Atatürk Üniv., Ziraat Fak., Derg., 43 (2), 197-204, 2012
J. of Agricultural Faculty of Atatürk Univ., 43 (2), 197-204, 2012
ISSN : 1300-9036 Derleme/Rewiev

Ruminant Hayvanlarda Metan Üretimini Azaltmaya Yönelik Çalışmalar

Adem KAYA Hatice KAYA Şaban ÇELEBİ
Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, 25240, Erzurum (mail: akaya@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 02.05.2012 Kabul Tarihi : 09.08.2012

ÖZET: Ruminantlar, diğer çiftlik hayvanlarının ve insanların kısmen sindirebildiği veya hiç sindiremediği selülozu ve protein olmayan nitrojenli bileşikleri (PON) değerlendirebildikleri için besin zincirinde oldukça önemli rol oynarlar. Ancak ruminantların bazı dezavantajları da vardır. Bu hayvanlarda ruminal sindirimin doğal bir sonucu olarak oluşan ve sera gazı olan metan hem ekonomik hem de ekolojik bir sorundur. Bu derlemede ruminantlarda metan üretimini azaltmaya yönelik uygulanan yöntemler tartışılacaktır.

Anahtar kelimeler: Ruminant, metan.

Studies to Reduce The Production of Methane from Ruminant

ABSTRACT: Ruminant animals play an important role in the food chain for evaluate cellulose and non-protein nitrogenous (NPN) compounds absorbed partially or not by other farm animals and humans. However, ruminant animals also bring some disadvantages. Methane, produced as a natural consequence of the ruminal digestion and it is a potent green house gas, is a problem, both ecologically and economically. The aim of this paper is to discuss methods used to reduce the production of methane in ruminants.

Key Words: Ruminants, methane

GİRİŞ

Et, süt, yün ve deri gibi ekonomik yönden değerli olan ürünlerin kaynağını oluşturan ruminant hayvanlar, hayvancılık sektörünün vazgeçilmez unsurlarıdırlar. Diğer çiftlik hayvanlarının ve insanların kısmen sindirebildiği veya hiç sindiremediği selülozu ve protein olmayan nitrojenli bileşikleri (PON) değerlendirebildikleri için ruminant hayvanlar besin zincirinde oldukça önemli rol oynarlar (Öztürk, 2007). Sindirim sistemleri ve buraya yerleşmiş mikroorganizmalar (bakteri, protozoa ve mantarlar) sayesinde yapısal karbonhidrat unsurlarını sindirerek insanların ve diğer memeli hayvanların değerlendirebileceği gıda formuna dönüştürebilmeleri gibi avantajları yanında metanogenezis, besin maddelerinin yetersiz sindirimi ve azot kaybı gibi bazı olumsuz yönleri de vardır (Kocaoğlu Güçlü ve Kara, 2010). Metanogezis (metan oluşumu), ruminant hayvanların rumenlerinde besin maddelerinin anaerobik fermantasyonu sonucu oluşan CO_2 ve H_2' in metanojen bakteriler tarafından Metana (CH_4) indirgenmesi olayıdır (Klieve ve Hegarty 1999, Görgülü vd., 2009). Yemle alınan toplam enerjinin %2-12'sini Metan enerjisi oluşturmaktadır (Canbolat vd., 2011). Ergin bir sığırın rumeninde oluşan metan miktarı 300 litre/gün civarında olup (Breves ve Leonhard-Marek, 2000) bunun enerji değeri yaklaşık olarak 4000 kkal'ye ulaşmaktadır ki bu da 550 kg canlı ağırlığında bir sığırın yaşama payı enerji ihtiyacının 1/3'ünü oluşturmaktadır (Aksoy vd., 2000). Metan gazının barındırdığı enerjiden ruminant hayvanlar faydalanamaz ve geğirme yoluyla (ruktus) atmosfere atılır. Dolayısıyla bu durum, ekonomik olduğu kadar ekolojik açıdan da problemlere yol açmaktadır (Öztürk, 2008). Dünyadaki mevcut ruminant hayvanlar tarafından yıllık 80-115 milyon ton civarında üretilen metan gazının küresel ısınmadaki payı CO_2'den 23 kat daha fazladır ve insan kaynaklı metan üretiminin %15-20'sini oluşturmaktadır (IPCC, 2001). Bu nedenle metan emsiyonunu azaltıcı stratejiler ve çalışmalar öncelik kazanmaktadır. Bu stratejiler kısa vadede hayvan performansının iyileştirilmesi, enerji kaybının önlenmesi, uzun vadede ise çevresel önemi bakımından üzerinde acilen durulması gereken bir konudur (Yurtseven, 2010).

