

Wykorzystanie glicerolu pozostałego po produkcji biopaliw w żywieniu zwierząt gospodarskich

Piotr Hanczakowski

*Instytut Zootechniki – PIB, Dział Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa,
32-083 Balice k. Krakowa*

W 2006 roku opublikowany został numer „Wiadomości Zootechnicznych” (3/2006) poświęcony w znacznej części wykorzystaniu pozostałości po produkcji biopaliw w żywieniu zwierząt. Najwięcej uwagi zwrócono na zagospodarowanie głównych produktów ubocznych: wywarów zbożowych i makuchu rzepakowego, a problem glicerolu potraktowany został, przy omawianiu żywienia świń i drobiu, marginesowo. Wydaje się, że problem zagospodarowania glicerolu będzie narastał wraz z intensyfikacją produkcji biopaliw, dlatego też warto poświęcić mu osobny artykuł.

Glicerol, alkohol trójwodorotlenowy (nazwa chemiczna propanotriol), stanowi produkt uboczny przy wytwarzaniu tzw. biodiesla, czyli paliwa otrzymywanego z oleju rzepakowego. Przy przewidywanym wzroście produkcji biodiesla będzie też rosła ilość pozostającego do rozdysponowania glicerolu. Z tony przerobionego oleju pozostaje około 100 kg tego związku (Kijora i in., 1995). Główne kierunki jego zagospodarowania to przemysł: kosmetyczny (tu pod nazwą gliceryny), a także farmaceutyczny, chemiczny i spożywczy. Możliwości wzrostu jego wykorzystania w tych gałęziach przemysłu są jednak ograniczone i przy zwiększonej produkcji należy rozszerzyć zakres jego zastosowania. Jedną z takich możliwości jest użycie go jako dodatku energetycznego lub smakowego w żywieniu zwierząt gospodarskich, w której to dziedzinie jest ono niewielkie i praktycznie ograniczone do dodatku dla krów mlecznych.

Glicerol nie ma działania toksycznego i jest stosowany w przemyśle spożywczym jako

słodzik i środek utrzymujący wilgoć. W przeprowadzonych doświadczeniach nie stwierdzono szkodliwego działania glicerolu podawanego ochotnikom w ilości 110 g wraz z pożywieniem, codziennie przez 50 dni. Przy spożyciu bardzo dużych dawek mogą wystąpić takie objawy, jak ból i zawroty głowy, nudności i wymioty (Konieczko i Czerczak, 2003). U zwierząt laboratoryjnych również nie stwierdzono objawów ostrej toksyczności glicerolu.

W niektórych przypadkach glicerol może być również wytwarzany przez zwierzęta. Na przykład, stynka amerykańska (*Osmerus mordax*), ryba żyjąca w zimnych morzach półkuli północnej, żerująca pod lodem, wytwarza glicerol i specyficzne białko uodparniające ją na niską temperaturę. Produkcja glicerolu rozpoczyna się przy temperaturze wody około 5°C, a w czasie zimy jest on głównym czynnikiem chroniącym krew ryby przed zimmem (Dziedzic i Ewart, 2004).

W organizmie glicerol pochodzi głównie z rozkładu triacylgliceroli tkanki tłuszczowej przez lipazy. Jego dalsze przemiany zależą od obecności w tkance enzymu kinazy glicerolowej katalizującej jego aktywację do glicerolo-3-fosforanu. W tkance tłuszczowej aktywność tego enzymu jest niska, dlatego uwolniony z rozkładu tłuszczu glicerol przenika do krwiobiegu i jego dalsze przemiany zachodzą w tkankach o wysokiej aktywności kinazy, głównie w wątrobie. Po przekształceniach może włączać się do przemiany glikolitycznej i stać się źródłem energii. Rozkład glicerolu dostarcza mniej więcej 20% energii uzyskiwanej z tłuszczu. Te właściwości

pozwalają na wykorzystanie glicerolu jako źródła energii w żywieniu zwierząt gospodarskich. Pewne znaczenie może mieć również jego słodki smak, zwłaszcza w żywieniu zwierząt młodych.

