

Piotr Micek, Franciszek Borowiec, Marcin Marciński, Jan Barteczko, Tadeusz Zając
Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ dawek pokarmowych z udziałem nasion lnu na skład kwasów tłuszczowych i zawartość cholesterolu w mięsie i mleku owiec*

Effect of linseed-based diets on fatty acid composition and cholesterol content of sheep meat and milk

Słowa kluczowe: len oleisty, owce, mleko, mięso, kwasy tłuszczowe, cholesterol

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dawek pokarmowych z udziałem trzech odmian nasion lnu o zróżnicowanym składzie kwasów tłuszczowych oleju na skład chemiczny, profil kwasów tłuszczowych i zawartość cholesterolu w mięsie i mleku owiec. Mleko pozyskiwano od matek karmiących żywionych sianem łąkowym, sianokiszonką z traw, kiszonką z kukurydzy oraz mieszanką treściwą. Jagnięta w okresie ssania dokarmiano mieszankami treściwymi przeznaczonymi dla matek, a po odsadzeniu żywiono sianem łąkowym i mieszankami treściwymi. Dodatek nasion lnu do dawek pokarmowych dla matek karmiących spowodował statystycznie istotne zwiększenie się zawartości białka w mleku w jednej grupie oraz wzrost sumy nienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym kwasów $C_{18:1}$, $C_{18:2}$ i $C_{18:3}$, przy równoczesnym zmniejszeniu udziału kwasów nasyconych w mleku wszystkich grup doświadczalnych. W przypadku tuczonych jagnięt, zastosowanie nasion lnu w ich dawkach pokarmowych wpłynęło w sposób istotny na skład kwasów tłuszczowych mięsa, a uzyskane efekty były uzależnione od odmiany skarmianego lnu.

Key words: linseed, sheep, milk, meat, fatty acids, cholesterol

The objective of this experiment was to determine the effect of diets supplemented with three linseed cultivars (Opal, Omega and Linola) differing in oil fatty acids composition, on fatty acid profile of fat and cholesterol content of sheep meat and milk. Milk was collected from 32 ewes, each suckling 2 Polish Longwool Sheep lambs that were fed meadow hay, grass haylage, maize silage and concentrate mixture (0.8 kg/head). During suckling, the lambs were additionally fed with concentrate mixtures designed for ewes (0.1–0.3 kg/lamb/day). After weaning lambs were fed meadow hay and concentrates (0.4–0.65 kg/head/day). The control group of ewes and lambs (I_K) received no supplemental linseed, whereas groups II_{OP} , III_{OM} and IV_L received 10% of crushed linseed cultivars Opal, Omega and LinolaTM947. After 2 months of fattening, 4 lambs from each group were slaughtered. The linseed supplement in diets for suckling ewes caused statistically significant increase in protein content of milk in group III_{OM} and an increase in total unsaturated fatty acids, including $C_{18:1}$, $C_{18:2}$ and $C_{18:3}$, accompanied by a decrease in milk saturated acids in all experimental groups. In fattened lambs, the use of dietary linseed had a significant effect on the fatty acid composition of meat, the results being dependent on the linseed cultivar.

* Badania finansowano ze środków MNI — Grant Nr 6 P06Z 013 21

Wstęp

Ważnym źródłem energii w dawkach pokarmowych dla zwierząt przeżuwiających są nasiona roślin oleistych. Rośliny oleiste stanowią także istotny komponent mieszanek treściwych wykorzystywanych w celu uzyskania produktów zwierzęcych o korzystnym dla zdrowia człowieka składzie chemicznym. Udowodniono bowiem, że jakość i wartość dietetyczna mięsa czy mleka może ulegać zmianom w zależności od rodzaju skarmianych pasz (Palmquist i in. 1993, Barowicz i Brejta 2000, 2001). Ma to tym większe znaczenie, że przebieg procesów miażdżycotwórczych w układzie krążenia człowieka jest uzależniony od zawartości cholesterolu w produktach spożywczych oraz podaży nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych w jego diecie (Bartnikowska i Kulasek 1994).

Doświadczenia przeprowadzane na owcach z wykorzystaniem bogatych w wielonienasycone kwasy tłuszczowe nasion lnu stanowią model przemian metabolicznych zachodzących u większości zwierząt przeżuwiających. Dostępna obecnie odmiana lnu oleistego LinolaTM947 posiada znacznie zmodyfikowany profil kwasów tłuszczowych (Borowiec i in. 2001), co w porównaniu z odmianami tradycyjnymi może mieć wpływ na wartość dietetyczną uzyskiwanych produktów.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dawek pokarmowych z udziałem trzech odmian nasion lnu (Opal, Omega i Linola) o zróżnicowanym składzie kwasów tłuszczowych oleju na skład chemiczny, profil kwasów tłuszczowych tłuszczu i zawartość cholesterolu w mięsie i mleku owiec.

