

Kwasica żwacza u krów mlecznych

Anna Brzozowska, Jolanta Oprządek

z Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt PAN w Jastrzębcu

Właściwe i stabilne funkcjonowanie żwacza jest uzależnione od kluczowego czynnika, którym jest wartość pH płynu żwacza, ponieważ wpływa ona na liczebność populacji mikroorganizmów, a także na funkcje fizjologiczne tego narządu, takie jak motoryka i wchłanianie (1). Wartość pH płynu żwacza zmienia się znacząco w ciągu doby, a odchylenia rzędu 0,5–1,0 jednostki są uznawane za powszechne (2, 3). W szczególności jest ona uzależniona od ilości fermentujących węglowodanów dostających się do żwacza z paszą (4). Łatwo fermentująca skrobia zwiększa dostępność wolnej glukozy i stymuluje wzrost większości bakterii

żwaczowych, które produkując lotne kwasy tłuszczowe (LKT) – octowy, propionowy i masłowy, przyczyniają się do obniżenia pH (5). Podczas rozkładu skrobi pewne bakterie produkują także kwas mlekowy, który jest ponad dziesięciokrotnie silniejszy niż lotne kwasy tłuszczowe (6). Nadmierna produkcja tego kwasu pociąga za sobą gwałtowny spadek pH (7), dlatego jego akumulacja musi być ograniczana przez bakterie rozkładające kwas mlekowy (np. *Selenomonas* spp., *Anaerovibrio* spp., *Megasphaera elsdenii* czy *Propionibacterium* spp.) oraz pierwotniaki (*Entodinium* spp.). Zwiększenie dostępności wolnej glukozy stymuluje wzrost bakterii

żwaczowych, które konkurują o substraty, aby dalej się rozwijać. Konkurencja ta reguluje wzrost bakterii produkujących kwas mlekowy (*Streptococcus bovis*, *Lactobacillus* spp.), dzięki czemu równowaga między produkcją i rozkładem tego metabolitu jest zachowana (7).

Kwasy powstające podczas fermentacji są biernie absorbowane przez ściany żwacza lub neutralizowane przez bufony węglanowy i fosforanowy, które w znacznych ilościach są zawarte w ślinie. Bufory te są odpowiedzialne za 30 do 40% procesów neutralizacji kwasów w żwaczu (8, 9). Dzięki tym mechanizmom u bydła karmionego dawkami zawierającymi do 50% pasz treściwych prawidłowe pH żwacza waha się w granicach 5,5–7,0 (10).

Przeżuwanie stymuluje wydzielanie śliny, co prowadzi do zwiększonego napływu substancji buforujących do żwacza. Zapobiega to gwałtownym spadkom pH i przyczynia się do poprawy zdrowotności żwacza (8). Wzrost produkcji śliny

Ruminal acidosis in dairy cows

Brzozowska A., Oprządek J., Institute of Genetics and Animal Breeding of the Polish Academy of Sciences, Jastrzębiec

The aim of this paper was to present subacute ruminal acidosis – one of the most important nutritional diseases of dairy cattle. Normal and stable rhythmic contractions of the rumen, thus normal functioning of rumen, are dependent on the pH of the rumen fluid. The normal ruminal pH value is 7 but it can fall as low as 5.5 to 6.5. Feeding rations which contain a lot of easily fermentable carbohydrates should provide proper amount of energy required for maximum milk production. However, overdosing of easily fermentable substrates may also decrease ruminal pH leading to the widespread prevalence of ruminal acidosis. From two types of acidosis – acute and subacute, the latter is of the greater importance. The subacute ruminal acidosis leads to decreased intake of feed, influencing milk production and has also negative impact on animals' health. Subacute ruminal acidosis persisting for a long time is a real challenge for diagnostics. Appropriate management and carefully formulated feeding is crucial for efficacious prevention of this considerable disorder in dairy cows.