Najbardziej obiecujące wydają się możliwości wykorzystania glicerolu w żywieniu krów wysokomlecznych, u których, zwłaszcza po wycieleniu, trudno zaspokoić zapotrzebowanie na energię. Próby takie prowadzone są od szeregu lat, niezależnie od produkcji biopaliw. Już w 1955 roku Johnson stwierdził, że dodatek do paszy 2 kg glicerolu jest skuteczniejszy w zapobieganiu ketozie niż szerzej ówczśnie stosowany inny związek glukogenny, tj. glikol propylenowy. W badaniach Fishera i in. (1973) krowy, którym podawano glicerol w ilości 347 g dziennie, traciły podczas pierwszych 8 tygodni laktacji na wadze mniej niż krowy, którym podawano połowę tej dawki, glikol propylenowy lub dawkę kontrolną opartą na kukurydzy.

Według Chunga i in. (2007) glicerol korzystnie wpływa na wydajność mleka, natomiast Khalili i in. (1997) oraz DeFrain i in. (2004) nie stwierdzili takiego działania. Ci ostatni autorzy, biorąc pod uwagę obserwowane zmiany w fermentacji w żwacu krów, którym podawano glicerol oraz brak tego związku w osoczu krwi sugerują, że stanowił on głównie źródło energii dla mikroorganizmów żwacza, a nie brał udziału w glukoneogenezie. Według nich jest prawdopodobne, że związek ten ulega w żwacu fermentacji do propionianu, podobnie jak węglowodany.

Pasza z dodatkiem glicerolu jest dość chętnie wyjadana przez krowy. Spördly i Asberg (2006) porównywali wyjadanie 25 pasz, wśród których jęczmień z dodatkiem 10% glicerolu był na czwartym miejscu. Na wyższych miejscach uplasowały się śruta rzepakowa oraz jęczmień z dodatkiem 10% oleju rzepakowego lub palmowego.

Glicerol podawano również owcom w ilości 48, 78, 131 lub 185 g dziennie w skoncentrowanej dawce o niskiej zawartości skrobi (Schröder i Südekum, 1999). W zależności od dawki, glicerol poprawiał strawność substancji organicznej, skrobi i składników ścian komórkowych lub nie miał nań wpływu. Nie stwierdzono jednak jego szkodliwego działania. Dodawany w tych samych ilościach do dawek o wysokiej zawartości skrobi obniżał strawność włókna, ale nie miał wpływu na strawność sub-

stancji organicznej i skrobi. Zdaniem tych autorów, glicerol może zastąpić w dawkach dla przeżuwaczy skrobię, mniej więcej w 10 procentach.

Glicerol podawany szczurom lub kurczętom w ilości dostarczającej 22% energii dawki nie miał wpływu na przyrosty. Podany w dwukrotnie większej dawce (43% energii w zamian za glukozę) drastycznie obniżył jednak spożycie paszy i przyrosty obu gatunków zwierząt (Lin i in., 1976). Przy badaniu skrawków wątroby stwierdzono znaczny wzrost aktywności syntetazy kwasów tłuszczowych u szczurów otrzymujących glicerol, jednak równocześnie nie następowała większa synteza kwasów tłuszczowych *in vivo*. U kurcząt przeciwnie, glicerol obniżał aktywność syntetazy kwasów tłuszczowych, ale również nie miał wpływu na syntezę tych kwasów.

W doświadczeniu na szczurach Bergner i Kijora (1993) stosowali glicerol znaczoney węglem C¹⁴. W czterech dawkach było 0, 10, 21 i 32% glicerolu. Zwierzęta otrzymujące wyższe dawki przyrastały lepiej, co było wynikiem lepszego wyjadania paszy. Ilość glicerolu w wydychanym powietrzu malała, a w moczu rosła wraz ze wzrostem jego zawartości w paszy. Na podstawie otrzymanych wyników autorzy stwierdzili, że w grupie drugiej mniej więcej 40 mg glicerolu na godzinę, przy wadze szczurów 100 g, było metabolizowane na normalnej drodze fizjologicznej, co wskazuje, że glicerol może stanowić około 10% paszy dla zwierząt monogastycznych.