Material i metody

Badania obejmujące ocenę składu chemicznego mleka i mięsa przeprowadzono na owcach rasy polskiej owcy długowłnistej w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Zootechniki w Grodźcu Śląskim. W trwającym 90 dni doświadczeniu I pozyskiwano mleko od 32 matek karmiących po 2 jagnięta, podzielonych losowo na 4 grupy po 8 sztuk. Matki żywiono sianem łąkowym (0,8 kg/szt.), sianokiszonką z traw (2,0 kg/szt.), kiszonką z kukurydzy (1,0 kg/szt.) oraz mieszanką treściwą (0,8 kg/szt.). W grupie kontrolnej (I_K) nie stosowano lnu w mieszance uzupełniającej, natomiast w grupie II_{OP} , III_{OM} i IV_L zastosowano gniecione nasiona lnu w ilości 10%, odpowiednio odmiany: Opal, Omega i LinolaTM947. Nasiona lnu odmian tradycyjnych (Opal, Omega) charakteryzują się wysoką zawartością nienasyconych kwasów tłuszczowych wśród których dominuje kwas $C_{18:3}$ (do 58% sumy kwasów). Genetycznie zmodyfikowana odmiana LinolaTM947 posiada zmieniony skład kwasów tłuszczowych, w którym zawartość kwasu $C_{18:3}$ nie przekracza 2%, a zawartość kwasu $C_{18:2}$ dochodzi do 70% (Borowiec i in. 2001). Udział nasion lnu w mieszankach doświadczalnych (10%) został ustalony na podstawie wyników

uzyskanych z wcześniej przeprowadzonych badań obejmujących m.in. określenie efektów produkcyjnych, strawność składników pokarmowych oraz zawartość wskaźników biochemicznych w treści zwacza i surowicy krwi owiec. Oprócz lnu w skład mieszanek treściwych wchodziło ziarno owsa i jęczmienia, poekstrakcyjna śruta sojowa, otręby pszenne oraz dodatki mineralno-witaminowe. Wartość pokarmową oraz profil kwasów tłuszczowych mieszanek przedstawiono w tabeli 1. Zastosowanie nasion lnu zwiększyło udział tłuszczu w suchej masie dawki pokarmowej z 3,93% (w grupie kontrolnej) do średnio 5,48% w grupach doświadczalnych. Procentowy udział tłuszczu z nasion lnu w dawce wynosił około 28%. Zawartość suchej masy, białka, tłuszczu oraz laktozy w mleku oznaczono metodą NIRS przy użyciu aparatu Bentley 150. W okresie ssania jagnięta dokarmiano mieszankami treściwymi przeznaczonymi dla matek w ilości uzależnionej od wieku (0,1–0,3 kg/jagnię/dzień).

Tabela 1

Wartość pokarmowa i zawartość kwasów tłuszczowych (% sumy kwasów) mieszanek treściwych dla matek karmiących — *Nutritive value and fatty acids profile (% of total acids) of concentrate mixtures for ewes*

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	Rodzaj mieszanki — <i>Concentrate mixtures*</i>			
	M _K	M _{OP}	M _{OM}	M _L
JPM — <i>UFL</i> [kg ⁻¹]	1,00	1,07	1,06	1,07
BTJN — <i>PDIN</i> [g/kg]	89	90	90	89
BTJE — <i>PDIE</i> [g/kg]	92	89	89	89
Tłuszcz surowy — <i>Ether extract</i> [g/kg]	25	69	65	64
C _{14:0}	0,25	0,20	0,17	0,25
C _{16:0}	18,47	9,69	9,82	11,86
C _{16:1}	0,59	0,33	0,51	0,33
C _{18:0}	2,97	3,31	3,31	3,45
C _{18:1}	22,82	17,55	21,90	19,42
C _{18:2}	48,69	24,08	27,51	60,45
C _{18:3}	4,90	43,98	36,04	3,52
C _{20:0}	0,17	0,26	0,32	0,35
C _{20:1}	0,72	0,30	0,34	0,35
Inne — <i>Others</i>	0,42	0,30	0,08	0,02
Suma kwasów nienasyconych <i>Sum of unsaturated fatty acids</i>	77,72	86,24	86,30	84,07
Stosunek — <i>Ratio</i> n-3 : n-6	1 : 9,94	1 : 0,55	1 : 0,76	1 : 17,17

* M_K — kontrola — *control*, M_{OP} — Opal, M_{OM} — Omega, M_L — Linola

W doświadczeniu II wybrano po 10 odsadzonych jagniąt z każdej grupy z doświadczenia I i żywiono sianem łąkowym (0,50–0,70 kg/szt.) oraz mieszanką treściwą (0,40–0,65 kg/szt.) według podziału zwierząt ustalonego w doświadczeniu I. Również w tym wypadku w grupie kontrolnej (I_K) nie stosowano lnu w mieszance uzupełniającej, natomiast w grupie II_{OP}, III_{OM} i IV_L zastosowano gniecione nasiona lnu w ilości 10%, odpowiednio odmiany: Opal, Omega i LinolaTM947. Wartość pokarmową oraz profil kwasów tłuszczowych mieszanek dla jagniąt przedstawiono w tabeli 2. W ich skład wchodziły komponenty paszowe stosowane w doświadczeniu I. Procentowy udział tłuszczu w suchej masie dawek pokarmowych z udziałem nasion lnu wynosił średnio 5,3%, w tym ok. 45% tłuszczu pochodziło z nasion lnu.