Keywords: ruminal acidosis, dairy cattle.

jednak nie jest uzależniony od obniżającego się pH żwacza, ale prawie całkowicie zależy od ilości włókna fizycznie efektywnego w dawce (11). Pojęcie włókna fizycznie efektywnego zostało wprowadzone, aby uwzględnić fizyczne właściwości włókna neutralno-detergentowego (neutral detergent fibre – NDF), którego długie cząstki (powyżej 1 cm) pobudzają krowy do przeżuwania i wydzielania śliny, przez co zapobiegają spadkowi pH płynu żwacza (12). Odpowiednia zawartość włókna fizycznie efektywnego w diecie jest kluczowa dla zdrowia przeżuwaczy i może być podwyższona poprzez zwiększenie zawartości włókna neutralno-detergentowego w dawce (przez wprowadzenie do dawki większej ilości pasz włóknistych) lub przez zwiększenie długości cięcia komponentów dawki. Dodatek pasz objętościowych jest korzystniejszy, gdyż

jednocześnie zmniejsza się zawartość skrobi w dawce, przez co tempo fermentacji jest wolniejsze (13). Jednakże pasze, które są najbardziej skuteczne w wydłużaniu czasu przeżuwania (tj. siano i słoma) charakteryzują się niską zawartością składników pokarmowych, przez co są niepożądane w dawce wysokowydajnych krów mlecznych. Intensywne systemy produkcji starają się ograniczyć do minimum zawartość pasz objętościowych w dawce na korzyść pasz treściwych, które łatwo fermentują i zakwaszają żwacz. Pasze treściwe są pobierane przez krowy szybciej i przeżuwane krócej niż pasze objętościowe (tab. 1). W tym przypadku wydzielanie śliny jest ograniczone, mniejsza jest ilość buforów napływających ze śliny do żwacza, co prowadzi do spadku pH i wystąpienia kwasicy żwacza.

Kwasica żwacza

Wyróżniane są dwa rodzaje kwasicy – ostra (kliniczna) i podostra (podkliniczna), które mają podobną etiologię, ale są dwiema różnymi jednostkami chorobowymi (4). Kwasica ostra występuje sporadycznie w stadach krów mlecznych, natomiast kwasica podkliniczna (subacute ruminal acidosis – SARA) jest szeroko rozpowszechniona. Według badań amerykańskich szacuje się, że do 26% krów w laktacji karmionych dawką kompletną typu całkowicie wymieszana dawka (total mixed ratio – TMR), może być w stanie podklinicznej kwasicy (15, 16). W krajach europejskich przypadki podklinicznej kwasicy u krów mlecznych wynoszą około 20% (17, 18). Enemark (19) podaje, że wśród chorób związanych z żywieniem największe znaczenie ma kwasica podkliniczna.

Nadmierne spożycie łatwo fermentujących węglowodanów powoduje gwałtowny spadek pH w żwaczu, prowadząc do wystąpienia ostrej postaci kwasicy. Bakterie konkurują o dostępne substraty, które są im niezbędne do wzrostu i rozwoju, jednakże konkurencja ta nie jest wystarczająca, aby ograniczyć wzrost bakterii produkujących kwas mlekowy, tj. *Streptococcus bovis*. Wraz ze wzrostem koncentracji kwasu mlekowego pH bardzo szybko spada

(1, 5). W przypadku kwasicy ostrej za graniczne pH przyjmuje się wartość 5,0 (4, 22). Występują wtedy takie objawy kliniczne, jak: całkowite zaprzestanie pobierania paszy, bóle mierzyskowe, wzrost częstości akcji serca przekraczający 180 uderzeń na minutę (tachykardia), słabe tętno, przyspieszony oddech, biegunka, senność, letarg, aż do śmierci zwierzęcia w ciągu 24–48 godzin (4, 22). Aby zahamować kliniczną kwasicę, niezbędna jest interwencja lekarska (23). Na szczęście zaburzenie to sporadycznie występuje w stadach krów mlecznych.