Do podobnych wniosków doszli Simon i in. (1996) po badaniach przeprowadzonych na kurczętach. Najlepsze przyrosty obserwowali w grupach otrzymujących 5 lub 10% glicerolu w paszy, choć w stosunku do grupy kontrolnej różnice nie były statystycznie istotne. Przy wyższych dawkach glicerolu (20 lub 25%) przyrosty ulegały obniżeniu. Przy najwyższej dawce glicerolu (25%) stwierdzono patologiczne zmiany w wątrobie i nerkach. W drugim doświadczeniu ci sami autorzy (Simon i in., 1997) stosowali jedynie 10% dodatek glicerolu, zmniejszając poziom białka w dawce dla kurcząt brojlerów. Na początku doświadczenia ptaki otrzymujące glicerol lepiej wyjadały paszę, jednak w końcowym rachunku przyrosty, wykorzystanie paszy i bilans azotu nie uległy poprawie. Ptaki wydalały 26% pobranego glicerolu, a jego

zawartość w osoczu krwi, mięśniu piersiowym i wątrobie była znacznie wyższa niż w grupie kontrolnej. W konkluzji autorzy jeszcze raz doszli do wniosku, że w dawkach dla brojlerów bez szkody można zastosować dodatek 10% glicerolu w miejsce skrobi kukurydzianej.

Podobne wyniki uzyskano w doświadczeniach przeprowadzonych na świniami (Kijora i in., 1995). Zwierzęta otrzymywały 5, 10, 20 lub 30% glicerolu kosztem śruty jęczmiennej. Pasze zawierające glicerol były chętniej wyjadane, co autorzy tłumaczą ich słodkim smakiem i lepszą strukturą. Glicerol nie miał wpływu na ocenę tuszy ani na jakość mięsa. W przeciwieństwie do kurcząt, nie stwierdzono zmian w nerkach ani w wątrobie, natomiast optymalną ilość glicerolu w paszy oceniono również na 10%.

Oprócz bezpośredniego zastosowania w żywieniu zwierząt, glicerol może być również użyty jako składnik podłoża do produkcji drożdży paszowych (Juszczak i in., 2005). We wstępnych doświadczeniach oceniano przydatność różnych szczepów drożdży, biorąc pod uwagę wydajność biomasy, zawartość białka, produktywność i wydajność całkowitą. Najwyższą ocenę uzyskał jeden ze szczepów gatunku *Yarrowia lipolytica*.

Glicerol może być również źródłem energii opałowej. Na drodze pirolizy, czyli destylacji rozkładowej można z niego otrzymać wodór lub gaz syntetyczny o różnym składzie, zależnie od użytej metody. Przy zastosowaniu temperatury 650–800°C można otrzymać gaz składający się głównie z tlenku węgla, wodoru, metanu i etanu (Valliyappan i in., 2007). Jego wartość opałowa wynosi około 22 MJ/m³. Wodór można również otrzymać na drodze katalitycznej degradacji glicerolu (Slinn i in., 2007). Wymaga to jednak kosztownych urządzeń, takich jak katalizatory platynowo-aluminiowe oraz wysokich temperatur (ponad 800°C).

Podsumowując omówione badania można stwierdzić, że pochodzący z produkcji tzw. biodiesla glicerol może być wykorzystywany w żywieniu zwierząt gospodarskich, jednak w ilości nie przekraczającej 10% dawki. Jego pozytywne działanie polega głównie na zwiększeniu spożycia paszy, najprawdopodobniej dzięki słodkiemu smakowi i lepszej strukturze paszy. Nawet przy wysokich dawkach na ogół nie stwierdza się jego szkodliwego działania na zwierzęta (za wyjątkiem kurcząt brojlerów). Istnieją również techniczne metody zagospodarowania tego produktu.