Tabela 2
Wartość pokarmowa i zawartość kwasów tłuszczowych (% sumy kwasów) mieszanek treściwych dla tuczonych jagniąt — *Nutritive value and fatty acids profile (% of total acids) of concentrate mixtures for fattened lambs*

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	Rodzaj mieszanki — <i>Concentrate mixtures*</i>			
	M _K	M _{OP}	M _{OM}	M _L
JPM — <i>UFL</i> [kg ⁻¹]	0,99	1,05	1,04	1,04
BTJN — <i>PDIN</i> [g/kg]	105	105	106	106
BTJE — <i>PDIE</i> [g/kg]	103	99	99	99
Tuszcz surowy — <i>Ether extract</i> [g/kg]	28	67	71	68
C _{14:0}	0,41	0,83	0,46	0,20
C _{16:0}	18,28	9,94	9,92	10,88
C _{16:1}	0,47	0,35	0,15	0,19
C _{18:0}	3,57	3,76	3,75	3,21
C _{18:1}	24,86	19,95	22,24	17,59
C _{18:2}	46,91	26,98	25,87	63,60
C _{18:3}	4,06	36,57	36,73	3,48
C _{20:0}	0,32	0,35	0,22	0,14
C _{20:1}	0,88	0,44	0,48	0,37
Inne — <i>Others</i>	0,24	0,83	0,18	0,34
Suma kwasów nienasyconych <i>Sum of unsaturated fatty acids</i>	77,18	84,29	85,47	85,23
Stosunek — <i>Ratio n-3 : n-6</i>	1 : 11,55	1 : 0,74	1 : 0,70	1 : 18,28

* M_K — kontrola — *control*, M_{OP} — Opal, M_{OM} — Omega, M_L — Linola

Po 2 miesiącach tuczu, 4 jagnięta z każdej grupy ubito i poddano dysekcji. Pobrano reprezentatywne próbki mięśnia najdłuższego grzbietu i udźca do analiz chemicznych. Skład chemiczny pasz oraz materiału zwierzęcego oznaczono metodą standardową (AOAC 1995), zaś skład kwasów tłuszczowych przy użyciu chromatografu gazowego Varian 3400 CX (gaz nośny argon, kolumna DB-FFAP). Zawartość cholesterolu w mleku i mięsie oznaczono metodą kolorymetryczną (Korzeniowski i in. 1992). Wyniki opracowano statystycznie stosując jednoczynnikową analizę wariancji oraz test rozstępu Scheffego (SAS 1995).

Wyniki

Skład chemiczny oraz profil kwasów tłuszczowych nasion odmian lnu oleistego użytych w doświadczeniu I i II przedstawiono w pracy Zając i in. (2003). W porównaniu do grupy kontrolnej, zastosowanie 10% udziału lnu w mieszankach treściwych spowodowało zwiększenie w nich zawartości tłuszczu, średnio z 26,5 do 67,3 g/kg, a przez to wzrost ich wartości energetycznej (JPM). Nastąpiła również zmiana profilu kwasów tłuszczowych. Zastosowanie odmian Opal i Omega (grupa II_{OP} i III_{OM}) spowodowało ponad 7-krotne zwiększenie udziału kwasu C_{18:3} w sumie kwasów tłuszczowych, przy jednoczesnym zmniejszeniu udziału kwasów C_{18:2} i C_{16:0}. Z kolei zastosowanie odmiany Linola (grupa IV_L) wpłynęło na zwiększenie udziału kwasu C_{18:2} (o ok. 30%) oraz zmniejszenie udziału kwasów C_{18:1} i C_{16:0} w sumie kwasów (tab. 1 i 2).

Dodatek nasion lnu do dawek pokarmowych dla matek karmiących spowodował statystycznie istotne zmiany zawartości białka w mleku ($P < 0,01$), bez istotnego wpływu na zawartość pozostałych składników pokarmowych i cholesterolu całkowitego (tab. 3). W porównaniu do grupy kontrolnej, zastosowanie nasion lnu odmiany Omega (III_{OM}) wpłynęło na zwiększenie się zawartości białka z 4,82 do 5,26%. Zmodyfikowanie profilu kwasów tłuszczowych mieszanek poprzez 10% dodatek lnu wpłynęło w sposób istotny także na profil kwasów tłuszczowych w mleku. W porównaniu do grupy kontrolnej, zanotowano wzrost sumy kwasów tłuszczowych nienasyconych, w tym głównie kwasów C₁₈, przy równoczesnym zmniejszeniu udziału kwasów tłuszczowych nasyconych (C_{14:0}, C_{15:0}, C_{16:0}). Na uwagę zasługuje zwiększenie się udziału kwasu C_{18:3} z 0,82 (I_K) do 1,83% w grupie II_{OP} i do 1,42% w grupie III_{OM}. W grupie IV_L zwiększeniu uległ udział kwasu C_{18:2} z 2,90 (I_K) do 3,57%. Odnotowano także korzystne z punktu widzenia konsumenta zwiększenie się zawartości CLA w tłuszczu mleka z 0,82% w grupie kontrolnej do 1,05% w grupie III_{OM} i 1,13% w grupie II_{OP}. Skarmienie odmiany Linola (IV_L) spowodowało uzyskanie mniejszej zawartości CLA w mleku.

Tabela 3

Skład chemiczny (%), zawartość cholesterolu oraz profil kwasów tłuszczowych (% sumy kwasów) mleka owiec — *Chemical composition (%), cholesterol content and fatty acids profile (% of total acids) of sheep milk*