Kwasica podkliniczna (przewlekła) charakteryzuje się powtarzającymi się okresami obniżonego pH. W przeciwieństwie do kwasicy ostrej, w przypadku kwasicy podklinicznej po każdym okresie obniżenia wartości pH wraca ono do norm fizjologicznych. Te okresy umiarkowanego obniżenia pH (około 5,0–5,5) trwają zazwyczaj od kilku minut do kilku godzin (23). W tym przypadku kwas mlekowy nie jest akumulowany w żwaczu i nie powoduje obniżenia pH, a spadek pH jest spowodowany przez gromadzące się w żwaczu lotne kwasy tłuszczowe (16). Wartości graniczne pH w przypadku kwasicy podklinicznej nie są jednoznacznie określone. Nie ma zgodności, które wartości pH mogą być uznane za szkodliwe dla zdrowia i produktywności krów. Za korzystne przyjmuje się pH powyżej 6,0, ponieważ poniżej tej wartości hamowany jest wzrost bakterii fibrolitycznych (24). Jak podaje Jouany (25), zmniejszenie populacji mikroorganizmów zależy bardziej od czasu trwania spadku pH niż od samej jego wielkości. Z tego względu określenie warunków w żwaczu, które by definiowały kwasicę podkliniczną jest ciągle niejednoznaczne. Na przykład Duffield i wsp. (26) uznali, że wartości pH żwacza wskazujące na podkliniczną kwasicę wynoszą 5,5–5,9 (w zależności od metody pobierania próbek płynu żwacza). Inni autorzy uwzględnili w swoich analizach długość trwania (czas poniżej danej wartości pH) lub nasilenie spadku pH (powierzchnia poniżej danej wartości pH, obliczana jako iloczyn czasu i pH poniżej ustalonej wartości; ryc. 1). Na przykład Gozho i wsp. (27) uznali, że kwasica podkliniczna występuje przy wartościach pH pomiędzy 5,2 a 5,6 trwających przez przynajmniej 3 godziny w ciągu doby. Czas trwania obniżonego pH czy powierzchnia poniżej danej wartości pH są obiecującymi wskaźnikami do monitorowania kwasicy w przypadku eksperymentów, ponieważ możliwe jest uzyskanie ciągłego zapisu zmian pH w dłuższym okresie. W ten sposób, nawet przy niewielkiej liczbie zwierząt doświadczalnych, można uzyskać dużo szczegółowych

Tabela 1. Tempo pobierania różnych pasz przez krowy (14)

Pasza	Tempo pobierania (g s.m./min)
Słoma owsiana	20
Siano	30
Kiszonka z traw	45
Siano peletowane	80
Pasza treściwa	250
Pasza treściwa w peletach	400

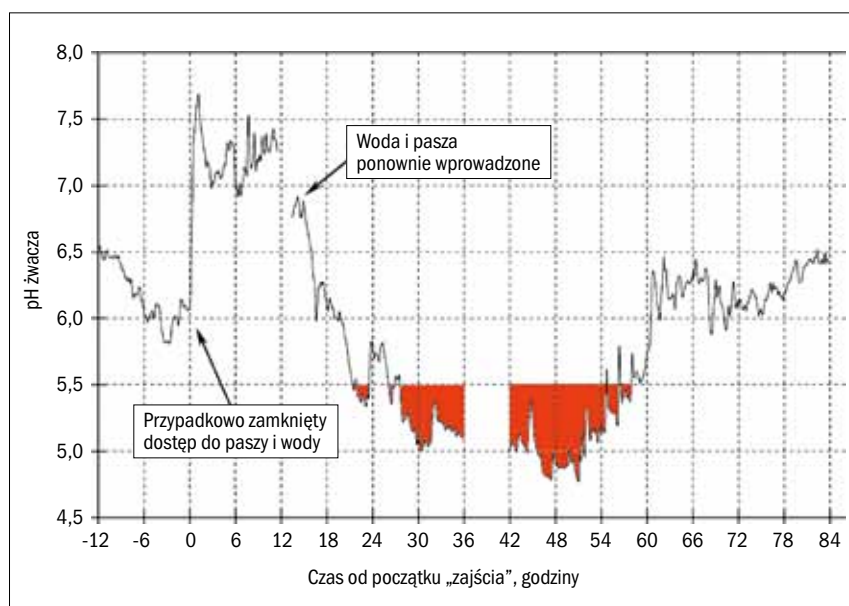
Objaśnienie: s.m. – sucha masa

danych. Jednakże użyteczność praktyczna ciągłego rejestrowania pH płynu żwacza w przypadku stad produkcyjnych może być niewielka, gdyż wymagają one użycia specjalistycznych urządzeń pomiarowych, co w przypadku dużej liczby zwierząt jest zbyt kosztowne i uciążliwe.

