

Andrzej Potkański, Adam Cieślak, Małgorzata Szumacher-Strabel, Daniel Stanisławski*

Akademia Rolnicza w Poznaniu, Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej

* Katedra Genetyki i Podstaw Hodowli Zwierząt

Wpływ dodatku oleju rzepakowego oraz innych źródeł energii na stopień biouwodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych (NKT) z rodziny C₁₈ w żwaczu owiec*

Effect of rapeseed oil addition and other energy sources on the extent of C₁₈ unsaturated fatty acids hydrogenation in the rumen of sheep

Słowa kluczowe: biouwodorowanie, kwasy tłuszczowe, olej rzepakowy, tłuszcz, owca

Key words: ruminal biohydrogenation, fatty acids, rapeseed oil, fat, sheep

Biouwodorowanie należy do procesów modyfikujących skład jakościowy i ilościowy kwasów tłuszczowych w produktach pochodzących od zwierząt przeżuwających. Stopień uwodorowania kwasów tłuszczowych zależy od wielu czynników, z których najważniejszym jest skład dawki pokarmowej, a w głównej mierze postaci i ilości podanego tłuszczu. Celem eksperymentu było określenie poziomu biouwodorowania kwasów tłuszczowych szeregu C₁₈ w żwaczu owiec żywionych dawką z dodatkiem tłuszczu oraz innych form energii (olej rzepakowy, sacharoza i skrobia kukurydziana). W badaniach wykorzystano 4 skopy o wadze 40 ± 5 kg z założonymi przetokami żwaczowymi. W trakcie doświadczenia zwierzęta grupy kontrolnej karmiono dawką składającą się z 60% siana i 40% paszy treściwej uzupełnionej dla grup doświadczalnych 6% dodatkiem jednego z poniższych składników: sacharozy, skrobi kukurydzianej lub oleju rzepakowego. Doświadczenie przeprowadzono w układzie kwadratu łacińskiego 4 × 4.

Ruminal biohydrogenation defined as the disappearance of linoleic and linolenic acid between the mouth and duodenum determine fatty acids content and composition in product received from ruminant animals. The extent of ruminal biohydrogenation depends mainly on the type and quantity of dietary fatty acids. The objective of the study was to determine the influence of rapeseed oil addition and other energy sources on the extent of C₁₈ unsaturated fatty acid hydrogenation in the rumen of sheep. Effect of different energy sources (6% in dry matter of diet) was estimated on four rams fitted with rumen and duodenum cannulas in 4 × 4 Latin square design consisting of four diets differing in energy source (rapeseed oil, corn starch and saccharose). There were no influence of energy source addition on the level of biohydrogenation. Statistically significant differences were observed in the level of most acids reaching the duodenum.

* Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 5 PO6E 025 16 finansowanego przez KBN
The work was completed within the research project no 5 PO6E 025 16 financed by KBN

Zastosowane w doświadczeniu dodatki energetyczne nie miały statystycznie istotnego wpływu na poziom biouwodorowania w żwaczu owiec w odniesieniu do grupy kontrolnej, stwierdzono natomiast statystycznie istotne i wysoce istotne różnice w poziomie poszczególnych kwasów tłuszczowych dochodzących do dwunastnicy.

Wstęp

Biouwodorowanie należy do procesów modyfikujących skład jakościowy i ilościowy kwasów tłuszczowych w produktach pochodzących od zwierząt przeżuwających. Zachodzi ono w sposób naturalny w żwaczu i ogranicza ilość nienasyconych kwasów tłuszczowych (NKT) docierających do dwunastnicy, głównie kwasu oleinowego, linolowego i linolenowego (Garnsworthy 1997). Proces ten zachodzi po uwolnieniu kwasów tłuszczowych w procesie deestryfikacji lipidów i ich adsorpcji na cząstkach paszy. Końcowym produktem biouwodorowania tych kwasów jest kwas stearynowy (Jenkins 1993). Stopień uwodorowania kwasów tłuszczowych zależy od wielu czynników, z których najważniejszym jest skład dawki pokarmowej (Chilliard i in. 2000), w głównej jednak mierze zależy od formy i ilości podanego tłuszczu. Od 52 do 85% nienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy C₁₈ ulega na ogół biouwodorowaniu, z tego zaledwie 15–48% przepływa do jelita cienkiego, gdzie zostaje wchłonięte (Cieślak i in. 2000). Oznacza to jednocześnie ograniczenie ilości NKT przechodzącej do mleka i mięsa.