Ruminant hayvanlar tarafından üretilen metan gazının miktarı birçok faktör tarafından etkilenmektedir (Köknaroğlu ve Akünal, 2010). Bu faktörler; rasyonun kesif yem oranı, kaba yem ve kalitesi, rasyondaki karbonhidrat tipi, inhibitörler, organik asit, immizatörler, probiyotikler, fenolik madde içeren bitkiler ile yem tüketimi seviyesi, hayvanın verim düzeyi, yemin sindirim kanalından geçiş hızı, yemlerde iyonofor bulunması, rasyondaki yağın doymuşluk derecesi, sıcaklık ve yemden yararlanmadır (McAllister vd., 1996; Nkrumah vd., 2006).

Bu derlemede, ruminant hayvanlarda metan oluşumu ve metan üretimini azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar irdelenecektir.

RUMENDE METAN OLUŞUMU

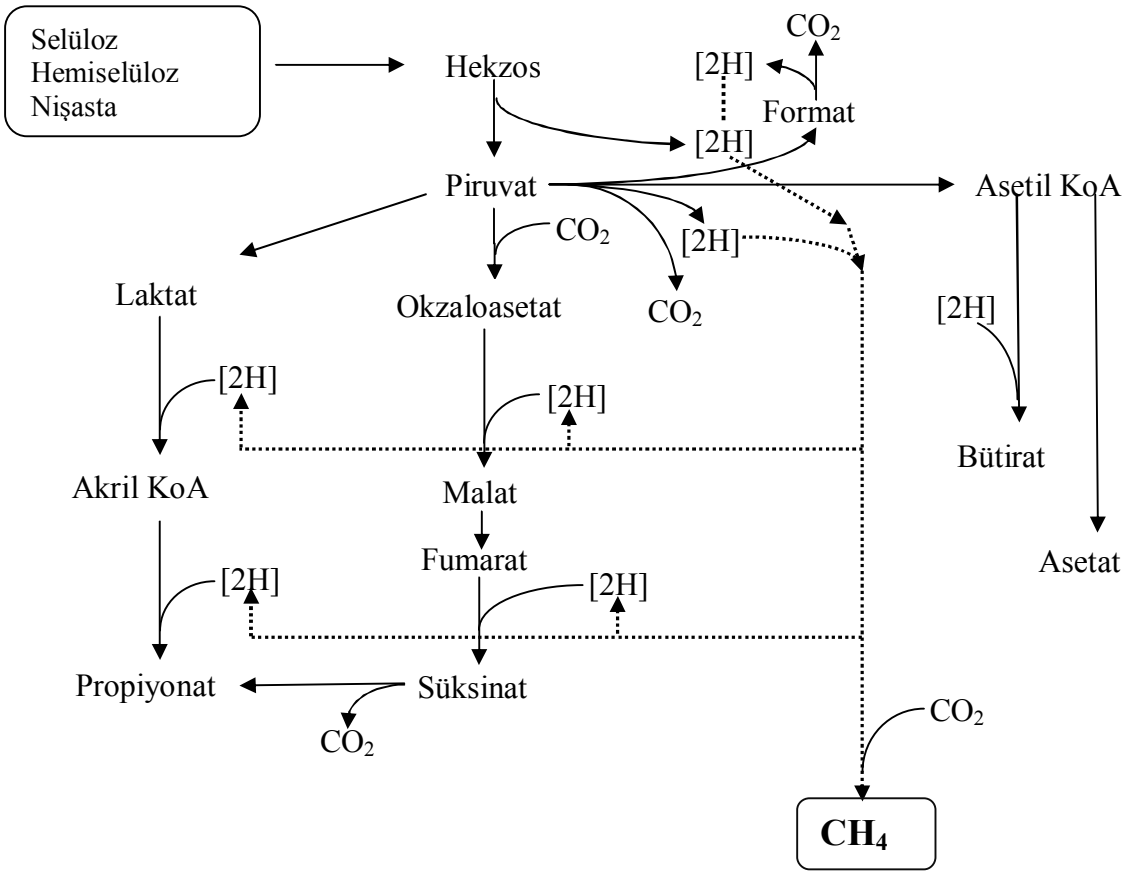
Ruminant hayvanların rumeni, farklı etkilere sahip bakteri, portozoa ve mantarlar gibi canlı mikroorganizmaların varlığından dolayı bir çeşit

fermantasyon tankı olarak düşünülebilir. Ruminant hayvanların rasyonlarında bulunan karbonhidrat, protein ve yağ gibi besin maddeleri rumene geldiklerinde burada yaşayan mikroorganizmalar tarafından uçucu yağ asitlerine (UYA), H_2 ve CO_2'e parçalanmaktadır. Rumende metan üretiminde kullanılan H^+ esas olarak karbonhidratların parçalanması sonucu meydana geldiğinden dolayı, araştırmacılar çoğu zaman rumende oluşan metanı azaltmak için karbonhidrat sindirimi üzerine yoğunlaşmıştır.