Komórki nabłonka żwacza nie są chronione przez śluz, dlatego są wrażliwe na chemiczne uszkodzenia przez kwasy nawet przez krótki okres trwania kwasicy podklinicznej. Z tego powodu obniżone pH może prowadzić do zapalenia bądź parakeratozy, a także owrzodzeń nabłonka żwacza (28). W przypadku zapalenia nabłonka bakterie mogą zasiedlić brodawki żwacza, a następnie przedostać się do krwi, wraz z którą są transportowane po organizmie, powodując ropnie wątroby, gromadząc się w płucach, na zastawkach serca, w nerkach czy stawach (29, 30). Konsekwencjami podklinicznej kwasicy są m.in.: ograniczone trawienie włókna, zmniejszone spożycie paszy, biegunka oraz zmniejszona zawartość tłuszczu w mleku. Bardzo często występują także problemy z kończynami, takie jak kulawizny czy ropnie racic (30, 31, 32). Objawy te są zazwyczaj nieswoiste i oddalone w czasie od wystąpienia samej choroby (19), dlatego też parametry pH żwacza są jedynym wiarygodnym narzędziem do zdiagnozowania podklinicznej kwasicy (33). Podaje się, że spadek pobrania suchej masy jest typowym objawem podklinicznej kwasicy (28, 34), jednak jest on charakterystyczny dla wielu różnych dolegliwości, a także nie może być uznany za specyficzny.

Ze względu na nieswoiste objawy, trudności w diagnozowaniu i zmniejszoną produkcję mleka, podkliniczna kwasica żwacza jest dużym problemem ekonomicznym w chowie krów mlecznych. Straty spowodowane zmniejszoną produkcją mleka są trudne do oszacowania. Wykazano, że spadek produkcji mleka spowodowany podkliniczną kwasicą wynosi 2,7 kg, produkcji tłuszczu 0,3%, a białka 0,12% na dzień (35). W doświadczeniu przeprowadzonym w Stanach Zjednoczonych straty ekonomiczne wyniosły 400\$ (ok. 1300 zł) na krowę w czasie trwania laktacji. Przyjmując 1,16 zł jako średnią cenę 1 litra mleka w skupach, (maj 2012; 36), zmniejszenie produkcji mleka o 2,7 kg dziennie przy 300-dniowej laktacji daje straty rzędu około 940 zł na krowę. Należy doliczyć do tego straty ekonomiczne wywołane przez choroby towarzyszące, które nigdy nie były oszacowane, ale uważa się, że przewyższają straty spowodowane spadkiem produkcji mleka (4).

Istnieje wiele czynników, które zwiększają prawdopodobieństwo zapadnięcia krów na kwasicę podkliniczną. Głównymi czynnikami żywieniowymi są:



Ryc. 1. Wartość pH płynu żwacza wółca rasy holstejskiej pozbawionego dostępu do paszy (godzina 0), który po ponad 12 godzinach odzyskał dostęp do paszy. Na czerwono zaznaczono powierzchnię poniżej pH 5,5 (4)

- ilość materii organicznej fermentowanej w żwaczu,
- szybkość trawienia skrobi w żwaczu,
- zawartość włókna neutralno-detergentowego w dawce,
- wielkości cząstek skarmianych pasz (37, 38).

Czynnikami środowiskowymi sprzyjającymi powstaniu kwasicy są:

- stres cieplny,
- nadmierne zagęszczenie zwierząt w oborze skutkujące zwiększoną konkurencją o paszę,
- oddzielne skarmianie poszczególnych pasz,
- ograniczenie bądź opóźnienia w dostępie do paszy,
- niewystarczające przystosowanie zwierząt do łatwo fermentujących pasz (4).

