

233-238. 4. Bustamante J., Lodge J.K., Marcocci L., Tritschler H.J., Packer L., Rihn B.H., 1998 – Free Radic. Biol. Med. 24, 1023-1039. 5. Dupre S., Spoto G., Matarese R.M., Orlando M., Cavallini D., 1980 – Arch. Biochem. Biophys. 202, 361-365. 6. Gilmore T., 2006 – „Oncogene” 25 (51), 6680–6684. 7. Hayakawa K., Oizumi J., 1988 – Enzyme 40, 30-36. 8. Kagan V.E., Shvedova A., Serbinova E., Khan S., Swanson C., Powell R., Packer L., 1992 – Biochem. Pharmacol. 44, 1637-1649. 9. Kiemer A.K., Muller C., Vollmar A.M., 2002 – Immunol. Cell. Biol. 80, 550-557. 10. Kozlov A.V., Gille L., Staniek K., Nohl H., 1999 – Arch. Biochem. Biophys. 363, 148-154. 11. Lodge J.K., Youn H.D., Handelman G.J., 1997 – J. Appl. Nutr. 49, 3-11. 12. Lu C., Liu Y., 2002 – Arch. Biochem. Biophys. 406, 78-84. 13. Malińska D., Wiñarska K., 2005 – Postępy Hig. Med. Dośw. 59, 539. 14. Packer L., Witt E.H., Tritschler H.J., 1995 – Free Radic. Biol. Med. 19,

227-250. 15. Pick U., Haramaki N., Constantinescu A., Handelman G.J., Tritschler H.J., Packer L., 1995 – Biochem. Biophys. Res. Commun. 206, 724-730. 16. Satoh S., Shindoh M., Min J. Z., Toyo'oka T., Fukushima T., Inagaki S., 2008 – Analytica Chimica Acta. 618 (2), 210-217. 17. Schupke H., Hempel R., Peter G., Hermann R., Wessel K., Engel J., Kronbach T., 2001 – Drug Metab. Dispos. 29, 855-862. 18. Scott B.C., Aruoma O.I., Evans P.J., O'Neill C., Van der Vliet A., Cross C.E., Tritschler H., Halliwell B., 1994 – Free Radic. Res. 20, 119-133. 19. Sen C.K., Packer L., 1996 – FASEB J. 10, 709-720. 20. Sigel H., Prijs B., McCormick D.B., Shih J.C., 1978 – Arch. Biochem. Biophys. 187, 208-214. 21. Suzuki Y.J., Tsuchiya M., Packer L., 1993 – Free Radic. Res. Commun. 8, 115-122. 22. Ziemiański Ś., Wartanowicz M., 2001 – Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa.

Wpływ diety na udział wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w tkance mięśniowej jagniąt

Aurelia Radzik-Rant, Witold Rant

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Skład kwasów tłuszczowych (FA) w diecie człowieka ma wpływ na proces syntezy cholesterolu, a przez to na regulację jego poziomu we krwi [3]. Kwasy nasycone (SFA), będące aktywatorami enzymu HMG-CoA w wątrobie odpowiadającemu za syntezę cholesterolu, zwiększają jego stężenie w surowicy krwi ludzi [13, 19]. Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), niesyntetyzowane w ustroju, poprzez obniżanie poziomu cholesterolu przyczyniają się do redukcji rozwoju miażdżycy. Ponadto kwasy te zwiększają odporność i hamują rozwój chorób nowotworowych. Głównym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA) posiadających 18 atomów węgla w łańcuchu są produkty pochodzenia roślinnego, do których należą nasiona roślin oleistych i uzyskiwane z nich oleje. Z kolei długołańcuchowe kwasy tłuszczowe (LC) C20 i C22, jak arachidonowy (AA), ekozapentaenowy (EPA) i dokozaheksaenowy (DHA), mogą być wytwarzane z kwasów C18:2 i C18:3, a innym bogatym źródłem, zwłaszcza dla tych dwóch ostatnich, są ryby morskie [36].

