

Rumen asidozuna fizyopatolojik bakış

Hakan ÖZTÜRK*, İlsin PİŞKİN**

Öz: Rumen asidozu, ruminantların kolay fermente olabilir karbonhidratları aşırı miktarda tüketmesi sonucunda oluşan en yaygın beslenme bozukluklarından birisidir. Bu tür karbonhidratların fazla tüketilmesi başlangıçta tüm rumen mikroorganizmalarının gelişimini ve rumen fermantasyonunu uyarır. Bu durum organik asitlerin (uçucu yağ asitleri ve laktik asit gibi) patolojik düzeylerde rumende birikmesine neden olur. Rumen epitelinin taşıma işlevi ve tükürük salınımı ile bu organik asitlerin neden olduğu asidite yeterince tamponlanamayacağından rumen pH'sı düşer. Rumen asidozu için sınır değer genel olarak pH 5,6 kabul edilir. Akut asidoz için kabul edilen sınır pH 5,0 ve aşağısı iken, subakut ya da kronik asidoz için bu değer 5,0–5,6 aralığıdır. Akut rumen asidozunda pH'nın 5,0'in altına düşmesi, laktik asit birikmesinden kaynaklanır. Bu durum, asit ortamda laktik asidi fermente eden bakteriler ve protozoonların gelişiminin baskılanması, buna karşın aside dayanıklı laktik asit üreten bakterilerin gelişiminin uyarılmasının bir sonucudur. Subakut ya da kronik asidozda ise pH'nın 5,6'nın altına düşmesinden laktik asit değil, uçucu yağ asitleri sorumludur. Burada laktik asidin rumen lümeninde birikmemesinin sebebi, laktik asidi uçucu yağ asitlerine fermente eden bakterilerin bu pH aralığında hala aktif olmasından kaynaklanmaktadır. Bahsi geçen mikrobiyal ve biyokimyasal değişiklikler rumen epitelinin bariyer ve taşıma işlevlerinde bozulmalara ve çok sayıda fizyopatolojik sorunun çıkmasına aracılık etmektedir. Bu derlemede, rumen asidozunun gelişim süreci içerisinde rumen lümeni ve duvarındaki değişiklikler ile bozulan fizyolojik mekanizmalar üzerinde durulacaktır.

Anahtar sözcükler: Fizyolojik düzenleme, pH, Rumen asidozu.

Physio-pathological aspect of ruminal acidosis

Abstract: Ruminal acidosis is one of the most common nutritional disorders in domestic ruminants and it usually occurs when ruminants ingest an excessive amount of readily fermented carbohydrates. High intake of such carbohydrates first stimulates growth rates of all

ruminal microorganisms resulting in an overall increase in the rate of fermentation. This situation leads to a non-physiological accumulation of total organic acids (volatile fatty acids and lactic acid) in the rumen. Since the production of these acids is not compensated by transport function of the rumen epithelium and by buffer inflow with the saliva the ruminal pH drops. Ruminal pH of 5.6 or below is generally considered the benchmark for ruminal acidosis. Acute ruminal acidosis is a condition that occurs when the ruminal pH is approximately less than 5.0, whereas the subacute or chronic acidosis is defined as a ruminal pH of approximately 5.0 to 5.6. In acute acidosis, the reason for pH to reach 5.0 or below is related to lactate accumulation and to the decrease in the growth rates of lactic acid fermenting bacteria and protozoa to the profit of a lactic acid producing, acido-tolerant bacterial population. In subacute or chronic ruminal acidosis, the reason for pH to drop below 5.6 is not related to lactate accumulation, but to that of volatile fatty acids. In this form of ruminal acidosis, lactic acid does not accumulate in the rumen lumen because lactic acid fermenting bacteria still active and rapidly metabolize it to volatile fatty acids. These microbial and biochemical changes lead to impairments in the barrier and transport function of the rumen epithelium and to a number of physio-pathological consequences. This review mainly addresses the changes in the rumen lumen and in the rumen wall, as well as impaired physiological mechanisms during the development of ruminal acidosis.

Key words: physiological regulation, pH, Ruminal acidosis.

