

EFFECT OF DIETARY UNSATURATED FATTY ACIDS ON SOME INDICATORS IN BLOOD PLASMA AND FATTY ACID CONTENT IN SELECTED TISSUES OF FATTENING LAMBS  
WPŁYW SKARMIANIA NIENASYCONYCH KWASÓW TŁUSZCZOWYCH NA ICH ZAWARTOŚĆ W TKANKACH TUCZONYCH JAGNIĄT ORAZ NA WYBRANE WSKAŹNIKI BIOCHEMICZNE OSOCZA KRWI

Franciszek BOROWIEC, Romana AUGUSTYN

Agricultural University of Cracow; Department of Animal Nutrition  
Al. Mickiewicza 24/28; 30-059 Cracow, Poland, tel: +48 012 662-40-75; fax: +48 012 633-33-07 e-mail: cartilago@interia.pl

Manuscript received: October 15, 2007; Reviewed: November 20, 2008; Accepted for publication: January 14, 2009

**ABSTRACT**

The aim of the study was to determine the effect of protected CLA and linseed as supplements in the diets for fattening lambs on fatty acid profile and CLA content in loin and leg meat, liver and perirenal fat and on some biochemical indicators in blood plasma. The experiment was carried out on twelve 80 days old lambs, divided into 3 groups of 4 animals. The animals were fed with meadow hay and commercial concentrate "CJ". The treatments were the control diet ( $I_C$ ) and the control diet supplemented either with 0.5 % of protected CLA ( $II_{CLA}$ ) or 2 % of crushed linseeds ( $III_{NL}$ ). No statistically significant effect of the treatments on biochemical indicators in blood plasma was observed. CLA or linseed supplementation had also no effect on chemical composition and cholesterol content in analyzed tissues. Linseed supplementation had a significant effect ( $P<0.05$ ) on liver and perirenal fat fatty acid profile and increased the CLA content in the liver.

Key words: lamb, CLA, linseed, fatty acids, blood, meat

**ABSTRACT**

Celem badań było określenie wpływu dodatku chronionego CLA oraz nasion lnu w dawkach pokarmowych dla tuczonych jagniąt na profil kwasów tłuszczowych i zawartość CLA w niektórych tkankach (połędwica, wątroba i tłuszcz okołonerkowy) oraz na wskaźniki fizjologiczno-biochemiczne osocza krwi. Badania wykonano na 12 tryczkach, podzielonych na 3 grupy po 4 sztuki każda. W doświadczeniu zastosowano 0.5 % dodatek CLA lub 2 % dodatek nasion lnu do mieszanki treściwej. Nie stwierdzono obniżenia poziomu frakcji LDL na skutek zastosowanych dodatków. Nie wykazano wpływu nasion lnu oraz preparatu CLA na podstawowy skład chemiczny i zawartość cholesterolu w badanych tkankach. Stwierdzono istotne różnice ( $P<0.05$ ) w profilu kwasów tłuszczowych wątroby i tłuszczu okołonerkowego a także wzrost poziomu CLA w wątrobie ( $P<0.05$ ) przy suplementacji dawek pokarmowych nasionami lnu.