Z kwasów C20 w wyniku przemian powstają metabolity w postaci eikozanoidów, jak: prostaglandyny (PG) – syntetyzowane w wielu tkankach, prostacykliny (PGI) – w śródbłonku naczyń, tromboksan (TXA) – w płytkach krwi i leukotrieny (LT) – w leu-

kocytach [11]. Z kwasu C20:4 AA należącego do rodziny *n*-6 powstają związki dienowe – PGE₂, PGI₂, TXA₂, LTA₄, zaś z kwasu C20:5 EPA z rodziny *n*-3 związki trienowe – PGE₃, PGI₃, TXA₃, LTA₅. Związki dienowe wykazują działanie proagregacyjne płytek krwi, poza PGI₂, nasilające stany zapalne oraz przyspieszają rozrost nowotworów, natomiast związki trienowe mają działanie obojętne bądź hamujące wyżej wymienione procesy. Zatem nadmiar w diecie kwasów *n*-3 może powodować zaburzenia krzepliwości, ale nadmiar kwasów *n*-6 wyrządza znacznie większe szkody, prowadzące do wzmagania procesów zapalnych, proliferacyjnych oraz miażdżycowych sprzyjających powstawaniu zakrzepów [20].

Istnieje konieczność zachowania odpowiedniej proporcji w spożywaniu kwasów należących do tych dwóch rodzin. Za fizjologiczną proporcję kwasów *n*-6/*n*-3 uznaje się 4:1. Zalecane dzienne spożycie kwasów EPA i DHA powinno wynosić 0,65 g, i nie mniej niż 0,22 g dla każdego z kwasów. Górna granica spożycia kwasu linolowego *n*-6 powinna kształtować się na poziomie 4,14-6,57 g dziennie. Kwasy linolenowy i linolowy, jako bardziej dostępne, nie mogą być traktowane jako biologiczne ekwiwalenty kwasów EPA i DHA ze względu na mniejszą aktywność. Chociaż z kwasu C18:3 może być syntetyzowany kwas EPA, a następnie DHA, należy pamiętać, iż aktywność niezbędnych do tego procesu enzymów może podlegać zmienności osobniczej oraz osłabiać się wraz z wiekiem [11]. U ludzi starszych jest znacznie osłabiona aktywność Δ^4 desaturazy, zatem wymagana jest suplementacja kwasu DHA. Kwas ten jest składnikiem błon komórkowych w obwodowym układzie nerwowym, korze mózgowej i siatkówce oka. Zapewnia zatem właściwy rozwój mózgu i ostrość widzenia, zwłaszcza u dzieci [14].

Kwasy PUFA dominują w produktach roślinnych i organizmach morskich, w produktach pochodzenia zwierzęcego ich zawartość jest niewielka. Odpowiednie żywienie zwierząt może zwiększyć ich zawartość w tkance mięśniowej. Chcąc podwyższyć poziom PUFA w mięsie jagnięcym trzeba pamiętać o pokonaniu bariery, jaką stanowi żwacz. Uwolnione w procesie lipoli-

zy zawarte w paszy nienasycone kwasy tłuszczowe są uwodorywniane przez mikroorganizmy żwacza i wzbogacają masę pokarmową dwunastnicy w kwasy nasycone, które potem są absorbowane i deponowane w tkankach [4, 37].

Zależnie od warunków rozwoju mikroorganizmów niektóre pokarmowe PUFA mogą unikać biohydrogenezy. Warunki takie stanowią: rodzaj paszy, mała zawartość azotu pokarmowego, małe drobniny paszy oraz stan jej dojrzałości [6, 10, 15]. Wzrost absorpcji nienasyconych kwasów tłuszczowych u przeżuwaczy jest osiągany przez chronienie dodawanych lipidów [34]. Biohydrogenezie częściowo opierają się sole wapniowe kwasów tłuszczowych, co jest związane z ograniczeniem wolnych grup karboksylowych niezbędnych do rozpoczęcia działalności izomeraz [9]. Inne działanie ograniczające uwalnianie grup karboksylowych w żwaczu, to zamiana wolnych FA w acyloamidy tych kwasów [9]. Jedną ze strategii zwiększania wchłaniania paszowych lipidów jest również podawanie całych nasion roślin oleistych bądź olei roślinnych lub rybich [18, 32].