Giriş

Çabuk gelişen ve yüksek verimli ruminantların enerji gereksinimi genel olarak fazla miktarda kolay sindirilebilir karbonhidratları içeren rasyonlarla karşılanır. Bu tip rasyonların ani ve alıştırılmaksızın ruminantlar tarafından fazla miktarda tüketilmesi rumen mikroflora ve fermantasyonu üzerinde önemli etkilere yol açarak rumen pH'sını düşürmektedir. Rumen asi-

* Arş. Gör. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD, 06110, Dışkapı - Ankara

** Prof. Dr., Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Fizyoloji AD, 06110, Dışkapı - Ankara

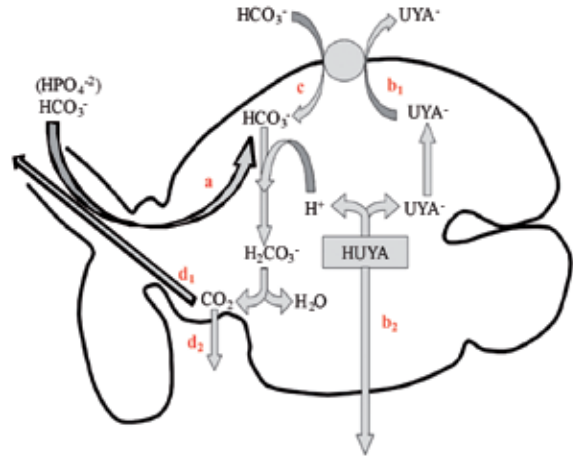
dozu olarak bilinen bu durum ruminantların en yaygın beslenme bozukluklarından birisidir (9). Kolay sindirilebilir karbonhidratların tüketim miktarına, sıklığına ve süresine bağlı olarak, rumen asidozu akut veya subakut ya da kronik rumen asidozu şeklinde ortaya çıkabilmektedir (14).

Rumen asidozunun klinik görünümü ve patolojisi üzerine çok sayıda makale yazılmıştır. Bu derlemede diğerlerinden farklı olarak rumen lümeni ve duvarındaki değişiklikler ile bozulan fizyolojik mekanizmalar üzerinde durulacaktır.

Rumen lümeninde pH'nın düzenlenmesi

Genel olarak fizyolojik rumen pH'sı 5,5-7,0 arasında kabul edilir ve bu değer rumen fermantasyonu sonucu oluşan uçucu yağ asitleri (UYA) üretimi, tükürüğün tamponlayıcı etkisi, rumen epitelinden bikarbonat (HCO_3^-) salınımı, UYA'ların rumen epitelinden emilimi ve sonraki sindirim sistemi kısımlarına iletilmesi arasındaki denge ile belirlenir (11). Rumen sıvısında, bikarbonat, UYA, fosfatlar, proteinler, peptitler, aminoasitler ve amonyak gibi çok sayıda tampon maddede bulunmaktadır (6). Fizyolojik pH aralığında rumendeki tamponlamayı büyük ölçüde bikarbonat sağlarken, pH'nın 6'nın altına indiği durumlarda bu görevi UYA'lar üstlenir (3, 9). Bunun sebebi ilgili tampon maddelerin pKa (asit iyonizasyon sabiti) değerleridir (bikarbonat: 6,1; UYA'lar: 4,9). Henderson-Hasselbalch denklemine göre bir tampon çözeltideki tampon sistemlerin pKa değeri çözelti pH'sına ne kadar yakınsa o çözelti o kadar iyi bir tampon çözeltidir. Rumendeki diğer tampon sistemler ya konsantrasyonlarının düşük olması ya da pKa değerlerinin rumen pH'sından uzak olması nedeniyle ruminal tamponlamada önemli bir etkiye sahip değildirler (3). Ruminal fermantasyon sonucu oluşan asit ürünler rumendeki alkali maddeleri tükettiğinden bunların sürekli yerine koyulması gerekmektedir. Eksilen bu kısım, tükürük salınımı ve rumen epitelinin taşıma faaliyetleri ile tekrar yerine konulur. Şekil 1'de rumendeki pH düzenlenmesi özetlenmiştir.