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	Grupa — <i>Group</i>				P	SE
	I _K	II _{OP}	III _{OM}	IV _L		
Sucha masa — <i>Dry matter</i>	16,97	16,63	17,23	16,49	0,3400	0,16
Białko ogólne — <i>Crude protein</i>	4,82 ^B	4,75 ^B	5,26 ^A	4,89 ^{AB}	0,0022	0,05
Tłuszcz surowy — <i>Ether extract</i>	5,29	5,05	5,24	5,05	0,1209	0,04
Laktoza — <i>Lactose</i>	5,86	5,83	5,73	5,55	0,8408	0,13
Cholesterol całkowity <i>Total cholesterol [mg%]</i>	24,13	22,17	25,24	24,42	0,9330	1,65
C _{4:0}	1,58 ^b	1,69 ^{ab}	1,64 ^{ab}	1,84 ^a	0,0177	0,03
C _{6:0}	0,84 ^{AB}	0,67 ^B	0,90 ^A	0,89 ^A	0,0006	0,02
C _{8:0}	1,62 ^A	1,28 ^{AB}	1,47 ^{AB}	1,19 ^B	0,0058	0,05
C _{10:0}	6,31 ^A	4,29 ^C	6,03 ^{AB}	5,15 ^{BC}	0,0001	0,14
C _{10:1}	0,18 ^A	0,13 ^B	0,18 ^A	0,14 ^B	0,0051	0,01
C _{12:0}	3,76 ^A	2,85 ^B	3,77 ^A	3,13 ^B	0,0001	0,08
C _{12:1}	0,11 ^a	0,08 ^b	0,08 ^b	0,08 ^b	0,0420	0,00
C _{14:0}	10,43 ^A	9,11 ^C	10,14 ^{AB}	9,40 ^{BC}	0,0004	0,13
C _{14:1}	0,44 ^A	0,32 ^{BC}	0,27 ^C	0,36 ^B	0,0001	0,01
C _{15:0}	1,20 ^A	1,02 ^B	1,06 ^B	1,02 ^B	0,0001	0,01
C _{16:0}	27,34 ^A	24,25 ^B	23,98 ^B	23,60 ^B	0,0001	0,25
C _{16:1}	1,09	0,95	1,01	0,91	0,1956	0,03
C _{16:2}	0,61 ^A	0,51 ^B	0,57 ^{AB}	0,52 ^B	0,0014	0,01
C _{17:0}	0,88 ^A	0,74 ^B	0,79 ^{AB}	0,73 ^B	0,0011	0,02
C _{18:0}	12,78 ^B	13,90 ^{AB}	13,08 ^B	15,45 ^A	0,0002	0,25
C _{18:1 cis}	23,59 ^B	27,84 ^A	26,65 ^A	27,20 ^A	0,0001	0,28
C _{18:1 trans}	0,39 ^C	1,41 ^A	1,00 ^B	0,62 ^C	0,0001	0,05
C _{18:2}	2,90 ^{BC}	3,12 ^B	2,60 ^C	3,57 ^A	0,0001	0,07
C _{18:3}	0,82 ^C	1,83 ^A	1,42 ^B	0,79 ^C	0,0001	0,06
CLA	0,82 ^B	1,13 ^A	1,05 ^A	0,97 ^{AB}	0,0001	0,02
Inne — <i>Others</i>	2,31	2,88	2,31	2,44	0,4552	0,15
Suma kwasów nienasyconych <i>Sum of unsaturated fatty acids</i>	30,95 ^C	37,32 ^A	34,83 ^B	35,16 ^B	0,0001	0,34
Stosunek — <i>Ratio n-3 : n-6</i>	1 : 4,54 ^B	1 : 2,32 ^C	1 : 2,57 ^C	1 : 5,75 ^A	0,0001	0,18

^{a,b} P ≤ 0,05;

^{A,B} P ≤ 0,01

Zastosowanie nasion lnu w mieszankach nie wpłynęło w sposób istotny ($P > 0,05$) na podstawowy skład chemiczny mięsa tuczonych jagniąt oraz zawartość cholesterolu (tab. 4 i 5). W przypadku mięśnia najdłuższego grzbietu zanotowano jednak nieznaczny wzrost zawartości tłuszczu, natomiast w mięśniu udźca wzrost zawartości cholesterolu całkowitego w grupach jagniąt otrzymujących dodatek lnu. W obu przypadkach nastąpił nieznaczny wzrost sumy nienasyconych kwasów tłuszczowych mięsa w grupach doświadczalnych. Statystycznie istotne zmiany wystąpiły w profilu kwasów tłuszczowych mięsa ($P < 0,05$), a uzyskane efekty były uzależnione od odmiany skarmianego lnu (tab. 4 i 5).

Tabela 4
Skład chemiczny (%), zawartość cholesterolu oraz profil kwasów tłuszczowych (% sumy kwasów) mięśnia najdłuższego grzbietu — *Chemical composition (%), cholesterol content and fatty acids profile (% of total acids) of longissimus dorsi muscle*

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	Grupa — <i>Group</i>				P	SE
	I _K	II _{OP}	III _{OM}	IV _L		
Sucha masa — <i>Dry matter</i>	23,42	23,78	24,52	24,23	0,7771	0,37
Popiół surowy — <i>Crude ash</i>	0,75 ^B	1,15 ^A	1,03 ^A	1,03 ^A	0,0026	0,05
Białko ogólne — <i>Crude protein</i>	21,02	20,96	21,12	21,03	0,9965	0,23
Tłuszcz surowy — <i>Ether extract</i>	1,99	2,24	2,42	2,48	0,8615	0,20
Cholesterol całkowity <i>Total cholesterol [mg%]</i>	107,48	107,10	114,65	106,63	0,4565	1,96
C _{14:0}	1,72	2,02	1,89	1,64	0,8333	0,11
C _{16:0}	22,79	21,69	21,31	21,73	0,4038	0,31
C _{16:1}	1,13	1,31	1,15	0,89	0,3630	0,07
C _{18:0}	21,07	21,24	20,51	21,58	0,1788	0,26
C _{18:1}	35,91 ^B	38,77 ^A	39,09 ^A	35,71 ^B	0,0069	0,49
C _{18:2}	11,65 ^{ab}	10,08 ^b	10,05 ^b	12,14 ^a	0,0396	0,36
C _{18:3}	1,13 ^B	1,71 ^A	1,84 ^A	0,76 ^B	0,0001	0,13
C _{20:0}	0,22	0,30	0,32	0,33	0,3782	0,03
C _{20:1}	0,18	0,11	0,16	0,13	0,2442	0,01
C _{20:3}	0,44	0,25	0,42	0,47	0,0950	0,03
C _{20:4}	2,38 ^{AB}	1,41 ^B	2,09 ^B	3,18 ^A	0,0011	0,19
CLA	0,16 ^B	0,36 ^{AB}	0,55 ^A	0,30 ^{AB}	0,0060	0,05
Inne — <i>Others</i>	1,22	0,75	0,62	1,14	0,2315	0,11
Suma kwasów nienasyconych <i>Sum of unsaturated fatty acids</i>	52,98	54,00	55,35	53,58	0,1045	0,45
Stosunek — <i>Ratio n-3 : n-6</i>	1 : 12,95 ^B	1 : 7,08 ^C	1 : 7,13 ^C	1 : 21,17 ^A	0,0001	1,53