Czynnikiem, który ma ogromny wpływ na zachorowalność zwierząt jest ich skłonność osobnicza. Poszczególne osobniki wykazują ogromne zróżnicowanie, jeśli chodzi o zapadalność na podkliniczną kwasicę, nawet gdy są tak samo żywione. Spowodowane jest to najprawdopodobniej wieloma czynnikami osobniczymi, takimi jak np. tempo pobierania paszy, sortowanie paszy, ilość wydzielanej śliny i wcześniejsze przypadki zachorowania na kwasicę (7).

Zapobieganie kwasicy podklinicznej polega głównie na ograniczeniu spożycia gwałtownie fermentujących węglowodanów przez krowy, zapewnienie pasz lub dodatków buforujących i przyzwyczajanie zwierząt do dawek zawierających znaczną ilość pasz treściwych. Najskuteczniejszym sposobem ograniczenia tempa fermentacji w żwaczu jest zwiększenie zawartości pasz objętościowych w dawce, ponieważ

są one spożywane znacznie wolniej niż treściwe (23). Większa ilość pasz objętościowych w dawce to także większa zawartość włókna fizycznie efektywnego, które pobudza przeżuwanie i wydzielanie śliny, buforującej kwasy wytwarzane w procesach fermentacji. W celu utrzymania równowagi w żwaczu można także stosować suplementy, takie jak np. wodorowęglan sodu czy preparaty drożdżowe (25, 39).

Unikanie gwałtownych zmian dawek pokarmowych pomaga przeciwdziałać kwasicy podklinicznej. Ma to szczególne znaczenie, zwłaszcza w okresie okołoporodowym, kiedy krowy często są z dnia na dzień przestawiane na dawkę pokarmową opartą w znacznej mierze na paszach treściwych. Stopniowe przechodzenie z dawki dla krów zasuszonych, zawierającej znaczną ilość pasz objętościowych, na dawkę dla krów w laktacji, która zawiera znaczną ilość pasz treściwych, pomaga utrzymać koncentrację kwasu mlekowego na niskim poziomie (23). Bakterie rozkładające kwas mlekowy mają stosunkowo powolny wzrost, więc potrzebują wystarczająco dużo czasu, aby zaadaptować się do zmiany dawki (1). Tym sposobem kwas mlekowy produkowany po zjedzeniu paszy treściwej może być na bieżąco metabolizowany i nie jest akumulowany w żwaczu.

Odpowiednie nawyki związane z zarządzaniem oborą są bardzo ważne w zapobieganiu podklinicznej kwasicy (4). Regularne zadawanie pasz w postaci dawki kompletnej typu TMR o stałej porze, zamiast oddzielnego skarmiania poszczególnych komponentów, zapobiegają łączywemu pobieraniu dużych ilości

paszy treściwej w krótkim okresie (7, 40). Zwiększenie częstotliwości karmienia w ciągu doby może zmniejszyć wahania pH po posiłkach, ponieważ krowy pobierają mniejsze porcje w wolniejszym tempie. Częstsze zadawanie pasz powoduje wzrost spożycia suchej masy i w ostatecznym rozrachunku może prowadzić do niższych wartości pH niż rzadze karmienie (41).

