

Suszone wywary gorzelniane w dawkach pokarmowych dla przeżuwaczy a emisja azotu i fosforu do środowiska

Alina Majewska-Pinda, Stefania Kinal, Zuzanna Zaik

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Rosnąca produkcja etanolu ze zbóż wiąże się z koniecznością zagospodarowania dużych ilości pełnych suszonych wywarów gorzelnianych (DDGS). Podczas produkcji bioetanolu z kukurydzy skrobia, której zawartość sięga 2/3 masy ziarniaka, ulega w całości fermentacji. Łącząc pozostałość ziarniaków zboża (DG – distillers grains) oraz substancji rozpuszczalnych (DS – distillers solubles) otrzymuje się DDGS [21]. Koncentracja związków, które nie ulegają fermentacji trzykrotnie wzrasta w porównaniu do ziarna zbóż. Produkt ten zawiera około 30% białka, 36% NDF oraz aż 12% tłuszczu i 0,3-0,9% fosforu [11]. Zawartość składników mineralnych w DDGS z przerobu kukurydzy ulega potrojeniu, z wyjątkiem Na, S i Ca. Makroelementów tych może być znacznie więcej, co prawdopodobnie spowodowane jest dodaniem podczas procesu produkcji substancji zawierających te pierwiastki [15]. Zmienny skład DDGS utrudnia opracowanie dawek pokarmowych z jego udziałem. Jest to jednak dobra i tania pasza, szeroko stosowana jako zamiennik zbożowych i poekstrakcyjnych śrut przy sporządzaniu mieszanek treściwych, głównie dla zwierząt przeżuwających [12]. Zbyt wysoki udział DDGS w mieszance treściwej będzie skutkował wystąpieniem problemów zdrowotnych, wynikających z przekroczenia zapotrzebowania na składniki pokarmowe [18, 22]. Poza tym może powodować zwiększenie emisji z obornika do środowiska niewykorzystanych składników pokarmowych [8, 14, 22]. Wielu autorów wskazuje na możliwość regulowania bezpieczeństwa tego nawozu już na etapie opracowywania dawki pokarmowej. Eghball [6] podaje, że nawożenie obornikiem od zwierząt żywionych dawką pokarmową z dodatkiem węgla wapnia podwyższa pH kwaśnych gleb. Obniżając udział białka i fosforu w dawkach pokarmowych zwierząt można uzyskać zmniejszenie zawartości amoniaku i fosforu w oborniku. Stosowanie takiego nawozu umożliwi ograniczenie ilości tych związków w glebach [20]. Odpowiednio sporządzona dawka pokarmowa pozwala na regulowanie ogólnej zawartości i składu wolnych kwasów tłuszczowych obornika, powodując zmniejszenie intensywności jego nieprzyjemnego zapachu [8, 9]. Wzrastające znaczenie wywarów gorzelnianych w żywieniu zwierząt skutkuje rosnącą produkcją i wykorzystaniem obornika do nawożenia. Stąd też wskazanie strategii umożliwiających racjonalną dystrybucję azotu i fosforu z obornika jest w pełni uzasadnione. Celem opracowania jest ukazanie, jak żywienie zwierząt dawkami pokarmowymi z udziałem DDGS wpływa na skład obornika.

Zdaniem Hao i wsp. [8] wzrastający poziom substytucji ziarna jęczmienia pszennym wywarem gorzelnianym (od 0 do 60% DDGS w s.m. dawki pokarmowej) powoduje zwiększenie zawartości białka surowego z 12,9 do 29% i fosforu ogólnego z 3,16 do 6,07 g/kg w dawkach pokarmowych dla opasanych jałówek. Ponadto ilość rozpuszczalnych w wodzie jonów NH_4^+ , PO_4^{3-} oraz Ca^{2+} , Mg^{2+} i K^+ podwyższa się, podczas gdy pH dawek pokarmowych ulega obniżeniu.