Wpływ rodzaju paszy na udział PUFA w tłuszczu okrywowym owiec dowiedli Cassey i wsp. [6], utrzymując je na różnych typach pastwisk. W badaniach Aurousseau i Vigneon [1] zarejestrowano więcej kwasów wielonienasyconych $n-3$ w mięsie jagniąt utrzymywanych na pastwisku niż u tych, które utrzymywano alkierzowo. Późniejsze badania Aurousseau i wsp. [2] również potwierdziły tę zależność. Podobnie Rhee i wsp. [30] w tłuszczu śródmięśniowym jagniąt korzystających z pastwiska określili większy udział PUFA niż u jagniąt utrzymywanych alkierzowo (9,33% vs. 4,98%). Wyższą koncentrację C18:3 i C20:5 $n-3$ uzyskali Nurnberg i wsp. [21] u jagniąt żywionych pastwiskowo, co wynika z dużej zawartości kwasu α -linolenowego w trawie i endogennej syntezy z niego kwasu eikozapentaenowego w adypocytach.

Dieta z udziałem chronionych nasion słonecznika i dyni spowodowała wzrost zawartości PUFA w mięsie tuczonych jagniąt [27, 28]. Korzystny wpływ mydeł i soli wapniowych FA zastosowanych w żywieniu maciorek i jagniąt zarejestrowali w swoich badaniach Gruszecki i wsp. [12]. Zarówno w tłuszczu mleka maciorek, jak i mięśnia najdłuższego grzbietu (*m.l.d.*) jagniąt uzyskano większy udział kwasów PUFA.

Stosowanie w diecie niechronionych nasion roślin oleistych czy też pozyskiwanych z nich olei równie skutecznie zwiększa udział PUFA w tkance mięśniowej jagniąt. Rizzi i wsp. [31], tucząc jagnięta paszą z udziałem nasion słonecznika i wytlóków z soi, zwiększyli zawartość PUFA w udźcu z 9,98% do 12,87%, jednocześnie obniżając stosunek $n-6/n-3$. Wachira i wsp. [35], stosując w żywieniu jagniąt nasiona lnu dwukrotnie zwiększyli zawartość C18:3, zaś Elmore i wsp. [7] podnieśli poziom tego kwasu o 120%, zwiększając także udział kwasów EPA i DHA odpowiednio o 13 i 20%.

Kott i wsp. [18], wykorzystując olej z nasion szafranu łąkowego, bogatego w kwas C18:2, a o mniejszej zawartości C18:3, uzyskali wzrost poziomu kwasu linolowego i obniżenie kwasu α -linolenowego w tkance mięśniowej jagniąt. Podobne rezultaty podali Bolte i wsp. [5]. Olej słonecznikowy stosowany w żywieniu 14-tygodniowych jagniąt wpłynął na zwiększenie udziału

kwasu linolowego z 5,7 do 9,2 g/100 g tłuszczu i obniżenie C18:3 w tkance mięśniowej udźca [16].

Wykorzystanie olei rybich i innych organizmów morskich, bogatych w kwasy C20, jako źródło tłuszczu paszowego dodanego do diety zwierząt przeżuwających było przedmiotem wielu badań. U maciorek żywionych przez 6 tygodni w trakcie laktacji dietą z dodatkiem alg morskich, w ilości 23, 47 i 94 g, uzyskano mleko wzbogacone w kwasy C20:5, C22:5 i C22:6 $n-3$, a stosunek $n-6/n-3$ wynosił 2,5-4,5 [26]. Duży wzrost, bo 3,5-krotny kwasu EPA oraz 2- i 4-krotny kwasu DHA, w zależności od genotypu, u jagniąt żywionych po odsadzeniu olejem rybnym uzyskali Elmore i wsp. [7]. Olej rybi stosowany w diecie jagniąt od 8. tygodnia życia także 3-krotnie podwyższył udział kwasów EPA i DHA w tkance mięśniowej w badaniach Wachiry i wsp. [35]. Seria badań na jagniętach żywionych po odsadzeniu olejem rybnym i mączką rybną wskazała na wzrost zawartości kwasów LC $n-3$, obniżenie zawartości kwasów $n-6$ i tym samym uzyskanie korzystnego stosunku $n-6/n-3$ w tłuszczu śródmięśniowym *m.l.d.* i mięsie gotowanym [22, 23, 25].

