniu z tłuszczem z mięśni szkieletowych charakteryzował się większą zawartością kwasów PUFA oraz korzystnie wyższym stosunkiem PUFA : SFA. Jednak

nie potwierdziły tego badania Korniluk i wsp. [12], w których nie stwierdzono większych różnic w tym zakresie między tkanką mięśniową i wątrobą jagniąt tuczonych intensywnie do masy ciała około 32 kg.

Na podstawie uzyskanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić, który z badanych elementów miał najlepszy pod względem jakości zdrowotnej skład kwasów tłuszczowych. Najkorzystniejszymi parametrami zdrowotnymi odznaczał się tłuszcz serca, przy zróżnicowanej, ale ogólnie zbliżonej jakości zdrowotnej tłuszczu śródmięśniowego i wątroby. Równocześnie jednak tłuszcz wątroby zawierał kilkakrotnie więcej sprężonego kwasu linolowego (SKL) niż tłuszcz tkanki mięśniowej i serca, składnika lipidowego bardzo ważnego i pożądanego pod względem jakości zdrowotnej, o wielokierunkowym prozdrowotnym oddziaływaniu na organizm ludzki.

Zróżnicowanie profilu lipidowego tłuszczu badanych elementów jagniąt w zależności od żywienia zwierząt

Żywienie komponentami oleistymi (makuchem słonecznikowym i nasionami lnu) nie wpłynęło wyraźnie na łączną zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu badanych elementów (tab. 2), przy istotnie mniejszej zawartości kwasu palmitynowego C16:0, a większej stearynowego C18:0 (tab. 1). Średnio w tłuszczach jagniąt grup doświadczalnych MSL i MSL+E w porównaniu z K stwierdzono o 13,5 % mniejszą zawartość kwasu C16:0 i o 25,4 % większą C18:0.

Porównywalne efekty w zakresie zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie jagnięcym uzyskał Ivan i wsp. [7], stosując 6 % dodatek oleju słonecznikowego w mieszance. W porównaniu z grupą kontrolną nie stwierdzono istotnych różnic pod względem łącznej zawartości SFA, przy istotnym zmniejszeniu zawartości C16:0 i C17:0, a wzroście C18:0. Natomiast badania Gabryszuka i wsp. [6] oraz Korniluk i wsp. [12] potwierdzają obserwowany w badaniach własnych brak wpływu suplementacji mieszanki tuczowej witaminą E na łączną zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych, zarówno w tłuszczu mięśni, jak i wątroby tuczonych jagniąt.

Tłuszcz badanych elementów jagniąt żywionych komponentami oleistymi zawierał istotnie mniej kwasów jednonienasyconych MUFA, a więcej wielonienasyconych PUFA. Średnio różnice zawartości MUFA i PUFA w puli kwasów tłuszczowych tłuszczów badanych elementów między grupami MSL i MSL+E a K wynosiły odpowiednio: -16,1 % i +39,1 %. Zawartość wszystkich pojedynczych kwasów MUFA była w grupach doświadczalnych zbliżona i istotnie mniejsza ($P \leq 0,01$) niż w kontrolnej; w przypadku C16:1 średnio o 36,6 %, C17:1 o 35,9 %, a C18:1 o 14,9 %. W zakresie pojedynczych kwasów PUFA stwierdzono statystycznie potwierdzony wzrost zawartości kwasu linolowego C18:2 i linolenowego C18:3 w puli kwasów tłuszczowych tłuszczu badanych elementów jagniąt MSL i MSL+E w stosunku do grupy kontrolnej K (C18:2 średnio o 51,8 %, a C18:3 odpowiednio o 60,6 %), przy podobnej we wszyst-

kich grupach żywieniowych zawartości kwasu arachidonowego C20:4 (tab. 1). Przy stosowaniu dodatku witaminy E w mieszance z udziałem makuchu słonecznikowego i nasion lnu (grupa MSL+E) wystąpiła tendencja do większej zawartości kwasów PUFA, również w stosunku do grupy MSL; zarówno sumy PUFA (o 17,8 %, NS), jak i pojedynczych kwasów: C18:2, C18:3 oraz C20:4 (odpowiednio 18,2; 16,9 i 19,9 %, NS).