Ruminantlarda fazla tükürük salınımı (sığırlarda 60-160 l/gün, koyunlarda 6-16 l/gün) ve tükürük ile bol miktarda bikarbonat ve fosfatın rumene ulaşması, rumen pH'sını ancak 4,5 civarlarında tutabilmektedir. (2, 3). Bununla birlikte tükürük üretimi, yem alımı, geviş getirme, rasyonun içeriği ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Örneğin, kaba yemce zengin beslemelerde geviş getirme süresi ve sıklığında artma, buna bağlı olarak da tükürük salınımında belirgin bir yükselme gözlenmektedir (3, 6).



Şekil 1: Rumende pH'nın düzenlenmesi (a. Tükürükle HCO_3^- ve HPO_4^{2-} salınımı, b_1 ve b_2 . Ayrılmış ve ayrılmamış UYA'ların emilimi, c. Rumen epitel hücrelerinden HCO_3^- salınımı, d_1 ve d_2 . CO_2 'nin ruktus ve kana emilim yollarıyla uzaklaştırılması; Şekil, Gäbel (1990) ve Gäbel ve arkadaşlarına (2002) göre düzenlenmiştir.

Figure 1: pH regulation in the rumen (a. Inflow of HCO_3^- , HPO_4^{2-} with the saliva, b_1 and b_2 . Absorption of dissociated and non-dissociated volatile fatty acids, c. Secretion of HCO_3^- by the rumen epithelium, d_1 and d_2 . Remove of CO_2 by eructation and by trans-ruminal permeation into the blood; Figure modified from Gäbel (1990) and Gäbel et al. (2002).

Rumen epitelinde pH'nın düzenlenmesi

Rumen lümeninde pH'nın düzenlenmesinde rumen epitelinin önemi büyüktür. Özellikle konsantre yem ağırlıklı beslemelerde tükürük salgılanmasındaki belirgin azalma düşünüldüğünde pH'nın düzenlenmesinde rumen epitelinin önemi daha iyi ortaya çıkmaktadır. Ruminal fermantasyon sonucu oluşan ve hayvanın enerji gereksiniminin yaklaşık % 75'ini karşılayan UYA'ların (başlıca asetik, propiyonik ve bütirik asitler) rumen epitelinden hızla emilip rumenden uzaklaştırılması bir yandan ruminal pH'nın tamponlamasına katkı sağlarken, diğer yandan da rumen epitel hücrelerinde pH'nın düşmesine ve bu hücrelerin asidoz riskiyle karşılaşmasına neden olmaktadır (1, 7, 13). Karbonhidratların rumende mikrobiyal yıkımıyla oluşan CO_2 'de (yetişkin bir sığırın rumeninde günde 500-1500 l fermantasyon gazı üretilmekte bunun ise % 50-60'ı CO_2 'den oluşmaktadır) diğer bir asit olarak etki yapar (7, 8, 13). Hücre içi pH'yı etkileyen bir diğer faktör ise UYA'ların rumen epitelinde katabolize edilerek asit ürünlere dönüştürülmesidir. Asetik asit neredeyse hiç, propiyonik asit oldukça düşük düzeyde, bütirik asit ise % 90 oranında hücre içinde yıkılarak β -hidroksibütirik asit, asetoasetik asit, laktik asit ve CO_2 gibi pH'yı düşüren ürünlere dönüştürülür (7, 13).