Literatura

- Bergner H., Kijora C. (1993). Glycerol as feed component and 14C-glycerol metabolism in rats. *Z. Ernährungswiss.*, 32: 270–281.
- Chung Y.H., Rico D.E., Martinez C.M., Cassidy T.W., Noirot V., Ames A., Varga G.A. (2007). Effects of feeding dry glycerin to early postpartum dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.*, 90: 5682–5691.
- DeFrain J.M., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Jardon P.W. (2004). Feeding glycerol to transition dairy cows: effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 87: 4195–4206.
- Dziedzic W.R., Ewart K.V. (2004). Control of glycerol production by rainbow smelt (*Osmerus mordax*) to provide freeze resistance and allow foraging at low winter temperature. *Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol.*, 139, 347–357.
- Fisher L.J., Erfle J.D., Lodge G.A., Sauer F.D. (1973). Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition, and incidence of ketosis. *Can. J. Anim. Sci.*, 53: 289–296.
- Johnson R.B. (1955). The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Vet.*, 44: 6–21.
- Juszczak P., Musiał I., Rymowicz W. (2005). Dobór szczepów drożdży do produkcji biomasy z glicerolu odpadowego. *Acta. Sci. Pol. Biotech.*, 4: 65–76.
- Khalili H., Varvikko T., Toivonen V., Hissa K., Suvitie M. (1997). The effects of added glycerol or unprotected free fatty acids or a combination of the two on silage intake, milk production, rumen fermentation and diet digestibility in cows given grass silage based diets. *Ag. Food Sci. Finland.*, 6: 349–362.
- Kijora C., Bergner H., Kupsch R.-D., Hagemann L. (1995). Glycerin als Futterkomponente in der Schweinmast. *Arch. Tierernähr.*, 47: 345–360.
- Konieczko K., Czerczak S. (2003). Glicerol (aerazol).

Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. W: Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy. CIOP – PIB, 3 (37), <http://www.ciop.pl/8522.html>

Lin M.H., Romsos D.R., Leveille G.A. (1976). Effect of glycerol on lipogenic enzyme activities and fatty acid synthesis in the rat and chicken. *J. Nutr.*, 106: 1668–1677.

Schröder A., Südekum K.-H. (1999). Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. In: *New Horizons for an Old Crop. Proc. 10th Int. Rapeseed Congr., Canberra, Australia, 26–29.09.1999*, p. 241, Wyd. N. Wratten and P.A. Salisbury.

Simon A., Bergner H., Schwabe M. (1996). Glycerol

as a feed ingredient for broiler chicken. *Arch. Tierernähr.*, 49: 103–112.

Simon A., Schwabe M., Bergner H. (1997). Glycerol supplementation in broiler rations with low crude protein content. *Arch. Tierernähr.*, 50: 271–282.

Slinn M., Kendall K., Mallon C., Andrews J. (2007). Steam reforming of biodiesel byproduct to make renewable hydrogen. *Bioresour. Technol.* (w druku).

Spörndly E., Asberg T. (2006). Eating rate and preference of different concentrate components for cattle. *J. Dairy. Sci.*, 89: 2188–2199.

Valliyappan T., Bakshi N.N., Dalai A.K. (2007). Pyrolysis of glycerol for the production of hydrogen or syn gas. *Bioresour. Technol.* (w druku).

USE OF GLYCEROL, A BIODIESEL BYPRODUCT

Summary

Glycerol is a byproduct of biodiesel production. It can be used to supplement farm animal feeds to improve feed taste and structure and thus increase feed consumption. Glycerol is an effective treatment against lactational ketosis in dairy cattle. It can also improve lactational performance. In poultry feeds, glycerol level should be limited to about 10%. Doses higher than 30% can cause pathological changes in liver and kidneys. Also in pig feeding 10% of glycerol is an optimal level but no harmful effect was found even when higher doses were applied. Glycerol can also be used for syn-gas or hydrogen production and as a medium for yeast cultivation.



fot. red.