^{a,b} $P \leq 0,05$;

^{A,B} $P \leq 0,01$

Tabela 5

Skład chemiczny (%), zawartość cholesterolu oraz profil kwasów tłuszczowych (% sumy kwasów) mięśnia udźca — *Chemical composition (%), cholesterol content and fatty acids profile (% of total fatty acids) of leg muscle*

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	Grupa — <i>Group</i>				P	SE
	I _K	II _{OP}	III _{OM}	IV _L		
Sucha masa — <i>Dry matter</i>	22,66	23,11	23,55	24,27	0,4860	0,36
Popiół surowy — <i>Crude ash</i>	1,16	1,20	1,15	1,18	0,4437	0,01
Białko ogólne — <i>Crude protein</i>	20,35	20,58	20,24	20,15	0,9570	0,26
Tłuszcz surowy — <i>Ether extract</i>	2,14	2,01	2,40	2,72	0,6747	0,21
Cholesterol całkowity <i>Total cholesterol [mg%]</i>	92,10	103,75	102,48	105,63	0,5059	3,28
C _{14:0}	2,02	1,97	1,94	2,07	0,9807	0,11
C _{16:0}	23,11 ^a	21,37 ^{ab}	21,09 ^{ab}	20,51 ^b	0,0374	0,36
C _{16:1}	0,93	1,01	1,28	0,91	0,3355	0,08
C _{18:0}	21,11	21,40	19,78	21,94	0,3281	0,42
C _{18:1}	35,55 ^B	38,38 ^A	39,49 ^A	35,47 ^B	0,0001	0,49
C _{18:2}	11,29	10,02	10,35	12,66	0,2355	0,49
C _{18:3}	1,02 ^b	1,85 ^a	2,23 ^a	1,08 ^b	0,0261	0,18
C _{20:0}	0,37	0,38	0,38	0,49	0,3940	0,03
C _{20:1}	0,13	0,20	0,28	0,13	0,6015	0,04
C _{20:3}	0,50	0,29	0,43	0,32	0,1642	0,04
C _{20:4}	2,83	2,18	1,78	2,23	0,1512	0,16
CLA	0,19 ^b	0,35 ^{ab}	0,49 ^a	0,29 ^{ab}	0,0125	0,04
Inne — <i>Others</i>	0,95	0,60	0,48	1,90	0,3096	0,29
Suma kwasów nienasyconych <i>Sum of unsaturated fatty acids</i>	52,44	54,28	56,33	53,09	0,0606	0,57
Stosunek — <i>Ratio n-3 : n-6</i>	1 : 14,52 ^A	1 : 6,94 ^B	1 : 5,85 ^B	1 : 14,35 ^A	0,0016	1,33

^{a,b} P ≤ 0,05;

^{A,B} P ≤ 0,01

Niezależnie od tkanki mięsa pobranej do analizy, w grupach otrzymujących nasiona lnu odmiany Opal i Omega nastąpił nieznaczny wzrost udziału kwasu C_{18:1} i prawie 2-krotny wzrost udziału kwasu C_{18:3}. W grupie otrzymującej nasiona lnu odmiany Linola tylko nieznacznemu zwiększeniu uległ udział kwasu C_{18:2}, przy niewielkiej zmianie sumy nienasyconych kwasów tłuszczowych w mięsie. Na uwagę zasługuje także fakt, że niezależnie od odmiany lnu, skarmianie nasion lnu w mieszankach treściwych dla owiec spowodowało statystycznie istotne zwiększenie się zawartości CLA w mięsie.