Omówione powyżej różnice składu kwasów tłuszczowych w zależności od doboru mieszanki tuczowej spowodowały, że ogólnie najkorzystniejszymi parametrami jakości zdrowotnej odznaczał się tłuszcz jagniąt grupy MSL+E, który w porównaniu z grupą K charakteryzował się istotnie wyższym stosunkiem PUFA : SFA, PUFA : MUFA oraz DFA : OFA (odpowiednio o 44,4; 82,3 i 25,7 %; $P \leq 0,01$). Natomiast grupa MSL w porównaniu z K odznaczała się istotnie wyższym stosunkiem PUFA : MUFA (o 52,9 %; $P \leq 0,05$) oraz DFA : OFA (o 15,1 %; $P \leq 0,01$), podobnym PUFA : SFA, a istotnie niższym UFA : SFA (o 12,7 %; $P \leq 0,05$). Suplementacja mieszanki zawierającej komponenty oleiste witaminą E spowodowała znaczną poprawę wszystkich analizowanych parametrów zdrowotnych tłuszczu badanych elementów jagniąt. Tłuszcz jagniąt MSL+E w porównaniu z MSL odznaczał się korzystniejszymi (wyższymi) proporcjami UFA : SFA; PUFA : SFA; PUFA : MUFA i DFA : OFA – odpowiednio o: 12,5 % (NS), 25,8 % (NS), 19,2 (NS) i 9,2 % ($P \leq 0,05$).

Żywienie jagniąt komponentami oleistymi wpłynęło na zmniejszenie zawartości sprzężonego kwasu linolowego (SKL) w badanych elementach (tab. 2), przy czym różnica w stosunku do grupy kontrolnej w grupie MSL była około 2 razy mniejsza niż w MSL+E; odpowiednio 10,4 i 21,1 % (NS).

W przypadku kilku pojedynczych kwasów (C16:0, C16:1, C18:0 i C18:3 n-3) oraz stosunku DFA : OFA wystąpiły statystycznie potwierdzone interakcje badany element \times żywienie. Wynikały one głównie z odmiennego reagowania tłuszczu wątroby i serca niż śródmięśniowego na żywienie jagniąt badanymi komponentami oleistymi. Zawartość kwasu C16:0 w tłuszczu wszystkich elementów z grup MSL i MSL+E była mniejsza niż w K, jednak w przypadku mięśnia mniej tego kwasu było w tłuszczu jagniąt MSL niż MSL+K, natomiast w wątrobie i sercu najmniej zawierały go tłuszcze jagniąt MSL+E. Zawartość C16:1 w tłuszczu mięśnia i serca zmalała w obu grupach doświadczalnych w podobnym stopniu (średnio o około 22 %), natomiast w tłuszczu wątroby aż o 51 %. Żywienie komponentami oleistymi nie wpłynęło wyraźniej na zawartość C18:0 w tłuszczu śródmięśniowym, natomiast zwiększyło jego zawartość w tłuszczu wątroby i serca. W tłuszczu serca wzrost w stosunku do grupy K był podobny w obu grupach doświadczalnych (średnio 21 %), natomiast w przypadku wątroby w grupie MSL wynosił 54,2 %, a w MSL+E 32,9 %. Wpływ komponentów oleistych na wzrost zawartości C18:3 n3 w tłuszczu wszystkich badanych elementów był również zróżnicowany, zarówno w zależności od elementu, jak i suplementacji mie-

szanki doświadczalnej witaminą E. Stosowanie komponentów oleistych bez witaminy E spowodowało wzrost zawartości tego kwasu w tłuszczu mięśnia o 193,7 %, wątroby o 37,5 %, a serca o 49,1 %, natomiast przy suplementacji witaminą E różnice wynosiły odpowiednio: 106,2; 120,8 i 66,1 %. Podobne zróżnicowanie wystąpiło w proporcji kwasów DFA : OFA. Korzystnie większy stosunek tych kwasów w tłuszczu wątroby i serca w grupie MSL potęgował się przy stosowaniu dodatku witaminy E, natomiast w tłuszczu śródmięśniowym był mniejszy.

O złożonym wpływie żywienia na profil kwasów tłuszczowych w mięsie jagniąt świadczą również wyniki badań Jeronimo i wsp. [8], którzy wykazali, że istotny wpływ na profil kwasów ma nie tylko ilość, ale i wzajemne proporcje komponentów oleistych (olej słonecznikowy i lniany) w mieszance tuczowej. Liczne badania wykazały, że dodatek komponentów oleistych do diety zwierząt gospodarskich, w tym tuczonych jagniąt [2, 3, 6, 8, 15], wpływał na wzrost zawartości kwasów nienasyconych w tłuszczu elementów kulinarnych pozyskiwanych z tych zwierząt. Charakter tych zmian zależy jednak od składu kwasów tłuszczowych komponentów oleistych stosowanych w żywieniu zwierząt. Dominującymi kwasami tłuszczowymi w tłuszczu stosowanych oleistych komponentów paszowych były kwasy wielonienasycone: linolowy C18:2 (makuch słonecznikowy) i linolenowy C18:3 (nasiona lnu). Żywienie mieszankami doświadczalnymi (MSL) bogatymi w oba te kwasy spowodowało istotny wzrost ich zawartości w badanych elementach, przy relatywnym zmniejszeniu zawartości kwasów jednonienasyconych MUFA. Podobnie Ivan i wsp. [7], przy stosowaniu w tuczach jagniąt 6 % dodatku oleju słonecznikowego uzyskali istotny wzrost zawartości kwasu linolowego C18:2 w tłuszczu mięśni, wątroby i serca, przy zróżnicowanych efektach zawartości kwasu linolenowego C18:3.