Stosowanie dawek pokarmowych, w których ziarno zbóż zastąpiono wysokim udziałem DDGS powoduje zwiększenie wydalania białka i fosforu ogólnego w kale [3, 8, 10]. Hao i wsp. [8] podają, że wraz ze zwiększaniem udziału DDGS w dawkach pokarmowych

wzrastało pH kału i obornika zwierząt nimi żywionych, odpowiednio z 6,7 i 7,9 (0% DDGS) do 7,0 i 8,8 (60% DDGS w s.m. dawki). W kale zwierząt żywionych dawkami pokarmowymi o udziale w s.m. 40 i 60% DDGS, w których zawartość białka znacznie przekraczała zapotrzebowanie przeżuwaczy, stwierdzono również 3-krotny wzrost stężenia jonów NH_4^+ rozpuszczalnych w wodzie. W oborniku ilość azotu ogólnego była niższa niż w kale, co spowodowane było udziałem materiału ściółkowego o niskiej zawartości tego składnika. Natomiast ilość jonów NH_4^+ oraz wartość pH była wyższa niż w kale, ponieważ azot mocznicowy z moczu po wydalaniu uległ hydrolizie do jonów NH_4^+ . Bilans azotu wskazuje, że straty tego pierwiastka w oborniku są wyższe w przypadku zastąpienia ziarna zbóż przez DDGS w dawkach pokarmowych [8]. Wyższe wydalanie niewykorzystanego azotu w postaci mocznika oraz wzrost pH [9] prowadzi do przesunięcia bilansu $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ w kierunku amoniaku i zwiększenia jego emisji [23]. Hao i wsp. [8] wskazują, że w oborniku zwierząt żywionych dawką zawierającą 29% białka, gdzie udział DDGS wynosił 60% w s.m., ilość azotu występującego w postaci NH_4^+ rozpuszczalnego w wodzie była 7-krotnie wyższa w lutym i 3-krotnie w czerwcu niż przy żywieniu dawką nie zawierającą wywaru zbożowego. Niższa zawartość kationu na przestrzeni czasu spowodowana była prawdopodobnie większymi stratami amoniaku, wywołanymi wyższymi temperaturami otoczenia w cieplejszych miesiącach.

Zawartość fosforu ogólnego w kale i oborniku jest efektem ilości tego składnika w dawce pokarmowej, która wraz z udziałem DDGS wzrasta. Natomiast zawartość fosforu ogólnego w oborniku jest znacznie niższa niż w kale, co spowodowane jest udziałem materiału ściółkowego i niewielką zawartością fosforu w moczu, który także trafia do obornika [8]. Ogólna zawartość jonów rozpuszczalnych w wodzie oraz pH i zawartość wapnia w roztworze wpływa na występowanie jonu PO_4^{3-} w postaci rozpuszczalnej w wodzie. Wzrost pH obornika oraz zawartości wapnia w dawce pokarmowej powoduje spadek rozpuszczalności związków fosforu, podczas gdy większe stężenie SO_4^{2-} rozpuszczalnego w wodzie może ją podwyższać, z powodu zachodzenia anionowej konkurencji pomiędzy jonami SO_4^{2-} i PO_4^{3-} o jony Ca^{2+} [8, 13]. Hao i wsp. [8] podają, że zwiększenie stosunku Ca:P z 1,1:1 do 1,6:1 w dawce pokarmowej dla opasanych jałówek (60% DDGS w s.m.), w wyniku dodania węgla wapnia do dawki pokarmowej, istotnie obniżyło udział frakcji fosforu rozpuszczalnego w wodzie zawartego w kale. Jest to efekt utworzenia słabo rozpuszczalnego fosforanu wapnia w obecności wysokiego stężenia wapnia. Przy żywieniu zwierząt dawkami z udziałem DDGS, w których nie zastosowano dodatku węgla wapnia do podwyższenia stosunku Ca:P ilość wydalanego w kale fosforu w postaci rozpuszczalnej w wodzie była tym wyższa, im wyższa była zawartość fosforu ogólnego w dawce pokarmowej [3, 8]. Stosowanie obornika do nawożenia może prowadzić do wzrostu stopnia wypłukiwania fosforu, co skutkuje eutrofizacją wód powierzchniowych [4, 5]. Stąd też wyższa zawartość fosforu rozpuszczalnego w wodzie w oborniku pochodzącym od zwierząt żywionych dawkami z udziałem DDGS może tworzyć ryzyko większej mobilności związków fosforu z nawozu, wywołując niebezpieczeństwo zanieczyszczenia środowiska otaczającego tereny rolne [14]. Dodatek węgla wapnia do dawek pokarmowych z udziałem DDGS może zatem stanowić metodę ograniczającą ryzyko wymywania związków fosforu z obornika stosowanego jako nawóz [3, 8].