Zalecany obecnie model żywienia człowieka polega na eliminowaniu z diety nasyconych kwasów tłuszczowych, których występowanie w mięsie i mleku jest niepożądane. Jest to przyczyną dużego zainteresowania badaczy w ograniczaniu procesów biouwodorowania i zwiększania absorpcji nienasyconych kwasów tłuszczowych, bez zakłócenia przebiegu procesu fermentacji żwaczowej. Stąd przedmiotem naszego zainteresowania jest wyjaśnienie jak tłuszcz dodany do paszy zwierząt przeżuwających wpływa na procesy zachodzące w żwaczu i dopływ poszczególnych kwasów tłuszczowych do dwunastnicy.

Celem eksperymentu było określenie poziomu biouwodorowania kwasów tłuszczowych z grupy C₁₈ w żwaczu owiec żywionych dawką z dodatkiem tłuszczu bądź innych form energii (olej rzepakowy, sacharoza i skrobia kukurydziana).

Material i metody

W badaniach wykorzystano cztery skopy o wadze 40 ± 5 kg, z założonymi przetokami żwaczowymi i dwunastniczymi (przetoki mostkowe o średnicy 12 mm umieszczone w początkowym odcinku jelita cienkiego). Po 14 dniach rekon-

wallescencji, skopy umieszczono w klatkach metabolicznych ze stałym dostępem do wody. Zwierzęta żywiono następującymi dawkami:

1. kontrolna bez dodatków energetycznych,
2. z dodatkiem 6% oleju rzepakowego w przeliczeniu na suchą masę dawki,
3. z dodatkiem 6% skrobi kukurydzianej w przeliczeniu na suchą masę dawki,
4. z dodatkiem 6% sacharozy w przeliczeniu na suchą masę dawki.

Kontrolna dawka pokarmowa składała się z 550 g siana i 350 g paszy treściwej, dawka doświadczalna z 550 g siana i 404 g paszy treściwej. Obie zawierały 118 g białka ogólnego i 5,06 MJ EN w kilogramie suchej masy. Dawki podzielono na dwie równe części i skarmiano o godzinie 8⁰⁰ i 18⁰⁰. Doświadczenie przeprowadzono w układzie kwadratu łacińskiego 4 × 4. Każdy okres doświadczalny trwał 16 dni (14-dniowy okres wstępny i 2-dniowy okres pobierania prób). Łączny czas trwania doświadczenia, składającego się z czterech takich podokresów wyniósł 64 dni. W okresie pobierania prób treść dwunastnicy pobierano w cyklu 24-godzinnym, przy czym 10% przeznaczano do dalszej analizy.

Tabela 1

Skład chemiczny dawek (g/kg suchej masy)
Chemical composition of the diets (g/kg dry matter)

Skład chemiczny <i>Chemical composition</i>	Rodzaj dawki — <i>Type of diet</i>			
	kontrola <i>control</i>	olej rzepakowy <i>rapeseed oil</i>	skrobia <i>starch</i>	sacharoza <i>saccharose</i>
Masa organiczna — <i>Organic matter</i>	837	838	834	836
Białko ogólne — <i>Crude protein</i>	123	124	121	121
Tłuszcz surowy — <i>Ether extract</i>	16	40	15	16
Włókno surowe — <i>Crude fibre</i>	223	217	213	216
Związki bezazotowe wyciągowe <i>N-free extractives</i>	475	458	485	483

Próbki paszy poddano analizie podstawowej oraz określono poziom kwasów tłuszczowych (KT). W próbach treści dwunastnicy określano ilość KT przy użyciu chromatografu cieczowego (HPLC) (Heinig i in. 1998).