Ussing inkübasyon sistemi ile yapılan araştırmalar rumen epitelinde Cl/HCO_3^- ve/veya UYA/ HCO_3^- değiştiricilerinin (exchanger) varlığına işaret etmektedir (7). Gerçi bu iki sistem hücre içi bikarbonat iyonlarını hücre dışı Cl^- ve UYA'lar ile değiştirdiğinden hücre içi asitliği artırıcı yönde etki yapar. Ancak hücre içi pH'nın düşmesi diğer düzenleyici mekanizmaları uyarmaktadır. Bu mekanizmalar, apikal olarak yerleşmiş Na^+/H^+ değiştiricisi ve bazolateral olarak yerleşmiş $H^+/Monokarboksilat$ taşıyıcılarıdır (7, 13). Na^+/H^+ değiştiricisi, hücre içi hidrojen iyonlarını intraruminal sodyum iyonları ile yer değiştirir. Hücre içine alınan sodyum iyonları Na^+/K^+ -ATPaz pompası yardımıyla bazolateral olarak hücreden uzaklaştırılarak tekrar hücre içi sodyum gradienti sağlanır (11). Monokarboksilat taşıyıcıları ise UYA'ların yıkım ürünleri olan monokarboksilatları (β -hidroksibütirat, asetoasetat ve laktat gibi) hidrojen iyonları ile birlikte kan dolaşımına taşır (7). Bu sayede bir taraftan hücre içi protonlar uzaklaştırılırken diğer taraftan kana taşınan monokarboksilatlar karaciğer dışındaki birçok doku tarafından enerji kaynağı olarak kullanılır (4).

Kompanze edilemeyen rumen asidozunun sonuçları

Rumen asidozu için kritik pH değeri genel olarak 5,6 kabul edilir. Subakut veya kronik rumen asidozundaki kritik sınır 5,6–5,0 aralığı iken, akut rumen asidozunda bu sınır 5,0 ve aşağısı olarak değerlendirilir. Akut rumen asidozunda pH'nın 5,0'ın altına inmesinden laktik asit sorumludur. Bu durum aslında rumendeki laktik asit üretimi ve tüketimi arasındaki dengenin bozulmasının bir sonucudur. Subakut rumen asidozunda ise pH'nın 5,6'nın altına inmesinden UYA'lar sorumludur. Burada UYA'ların üretim miktarları rumen epitelinin emilim kapasitesinin çok üzerindedir (10, 14). Subakut rumen asidozunda da aslında laktik asit üretimi vardır. Ancak bu formda gözlenen hafif asidik şartlarda hala laktolitik bakteriler aktiftir ve laktatı hızla UYA'lara metabolize ederler (5).

Rumen asidozuna bağlı bakteriyel popülasyondaki değişim özellikle laktik asit üreten ve tüketen bakterilerde gözlenir. Rumende çok sayıda laktik asit üreten bakteri türü olmasına rağmen *Streptococcus bovis*'in rumen asidozunun gelişiminde özel bir yeri vardır. *Strep. bovis*'in en önemli özelliği nişastayı çok hızlı fermente edebilmesi ve üretmesi için ihtiyaç duyduğu sürenin 12 dakikadan daha az olmasıdır (12). Bu bakteri glikozdan asetat, format ve etanol gibi fermentasyon ürünleri oluşturabilmesine rağmen substrat bolluğunda ve pH 5,6'nın altında laktik asit üretim yolunu tercih

eder. *Strep. bovis*'in üreme hızı yalnızca konsantr eyme adapte olmamış hayvanlarda çok yüksektir. Konsantr eyme adapte olan hayvanlarda *Strep. bovis*'in ruminal sayısı neredeyse kaba yemle beslenenlerdeki kadardır (14). Konsantr eyme adapte olmuş ruminantlarda gözlenen asidoza direncin sebebi bu hayvanlarda rumen papillalarının uzunluk ve sayısının artmasına bağlı emilim yüzeyinin genişlemesi ile laktolitik bakterilerin asit ortama adapte olabilmeleridir. Bu sayede UYA'lar hızla rumen epitelinden emilip ortamdaki uzaklaştırılırlar (6, 9, 14).

Strep. bovis'in substrat bolluğunda hızla üreyerek laktik asit üretmesi ve pH'yı düşürmesi normal rumen florasının gelişimini baskılar. Ancak ilerleyen asidoz karşısında (pH 5'in altında) kendi gelişimi de baskılanır. Bu aşamada artık *Strep. bovis*'in rolü sona erer ve asidik şartları çok daha iyi tolere edebilen laktobasiller baskın hale gelir. *Megasphaera elsdenii* ve *Selenomonas ruminantium* ssp. *lactilytica* gibi sağlıklı rumen ortamında baskın olan laktolitik bakterilerin de asidik rumen şartlarında baskılanmasıyla laktik asit yoğunluğu daha da artar (14). Asit ortama oldukça hassas olan protozoonlar da pH 5,5'in altında yaşayamazlar (10).