Stężenie rozpuszczalnych w wodzie Ca^{2+} i Mg^{2+} zawartych w kale spada wraz ze wzrostem udziału DDGS w dawce. Jest to prawdopodobnie efekt wiązania się kationów z PO_4^{3-} i formowania nierozpuszczalnych osadów. Udział materiału ściółkowego powoduje, że w oborniku, w porównaniu do kału, stwierdza się niższą zawartość Ca^{2+} i Mg^{2+} [8]. Głównym rozpuszczalnym jony występującym w oborniku jest potas. Nawet niewielkie podwyższenie jego zawartości, stwierdzone przy stosowaniu w żywieniu przeżuwaczy wysokich dawek DDGS, powoduje znaczne podwyższenie

stosunku K:(Ca+Mg) w oborniku i jego zaburzenie w glebie podczas długotrwałego stosowania nawozu naturalnego [8]. W konsekwencji rośliny pobierają więcej potasu, kosztem obniżonego pobrania wapnia i magnezu. Żywnienie bydła taką zielonką może prowadzić do wystąpienia tężyczki pastwiskowej, która jest chorobą metaboliczną [16].

Ogólna ilość siarki w DDGS (4,8 g/kg) jest znacznie wyższa niż w zbożach i przekracza dopuszczalną jej zawartość w paszach dla przeżuwaczy. W badaniach Hao i wsp. [8] zawartość w kale jonu SO_4^{2-} rozpuszczalnego w wodzie była 20-krotnie niższa niż w oborniku, pomimo niskiej zawartości tego pierwiastka w ściółce. Spowodowane jest to sposobem wydalania SO_4^{2-} , który jest głównie usuwany wraz z moczem. Zawartość obornikowego jonu SO_4^{2-} rozpuszczalnego w wodzie była wyższa w przypadku żywienia dawkami pokarmowymi z wysokim udziałem DDGS. Różnice w zawartości niektórych rozpuszczalnych w wodzie jonów w kale zwierząt żywionych mieszankami paszowymi bez i z udziałem DDGS są odzwierciedleniem składu dawki pokarmowej pod względem mineralnym. Profil jonowy kału zwierząt w dużym stopniu jest kształtowany w wyniku przekroczenia zalecanych poziomów niektórych składników w dawce pokarmowej dla przeżuwaczy. Forma, w jakiej dany związek występuje w kale i oborniku decyduje o stopniu jego dystrybucji w otaczającym środowisku. Zawartość składnika w oborniku zależy od składu dawki pokarmowej, a także od warunków termicznych i wilgotnościowych panujących w środowisku utrzymania zwierząt [8].