Na podstawie zawartości KT w dawce oraz w treści dwunastnicy został oszacowany poziom biouwodorowania kwasów tłuszczowych z rodziny C₁₈, wg wzoru (Zinn i in. 2000):

$$\% \text{ biouwodorowania} = 100 - 100 \times [(A/B) - (C/D)]$$

gdzie:

- A — ilość wszystkich nienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy C₁₈ dochodzących do dwunastnicy g/d
- B — ilość wszystkich kwasów z grupy C₁₈ dochodzących do dwunastnicy g/d
- C — ilość wszystkich nienasyconych kwasów tłuszczowych z grupy C₁₈ w diecie
- D — ilość wszystkich kwasów z grupy C₁₈ w diecie

Wyniki

Zastosowane w doświadczeniu dodatki energetyczne nie miały statystycznie istotnego wpływu na poziom biouwodowania w żwaczu owiec. Zaobserwowano jedynie tendencję wzrostową w grupie otrzymującej dodatek oleju rzepakowego jako źródło energii. Poziom biouwodowania wzrósł z 62,61% w grupie kontrolnej do 72,82% w grupie doświadczalnej z olejem rzepakowym, jednak zanotowane różnice nie były statystycznie istotne. Skrobia i sacharoza również nie miały wpływu na poziom biouwodowania. Dodatek oleju rzepakowego statystycznie wysoce istotnie zwiększył poziom kwasu palmitynowego i stearynowego w treści dwunastniczej w stosunku do grup otrzymujących skrobię i sacharozę. Zaobserwowano również statystycznie wysoce istotny wzrost poziomu kwasu oleinowego w grupie otrzymującej olej rzepakowy jako dodatkowe źródło energii w porównaniu do pozostałych grup oraz statystycznie istotny wzrost kwasu linolowego i linolenowego w grupie otrzymującej olej rzepakowy w porównaniu do grupy otrzymującej skrobię jako dodatkowe źródło energii. Wyniki poziomu biouwodowania i ilości kwasów tłuszczowych dochodzących do dwunastnicy przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Stopień biouwodowania (%) oraz poziom kwasów tłuszczowych w dwunastnicy (g/d)
Biohydrogenation (%) and level of fatty acids in duodenum (g/d)

Rodzaj dawki <i>Type of diet</i>	Kontrola <i>Control</i>	Olej rzepakowy <i>Rapeseed oil</i>	Skrobia <i>Starch</i>	Sacharoza <i>Saccharose</i>
Stopień biouwodowania [%] <i>Biohydrogenation [%]</i>	62,61	72,85	58,57	58,59
Poziom kwasów tłuszczowych [g/d] — <i>Level of fatty acids [g/d]</i>				
Kwas palmitynowy C _{16:0} <i>Palmitic acid</i>	21,74 ^b	48,74 ^{Aab}	16,32 ^A	29,30 ^a
Kwas stearynowy C _{18:0} <i>Stearic acid</i>	44,32 ^B	180,91 ^{ABC}	40,15 ^C	62,30 ^A
Kwas oleinowy C _{18:1} <i>Oleic acid</i>	44,54 ^a	109,25 ^{Aab}	33,66 ^b	59,98 ^A
Kwas linolowy C _{18:2} <i>Linoleic acid</i>	36,14	65,17 ^a	21,13 ^a	45,55
Kwas linolenowy C _{18:3} <i>Linolenic acid</i>	4,92	11,48	4,03	7,12

Średnie oznaczone tymi samymi literami różnią się statystycznie:

a, b, c — $P \leq 0,05$; A, B, C — $P \leq 0,01$

Means with the same letter are statistically different: a, b, c — $P \leq 0.05$; A, B, C — $P \leq 0.01$