Słowa kluczowe: jagnięta, CLA, nasiona lnu, kwasy tłuszczowe, krew, mięso

## DETAILED ABSTRACT

Celem pracy było określenie wpływu dodatku chronionego CLA oraz nasion lnu w dawkach pokarmowych dla tuczonych jagniąt na profil kwasów tłuszczowych i zawartość CLA w udźcu, poledwicy, wątrobie i tłuszczu okołonerkowym oraz na wskaźniki fizjologiczno-biochemiczne osocza krwi. Doświadczenie wykonano na 12 tryczkach rasy Polskiej Owcy Górskiej (POG) w wieku 80 dni, podzielonych na 3 grupy po 4 sztuki w każdej grupie. Zwierzęta żywiono indywidualnie, zgodnie z normami, według systemu INRA [8]. Dawki pokarmowe składały się z siana łąkowego oraz odpowiedniej dla grupy mieszanki treściwej: I<sub>K</sub> (grupa kontrolna, bez dodatków), II<sub>CLA</sub> z 0.5 % dodatkiem CLA i 5 % dodatkiem otrąb pszennych i III<sub>NL</sub> z 2 % dodatkiem nasion lnu odmiany Linola. W badaniu zastosowano komercyjną mieszankę CJ. Tabela 1 przedstawia skład chemiczny (%), wartość pokarmową oraz profil kwasów tłuszczowych skarmianych pasz. W pobranych próbkach siana, lnu i mieszanki treściwej oznaczono zawartość podstawowych składników pokarmowych metodą standardową [1]. W 79-tym dniu życia jagniąt pobrano od nich krew z żyły jarzmowej, a następnie w pozyskanym osoczu oznaczono przy pomocy odpowiednich zestawów diagnostycznych (Alpha Diagnostics) poziom mocznika, glukozy, trójglicerydów, cholesterolu i jego frakcji (HDL, LDL). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dodatek zarówno CLA jak i nasion lnu nie wpływa istotnie ( $P > 0.05$ ) na obniżenie frakcji LDL w osoczu krwi (tab. 2). W 80-tym dniu doświadczenia zwierzęta ubito a reprezentatywne próbki tkanek pobrano do analiz [1]. Stwierdzono istotne różnice ( $P < 0.05$ ) w profilu kwasów tłuszczowych wątroby (zmniejszenie poziomu C<sub>14:0</sub> i C<sub>16:0</sub>) i tłuszczu okołonerkowego (wzrost udziału kwasów C<sub>18:3</sub> i C<sub>20:1</sub>) przy suplementacji dawek pokarmowych nasionami lnu (tab. 3). Potwierdza to wyniki uzyskane przez [11]. Wykazano, że poziom CLA w wątrobie wzrasta ( $P < 0.05$ ) w wyniku dodatku do mieszanki nasion lnu, natomiast dodatek CLA do paszy nie wpływa istotnie ( $P > 0.05$ ) na jego poziom w pozostałych tkankach (tab. 3). Brak wpływu dodatku nasion lnu na poziom CLA w wątrobie owiec obserwowali [3]. Istnieje więc możliwość wzbogacenia produktów przeżuwaczy w nienasycone kwasy tłuszczowe oraz CLA poprzez zastosowanie nasion lnu oleistego lub chronionego CLA w dawkach pokarmowych, jednak efektywność tego zabiegu zależy w znacznym stopniu od rodzaju i formy dodatku.

## INTRODUCTION

Conjugated linoleic acids (CLA), which are produced in the bioconversion of linoleic acid by the bacteria

*Butyrivibrio fibrisolvens* in the rumen [5], are characterized by chemoprotective properties against carcinogens and arteriosclerosis [2]. A number of studies suggest a link between higher CLA content in diets and lower level of triglycerides, total cholesterol and LDL level in human blood plasma [2]. Vegetable oils, fish oil or safflower oil supplementation of diets increased CLA content in beef [4] and lamb muscles [7, 3]. The aim of the study was to determine the effect of protected CLA and linseed as supplements in the diets for fattening lambs on fatty acid (FA) profile and CLA content in selected tissues and on biochemical indicators in blood plasma.

## MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out on twelve 80 days old male lambs of Polish Mountain Sheep divided into 3 groups of four lambs: control (I<sub>C</sub>) and 2 experimental groups (II<sub>CLA</sub>, III<sub>NL</sub>). The animals were fed individually, in accordance with INRA feeding standards for sheep [8]. Daily rations contained 0.6 kg meadow hay and 0.4 kg commercial concentrate mixture („CJ”). The control group (I<sub>C</sub>) were fed no supplement, the second group (II<sub>CLA</sub>) received 0.5 % of protected CLA (BASF Poland), and the third group (III<sub>NL</sub>) received 2 % crushed linseed cv. Linola. The CLA preparation contained 18.82 % isomers of cis 9 trans 11, 16.60 % of trans 8 cis 10, 40.59 % of cis 11 trans 13 and 23.98 % of trans 10 cis 12. Chemical composition of feedstuffs was determined using the standard methods [1]. NDF, ADF and ADL were determined using an ANCOM<sup>220</sup> Fiber Analyser and the method of [6]. The content of FA in feedstuffs was determined using a Varian 3400 CX gas chromatograph with an FID detector (argon as a carrier gas, DB-FFAP column, column temperature programmed between 90 and 205°C at a rate of 25°C/min., injector temperature 200°C, detector temperature 240°C). On day 79 of an experiment blood samples were taken from the jugular vein and the blood plasma was analyzed for glucose, urea, triacyloglycerides, total cholesterol, HDL and LDL contents using Alpha Diagnostics kits. On day 80 the animals were slaughtered and in the samples of liver, perirenal fat, longissimus dorsi muscle and leg muscle the chemical composition [1], fatty acid profile (gas chromatography method) as well as total cholesterol content [9] were determined. The results were subjected to a one-way analysis of variance using the GLM procedure of [10]. Differences among treatments were determined using Duncan's test.

## RESULTS

Linseed cv. Linola used in the experiment was characterized by the high unsaturated fatty acid (UFA)

Table 1. Chemical composition (%), nutritive value and fatty acid profile (% of total acids) of feedstuffs.  
Tabela 1. Skład chemiczny (%), wartość pokarmowa oraz profil kwasów tłuszczowych (% w sumie kwasów) skarmianych pasz.

Item	Meadow hay	Wheat bran	Mixture „CJ”	Linseed
Dry matter	83,71	86,84	88,95	89,17
Organic matter	77,26	80,26	82,54	84,69
Crude protein	10,69	15,56	17,75	27,25
Ether extract	1,64	2,74	2,53	30,96
Crude fiber	25,52	9,49	4,50	5,77
NDF	50,37	36,16	15,76	24,22
ADF	30,19	13,14	7,14	11,38
ADL	3,40	3,12	0,98	-
EB (MJ·kg <sup>-1</sup> )	14,86	15,95	16,44	23,14
UFV	0,60	0,84	1,20	1,61
PDIN (g)	79,50	118,43	136,45	174,00
PDIE (g)	81,09	97,73	124,05	94,00
C <sub>14:0</sub>	0,24	0,56	0,54	-
C <sub>16:0</sub>	26,07	20,44	18,48	5,31
C <sub>16:1</sub>	0,28	0,88	0,85	-
C <sub>18:0</sub>	11,29	5,67	10,52	4,66
C <sub>18:1</sub>	30,65	27,52	28,08	23,15
C <sub>18:2</sub>	17,99	40,91	36,94	19,13
C <sub>18:3</sub>	13,43	3,31	3,35	47,75
C <sub>20:0</sub>	-	-	0,30	-
C <sub>20:1</sub>	-	0,60	0,41	-
Σ SFA (Saturated fatty acids)	37,60	26,67	29,84	9,97
Σ UFA (Unsaturated fatty acids)	62,35	73,22	69,63	90,03
UFA : SFA	1:1,66	1:2,75	1:2,33	1:9,03

Table 2. Physiological and biochemical indicators of lamb blood plasma  
Tabela 2. Wskaźniki biochemiczno-fizjologiczne osocza krwi jagniąt.

Item	Group		
	I <sub>C</sub>	II <sub>CLA</sub>	III <sub>NL</sub>
Glucose [mmol/l]	4,04 <sup>a</sup>	2,94 <sup>b</sup>	3,66 <sup>ab</sup>
Urea [mmol/l]	5,67	5,92	6,28
Total cholesterol [mg/dl]	85,06	73,83	65,60
HDL [mg/dl]	39,47	53,00	48,04
LDL [mg/dl]	38,07	12,34	9,47
Triacylglycerides [mg/dl]	37,59	42,36	40,49

level (90.03 % of total FA) and UFA:SFA (tab. 1). The C<sub>18:3</sub> (isomer α) dominated in a profile of FA (47.75 % of total FA). There were no differences among treatments in the blood plasma levels of total cholesterol, HDL, LDL and triacylglycerides (tab. 2). The CLA and linseed supplementation did not have a significant effect on chemical composition of analyzed tissues (the content of crude protein and ether extract) and on the level of total cholesterol. On the other hand it caused a decrease