Jednym z największych wyzwań współczesnego chowu wysoko wydajnych krów mlecznych jest dostarczenie zwierzętom takiej dawki pokarmowej, która z jednej strony pokryje ich ogromne potrzeby energetyczne, a z drugiej strony nie będzie zakłócała funkcjonowania żwacza. Dawki zawierające znaczną ilość pasz bogatych w łatwo fermentujące węglowodany zapewniają krowom odpowiednią ilość energii potrzebnej do wyprodukowania maksymalnej ilości mleka, ale równocześnie obniżają pH żwacza, przyczyniając się do powszechnego występowania kwasicy. Z dwóch rodzajów kwasicy, klinicznej i podklinicznej, ta druga stanowi większy problem, gdyż powoduje spadek produkcji mleka i zagraża zdrowiu zwierząt, a jej diagnozowanie jest trudne. Skuteczne przeciwdziałanie dłuższym okresem niskiego pH jest więc kluczowe i powinno odbywać się poprzez stosowanie odpowiednich praktyk żywieniowych. Kwasica żwacza ma także bezpośredni wpływ na zdrowie ludzi. Niskie pH żwacza i jelit spowodowane nadmiernym pobraniem pasz treściwych sprzyja rozsiałowaniu enterokrwotocznych szczepów *Escherichia coli* O157:H7 (20). Szczep ten wywołuje u ludzi m.in. ostre zapalenie żołądka i jelit, krawe biegunki oraz zagrażający życiu zespół hemolityczno-mocznicowy (21).

Częstość występowania podklinicznej kwasicy żwacza w stadzie jest uważana za wyznacznik dobrostanu krów mlecznych i opłacalności utrzymania stada.