Dyskusja

Wpływ nasion lnu w dawkach pokarmowych owiec na wartość dietetyczną mleka

Skład chemiczny mleka ssaków jest uzależniony od gatunku zwierzęcia, rasy i miesiąca laktacji oraz, w mniejszym stopniu, od rodzaju stosowanych w żywieniu pasz (Ciuryk i in. 2001, Palmquist i in. 1993). W badaniach własnych, poza statystycznie istotnym zwiększeniem się zawartości białka ogólnego w grupie III_{OM} otrzymującej w mieszance treściwej nasiona lnu odmiany Omega, nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupami w zawartości podstawowych składników pokarmowych i cholesterolu całkowitego w mleku. Trudna do wytłumaczenia jest wyższa od pozostałych grup zawartość białka w grupie III_{OM} żywionej nasionami lnu odmiany Omega. Mogło to być skutkiem wielu czynników, np. nieco wyższej wartości biologicznej białka u tej odmiany w porównaniu do pozostałych, użytych w doświadczeniu odmian (dane własne niepublikowane). Potwierdzenie tej hipotezy wymaga jednak dalszych badań. W pracach innych autorów (Wilkinson i in. 2000, Borowiec i in. 1999), zastosowanie nasion roślin oleistych w dawkach pokarmowych dla owiec powodowało zwiększenie się zawartości białka i laktozy, a obniżenie się zawartości tłuszczu w mleku. Stopień opisywanych zmian uzależniony był jednak od udziału nasion oleistych w dawce pokarmowej. Możliwe więc, że skarmianie lnu w mieszankach uzupełniających dla owiec w ilości 10% w niewielkim stopniu wpłynęło na zmianę składu chemicznego mleka ze względu na zbyt niski jego udział w dawce. Podobnie Dhiman i in. (2000) prowadząc badania nad wykorzystaniem oleju lnianego w żywieniu krów mlecznych stwierdzili brak efektu lub obniżenie się zawartości tłuszczu w mleku w zależności od wielkości zastosowanego dodatku. Ponadto autorzy zwracają uwagę na depresyjny wpływ nie chronionych olejów roślinnych o wysokim udziale nienasyconych kwasów tłuszczowych na zawartość tłuszczu w mleku. Z tego powodu korzystniejsze wydaje się skarmianie pełnotłustych nasion roślin oleistych, które ze względu na stopniowe uwalnianie się tłuszczu, ograniczają jego niekorzystny wpływ na procesy zachodzące w żwaczu (Jenkins 1993).

Kwasami występującymi w największej ilości w tłuszczu mleka są przede wszystkim kwasy nasycone (C_{12:0}, C_{14:0}, C_{16:0}) stanowiące łącznie około 68% sumy kwasów tłuszczowych. Pozostałą część stanowią kwasy jedno- i wielonienasycone (odpowiednio około 29 i 3% ich sumy). Tak wysoki udział kwasów nasyconych w mleku jest związany z procesem biouwodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych w żwaczu. Proces ten prowadzi do znacznego ograniczenia podaży nienasyconych kwasów tłuszczowych do gruczołu mlekowego (Jenkins 1993). W badaniach własnych zastosowanie nasion lnu prawdopodobnie ograniczyło

proces biouwodorowania ze względu na brak bezpośredniego dostępu mikroorganizmów zwraca do zawartego w nich tłuszczu. Poskutkowało to zmianami korzystnymi z punktu widzenia dietetycznego. Obniżeniu uległa ($P < 0,05$) koncentracja nasyconych kwasów tłuszczowych krótko- i średniołańcuchowych. Według Palmquist i in. (1993) zmniejszenie się zawartości kwasów C_{14} – C_{16} w mleku może wynikać ze zwiększonej podaży do gruczołu mlekowego kwasów 18-węglowych, które hamują ich syntezę *de novo*. Potwierdzają to wyniki prac przeprowadzonych na owcach z wykorzystaniem nasion rzepaku (Borowiec i in. 2001a) i lnu (Wilkinson i in. 2000) oraz na krowach mlecznych (Ward i in. 2002).

W przeprowadzonym doświadczeniu zwiększoną zawartość kwasów $C_{18:2}$, $C_{18:3}$ i CLA w mleku należy bezpośrednio łączyć ze skarmianiem nasion lnu. Zastosowanie odmiany Linola o wysokiej zawartości kwasu $C_{18:2}$ wpłynęło na istotne ($P \leq 0,05$) zwiększenie się zawartości tego kwasu w mleku i podniesienie stosunku kwasów z rodziny n-3 do n-6. Uzyskane wyniki korespondują z wynikami badań Goodrige i in. (2001) oraz Ward i in. (2002), którzy stosowali w żywieniu krów mlecznych nasiona lnu odmiany Linola. Wzrost zawartości kwasu $C_{18:2}$ był obserwowany także po zastosowaniu nasion rzepaku w dawkach pokarmowych dla owiec (Borowiec i in. 2001) i krów (Nowak i Potkański 2000). Z kolei wysoka podaż kwasu $C_{18:3}$ w mieszankach treściwych z udziałem nasion lnu odmian tradycyjnych (Opal i Omega) spowodowała wzrost jego zawartości w mleku, konsekwencją czego było obniżenie wartości stosunku kwasów z rodziny n-3 do n-6. Uzyskane wyniki były zgodne z wcześniej przeprowadzonymi badaniami na owcach (Wilkinson i in. 2000) i krowach (Ward i in. 2002) żywionych nasionami lnu odmian tradycyjnych. Wyniki te wskazują na istotny wpływ profilu kwasów tłuszczowych skarmianych nasion roślin oleistych, a szczególnie udziału kwasów tłuszczowych C_{18} , na właściwości dietetyczne mleka.