Poszczególne lotne kwasy tłuszczowe wykazują różną uciążliwość zapachową. Niską wartością wskaźnika odoru [2] charakteryzują się kwasy: octowy (15), propionowy (112) i masłowy (50), które dominują (95%) w profilu lotnych kwasów tłuszczowych kału i obornika przeżuwaczy [8, 9, 17]. Najbardziej nieprzyjemną woń mają kwasy: walerianowy (255), izomasłowy (340) i izowalerianowy (365) o strukturze długołańcuchowej (C4–C9) i rozgałęzionej. Nawet niewielki wzrost ich udziału w sumie lotnych kwasów tłuszczowych kału i obornika powoduje wzrost intensywności nieprzyjemnego zapachu w otoczeniu budynków inwentarskich. Zhu i wsp. [24] uznali zawartość tych związków za lepszy wyznacznik intensywności odoru niż ogólna ilość lotnych kwasów tłuszczowych w oborniku. Hao i wsp. [8] stwierdzili obniżenie sumy oraz procentowego udziału poszczególnych lotnych kwasów tłuszczowych w dawkach pokarmowych, w których część jęczmienia zastąpiono pszenicznym wywarem zbożowym. Żywnienie dawkami pokarmowymi z wyższą zawartością DDGS nie wpłynęło na całkowitą ilość lotnych kwasów tłuszczowych w kale i oborniku. W ogólnej sumie lotnych kwasów tłuszczowych odnotowano jednak wyraźne podwyższenie procentowego udziału kwasu izomasłowego i izowalerianowego w kale (udział DDGS w dawce pokarmowej $\geq 40\%$) i oborniku (przy żywieniu dawką pokarmową z 60% udziałem DDGS). Ponadto udział kwasu walerianowego w kale i octowego w oborniku w sumie lotnych kwasów

tłuszczowych był wyższy przy żywieniu dawką zawierającą 60% DDGS. Lotne kwasy tłuszczowe powstają podczas fermentacji bakteryjnej węglowodanów i białek zawartych w paszy [24]. Żywnienie dawkami pokarmowymi o wysokiej zawartości DDGS skutkuje zwiększonym wydalaniem białka. Stanowi ono źródło aminokwasów, które ulegając fermentacji są przyczyną zwiększonej emisji do środowiska lotnych kwasów tłuszczowych o wysokiej uciążliwości zapachowej (kwas izomasłowy, izowalerianowy, walerianowy).

Magazynowanie, jak i wykorzystywanie obornika zwierząt gospodarskich jako nawozu budzi obawy, ze względu na zbyt wysoką emisję azotu i fosforu do środowiska [4]. Plany zarządzania wykorzystaniem obornika opierają się głównie na określeniu wymagań azotu przez daną uprawę, podczas gdy Daniel i wsp. [4] oraz Eghball [7] podają, że na glebach długoterminowo nawożonych obornikiem poziom fosforu osiąga stan wysycenia i przyczynia się do eutrofizacji wód powierzchniowych. Wysoki udział w dawce pokarmowej wywarów zbożowych, bogatych w fosfor i składniki pokarmowe, może skutkować wysoką ich zawartością w oborniku. Stosowanie tego nawozu jest korzystne, ale wiąże się z koniecznością zwiększenia obszaru do nawożenia [22]. Podawanie zbyt wysokich ilości DDGS w dawkach dla przeżuwaczy może skutkować także wysoką emisją NH_3 i odorów. Stąd też udział wywarów zbożowych w dawkach pokarmowych dla przeżuwaczy nie powinien przekraczać 20%. Pozwoli to na ograniczenie uwalniania niewykorzystanych składników do środowiska [1, 8, 19].