Dyskusja

Żwacz zwierząt przeżuujących stanowi barierę ograniczającą dopływ nienasyconych kwasów tłuszczowych do dwunastnicy. Nienasycone trójglicerydy pochodzące z paszy są intensywnie hydrolizowane przez lipazy żwaczowe, ulegają biouwodorowaniu i w konsekwencji stanowią źródło nasyconych kwasów tłuszczowych. Dlatego też dodatek tłuszczu do dawek dla zwierząt przeżuujących tylko w ograniczonym zakresie spowoduje wzrost zawartości nienasyconych kwasów tłuszczowych w produktach zwierzęcych (LaChanda i in. 1998). Jednakże poziom biouwodorowania zależy będzie od składu nienasyconych kwasów tłuszczowych w dawce pokarmowej. Zwiększona koncentracja niektórych kwasów tłuszczowych obniża poziom biouwodorowania i zwiększa tym samym dopływ NKT do dwunastnicy, a w konsekwencji ich ilość w mięsie bądź mleku. Beam i in. (2000) sugerują, że wysoki udział kwasu linolowego ($C_{18:2}$) w dawce obniża poziom biouwodorowania. W przeprowadzonym doświadczeniu dodatek oleju rzepakowego, będącego źródłem głównie kwasu oleinowego, oraz innych źródeł energii: skrobi i sacharozy, nie miał wpływu na poziom biouwodorowania. Zanotowano natomiast statystycznie istotny wzrost zawartości kwasu oleinowego w grupie owiec otrzymującej olej rzepakowy jako dodatkowe źródło energii. Beam i in. (2000) zaobserwowali również, że w porównaniu do kwasu tłuszczowego $C_{18:2}$ (kwas linolowy) tempo biouwodorowania kwasu tłuszczowego $C_{18:1}$ (kwas oleinowy) było niższe o 3,6%/h niezależnie od źródła dodanego tłuszczu, co tłumaczy znacznie większą jego ilość dochodzącą do dwunastnicy. Doreau i Ferlay (1994) wskazują natomiast na znacznie wyższy poziom biouwodorowania kwasu linolowego i linolenowego w porównaniu do oleinowego. Biouwodorowanie kwasu linolowego mieści się w granicach od 60 do 95%, a linolenowego między 80 a 100%. Stopień biouwodorowania tych kwasów obniża się, gdy dawka składa się z 70% i więcej paszy treściwej. Poziom uwodorowania wynosi wówczas 35–60% i 50–80%, odpowiednio dla kwasu linolowego i linolenowego. W przeprowadzonym doświadczeniu zanotowano niższy poziom kwasu linolowego i linolenowego w grupie otrzymującej dodatek skrobi jako źródła energii, w porównaniu do grupy kontrolnej i pozostałych grup doświadczalnych. Van Nevel i Demeyer (1996) sugerują, że jest to prawdopodobnie spowodowane ograniczeniem procesu lipolizy w związku z niskim pH w żwaczu, na skutek skarmiania dawek z wysokim udziałem skrobi. Powyższe dane pozwalają stwierdzić, że zachowując właściwe proporcje paszy treściwej i objętościowej w dawce dla zwierząt przeżuujących możemy poprzez dodatek określonych składników pokarmowych, a zwłaszcza tłuszczów modyfikować skład kwasów tłuszczowych dochodzących do dwunastnicy, a tym samym skład produktów zwierzęcych: mleka i mięsa.

Wnioski

1. Zastosowany 6% dodatek oleju rzepakowego oraz innych źródeł energii nie miał wpływu na poziom biouwodorowania kwasów tłuszczowych z grupy C₁₈.
2. Zanotowano statystycznie istotny wzrost poziomu kwasu oleinowego w dwunastnicy u owiec otrzymujących olej rzepakowy jako dodatkowe źródło energii.

Conclusions

1. Addition of 6% rapeseed oil and other energy sources had no influence on biohydrogenation of C₁₈ fatty acids.
2. Statistically significant increase of oleic acid reaching duodenum in sheep was noticed when rapeseed oil was added to the diet.

Literatura

- Beam T.M., Jenkins T.C., Moate P.J., Kohn R.A., Palmquist D.L. 2000. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. *J. Dairy Sci.* 83: 2564-2573.
- Cieślak A., Potkański A. 2000. Przemiany tłuszczu w żwaczu i ich wpływ na skład tłuszczu mleka. *Rocz. Nauk. Zoot., Supl.*, z. 9: 25-30.
- Chilliard Y., Ferlay A., Mansbridge, R.M., Doreau M. 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, *trans* and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.* 49: 181-205.
- Doreau M., Ferlay A. 1994. Digestion and utilisation of fatty acids by ruminants. *Anim. Feed Sci Technol.* 45: 379-396.
- Garnsworthy P.C. 1997. Recent advances in animal nutrition. Nottingham University Press: 87-104.
- Heinig K., Hissner F., Martin S., Vogt C. 1998. Separation of saturated and unsaturated fatty acids by capillary electrophoresis and HPLC. *American Laboratory May*: 24-29.
- Jenkins T.C. 1993. Symposium. Advances in Ruminant Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.* 76: 3851-3863.
- LaChanda M.R., Williams M.L., Jenkins T.C. 1998. *In vitro* biohydrogenation and total tract digestibility of oleamide by sheep. *J. Sci. Food Agric.* 77: 187-192.
- Van Nevel C.J., Demeyer. 1996. Influence of pH on lipolysis and biohydrogenation of soybean oil by rumen contents *in vitro*. *Repr. Nutr. Develop.* 36: 53-63.
- Zinn R.A., Gulati S.K., Plascencia A., Salinas J. 2000. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 78: 1738-1746.