Tak dużą absorpcję kwasów C20 zawdzięcza się temu, iż kwasy te bardzo skutecznie opierają się biohydrogenezie w żwaczu [17]. Większą absorpcję kwasów nienasyconych do tkanek można uzyskać u zwierząt młodych, które jeszcze nie mają w pełni funkcjonujących przedłożądków, zwłaszcza u jagniąt ssących. Modyfikując mleko matki w kierunku zwiększenia w jego tłuszczu zawartości PUFA, można się spodziewać zwiększenia zawartości PUFA w mięsie odchowywanych jagniąt. Scerra i wsp. [33] w tłuszczu śródmięśniowym jagniąt odchowywanych przez matki utrzymywane na pastwisku, w porównaniu do utrzymywanych alkierzowo, uzyskali więcej kwasów C18:3 $n-3$, EPA i DPA (10,21; 5,32; 7,17 vs. 5,83; 4,07; 6,40 g/100 g metylowanych FA).

Wzrost zawartości kwasów PUFA w tkance mięśniowej jagniąt odchowywanych przez matki, których mleko modyfikowano stosując w żywieniu olej rybi (3% s.m. dawki) i lniany, uzyskała w swoich badaniach Radzik-Rant [29]. W doświadczeniu, w którym w żywieniu maciorek stosowano olej rybi uzyskano znaczny wzrost zawartości kwasów C20 i C22 w mleku, zaś w doświadczeniu z olejem lnianym wzrosła przede wszystkim zawartość kwasów C18 (tab. 1 i 2). Porównując rezultaty uzyskane w tych dwóch doświadczeniach można wskazać na szersze biouwodorynowanie kwasów o 18 atomach węgla w łańcuchu w stosunku do kwasów C20 i C22. Poziom wzrostu kwasu C18:3 pod wpływem oleju lnianego i kwasu C20:5 pod wpływem oleju rybiego znacznie się różnił (50% vs. 175%).

U jagniąt odchowywanych przez matki o zmodyfikowanym mleku i ubijanych po odsadzeniu, w wieku 2 miesięcy, wzrosła w tłuszczu śródmięśniowym zawartość kwasów o 20 i więcej atomach węgla w łańcuchu w doświadczeniu z olejem rybnym. Wzrósł przede wszystkim udział kwasów $n-3$ (45%), podczas gdy obniżyła się o prawie 30% zawartość kwasów z rodziny $n-6$. W konsekwencji obniżył się stosunek $n-6/n-3$ (tab. 3). W doświadczeniu z olejem lnianym odnotowano wzrost poziomu kwasów C18:3 i C18:2 w tkance mięśniowej jagniąt (tab. 4). Zawartość kwasu linolenowego wzrosła w tłuszczu *m.l.d.* ja-

Tabela 1

Zawartość PUFA (g/100 g tłuszczu) w tłuszczu mleka macierek żywnych z udziałem oleju rybiego [29]

Kwasy tłuszczowe	Grupa kontrolna	Grupa doświadczalna	S _E	Istotność statystyczna
	LSM	LSM		
C18:2 <i>n-6</i>	3,31	2,86	0,08	xx
C18:3 <i>n-3</i>	0,68	0,72	0,03	ns
C20:3 <i>n-3</i>	0,03	0,12	0,01	xx
C20:4 <i>n-6</i>	0,20	0,21	0,01	ns
C20:5 <i>n-3</i>	0,12	0,32	0,02	xx
C22:5 <i>n-3</i>	0,17	0,35	0,02	xx
C22:6 <i>n-3</i>	0,06	0,14	0,01	xx
ΣPUFA	4,96	5,85	0,14	xx
Σ <i>n-3</i>	1,05	1,65	0,05	xx
Σ <i>n-6</i>	3,51	3,07	0,08	xx
<i>n-6/n-3</i>	3,34	1,88	0,09	xx

xx – P≤0,01; x – P≤0,05; ns – brak różnic istotnych statystycznie

Tabela 2

Zawartość PUFA (g/100 g tłuszczu) w tłuszczu mleka macierek żywnych z udziałem oleju lnianego [29]