Çok fazla sayıda araştırmacı, diyetle alınan karbonhidratların rumendeki mikroorganizmalar tarafından fermente edildiğini ve bu fermantasyonun ana ürünleri olarak UYA, CO_2 ve CH_4 nın oluştuğunu bildirmiştir (Mitsumori ve Sun, 2008). Rumende oluşan dominant UYA'leri Asetik (As), Propiyonik(Pr) ve Bütirik(Bü) Asitlerdir (Wolin, 1979).

$$57.5\ C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 65Ac + 20Pr + 15\ Bü + 35CH_4 + 60CO_2 + 25H_2O \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlik (1) özet olarak, fermantasyona giren karbonhidratın UYA, CH_4, CO_2 ve H_2O'ya dönüşüm reaksiyonunu formülüze ederken, rumendeki fermantasyon olayı Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Rumende metan üretimi (Mitsumori ve Sun, 2008)

Rumende bulunan bakteri ve protozoalar karbonhidratları fermente ederek UYA ile metanın ana prekursorları olan CO_2 ve H_2 üretir. Ayrıca format ta bir metan prekursorudur. Rumende oluşan metanın yaklaşık olarak %15-20'sinin fortmattan üretildiği bildirilmektedir (Hungate vd., 1970, Asanuma vd., 1999). Rumende bulunan metanojen bakteriler olan Arşiyalar tarafından bu prekursurlar metana dönüştürür (Ueno vd., 2006). *Methanobrevibacter ruminantium, Methanomicrobium mobile, Methanosarcina mazei, Methanosarcina barkeri* ve *Methanobacterium formicicum* rumenden izole edilen metan üreten bakterilerdir (Mitsumori vd., 2002). Yapılan

biyokimyasal çalışmalar *M. ruminantium, M. formicicum* ve *M. mobile*'nin metan üretiminde H_2/CO_2 ve formatı, *M. mazei*'nin asatat, metanol ve metilaminleri, *M. barkeri*'nin ise H_2/CO_2, asetat, metanol ve metilaminleri kullandıklarını göstermiştir (Jarvis vd., 2000). Metil koenzim-M reduktaz'ın metan üretiminin son adımını katalizlediği, bütün metanojen bakterilerin bu enzime sahip olduğu bildirilmektedir (Ermler vd., 1997; Friedrich, 2005).

METAN ÜRETİMİNİ AZALTMAYA YÖNELİK STRATEJİLER

Metan, rumen fermatansyonunun son ürünlerinden olduğu için metan emisyonunu azaltma stratejileri fermantasyon ürünlerinin değişimini gerektirmektedir. Pek çok strateji, rumende oluşan H_2 ve formatın metan üretiminde kullanılmasından dolayı bu prekursorların miktarını azaltmayı hedeflemektedir. Ancak, mikrobiyal ekosistem tarafından fermantasyonu değiştirme çalışmaları oldukça kompleks bir konudur. Bu amaçla yapılan bazı uygulamalar şöyledir:

Rasyona Bitkisel Yağların Katılması

Rasyonda kullanılan enerji kaynaklarından biri olan yağ, metan üretimini önemli düzeyde düşürebilmektedir. Rasyonda enerji kaynağı olarak yağ kullanılması durumunda rumende mikrobiyal flora ve enerji kullanım etkinliği değişmekte ve metan üretimi azalabilmektedir (McGinn vd., 2004; Beauchemin ve McGinn, 2006). Nitekim, Giger-Reverdin vd. (2003) süt sığırları ile yaptıkları çalışmada rasyona orta uzunluktaki karbon sayısına sahip (8-16 C) yağ asitleri ilavesinin, metan üretimini azalttığını ve bu azalmanın yağın doymamışlık derecesi ile orantılı olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan benzer bir çalışmada Odongo vd., (2007) süt sığırı rasyonlarına miristik asit (C14:0) ilavesinin metan üretimini %36 oranında azalttığını ve süt yağ oranını yükselttiğini rapor etmişlerdir. Keza, Martin vd. (2008) süt sığırı rasyonlarına çiğ keten tohumu, ekstrakte keten tohumu ve keten tohumu yağı ilavesinin metan üretimini önemli derecede azalttığını ve bu durumu, rasyona yağ ilavesinin selülatik bakteri ve protozoaları inhibe ederek yemin fermentasyonunun düşmesiyle sonuçlandığına bağlamışlardır. Yine konuyla ilgili olarak, rasyona monensin, ayçiçek yağı, enzimler, maya ve fumarik asit ilavesiyle yürütülen başka bir çalışmada (McGinn vd., 2004), rasyonda ayçiçeği yağı kullanımının metan üretimini %21 oranında azalttığı ifade edilmiştir. Diğer taraftan Sauer vd. (1998), rasyona %3.5 soya yağı katkısının metan ve CO_2 üretiminin değiştirmediğini bildirmişlerdir. Rasyonda yağ kullanımı ile metan üretiminde gözlenen azalmaların nedeni olarak: 1) Rumendeki hidrojenin bir kısmının doymamış yağ asitlerinin doyurulmasında kullanılarak metan üretimi için hidrojen varlığının azaltılması 2) Yağ asitlerinin mikroorganizmalar üzerine olan olumsuz etkileri nedeniyle, özellikle selüloz fermentasyonun azalması ve asetat/propiyonat oranının düşmesi 3) Metanojen bakterilerinin simbiyotik yaşadığı protozooların sayısındaki azalma gibi faktörler gösterilmektedir (Görgülü vd., 2009).