Wpływ nasion lnu w dawkach pokarmowych tuczonych jagniąt na wartość dietetyczną mięsa

Mięso, które uznawane jest za dietetyczne charakteryzuje się optymalną zawartością białka oraz obniżoną zawartością tłuszczu (Pisulewski i in. 2001). W przeprowadzonym doświadczeniu nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy grupami doświadczalnymi w zawartości składników pokarmowych w mięsie. Obserwowano jednak tendencję do wzrostu zawartości tłuszczu w grupach jagniąt żywionych mieszankami z udziałem nasion lnu, szczególnie odmian barwy żółtej (Omega i Linola) i obniżenie zawartości tłuszczu w przypadku zastosowania odmiany brązowonasiennej Opal (w mięśniu udźca). Efekt ten nie miał jednak wpływu na jakość uzyskanych tusz i mięsa. Wzrost zawartości tłuszczu w mięsie tuczonych jagniąt żywionych dawkami pokarmowymi z udziałem nasion lnu (10 i 20%) oraz rzepaku (10% udział) obserwowwała także Michalec-Dobija (2002). W swoich badaniach dowiodła także, że ograniczenie dodatku lnu do 5% nie

powodowało zwiększenia się zawartości tłuszczu w mięsie. Przeprowadzone badania wskazują na możliwość modyfikowania, choć w niewielkim zakresie, składu chemicznego mięsa jagniąt poprzez wykorzystanie pełnotłustych nasion roślin oleistych. Ich udział w dawce pokarmowej powinien być jednak wystarczająco duży, aby spowodować określone zmiany chemiczne w mięsie i jednocześnie odpowiednio mały, aby nie wywołać negatywnego wpływ na przemiany zachodzące w żwaczu.

W badaniach własnych zwiększenie podaży tłuszczu w dawkach pokarmowych jagniąt poprzez zastosowanie nasion lnu nie miało istotnego wpływu na zawartość cholesterolu całkowitego w mięśni najdłuższym grzbiecie, a zwiększenie jego ilości w mięśni udzca było niewielkie. Podobnie w pracy Michalec-Dobija (2002) zastosowanie nasion lnu w ilości 10 i 20% powodowało zwiększenie się zawartości cholesterolu w mięsie. W tych badaniach dodatek lnu w ilości 5% spowodował efekt przeciwny, czyli obniżenie się zawartości cholesterolu w mięsie.

Ważnym wskaźnikiem decydującym o wartości dietetycznej mięsa jest także profil kwasów tłuszczowych jego tłuszczu. W przeprowadzonych badaniach dodatek nasion lnu spowodował wzrost sumy nienasyconych kwasów tłuszczowych. W tej grupie kwasów szczególne znaczenie fizjologiczne dla człowieka i zwierząt monogastrycznych posiadają kwasy $C_{18:2}$, $C_{18:3}$ i CLA, które nie są syntetyzowane w ich organizmie. Dwa pierwsze z nich są również formami macierzystymi dla innych wyższych kwasów tłuszczowych niezbędnych w organizmie (z rodzin n-6 i n-3), np. EPA (eikozapentaenowy) i DHA (dokozaheksaenowy) (Kulasek i Bartnikowska 1994). Istotny wzrost zawartości kwasu $C_{18:2}$ w mięsie jagniąt mógł być wynikiem zastosowania w dawce pokarmowej nasion lnu odmiany Linola, w której udział tego kwasu w sumie kwasów tłuszczowych sięga nawet 70%. Z kolei wzrost zawartości kwasu $C_{18:3}$ w grupach II_{OP} i III_{OM} należy łączyć z jego dużym udziałem w nasionach lnu odmian tradycyjnych (Opal i Omega) sięgającym nawet 57% (Borowiec i in. 2001b, Zając i in. 2001). Wzrost koncentracji kwasu $C_{18:3}$ w mięsie spowodował obniżenie się wartości stosunku kwasów z rodziny n-3 do n-6. Przyjmując, że prawidłowa proporcja tych kwasów w diecie człowieka powinna wynosić 1 : 4–10 (Bartnikowska i Kulasek 1994), to najbardziej pożądane wyniki uzyskano stosując w żywieniu jagniąt nasiona lnu odmian tradycyjnych. Wykorzystanie odmiany Linola spowodowało przekroczenie tego stosunku prawie dwukrotnie, co wskazuje na gorszą zdolność tej odmiany do poprawy prozdrowotnych właściwości mięsa jagniąt. Do podobnych wniosków doszli także Piechnik (1998) oraz Michalec-Dobija (2002) prowadząc badania nad wykorzystaniem nasion rzepaku i lnu w żywieniu jagniąt.

Znajdujący się w tłuszczu mięsa jagniąt kwas CLA stanowi mieszaninę izomerów geometrycznych i położeniowych kwasu linolowego, o dwóch sprzężonych wiązaniach podwójnych. Pośród tych izomerów cis-9 trans-11 jest uważany za izomer o najsilniejszym działaniu biologicznym (Lawson i in. 2001). W przepro-

wadzone doświadczeniu nie brano pod uwagę poszczególnych izomerów CLA, lecz ich sumę. Niezależnie od odmiany zastosowanie dodatku nasion lnu spowodowało prawie dwukrotne zwiększenie się udziału CLA w profilu kwasów tłuszczowych mięsa, przy czym wyższe wyniki uzyskano stosując nasiona odmian tradycyjnych (Opal i Omega). Wzrost zawartości CLA w mięsie zwiększa jego prozdrowotny charakter jako produktu spożywczego.

Wnioski

1. Zastosowanie nasion lnu oleistego w mieszankach treściwych dla owiec (10%) nie wpływa istotnie na zawartość składników pokarmowych w mleku i mięsie oraz na zawartość cholesterolu całkowitego w mleku i mięśni najdłuższym grzbiecie. Zwiększenie się zawartości białka w mleku może wystąpić przy skarmianiu lnu odmiany Omega. Zastosowanie w żywieniu tuczonych jagniąt nasion lnu, niezależnie od odmiany, powoduje zwiększenie zawartości cholesterolu całkowitego w mięśni udźca.
2. Bez względu na odmianę, zastosowanie nasion lnu w żywieniu owiec w okresie laktacji powoduje zwiększenie się sumy nienasyconych kwasów tłuszczowych w mleku — głównie kwasów C_{18:1}, C_{18:2}, C_{18:3} i CLA, przy równoczesnym zmniejszeniu się sumy nasyconych kwasów tłuszczowych.
3. Zastosowanie nasion lnu oleistego w mieszankach treściwych (10%) dla tuczonych jagniąt może powodować korzystne dla zdrowia człowieka zmiany w profilu kwasów tłuszczowych tkanki mięsnej. Do tego celu bardziej przydatne wydają się być odmiany tradycyjne, a mniej odmiany zmodyfikowane genetycznie typu LinolaTM947.