Kwasy tłuszczowe	Grupa kontrolna	Grupa doświadczalna	S _E	Istotność statystyczna
	LSM	LSM		
C18:2 <i>n-6</i>	1,77	2,45	0,11	xx
C18:3 <i>n-3</i>	0,65	0,91	0,05	xx
C20:3 <i>n-3</i>	0,09	0,10	0,01	ns
C20:4 <i>n-6</i>	0,17	0,18	0,01	ns
C20:5 <i>n-3</i>	0,09	0,10	0,01	ns
C22:5 <i>n-3</i>	0,15	0,18	0,01	x
C22:6 <i>n-3</i>	0,07	0,08	0,01	ns
ΣPUFA	3,46	4,81	0,12	xx
Σ <i>n-3</i>	1,04	1,37	0,06	xx
Σ <i>n-6</i>	1,94	2,63	0,12	xx
<i>n-6/n-3</i>	1,90	1,97	0,12	ns

xx – P≤0,01; x – P≤0,05; ns – brak różnic istotnych statystycznie

gniąt w większym stopniu niż w mleku po podaniu matkom oleju lnianego. Może to świadczyć o znacznie mniejszej biohydrogenacji tego kwasu w nierozwiniętym jeszcze w pełni żwaczu jagniąt. Podwyższony poziom kwasów EPA i DHA u jagniąt w tym doświadczeniu może być następstwem ich syntezy z kwasu C18:3 w tkance mięśniowej (tab. 4).

U jagniąt starszych, ubijanych w wieku 3 miesięcy, które po odsadzeniu od matek o zmodyfikowanym mleku nie otrzymywały w diecie oleju (grupa II) lub otrzymywały 3% dodatek oleju rybiego albo lnianego (grupa III), również odnotowano wzrost udziału PUFA w tłuszczu śródmięśniowym *m.l.d.*, w porównaniu do jagniąt z grupy I (kontrolnej) karmionych przez matki o niezmodyfikowanym mleku (tab. 5 i 6). Jagnięta żywione po odsadzeniu paszą z udziałem oleju rybiego wykazywały przede wszystkim duży wzrost poziomu kwasów C20:5, C22:5 i C22:6, należących do rodziny *n-3*, odpowiednio o 245%, 160%, 256% (tab. 5). Zawartość kwasów z rodziny *n-6* w tym doświadczeniu obniżyła się, co korzystnie wpłynęło na stosunek *n-6/n-3*, który dwukrotnie się zmniejszył (tab. 5). W tłuszczu śródmięśniowym

m.l.d. jagniąt żywnych po odsadzeniu dietą z udziałem oleju lnianego o ponad 80% wzrosła zawartość kwasu C18:3. Nie odnotowano różnic w poziomie kwasu C18:2, co także pozytywnie wpłynęło na stosunek kwasów *n-6/n-3*, mimo że kwasy *n-6* wykazywały większy udział w tłuszczu *m.l.d.* w grupie II i III w porównaniu do kontrolnej (tab. 6).

W przedstawionych badaniach [29] na szczególną uwagę zasługuje grupa jagniąt (grupa II), której w diecie nie podawano oleju rybiego i lnianego, ale wcześniej były odchowywane przez matki o zmienionym przez te oleje tłuszczu mleka. Wzrost zawartości kwasów C20 w tej grupie uległ podwojeniu w stosunku do grupy kontrolnej (tab. 5). Podobnie, chociaż nie w takim stopniu, była większa zawartość kwasu C18:3 w grupie II jagniąt w doświadczeniu z olejem lnianym (tab. 6). Może to świadczyć o znacznej akumulacji kwasów długołańcuchowych w tkance mięśniowej we frakcji fosfolipidów w okresie odchowu przy matkach. Większość kwasów LC PUFA *n-3* jest deponowana w fosfolipidach, na co wskazują badania Pannampalama i wsp. [24] oraz Ensera i wsp. [8].