Asidik rumen şartlarında, büyük kısmı ayrışmamış formda olan uçucu yağ asitleri (HUYA) yağda iyi çözümlerinden dolayı rumen epitelinden hızla emilirler. Hücre içine alınan hidrojen iyonlarının miktarı çok fazladır ve bunların uzaklaştırılmasında görevli Na^+/H^+ değiştiricisinin kapasitesini aşar. Hücre içinde biriken protonlar pH'yı düşürerek Na^+/K^+ -ATPaz pompasının etkinliğini baskılar. Hücre içinde biriken sodyum iyonları hücrenin su alıp şişmesine ve Na^+/H^+ değiştiricisinin baskılanmasına neden olur. Bu durum protonların hücre içerisinde daha fazla birikmesine yol açar (11). Rumen epitelinin taşıma işlevini bozan bu reaksiyonlar zinciri asidozun giderek şiddetlenmesine neden olur. Sonuçta rumen epitel hücrelerinde sitoplazmik vakuollerden hücre yıkımlanmasına kadar varan patolojiler şekillenir. Rumen duvarında erozyonlar, ülserler oluşur ve epitelyal bariyer ortadan kalktığından organizma patojen mikroorganizmaların istilasına açık hale gelir (7).

Rumen asidozunun akut formu tüketilen kolay sindirilebilir karbonhidratların miktarına, türüne ve hayvanın adaptasyon durumuna bağlı olarak 24 saat içinde ölümcül olabilmektedir. Rumen duvarından emilen asitlerin kandaki tampon sistemlerce nötralize edilememesi sistemik asidozun fizyopatolojik tabloya eklenmesine neden olur. Hasta hayvanlarda ruminitis, ruminal şişkinlik, dehidrasyon, anoreksi, abdominal

ağrı, taşikardi, taşipne, diyare, letarji, sendeleme, yerden kalkamama ve hatta ölüm gözlenebilmektedir (9, 10).

Akut rumen asidozu genellikle bireysel vakalar olarak ortaya çıkarken subakut veya kronik rumen asidozuna sürü bazında rastlanır ve büyük ekonomik kayıplara yol açar. Bu form çoğu zaman kurudaki ineklere laktasyona geçişle birlikte yüksek enerjili laktasyon diyetinin verilmesinde olduğu gibi geçiş dönemlerinde gözlenir. Subakut rumen asidozundaki fizyolojik sınırlar dışına çıkan geçici pH düşmeleri ruminitis, parakeratozis, rumen duvarında erozyonlar ve ülserleşmelere neden olur. Rumen duvarının bariyer fonksiyonu bozulduğundan mikroorganizmalar portal dolaşıma geçer ve karaciğerde apseler oluşturur. Apselerden sistemik dolaşıma geçen bakteriler pnömoni, endokardit, piyelonefrit, artrit gibi hastalıklara yol açabilir (10). Ayrıca hayvanlarda yem tüketiminde azalma, kilo kaybı, rumen hareketlerinde azalma, laminitis, topallama, diyare, süt yağında azalma, dışkının kıvamında yumuşama ve dışkıda sindirilmemiş tahıl tanelerinin görülmesi de bildirilmiştir (9).