Kaba/Kesif Yem Oranı

Rasyonun özellikleri, hayvanın verim düzeyi ve rumen metabolizması üzerine doğrudan etki yapmaktadır (Öztürk, 2007). Birçok araştırmacı tarafından rasyonun kaba/kesif yem oranının düşmesi (Johnson ve Johnson, 1995; Lana vd., 1998; Reynolds vd., 2001; McGinn vd., 2004) ve kaba yemlerin pelet haline getirilerek hayvanlara verilmesinin, rumende propiyonik asit üretiminde artışa, metan oluşumunda ise azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Nitekim; Reynolds vd. (2001) etçi düvelerde metan ile enerji kaybının yüksek kesif yem alan gruptaki hayvanlarda önemli derecede düştüğünü rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada, etçi sığırların rasyonlarına kesif yem ilave edilmesinin metan emisyonu azalttığı ifade edilmiştir (Olivera vd., 2007). Christophersen vd. (2008) tarafından koyunlarla yapılan diğer bir çalışmada, rasyonda tahıl oranının artmasıyla metan üretiminde önemli derecede azalma olduğu rapor edilmiş ve bu azalmanın sebebi olarak ise rasyonda kesif yemin artmasıyla rumen pH'sının düşmesi, bu düşük pH'ya duyarlı metanojenlerin ve protozoaların sayısının azalması, kesif yemin sindirim sisteminde kalış süresinin azalması nedeniyle yemlerin fermentasyon süresinin azalması ve rumende oluşan hidrojenin uzaklaştırılmasında en önemli olaylardan biri olan propionat üretiminin artarak asetat/propionat oranının düşmesi gösterilmiştir.

Metan İnhibitörlerinin Kullanılması

Ruminant hayvanlarda metan enerjisi şeklinde meydana gelen gaz enerjisi kayıplarını engellemek amacıyla rasyona çeşitli metan inhibitörleri ilavesinin söz konusu kayıpları önleyerek ekonomik ve ekolojik kazanımlar sağlayacağı bildirilmiştir. Bu inhibitörlerden bromklorometanın, metan oluşumunun son adımında fonksiyon gösteren Koenzim B ile reaksiyona girerek metan üretimini inhibe ettiği tespit edilmiştir (McCrabb vd., 1997; Shima vd., 2002; Zhenming vd., 2011). Koenzim M'nin yapısal analoğu olan 2-bromoetan sülfonik asit (BES) ve metil Koenzim M reduktazın potensiyel bir inhibitörü olan 3-bromopropana sülfonik asit (BPS) ise başlıca metan inhibitörlerinden diğer ikisidir (Ungerfeld vd., 2004). Redüktif asetogenesis olayında hidrojen iyonları asetojenik bakterilerce asetik asit oluşumu için kullanılmaktadır (2CO2 +

4H2 → asetik asit (CH3COOH) + 2H2O) (Breznack ve Kane, 1990; Öztürk, 2007). Metanojenik bakterilerin hidrojen iyonlarına olan affinitesi asetojenik bakterilerden çok daha fazla olduğundan, BES gibi metan inhibitörleri tarafından metanojenik bakteriler baskılanarak redüktif asetogenez uyarılmaya çalışılsa da metanojenik bakterilerin BES'e karşı dirençlilik kazanması nedeniyle etki kısa süreli olmaktadır (Breznack ve Kane, 1990; Immig, 1996).