Tabela 3

Zawartość PUFA (g/100 g tłuszczu) w tłuszczu śródmięśniowym *m.l.d.* jagniąt ubijanych w wieku 2 miesięcy odchowywanych przez maciorki żywione z udziałem oleju rybiego [29]

Kwasy tłuszczowe	Grupa kontrolna	Grupa doświadczalna	S _E	Istotność statystyczna
	LSM	LSM		
C18:2 <i>n-6</i>	5,13	3,63	0,18	xx
C18:3 <i>n-3</i>	1,43	1,39	0,17	ns
C20:3 <i>n-3</i>	0,19	0,35	0,09	xx
C20:4 <i>n-6</i>	1,15	1,23	0,08	ns
C20:5 <i>n-3</i>	0,56	1,02	0,06	xx
C22:5 <i>n-3</i>	0,52	0,97	0,03	xx
C22:6 <i>n-3</i>	0,16	0,41	0,02	xx
ΣPUFA	9,49	10,03	0,23	x
Σ <i>n-3</i>	2,86	4,15	0,13	xx
Σ <i>n-6</i>	6,28	4,86	0,18	xx
<i>n-6/n-3</i>	2,21	1,18	0,09	xx

xx – P≤0,01; x – P≤0,05; ns – brak różnic istotnych statystycznie

Tabela 4

Zawartość PUFA (g/100 g tłuszczu) w tłuszczu śródmięśniowym *m.l.d.* jagniąt ubijanych w wieku 2 miesięcy odchowywanych przez maciorki żywione z udziałem oleju lnianego [29]

Kwasy tłuszczowe	Grupa kontrolna	Grupa doświadczalna	S _E	Istotność statystyczna
	LSM	LSM		
C18:2 <i>n-6</i>	4,16	5,02	0,32	x
C18:3 <i>n-3</i>	1,03	1,63	0,08	xx
C20:3 <i>n-3</i>	0,13	0,17	0,01	xx
C20:4 <i>n-6</i>	1,03	1,23	0,15	ns
C20:5 <i>n-3</i>	0,52	0,69	0,03	xx
C22:5 <i>n-3</i>	0,46	0,57	0,03	xx
C22:6 <i>n-3</i>	0,18	0,22	0,01	xx
ΣPUFA	8,04	10,61	0,45	xx
Σ <i>n-3</i>	2,31	3,27	0,09	xx
Σ <i>n-6</i>	5,19	6,25	0,37	x
<i>n-6/n-3</i>	2,33	1,93	0,13	xx

xx – P≤0,01; x – P≤0,05; ns – brak różnic istotnych statystycznie

Tabela 5

Zawartość PUFA (g/100 g tłuszczu) w tłuszczu śródmięśniowym *m.l.d.* jagniąt ubijanych w wieku 3 miesięcy żywionych po odsadzeniu paszą z udziałem oleju rybiego [29]

Kwasy tłuszczowe	Grupa I (kontrolna)	Grupa II (bez oleju)	Grupa III (z olejem)	S _E
	LSM	LSM	LSM	
C18:2 <i>n-6</i>	4,83 ^B	4,10 ^A	4,68 ^B	0,16
C18:3 <i>n-3</i>	1,04 ^A	1,40 ^B	1,26	0,09
C20:3 <i>n-3</i>	0,26 ^b	0,44 ^a	0,25 ^b	0,03
C20:4 <i>n-6</i>	1,08 ^B	1,03 ^b	0,85 ^A	0,07
C20:5 <i>n-3</i>	0,40 ^A	0,88 ^B	1,38 ^C	0,07
C22:5 <i>n-3</i>	0,35 ^A	0,67 ^B	0,91 ^C	0,03
C22:6 <i>n-3</i>	0,16 ^A	0,38 ^B	0,57 ^C	0,01
ΣPUFA	8,71 ^A	10,06 ^B	11,30 ^C	0,24
Σ <i>n-3</i>	2,20 ^A	3,77 ^B	4,37 ^C	0,14
Σ <i>n-6</i>	5,92 ^A	5,13 ^B	5,53 ^C	0,16
<i>n-6/n-3</i>	2,71 ^A	1,36 ^B	1,27 ^B	0,08

A, B, C – średnie oznaczone różnymi dużymi literami różnią się istotnie przy P≤0,01

a, b, c – średnie oznaczone różnymi małymi literami różnią się istotnie przy P≤0,05