(P>0.05) in a total cholesterol content in perirenal fat (from 662 to 515 mg%) and in the liver (data not shown). Linseed supplementation in diet decreased (P<0.05) C<sub>16:0</sub> level in the liver (tab. 3). The contents of C<sub>18:3</sub> and C<sub>20:1</sub> fatty acids were significantly higher (P<0.05) in perirenal fat of lambs received linseed in the diet (tab. 3). In both experimental groups, the C<sub>14:0</sub> and C<sub>16:0</sub> contents in longissimus dorsi muscle and leg muscle were lower and at the same time the C<sub>18:2</sub>, C<sub>18:3</sub> and C<sub>20:2</sub> contents in

Table 3. Fatty acids profile of loin, leg, liver and perirenal fat.  
Tabela 3. Profil kwasów tłuszczowych pośladkowy, kulki, wątroby i tłuszczu okolonerkowego.

Item	Loin			Leg			Liver			Perirenal fat		
	I <sub>C</sub>	II <sub>CLA</sub>	III <sub>NL</sub>	I <sub>C</sub>	II <sub>CLA</sub>	III <sub>NL</sub>	I <sub>C</sub>	II <sub>CLA</sub>	III <sub>NL</sub>	I <sub>C</sub>	II <sub>CLA</sub>	III <sub>NL</sub>
C <sub>14:0</sub>	1,86	1,47	1,61	2,11	1,80	1,99	0,71 <sup>a</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,6 <sup>ab</sup>	2,10	2,00	2,22
C <sub>16:0</sub>	23,29	22,13	22,28	22,37	22,04	22,14	20,34 <sup>a</sup>	19,06 <sup>ab</sup>	17,66 <sup>b</sup>	20,56	20,27	20,64
C <sub>16:1</sub>	1,97	1,84	1,94	2,17	1,71	2,22	2,47 <sup>A</sup>	1,42 <sup>B</sup>	1,44 <sup>AB</sup>	1,44	1,54	1,39
C <sub>18:0</sub>	20,02	20,33	18,61	18,07	18,64	18,56	23,05 <sup>a</sup>	26,60 <sup>ab</sup>	28,07 <sup>b</sup>	38,55	37,81	37,50
C <sub>18:1</sub>	39,91	40,03	40,20	41,42	40,37	40,46	31,49 <sup>a</sup>	27,94 <sup>b</sup>	27,60 <sup>b</sup>	29,60	30,34	30,85
C <sub>18:2</sub>	6,39	6,29	6,47	5,85	6,98	6,97	9,71 <sup>b</sup>	12,20 <sup>a</sup>	9,85 <sup>b</sup>	3,26	3,36	3,46
C <sub>18:3</sub>	1,16	0,86	1,10	1,15	1,64	1,56	1,68 <sup>ab</sup>	1,50 <sup>b</sup>	1,98 <sup>a</sup>	0,62 <sup>a</sup>	0,74 <sup>ab</sup>	0,83 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,13	0,13	0,10	0,09	0,11	0,11	-	-	-	0,32 <sup>a</sup>	0,25 <sup>ab</sup>	0,23 <sup>b</sup>
C <sub>20:1</sub>	0,24	0,27	0,22	0,26	0,29	0,22	0,43	0,30	0,35	-	-	0,20 <sup>a</sup>
C <sub>20:2</sub>	0,19	0,17	0,14	0,14	0,18	0,15	0,53	0,67	0,60	-	-	-
C <sub>20:3</sub>	0,09	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	0,63	0,65	0,54	-	-	-
C <sub>20:4</sub>	1,45	1,50	1,36	1,41	1,15	1,22	4,79	6,03	5,61	-	-	-
CLA	0,30	0,33	0,37	0,47	0,42	0,48	0,54 <sup>b</sup>	0,63 <sup>ab</sup>	0,9 <sup>a</sup>	-	-	-
Σ SFA	45,29	44,05	42,60	42,64	42,95	42,80	44,10	46,20	46,33	0,39	0,40	0,45
Σ UFA	51,70	51,36	51,87	52,96	52,81	53,36	52,27	51,34	48,86	61,53	60,33	60,59
UFA:SFA	1:1,14	1:1,17	1:1,21	1:1,22	1:1,23	1:1,24	1:1,18	1:1,11	1:1,05	1:0,58	1:0,60	1:0,61