Stwierdzoną w badaniach tendencję do zmniejszonej zawartości sprzężonego kwasu linolowego w elementach jagniąt żywionych makuchem słonecznikowym i nasionami lnu należy uznać za zaskakującą w odniesieniu do wyników większości dostępnych badań [np. 4 i 7], w których wykazano wpływ żywienia komponentami oleistymi bogatymi w kwasy PUFA na wzrost zawartości SKL w mięśniach i innych jadalnych organach jagniąt. Trudna do wyjaśnienia na podstawie uzyskanych wyników jest pogłębiona tendencja do zmniejszonej zawartości SKL w grupie MSL+E w stosunku do K (ponad 2 razy większa niż w MSL). W badaniach Gabryszuka i wsp. [6] oraz Korniluk i wsp. [12] stosowanie dodatku witaminy E razem z selenem i cynkiem spowodowało istotny wzrost zawartości SKL w wątrobie, a w przypadku badań Gabryszuka i wsp. [6] również w mięśniu najdłuższym grzbietu tuczonych jagniąt.

Podsumowując, można stwierdzić, że żywienie intensywnie tuczonych jagniąt mieszankami z makuchem słonecznikowym i nasionami lnu wpłynęło korzystnie na parametry jakości zdrowotnej mięsa i podrobów, głównie dzięki wzrostowi zawartości kwasów wielonienasyconych PUFA, a stosowanie suplementacji mieszanki z kompo-

mentami oleistymi witaminą E potęgowało korzystne efekty w tym zakresie. Uzyskane efekty potwierdzają badania cytowanych wcześniej autorów [2, 3, 6, 7].

Wnioski

1. Tłuszcz serca jagniąt odznaczał się wyższą jakością zdrowotną niż podobne pod tym względem tłuszcze wątroby i śródmięśniowy, głównie dzięki istotnie większej zawartości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA); średnio około 2,5 razy.
2. Wątroba odznaczała się największą zawartością sprzężonego kwasu linolowego (SKL; 41,2 mg/100 g) i przewyższała podobne pod tym względem organy; mięsień *longissimus lumborum* i serce (odpowiednio 4,6 i 6,2 mg/100 g).
3. Żywienie intensywnie tuczonych jagniąt mieszankami z makuchem słonecznikowym i nasionami lnu wpłynęło korzystnie na parametry jakości zdrowotnej mięsa, wątroby i serca, głównie dzięki wzrostowi zawartości kwasów wielonienasyconych PUFA (średnio o 39,1 %), a zmniejszeniu jednonienasyconych MUFA (średnio o 16,1 %).
4. Stwierdzono tendencję do potęgowania korzystnych efektów w zakresie prozdrowotnej modyfikacji profilu lipidowego mięsa i badanych podrobów jagnięcych przy stosowaniu suplementacji mieszanki treściwej z komponentami oleistymi witaminą E.

Literatura

- [1] Achremowicz K., Szary-Sworst K.: Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **3 (44)**, 23-35.
- [2] Baranowski A., Józwik A., Bernatowicz E., Chyliński W.: Fattening performance, slaughter indicators and meat chemical composition in lambs fed the diet supplemented with linseed oil and mineral bioplex. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 2008, **26 (2)**, 117-127.
- [3] Borowiec F., Augustyn R.: Effect of dietary unsaturated fatty acids on some indicators in blood plasma and fatty acid content in selected tissues of fattening lambs. *J. Cent. Eur. Agric.*, 2009, **10, 1**, 13-18.
- [4] Borys B., Borys A.: Wpływ rasy owiec na wybrane parametry jakości zdrowotnej mięsa jagnięcego. *Zesz. Nauk. PTZ Przegł. Hod.*, 2002, **63**, 69-79.
- [5] Borys B., Borys A.: Effect of the form of rapeseed and linseed in lamb diets on some health quality parameters of meat. *Annals Anim. Sci.*, 2005, **5 (1)**, 159-169.
- [6] Gabryszuk M., Czauderna M., Baranowski A., Strzałkowska N., Józwik A., Krzyżewski J.: The effect of diet supplementation with Se, Zn and vitamin E on cholesterol, CLA and fatty acid contents of meat and liver of lambs. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 2007, **25 (1)**, 25-33.
- [7] Ivan M., Mir P.S., Koenig K.M., Rode L.M., Neill L., Entz T., Mir Z.: Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. *Small Rum. Res.*, 2001, **41**, 215-117.