W podsumowaniu można stwierdzić, że mimo bariery, jaką stanowi zwacz dla paszowych kwasów wielonienasyconych, istnieje możliwość zwiększania ich udziału w tkance mięśniowej jagniąt. Zarówno pastwisko, nasiona i oleje roślin oleistych, tak chronione jak i niechronione, a także olej rybi i inne organizmy morskie, bezpośrednio bądź poprzez modyfikowane mleko matek, podnoszą poziom wielonienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie jagnięcym. Na szczególną uwagę zasługuje olej rybi, jako tłuszcz paszowy wykorzystywany w żywieniu owiec. Nie tylko zwiększa on udział PUFA *n-3* (EPA, DHA), niezwykle ważnych dla zdrowia człowieka. Na jego korzyść przemawia także dostępność, jako produktu ubocznego przy produkcji konserw, a także niska cena.

Literatura: 1. Aurousseau B., Vigneon P., 1986 – *Reprod. Nutr. Develop.* 26 (11B), 351-352. 2. Aurousseau B., Bauchart D., Calichon E., Micol D., Priolo A., 2004 – *Meat Sci.* 66, 531-541. 3. Bartnikowska E., Kulasek G., 1994 – *Mag. Wet.* 3, 5, 34-38. 4. Bock B.J., Harmon D.L., Brandt R.T., Schneider J.E., 1991 – *J. Anim. Sci.* 69, 2211-2224. 5. Bolte M.R., Hess B.W., Means W.J., Moss G.E., Rule D.C., 2002 – *J. Anim. Sci.* 80, 609-616. 6. Cassey N.H., Niakerk W.A., Spreeth F.B., 1998 – *Meat Sci.* 23, 55-63. 7. Elmore J.S., Mottram D.S., Enser M., Wood J.D., 2000 – *Meat Sci.* 55, 149-159. 8. Enser M., Hallett K.G., Hewitt B., Farsey G.A.J., Wood J.D., 1996 – *Meat Sci.* 42, 443-456. 9. Fotouhi N., Jenkins T.C., 1992 – *J. Dairy Sci.* 75, 1527-1532. 10. Gerson T., King A.S.D., Kelly K.E., Kelly W.J., 1988 – *J. Agric. Sci.* 110, 31-37. 11. Gill I., Valivety R., 1997 – *Tibtech.* 15, 401-409. 12. Gruszecki T., Junkuszew A., Lipecka C., Kamińska A., Szymanowska A., Patkowski K., 2004 – *Arch. Tierz., Dummerstorf* 47 Special Issue, 183-188. 13. Hayes K.C., Pronczuk A., Lindsey S., Diersen-Schade D., 1991 – *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 491-498. 14. Hoffman D.R., Birch E.E., Birch D.G., Uacuy R.D., 1993 – *Am. J. Clin. Nutr.* 57 (suppl.), 807-812. 15. Hovrevoll Q., Ekern A., Kjøs N.P., Haug A., 1995 – *Preceedings of NSF/NMR – Seminar* 252, 100-109. 16. Ivan M., Mir P.S., Koenig

Tabela 6

Zawartość PUFA (g/100 g tłuszczu) w tłuszczu śródmięśniowym *m.l.d.* jagniąt ubijanych w wieku 3 miesięcy żywionych po odsadzeniu paszą z udziałem oleju lnianego [29]

Kwasy tłuszczowe	Grupa I (kontrolna)	Grupa II (bez oleju)	Grupa III (z olejem)	S _E
	LSM	LSM	LSM	
C18:2 <i>n-6</i>	4,57	5,00	4,91	0,37
C18:3 <i>n-3</i>	0,97 ^a	1,35 ^b	1,78 ^c	0,09
C20:3 <i>n-3</i>	0,11 ^A	0,18 ^B	0,19 ^B	0,01
C20:4 <i>n-6</i>	1,06 ^a	1,42 ^b	1,34 ^b	0,10
C20:5 <i>n-3</i>	0,54 ^B	0,61 ^b	0,71 ^A	0,04
C22:5 <i>n-3</i>	0,39 ^B	0,53 ^B	0,65 ^A	0,03
C22:6 <i>n-3</i>	0,15 ^A	0,21 ^B	0,23 ^B	0,01
ΣPUFA	8,38 ^A	10,09 ^B	10,90 ^B	0,45
Σ <i>n-3</i>	2,16 ^A	2,88 ^B	3,55 ^C	0,10
Σ <i>n-6</i>	5,64 ^b	6,43 ^a	6,26	0,43
<i>n-6/n-3</i>	2,70 ^B	2,26 ^B	1,70 ^A	0,15