leg muscle were higher than in a control group (tab. 3). The CLA level in the liver of lambs of III<sub>NL</sub> group was considerably higher ( $P < 0.05$ ) than in other groups (tab. 3).

## DISCUSSIONS

The addition of protected CLA and linseed to the diet had no effect on biochemical indicators in blood plasma, however some tendency towards decreasing of LDL level was observed. Similar results were obtained by [2]. Chemical composition of lamb meat was constant and not susceptible to nutritional modifications with encapsulated CLA and linseed, similarly to the results of [7]. [11] observed a significant increase in the total cholesterol content in the liver when linseed was a part of lamb diet. These results were not confirmed in this trial as well as in the experiments of [7] and [3], who reported no effect of CLA and flaxseed supplementation on the cholesterol content in the liver. At the same time a positive effect of these additives on CLA level in lamb muscle was found [3]. A lack of effect of dietary CLA addition on its level in meat is similar to the results of [11]. According to [7] CLA or linseed supplementation had a positive influence (decreasing SFA content) on FA profile of meat and adipose tissue. In our trial, we found such an effect in a case of perirenal fat and liver. It can therefore be concluded that by using dietary protected CLA or linseed there is a possibility of enrichment of ruminant products in UFA and CLA isomers. However, the effectiveness of these treatments depends on the form of supplement (seeds, encapsulated CLA) and on the type of tissue.

## REFERENCES

- [1] AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 16th Edition, Arlington, Virginia, USA, 1995.
- [2] Bhattacharya A., Banu J., Rahman M., Causey J., Fernandes G. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J. Nutr. Biochem.* (2006) 17: 789–810.
- [3] Demirel G., Wood J.D., Enser M. Conjugated linoleic acid content of the lamb muscle and liver fed different supplements. *Small Rumin. Res.* (2004) 53: 23–28.
- [4] Enser M., Scollan N.D., Choi N.J., Kurt E., Hallett K., Wood J.D. Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Anim. Sci.* (1999) 69: 143–146.
- [5] Fukuda S., H., Suzuki Y., Murai M., Asanuma

N., Hino T. Isolation of a novel strain of *Butyrivibrio fibrosolvens* that isomerizes linoleic acid to conjugated linoleic acid without hydrogenation, and its utilization as a probiotic for animals. *Appl. Microbiol.* (2006) 100: 787–794.

[6] Goering H., Van Soest P. Forage fibre analysis. *USDA Agriculture Handbook* (1970) 379: 1–20.

[7] Mir Z., Rushfeldt M.L., Mir P.S., Paterson L.J., Weselake R.J. Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Rumin. Res.* (2000) 36: 25–31.

[8] Normy żywienia bydła, owiec i kóz. Wartość

pokarmowa pasz dla przeżuwaczy. Praca zbiorowa opracowana według INRA (1988), IZ, Kraków, 2001.

[9] Rhee K.S., Dutson T.R., Smith G.C., Hosteler R.L., Reiser R. Effect of changes in intermuscular and subcutaneous fat levels on cholesterol content of raw and cooked beef steaks. (1982) *J. Food Sci.*, 47: 716 – 719.

[10] SAS. SAS/STAT User's Guide (Release 8.1), SAS Inst., Inc., Cary, NC, 1999–2000.

[11] Wynn R.J., Daniel Z.C.T.R., Flux C.L., Craigon J., Salter A.M., Buttery P.J. Effect of feeding rumen-protected conjugated linoleic acid on carcass characteristics and fatty acid composition of sheep tissues. *J. Anim. Sci.*, (2006) 84: 3440–3450.