Literatura: 1. Benke M.B., Hao X., Caffyn P., Schoenau J.J., McAllister T.A., 2010 – *Agric. Ecosyst. Environ.* 139, 720-727. 2. Brinton W.F., 1998 – *Compost Sci. Utilization* 6 75-82. 3. Chapuis-Lardy L., Fiorini J., Toth J., Dou Z., 2004 – *J. Dairy Sci.* 87, 4334-4341. 4. Daniel T.C., Sharpley A.N., Lemunyon J.L., 1998 – *J. Environ. Qual.* 27 251-257. 5. Ebeling A.M., Bundy L.G., Powell J.M., Andraski T.W., 2002 – *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 284-291. 6. Eghball B., 1999 – *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30, 2563-2570. 7. Eghball B., 2002 – *Agron. J.* 94, 128-135. 8. Hao X., Benke M.B., Gibb D.J., Stronks A., Travis G., McAllister T.A., 2009 – *J. Environ. Qual.* 38, 1709-1718. 9. Hao X., Mir P.S., Shah M.A., Travis G.R., 2005 – *J. Environ. Qual.* 34, 1439-1445. 10. Kebreab E., France J., Mills J.A.N., Allison R., Dijkstra J., 2002 – *J. Anim. Sci.* 80, 248-259. 11. Klopfenstein T.J., Erickson G.E., Bremer V.R., 2008 – *J. Anim. Sci.* 86, 1223-1231. 12. Krzyżewski J., 2011 – *Hod. Byd.* 4, 20-24. 13. Kumaragamage D., Akinremi O.O., Cho C.M., Goh T.B., 2004 – *Can. J. Soil Sci.* 84, 447-458. 14. Leytem A.B., Kwanyuen P., Thacker P., 2008 – *Poultry Sci.* 87, 2505-2511. 15. Liu K.S., Han J., 2011 – *Bioresour. Technol.* 102, 3110-3118. 16. Mayland H.F., Green L.W., Robinson D.L., Wilkinson S.R., 1990 – *Proc. 25th Ann. Pacific Northwest Nutrition Conf.*, Vancouver. 6-8 Nov. 1990; 29-41. 17. McGinn S.M., Koenig K.M., Coates T., 2002 – *Can. J. Anim. Sci.* 82, 435-444. 18. Niles G.A., Morgan S., Edwards W.C., Lalman D., 2002 – *Vet. Hum. Toxicol.* 44, 70-72. 19. Noureddini H., Malik M., Byun J., Ankeny A.J., 2009 – *Bioresour. Technol.* 100, 731-736. 20. Satter L.D., Klopfenstein T.J., Erickson G.E., 2002 – *J. Anim. Sci.* 80 (Suppl. 2), 143-156. 21. Schroeder J.W., 2010 – *Distillers grains as a protein and energy supplement for dairy cattle.* NDSU. 22. Spiehs M.J., Varel V.H., 2009 – *J. Anim. Sci.* 87, 2977-2984. 23. Swenson C., 2003 – *Livest. Prod. Sci.* 84, 125-133. 24. Zhu J., Riskowski G.L., Torremorell M., 1999 – *Trans. ASAE* 42, 175-182.

Dried distillers grains with solubles in ruminants' rations and emission of nitrogen and phosphorus into the environment

Summary

Rising production of ethanol from grains requires developments of utilization of large quantities of dried distillers' grains with solubles (DDGS). DDGS is a good and cheap feed, with a high concentration of compounds including protein, fat, phosphorus and minerals. Their content is three times higher than in grains which are the raw materials for the fermentation process. However, too high inclusion of DDGS in the mixtures results in an increase in the emissions of ammonia, odorous volatile compounds, unused protein and total phosphorus, as well as PO_4^{3-} ions in the water-soluble form from manure to the environment. Depending on the form in which the compound occurs in the feces, and consequently in the manure, the extent of its mobility in fertilized soils and eutrophication is determined. Therefore, indication of strategies, enabling effective distribution of nitrogen and phosphorus from manure is fully reasonable. The aim of this review paper is to draw attention to the composition of the manure obtained from ruminants fed with rations with DDGS inclusion and the safety of its use as a fertilizer. Participation of dried distillers' grains with solubles in rations for ruminants should not exceed 20%. It will contribute to the reduction of the release of non-utilized compounds to the environment including NH_3 and P.

KEY WORDS: feeding of ruminants, DDGS, composition of manure, fertilizer, environment