Mevastatin ve lavastain gibi statin grubu bazı bileşiklerin 3-hidroksi-3-metilglutaril KoA (HMG-KoA) reduktaz inhibitörleri oldukları ve rumenden izole edilen *Methanobrevibactor'*ün metan üretimini ve büyümesini baskıladıkları bildirilmektedir (Miller ve Wolin, 2001). Arşiyaların tümü HMG-KoA reduktaz sentezleyen bakteri grubu olduklarından dolayı HMG-KoA reduktaz inhibitörlerinin diğer rumen bakterilerinden ziyade özellikle rumen metanojenleri üzerine potensiyel bir inhibe edici etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir (Miller ve Wolin, 2001). Söz konusu diğer metan inhibitörleri olarak kullanılan maddeler ise kloroform, kloralhidrat, aminokloral, trikloroasetamid, trikloroetiladipat, alfa-siklodekstrin ve 9,10-antrakuinon gibi halojenize metan analoglarıdır. Bunların kullanımları pratikte kolay olmayıp hayvan sağlığı üzerine olumsuz etkiler yapabilmektedirler. Ayrıca bu maddelere karşı metanojen bakteriler direnç kazandığından etkileri uzun süreli olmamaktadır (Öztürk, 2007).

Rasyona Yem Katkı Maddeleri İlavesi

Ruminantlarda metanogenezis ve azot kaybını azaltmak için rasyonlarına çeşitli yem katkı maddeleri ilavesiyle ilgili çalışmalar yürütülmektedir.

Bitkisel Ekstraktlar

Uzun yıllar boyunca rumende oluşan enterik metan gazını azaltmak için kimyasal yem katkı maddeleri kullanılmıştır. Ancak kullanılan söz konusu kimyasallar, ya hayvana toksik yada metagenosiz üzerine geçici etkiye sahip olmuştur (Moss vd., 2000). Uzun yıllar kullanılan kimyasal yem katkı maddelerinden birisi olan antibiyotiklerin zararlı etkilerinin anlaşılması ve hayvansal dokularda kalıntı oluşturması yem katkı üretim endüstrisinde doğal katkı maddelere karşı ilgiyi artırmıştır. Bu bağlamda sekonder bitki metaboliti içeren bitkiler mikrobiyal bulaşmalara karşı kullanılmaya başlanmıştır. Esansiyel yağ, saponin, tanin ve organasülfür içeren bu doğal bitkiler rumen mikrobiyal populasyonunu ve nitrojen metabolizmasını iyileştirmede, metan üretimini azaltmada, asidosiz ve şişme gibi beslemeye dayalı stresin azaltılmasında, hayvanların sağlığının ve veriminin geliştirilmesinde öne çıkmaya başlamıştır (Wallace, 2004; Karma vd., 2006; Rochfort vd., 2008; Patra ve Saxena, 2009). Bir çok araştırmada, bazı bitkilerin metanogenosiz üzerine bioaktif etkisi çalışılmış ve olumlu sonuçlar alındığı rapor edilmiştir (Mueller-Harvey, 2006; Benchaar vd., 2008; Hart vd., 2008; Kobayashi, 2010). Rumende metanojenik bakteriler protozoonlara yakın bir şekilde, hatta onların endoplazmik vezüküllerinde yaşamakta ve protozoon metabolizmasının son ürünü olan hidrojen iyonlarını kullanarak CH_4 gazı üretmektedirler (Krumholz vd., 1983). Son zamanlarda yapılan araştırmalar hem saponin içeren bitkilerin, hem de tanin içeren bitkilerin rumende protozoa sayısını azaltarak metan üretimini düşürdüğünü bildirmiştir (Newbold vd., 1988; Moss vd., 2000).

Wallace (2004) alternatif doğal bitkisel yem katkılarının kullanılması ile ruminantlarda metan emisyonunu düşürmeye yönelik yürütülen bazı çalışmalardan önemli sonuçlar elde edildiğini bildirmiştir. Kamra vd. (2006), bitki ikincil komponentlerinin (saponin, tanin, esans yağ vb.) metan üretimini azaltabileceğini bildirmiş ve ikincil komponentleri içeren bitkiler arasında saponin içeren bitkilerin, tanin içeren bitkilerin ve uçucu yağlar içeren bitkilerin önemli rol oynadığını bildirmiştir.