Sonuç

Kolay fermente olabilir karbonhidratların aniden ve fazla miktarda tüketilmesi rumende organik asitlerin büyük miktarlarda üretilmesine yol açar. Fazla miktarda konsantre yem tüketilmesi tükürük salgısını da azaltarak tükürüğün tamponlayıcı etkisini sınırlandırır. Organik asitlerin üretim miktarının rumen epitelinin emilim kapasitesini aşmasına bağlı rumen lümeninde birikimi de ruminal pH'nın düşmesinin bir diğer nedenidir. Bunun dışında düşük pH'da rumen epitelinden hızla emilen organik asitlerin hücre içi pH'yı düşürerek Na⁺/H⁺ değiştiricisi ve Na⁺/K⁺-ATPaz pompasının işlevini baskılaması da rumen epitelinin pH'yı düzenleyici etkisini sınırlandırmaktadır. Hücre içi biriken hidrojen ve sodyum iyonları hücrenin su alıp şişmesine ve parçalanmasına yol açar. Bariyer fonksiyonu bozulan rumen duvarında yaygın erozyonlar ve ülserler oluşur. Bunu birçok patolojik olgu takip eder. Rumen asidozunda koruyucu önlemlerin alınması çok önemlidir. Rumen mikroorganizmalarının ve rumen duvarının yeni besleme şartlarına adapte olabilmesi için konsantre yem oranı yavaş yavaş artırılmalı ve birkaç haftalık zaman dilimi içerisinde en yüksek konsantre yem oranına ulaşılmalıdır. Rasyon yeterince yapısal maddeler içermeli ve kaba yemler çok küçük boyutlara kadar öğütülmelidir. Bu sayede artan çiğneme ve geviş getirme aktiviteleri ile tükürük salınımı uyarılacaktır. Yem tüketimi, ruminasyon durumu, dışkının kıvamı, süt yağ oranı

gibi hayvanların sağlık ve verim özellikleri de takip edilmelidir.

Kaynaklar

1. **Bergmann EN** (1990): *Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract of various species.* *Physiol Rev*, **70**, 567–590
2. **Breves G** (2000): *Nahrungsaufnahme und Speichelsekretion.* 304. In: WV Engelhardt, G Breves (Ed), *Physiologie der Haustiere.* Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart
3. **Gäbel G** (1990): *Pansenazidose: Interaktionen zwischen den Veränderungen im Lumen und in der Wand des Pansens.* *Übersichten zur Tierernährung*, **18**, 1–38
4. **Gäbel G, Aschenbach JR, Müller F** (2002): *Transfer of energy substrates across the ruminal epithelium: implications and limitation.* *Anim Health Res Rev*, **3**, 15–30
5. **Goad DW, Goad CL, Nagaraja TG** (1998): *Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers.* *J Anim Sci*, **76**, 234–241
6. **Habben G** (2006): *Einfluß von Saccharomyces boulardii und Bacillus cereus var. toyoi auf artifizielle Absenkung des ruminalen pH-Wertes in-vitro.* Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
7. **Huhn K** (2004): *Regulationsmechanismen des intrazellulären pH-Wertes im Pansenepithel des Schafes.* Dissertation, Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig
8. **Kaske M** (2000): *Vormagenmotorik und Ingestapassage.* 342. In: WV Engelhardt, G Breves (Ed), *Physiologie der Haustiere.* Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart
9. **Kleen JL** (2004): *Prevalence of subacute ruminal acidosis in Deutch dairy herds – A field study,* PhD Thesis, School of Veterinary Medicine Hanover
10. **Krause KM, Oetzel GR** (2006): *Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review.* *Anim Feed Sci Technol*, **126**, 215–236
11. **Martens H** (2000): *Resorptionsvorgänge.* 360–361. In: WV Engelhardt, G Breves (Ed), *Physiologie der Haustiere.* Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart
12. **McAllister TA, Cheng KJ, Rode LM, Forsberg CW** (1990): *Digestion of barley, maize, and wheat by selected species of ruminal bacteria.* *Appl Environ Microbiol*, **56**, 3146–3153
13. **Müller F** (2000): *Einfluss schwacher Säuren auf den intrazellulären pH-Wert oviner Pansenepithelzellen.* Dissertation, Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig
14. **Nagaraja TG, Titgemeyer EC** (2007): *Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook.* *J Dairy Sci*, **90**, E17-E38

Geliş Tarihi: 31.08.2009 / Kabul Tarihi: 10.09.2009

Yazışma Adresi:

Arş. Gör. Dr. Hakan ÖZTÜRK
Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı, 06110, Dışkapı / ANKARA
E-posta: hakan.ozturk@veterinary.ankara.edu.tr