A, B, C – średnie oznaczone różnymi dużymi literami różnią się istotnie przy P≤0,01

a, b, c – średnie oznaczone różnymi małymi literami różnią się istotnie przy P≤0,05

K.M. Rode L.M., Neill L., Entz T., Mir Z., 2001 – *Rumin. Resch.* 41, 215-227. 17. Kitessa S.M., Gulati S.K., Ashes J.R., Fleck E., Scott T.W., Nichols P.D., 2001 – *Anim. Feed Sci. Technol.* 89, 189-199. 18. Kott R.W., Hatfield P.G., Bergman J.W., Flynn C.R., Van Wagoner H., Boles J.A., 2003 – *Small Rum. Res.* 49, 11-17. 19. Kritchevsky D., 1998 – *J. Nutr.*, 128, 449-452. 20. Michajlik A., Bartnikowska E., 1999 – *Chroń serce przed chorobą wieńcową i zawałem.* PZWL, Warszawa. 21. Nurnberg K., Matthes H.D., Bitter G., Sileski D., Ender K., Nörnberg G., 1995 – 2nd Dummerstaf Muscle-Workshop Muscle Growth and Meat Quality, Rostok. 22. Pannampalam E.N., Sinclair A.J., Egan A.R., Blakeley S.J., Leury B.J., 2001 – *J. Anim. Sci.* 79, 698-707. 23. Pannampalam E.N., Sinclair A.J., Egan A.R., Blakeley S.J., Li D., Leury B.J., 2001 – *J. Anim. Sci.* 79, 895-904. 24. Pannampalam E.N., Trout G.R., Sinclair A.J., Egan A.R., Leury B.J., 2001 – *Meat Sci.* 58, 151-161. 25. Pannampalam E.N., Sinclair A.J., Egan A.R., Ferrier G.R., Leury B.J., 2002 – *Meat Sci.* 60, 125-132. 26. Papadopoulos G., Goulas C., Apostolaki E., Abril R., 2002 – *J. Dairy Res.* 69, 357-365. 27. Patkowska-Sokoła B., Bodkowski R., Dobrzański Z., Kołacz R., Bodek E., 1994 – *Zesz. Nauk. Przeg. Hod.* 23, 133-144. 28. Patkowska-Sokoła B., Bodkowski R., Dobrzański Z., Bodak E., Jarosz L., 1994 – *Rocz. Inst. Przem. Mięsn. i Tłuszcz.*, t. XXXI, 155-176. 29. Radzik-Rant A., 2005 – *Rozprawy Naukowe i Monografie.* Wyd. SGGW. 30. Rhee K.S., Lupton C.J., Ziprin Y.A., Rhee K.C., 2003 – *Meat Sci.* 65, 693-699. 31. Rizzi L., Simioli M., Sardi L., Monetti P.G., 2002 – *Anim. Feed Sci. Technol.* 97, 103-114. 32. Santos-Silva J., Bessa R.J.B., Mendes J.A., 2003 – *Meat Sci.* 65, 1301-1308. 33. Scerra M., Caparra P., Foti F., Galofaro V., Sinatra M.C., Scerra V., 2007 – *Meat Sci.* 76, 390-394. 34. Scott T.W., Cook L.J., Mills S.C., 1971 – *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 48, 358-367. 35. Wachira A.M., Sinclair L.A., Wilkinson R.G., Enser M., Wood J.D., Fisher A.V., 2002 – *British J. Nutr.* 88, 697-709. 36. White P., 1995 – *Essential Fatty Acids in Veterinary Medicine.* Bayer AG, Leverkusen. 37. Wu Z., Ohajuruka O.H., Palmquist D.L., 1991 – *J. Dairy Sci.* 74, 3025-3034.