Piśmiennictwo

- Nagaraja T.G., Titgemeyer E.C.: Ruminant acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. *J. Dairy Sci.* 2007, **90**, E17-E38.
- Dado R.G., Allen, M.S.: Continuous computer acquisition of feed and water intakes, chewing, reticular motility and ruminal pH of cattle. *J. Dairy Sci.* 1993, **76**, 1589-1600.
- Nocek J.E., Allman J.G., Kautz W.P.: Evaluation of an indwelling ruminal probe methodology and effect of grain level on diurnal pH variation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2002, **85**, 422-428.
- Krause M.K., Oetzel G.R.: Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: a review. *Anim. Feed Sci. Tech.* 2006, **126**, 215-236.
- Owens F.N., Secrist D.S., Hill W.J., Gill D.R.: Acidosis in cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 1998, **76**, 275-286.
- Van Soest P.J.: Function of the Ruminant Forestomach. W: *Nutritional Ecology of the Ruminant*, 2nd ed. Cornell University Press, New York 1994, s. 230-252.
- Schwartzkopf-Genswein K.S., Beauchemin K.A., Gibb Jr. D.J., Crews D.H., Kickman D.D., Streeter M., McAllister T.A.: Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 2003, **81**, E149-E158.
- Beauchemin K.A.: Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1991, **74**, 3140-3151.
- Allen M.S.: Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.* 1997, **80**, 1447-1462.
- Phillips N., Mottram T., Poppi D., Mayer D., McGowan M.R.: Continuous monitoring of ruminal pH using wireless telemetry. *Anim. Prod. Sci.* 2010, **50**, 72-77.
- Maekawa M., Beauchemin K.A., Christensen D.A.: Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2002, **85**, 1176-1182.
- Mertens D.R.: Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1997, **80**, 1463-1482.
- Yang W.Z., Beauchemin K.A.: Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal pH. *J. Dairy Sci.* 2007, **90**, 2826-2838.
- Phillips C.: Nutritional Behaviour. W: *Cattle Behaviour and Welfare*, 2nd ed. Blackwell Science Ltd, United Kingdom 2002, s. 123-151.
- Garret E.F., Nordlund K.V., Goodger W.J., Oetzel G.R.: A cross-sectional field study investigating the effect of periparturient dietary management on ruminal pH in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1997, **80**, 169 (abstrakt).
- Oetzel G.R., Nordlund K.V., Garrett E.F.: Effect of ruminal pH and stage of lactation on ruminal lactate concentrations in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1999, **82**, 38 (abstrakt).
- Kleen J.L., Hooijer G.A., Rehage J., Noordhuizen J.P.T.M.: Rumenocentesis (rumen puncture): a viable instrument in herd health diagnosis. *Deutsch Tierarztl. Woch.* 2004, **111**, 458-462.
- Krzyżewski J.: Kwasica (niestrawność kwaśna) – groźne schorzenie metaboliczne zwierząt przeżuwających. *Przeгляд hodowlany* 2010, **7**, 8-11.
- Enemark J.M.D.: The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *Vet. J.* 2008, **176**, 32-43.
- Russell J.B., Rychlik J.L.: Factors that alter rumen microbial ecology. *Science* 2001, **292**, 1119-1122.
- Money P., Kelly A.F., Gould S.W.J., Denholm-Price J., Threlfall E.J., Fielder M.D.: Cattle, weather and water: mapping *Escherichia coli* O157:H7 infections in humans in England and Scotland. *Environ. Microbiol.* 2010, **12**, 2633-2644.
- Eddy R.G.: Alimentary Conditions. W: Andrews A.H., Blowey R.W., Boyd H., Eddy R.G. (edit.): *Bovine Medicine, Diseases and Husbandry of Cattle*, 2nd ed., Blackwell Science Ltd, United Kingdom 2004, s. 821-859.
- Beauchemin K., Penner G.: New developments in understanding ruminal acidosis in dairy cows. *Proc. 18th Annual Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Indiana, USA 2009, s. 6-17.
- Shi Y., Weimer P.J.: Response surface analysis of the effects of pH and dilution rate on *Ruminococcus flavefaciens* FD-1 in cellulose-fed continuous culture. *Appl. Environ. Microb.* 2002, **58**, 2583-2591.
- Jouany J.-P.: Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. *Anim. Reprod. Sci.* 2006, **96**, 250-264.
- Duffield T., Plaizier J.C., Fairfield A., Bagg R., Vessie G., Dick P., Wilson J., Aramini J., McBride B.: Comparison of techniques for measurement of rumen pH in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2004, **87**, 59-66.
- Gozho G.N., Plaizier J.C., Krause D.O., Kennedy A.D., Wittenberg K.M.: Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *J. Dairy Sci.* 2005, **88**, 1399-1403.
- Garry F.B.: Indigestion in ruminants. W: Smith, B.P. (edit.): *Large Animal Internal Medicine*, 3rd ed. Mosby, St. Louis and Baltimore 2002, s. 722-747.
- Nordlund K.V., Garrett E.F., Oetzel G.R.: Herd-based rumenocentesis: a clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian – Food Animal* 1995, **17**, S48-S56.
- Nocek J. E.: Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 1997, **80**, 1005-1028.
- Plaizier J.C., Krause D.O., Gozho G.N., McBride B.W.: Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.* 2008, **176**, 21-31.
- Aschenbach J.R., Penner G.B., Stumpff F., Gäbel G.: Ruminant Nutrition Symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *J. Anim. Sci.* 2011, **89**, 1092-1107.
- Keunen J.E., Plaizier J.C., Kyriazakis L., Duffield T.F., Widdows T.M., Lindinger M.L., McBride B.W.: Effects of a subacute rumen acidosis model on the diet selection of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2002, **85**, 3304-3313.
- Krajcarski-Hunt H., Plaizier J.C., Walton J.-P., Spratt R., McBride B.W.: Short communication: effect of subacute ruminal acidosis on in situ fiber digestion in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2002, **85**, 570-573.
- Stone W.C.: The effect of subclinical rumen acidosis on milk components. *Proc. of the Cornell Nutrition Conference*. New York 1999, s. 40-46.
- <http://www.portalspozywczy.pl/mleko/wiadomosci>
- Stone W.C.: Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2004, **87**, E13-E26.
- Zebeli Q., Aschenbach J.R., Tafaj M., Boguhn J., Ametaj B.N., Drochner W.: Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 2012, **95**, 1041-1056.
- Loor J.J., Ferlay A., Ollier A., Ueda K., Doreau M., Chilliard Y.: High-concentrate diets and polyunsaturated oils alter trans and conjugated isomers in bovine rumen, blood, and milk. *J. Dairy Sci.* 2005, **88**, 3986-3999.
- Greer A.M., Leslie K.E., Mason G.J., McBride B.W., DeVries T.J.: Effect of feeding method on the behavior and growth of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 2010, **93**, 1668-1676.
- Oetzel G.R., Nordlund K.V.: Effect of dry matter intake and feeding frequency on ruminal pH in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1998, **81**, 297.