Patra vd. (2006) rezene, karanfil, sarımsak, soğan ve zencefil uçucu yağının in vitro metan üretimini inhibe ettiğini saptamışlardır. Bununla birlikte Beauchemin ve McGinn (2006) rasyonda kullanılan eterik yağın toplam metan emsiyonu, kg kuru madde alımı başına metan üretimi ve alınan brüt enerjinin yüzdesi olarak metan ile kaybedilen enerjinin değişmediğini bildirmişlerdir. Rasyona esans yağ karışımı ilavesinin asetik asit miktarını düşürdüğü, propiyonik ve bütirik asit konsantrasyonlarında bir değişme olmadığı ve dolayısıyla asetik/propiyonik asit oranında azalma olduğu bildirilmiştir (Meyer vd., 2009).

Kekik, nane ve portakal yağlarının rumen fermantasyonu üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, rasyona ilave edilen eterik yağların artan seviyeleriyle birlikte CH_4 ve CO_2 gaz üretiminde önemli düzeyde azalma olduğu bildirilmiştir (Canbolat vd., 2011). Aynı çalışmada, esansiyel yağların antimikrobiyal özelliklerinden dolayı metanojen bakterilerin zarar görerek sayılarının azaldığı ve bu yolla rumen sıvısında UYA oluşumu ile birlikte CH_4 ve CO_2 gaz üretiminin düştüğü ifade edilmiştir. Benzer bir çalışmada Evans ve Martin (2000), rumen sıvısına 400µg/ml düzeyinde timol ilavesinin CH_4 gazı üretimini azalttığını saptamıştır. Agarwal vd. (2008), bufalo rumen sıvısına sırasıyla 0.33, 1.0 ve 2.0 µl/ml düzeyinde nane yağı ilave ederek in vitro metanogenesis ve fermantasyon parametreleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Artan seviyeyle birlikte metan emisyonunda yine aynı sırayla %19.9, 46.0 ve 75.6 oranında azalma olduğu,

ancak yüksek dozun rumen mikroorganizmaları için toksik etki yaptığını ve dolayısıyla in vivo çalışmalarda metenogenesisi azaltmak için düşük seviyenin daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

İkincil bitki komponentlerinin miktarı ve etkinlikleri, bitkiye, toplandığı bölgeye ve konumuna göre değişim göstermektedir. Bitki ekstraklarının etkinlikleri, içerdikleri antimikrobiyel, antiprotozoal, antioksidan maddelerden kaynaklanmaktadır. Ülkemizin botanik kompozisyonu, bitki esansiyel yağları üretme ve çeşitliliği konusunda ciddi avantajlar sağlamaktadır. Bu nedenle ülkemizde var olan bitki uçucu yağlarının enterik metan üretimini düşürme kapasitelerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bitki uçucu yağlarının, antimikrobiyal, antiprotozoal ve antioksidan özellikleri yaygın olarak araştırılmış ancak metan emisyonuna etkileri konusundaki potansiyelleri henüz belirlenmemiştir.

Probiyotikler

Ruminantlarda metan üretimi; retikulorumende fermente edilen karbonhidrat tipi ve büyüklüğü, propiyonik asit üretiminin asetik asit üretimine oranı, fermantasyonun yeterliliği ve emilim gibi faktörlere bağlıdır. Kalitesiz rasyonlarla beslenen hayvanlarda mikrobiyal besin kaynaklarının yetersiz kalması sonucu mikrobiyal büyümede yetersiz olmakta bunun sonucunda CH_4 üretimi artmaktadır (Nevel ve Demeyer, 1977; Sarıpınar ve Sulu, 2005). Karbonhidratların parçalanabilirliği arttıkça, CH_4 üretiminde azalmalar meydana gelmektedir. Bu amaçla rasyona probiyotik uygulamaları yapılmaktadır (Sarıpınar ve Sulu, 2005). Probiyotikler hayvanların rasyonlarına katılan ve mide-bağırsak florasını düzenleyerek sağlık üzerine olumlu etkiler yapan canlı mikrobiyal yem katkı maddeleridir (Fuller, 1989). Ruminant hayvanların beslemede kullanılan probiyotik mayaların rumendeki etki mekanizmaları tam olarak bilinmemektedir. Ancak günümüzde ileri sürülen hipotezlere göre, rumen bakterilerinin (özellikle selülolitik ve laktolitik bakteriler) rasyona katılan probiyotikleri kendilerine aktivite kazandırmak amacıyla besin maddesi olarak kullandıkları yönündedir. Ruminant beslemesinde *Saccharomyces cerevisiae* canlı maya kültürü ve *Aspergillus oryzae* fermentasyon ekstraktı rumen metabolizmasını iyileştirme amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Öztürk, 2008). Probiyotik uygulamalarıyla ortamda propiyonik asit miktarı artırılarak, metanın ön maddesi olan H_2 ve formik asit üretiminin azaltılması sonucunda rumende üretilen metan miktarında %4-31 arasında azalma sağlandığı bildirilmektedir (Schelling, 1984; Piva vd., 1993).