Literatura

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Chemists. 16th Edition, Arlington, Virginia, USA.
- Barowicz T., Brejta W. 2000. Modyfikowanie walorów dietetycznych mięsa wołowego czynnikami żywieniowymi. *Rocz. Nauk Zoot. Supl.*, 6: 15-19.
- Barowicz T., Brejta W. 2001. Wykorzystanie soli wapniowych kwasów tłuszczowych oleju lnianego oraz tłuszczu utylizacyjnego w opasie młodego bydła rzeźnego. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 28: 113-130.
- Bartnikowska E., Kulasek G. 1994. Znaczenie nienasyconych kwasów tłuszczowych w żywieniu człowieka i zwierząt (cz. II). Niedobory i dietetyczne leczenie niedoborów. *Mag. Wet.*, 4: 34-38.
- Borowiec F., Piechnik S., Kamiński J., Furgał K., Micek P. 1999. Skład chemiczny oraz profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka owiec żywionych dodatkiem z udziałem nasion rzepaku „00”. XXVIII Sesja Żywienia Zwierząt, KNZ-PAN, 8-10 września, Krynica, 180-184.

- Borowiec F., Zajac T., Kowalski Z.M., Micek P., Marciński M. 2001. Comparison of nutritive value of new commercial linseed oily cultivars for ruminants. *J. Anim. Feed Sci.*, 10: 301-308.
- Borowiec F., Furgał K., Piechnik S. 2001. Wykorzystanie nasion rzepaku 00 poddanych obróbce termicznej w żywieniu owiec karmiących. *Rocz. Nauk. Zoot. Supl.*, 12: 307-318.
- Ciuryk S., Molik E., Pustkowiak H. 2001. Zmiany poziomu kwasów tłuszczowych i cholesterolu w mleku polskich owiec długowłnistych w okresie mlecznego użytkowania. *Rocz. Nauk. Zoot. Supl.*, 12: 147-151.
- Dhiman T.R., Satter L.D., Pariza M.W., Galli M.P., Albright K. Tolosa M.X. 2000. Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of milk from cows offered diets rich in linoleic acid and linolenic acid. *J. Dairy Sci.*, 83: 1016-1027.
- Goodridge J., Ingalls J.R., Crow G.H. 2001. Transfer of omega-3 linolenic acid and linoleic acid to milk fat from flaxseed or Linola protected with formaldehyde. *Can. J. Anim. Sci.*, 81: 525-532.
- Jenkins T.C. 1993. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.*, 76: 3851-3863.
- Korzeniowski W., Ostoja H., Jarczyk A. 1992. Zawartość cholesterolu w tkance tłuszczowej i mięsniowej świń czystych ras i ich krzyżówek. *Medycyna Wet.*, 48, 10: 464-465.
- Kulasek G., Bartnikowska E. 1994. Znaczenie nienasyconych kwasów tłuszczowych w żywieniu człowieka i zwierząt (cz. I). Źródła pokarmowe, metabolizm i zapotrzebowanie. *Mag. Wet.*, 3: 39-43.
- Michalec-Dobija J. 2002. Wpływ skarmiania pełnych nasion lnu i rzepaku na efektywność tuczu jagniąt, wskaźniki fizjologiczne krwi i jakość mięsa. Rozprawa doktorska wykonana w Zakładzie Paszoznawstwa i Surowców Pochodzenia Zwierzęcego Instytutu Zootechniki w Krakowie, 1-77.
- Nowak W., Potkański A. 2000. Wpływ gniecionych nasion rzepaku i łożu wołowego na skład chemiczny mleka krów pierwiastek. *Rocz. Nauk. Zoot. Supl.*, 6: 93-97.
- Palmquist D.L., Beaulieu A. D., Barbano D. M. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, 76: 1753-1771.
- Pisulewski P.M., Kowalski Z.M., Szymczyk B.A. 2001. Żywniowe metody modyfikowania składu i kształtowania właściwości funkcjonalnych produktów pochodzenia zwierzęcego (mleka, mięsa i jaj). *Post. Nauk. Rol.*, 2: 59-72.
- SAS. 1995. SAS/STAT User Guide V. 6, Volume 1,2. SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- Ward A.T., Wittenberg K.M., Przybylski R. 2002. Bovine Milk Fatty Acid Profiles Produced by Feeding Diets Containing Solin, Flax and Canola. *J. Dairy Sci.*, 85: 1191-1196.
- Wilkinson R.G., Fry V.E., Sinclair L.A. 2000. Effect of untreated and formaldehyde treated whole linseed on the performance and fatty acid composition of milk produced by Friesland ewes. <http://www.bsas.org.uk/meetings/annlproc/PDF2000/152.pdf>.
- Zajac T., Borowiec F., Micek P. 2003. Plonowanie i skład chemiczny nasion odmian lnu oleistego (cz. I). Skład chemiczny nasion i oleju. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 17: 817-820.