- [8] Jeronimo E., Alves S.P., Prates J.A.M., Santos-Silva J., Bessa R.J.B.: Effect of dietary replacement of sunflower oil with linseed oil on intramuscular fatty acids of lamb meat. *Meat Sci.*, 2009, **83**, 499-505.
- [9] Jiménez-Colmenero F., Carballo J., Cofrades S.: Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.*, 2001, **59**, 5-13.
- [10] Kaczor U., Ciuryk S., Pustkowiak H.: Zawartość kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mięśniach, sercu i wątrobie jagniąt polskiej owcy długowłnistej. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*. 2000, Konferencje XXX, **399**, pp. 159-164.
- [11] Kolanowski W.: Długołańcuchowe wielonienasycone kwasy tłuszczowe omega-3 – znaczenie zdrowotne w obniżaniu ryzyka chorób cywilizacyjnych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2007, **11 (3)**, 229-237.
- [12] Korniluk K., Gabryszuk M., Kowalczyk J., Czauderna M.: Effect of diet supplementation with selenium, zinc and α -tocopherol on fatty acid composition in the live rand loin muscle of lambs. *Anim. Sci. Papers Rep.*, 2008, **26 (1)**, 59-70.
- [13] Migdał W.: Spożycie mięsa a choroby cywilizacyjne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **6 (55)**, 48-61.
- [14] Migdał W., Pieszka M., Barowicz T., Janik A., Wojtysiak D., Pustkowiak H., Nowak J., Kozioł J.: Modyfikowanie profilu kwasów tłuszczowych mięsa zwierząt rzeźnych - za i przeciw. *Rocz. Inst. Przem. Mięs. i Tłuszcz.*, 2008, **46 (3)**, 111-122.
- [15] Radzik-Rant A., Rant W.: Wpływ oleju lnianego stosowanego w diecie macierek karmiących na profil kwasów tłuszczowych tkanki zapasowej. *Annales UMCS*, 2007, Sec. EE, **25 (1)**, 21-27.
- [16] Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.M.: Fat deposition, fat acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 2008, **78**, 343-358.
- [17] PN-EN ISO 5508. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej.
- [18] PN-EN ISO 5509. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce. Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych.

EFFECT OF FEEDING LAMBS WITH SUNFLOWER CAKE AND LINSEEDS WITH OR WITHOUT VITAMIN E ADDED ON FATTY ACID PROFILE OF MEAT, LIVER, AND HEART

S u m m a r y

The effect was studied of fattening lambs with a sunflower cake and linseeds, and a vitamin E added, on the fatty acid profile of fat from *m. longissimus lumborum*, liver, and heart. The rams (18) in three groups were intensively fattened up to 32-37 kg with a mixture composed of cereal ingredients and rapeseed crush ('K' control group) or with a mixture of sunflower cake and linseeds (MSL; 23.5 and 5 %, respectively), as well as with a mixture containing the additive of vitamin E (MSL+E). The liver fat contained more SFA than the intermuscular and heart fat (56.68 vs. 48.40 and 45.95 %). The liver fat was found to have the highest content of C17:0 and C18:0 and a lower content of C14:0 and C16:0 than in the intermuscular fat. The content of SFA in the heart fat was something in between. The highest amount of MUFA was found in the muscular fat, the second highest of MUFA in the liver, and the heart fat had the lowest amount of MUFA (42.58; 33.93, and 29.95 %, respectively). The heart fat was characterized by the highest content of PUFA; 25.29% vs. 11.53 and 8.99 in the liver and intramuscular fat. The similar proportions were found as regards the content of C18:2 and C18:3 n3. The nutritional parameters of heart fat

were most beneficial, and the liver and m. longissimus lumborum fat had the comparable nutritional values; PUFA : SFA was, respectively, 0.57 vs. 0.21 and 0.19. The highest content of CLA was found in the liver (41.24 mg/100 g), the second highest were in the heart and in the muscle (6.23 and 4.56 mg/100 g, respectively). The feeding with oil components had no significant effect on the total SFA in the organs investigated, and a decrease in the content of C16:0 and C17:0 was found as was an increase in C18:0. The feeding with oil components decreased the content of MUFA and increased the content of PUFA. The investigated organs of MSL and MSL+E lambs had less CLA than the K control group; respectively, 17.37 and 15.28 vs. 19.37 mg/100 g. To sum up: the feeding with the sunflower cake and linseeds beneficially impacted the nutritional parameters of muscle, liver, and heart fat, and supplementing the feeding mixtures with vitamin E enhanced this advantageous effect.

Key words: lambs, oily components, fatty acids, muscle, liver, heart ☒