Organik Asitler

Yemlerin asitliğini artırıp yemin bozulmasını önlemek için, sindirim sistemindeki patojen ve yararlı mikroorganizmalar arasındaki dengeyi koruyarak alınan besin maddelerinin sindirimini ve emilimini iyileştirmek için ve büyümeyi teşvik etmek amacıyla çeşitli organik asitler çiftlik hayvanları rasyonlarında kullanılmaktadır (Asonuma vd., 1999; Garipoğlu, 2005; Sarıpınar ve Sulu, 2005; Foley vd., 2009). Malat, fumarat ve akrilat gibi maddelerin etki tarzları iyonoforlara benzer. Bunlar propiyonat prekürsörleridir ve hidrojenin propiyonat üretiminde kullanılmasını sağlayarak metan oluşumunda azalmaya neden olmaktadırlar (Martin, 1998).

Çok sayıda araştırmacı tarafından, ruminant rasyonlarına fumarik asit, malik asit ve tuzlarının ilaveleriyle yapılan çalışmalarda, rumendeki CH_4 üretiminde azalma, propiyonik asit miktarında oransal bir artış, toplam UYA içinde asetik/propiyonik asit oranında ise azalma medyana geldiği rapor edilmiştir (Asanuma vd., 1999, Foley vd., 2000, Martin vd., 2000). Castillo vd. (2004) besi sığırı rasyonuna malik ve fumarik asit ilaveleriyle ile yürüttükleri çalışmalarında, fumarat kullanan bakterilerin metan üreten bakterilerle H_2 için rekabet ettikleri ve böylece metan üretimini azaltmada etkili olabileceklerini bildirirken, yapılan diğer bir çalışmada rasyona fumarik asit ilavesinin metan üretimi üzerine etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Mc Ginn vd., 2004).

Adsorbanlar

Yemlerde adsorban olarak genel anlamıyla kil (clay) kullanılabilmektedir. Kil minerali toprağın yapısına ilişkin bir kavram olup, genellikle toprakta doğal olarak bulunan ince yapılı parçacıklara verilen isimdir (Kaya vd., 2006). Kil mineralleri başlıca hidrat alüminyum silikat (brucit), kaolinit, hallosit, montmorillonit, illit, klorit, atapulgit (sepiolit), bentonit, zeolit ve hidratsodyumkalsiyum alüminosilikat (HSKAS)' tır (Eng vd., 2003; Ramos ve Hernandez, 1997). Killerin karma yemlerde pelet bağlayıcı özelliğe sahip olduğu, suyu adsorbe etme kapasiteleriyle yemlerde küf ve mantar oluşumunu engelledikleri veya geciktirdikleri, ağır metallerin toksik etkisini azaltabildikleri, mikotoksinlere sindirim kanalında bağlanarak toksikolojik ve patolojik etkilerini önleyebildikleri tespit edilmiştir (Ramos ve Hernandez, 1997). Bunun yanında ruminant rasyonlarında en önemli etkisi üre metabolizması üzerinde görülmekle beraber rumende oluşan amonyağı adsorbe ederek rumen mikroorganizmalarının mikrobiyal protein sentezi için ihtiyaç duydukları amonyağın kesintisiz olarak rumen ortamında bulunmasını sağlamaktadır (Filya vd., 1999; Diaz vd., 2004). Kilin yüksek adsorbsiyon gücü ile rumende oluşabilecek aşırı amonyağı tutarak

hayvanı toksik düzeydeki amonyak birikimine karşı koruyabilmektedir. Bir kil olan Zeolitin amonyak adsorbsiyonu sayesinde üre metabolizması yolu ile organizmadan fazla azot kaybını da önlediği ve özellikle genç ruminantlarda performansı artırdığı bildirilmektedir (Filya vd., 1999; Diaz vd., 2004; Petkova vd., 1983).

Yapılan çalışmalarda rasyona alimunosilikat (zeolit, bentonit gibi) ilavesinin kandaki üre ve amonyak azotu miktarını önemli ölçüde arttırdığı, rumen pH'sını etkilemediği ancak, rumen sıvısındaki üre ve amonyak azotunun düşmesine ve rumendeki total UYA düzeyinin artmasına neden olduğu belirlenmiştir (Clara ve Gennard, 1968; McColumn ve Galyean, 1983; Filya vd., 1999). Üre içeren (20 g/kg) besi sığırı rasyonlarına zeolit (clinoptilolite) ilavesinin (30 g/kg) rumendeki amonyak azotu düzeyini, plazma üre ve nitrojen seviyesini azalttığı, yemdeki lifli unsurların (ADF ve NDF) sindirilebilirliğini artırdığı, ancak besi performansı üzerine etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Sadeghi ve Shawrang, 2006). Eng vd. (2003) dışkıyla azot kaybını azaltmak için besi sığırlarının yemlerine ilave ettikleri clinoptilolitin dışkıyla azot kaybını azalttığını, rumen pH'ını ve canlı ağırlık kazancını artırdığını belirlemişlerdir. Bunların aksine Bartko vd. (1983), zeolit katkısının (% 0,15 g/gün, CA) rumen pH'sı, rumen sıvısı üre ve amonyak azotu miktarı ile rumende toplam UYA düzeyine herhangi bir etkisinin olmadığını saptamışlardır. Keza, Altıntaş vd. (1984) % 3 üre içeren konsantre yeme zeolit ilave ederek yaptıkları çalışmada, zeolit ilavesinin rumen pH'sını, total UYA miktarını, mikrobiyal aktiviteyi, rumenden absorbe edilen amonyak ve toplam UYA ile azottan yararlanma düzeyini düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

İmmünizasyon

Metanojenik bakterilerden izole edilen antijenlerden elde edilen aşılar ve rumen protozoonlarına karşı hazırlanan immunojenik preparatlar ile ruminal metan üretimi azaltılabilmektedir (Iqbal vd., 2008; Ulyatt ve Lassey, 2001).

SONUÇ

Ruminantlarda ruminal metan üretiminin azaltılması oldukça zor bir konudur. Hayvancılık yapılan bölgelerde teknolojik ve ekonomik alt yapıların, hayvan besleme alışkanlıklarının geniş varyasyon göstermesi bu alanda farklı stratejilerin uygulanmasını gerektirmektedir. Fakat bazı önlemlerin alınması bu sorunun çözümü konusunda kısmende olsa yararlı olabilir. Hayvanlarda verimliliğin artırılarak hayvan sayısının azaltılması, uygun rasyon tipinin seçimi, kaliteli kaba yem ve mera yem bitkisi üreterek tanen ve saponin gibi maddeler içeriği yüksek alternatif yem bitkileri ve kesif yemler kullanılması, eterik yağlar gibi ikincil bitki komponentleri ile Metanojen mikroorganizmaları baskılayarak onlarla yarışabilecek probiyotiklerin kullanılması ve biyoteknolojik yöntemlerle metan üretimini azaltma yönünde gelişmeler sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Agarwal, N., Shekhar, C., Kumar, R., Chaudhary, L.C., Kamra, D.N., 2008. Effect of peppemint (Mentha piperita) oil in vitro methanogenesis and fermentation of feed with buffalo rumen liquor. Anim. Feed Sci. Technol., 148: 321-327.

Aksoy, A., Macit, M., Karaoğlu, M., 2000. Hayvan Besleme Ders Kitabı, Enerji Metabolizması, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 220, Erzurum.

Altıntaş, A., Dundar, Y., Colpan, İ., 1984. Üre ve zeolitin merinos kuzularında ruminal pH, üreaz aktivitesi ve total uçucu yağ asitleri (VFA) ile plazma orotik asit düzeylerine etkisi üzerinde araştırmalar. Ankara Üniv Vet Fak Derg., 31(3): 526-543.

Asanuma, N., Iwamoto, M., Hino, T., 1999. Effect of the addition of fumarate on methane production by ruminal microorganisms in vitro. J Dairy Sci., 82: 780-787.

Bartko, P., Vrzgula L., Prosbova M., Blazovsky J., 1983. The effect of feeding zeolite (clinoptilolite) on the health status of sheep. Vet Med (Praha), 28(8): 481-492.

Beauchemin, K.A., McGinn, S.M., 2006. Methane emissions from beef cattle: effects of fumaric acid, essential oil and canola oil. J Anim Sci., 84: 1489-1496.

Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A.V., Fraser, G.R., Colombatto, D., McAllister, T.A., Beauchemin, K.A., 2008. A review of plant derived essential oils in ruminant nutrition and production. Anim. Feed Sci. Technol., 145:(1-4) 209-228.

Breves, G., Leonhard-Marke, S., 2000. Verdauungsvorgänge in den Vormägen, in: W. V. Engelhardt and G. Breves. Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart, 345-354.

Breznack, J.A., Kane, M.D., 1990. Microbial H_2/CO_2 acetogenesis in animal guts: Nature and nutritional significance. FEMS Microbiol. Rev., 87: 309-314.

Canbolat, Ö., Kalkan, H., Karaman, Ş., Filya, İ., 2011. Esansiyel yağların sindirim, rumen fermantasyonu ve mikrobiyal protein üretimi üzerine etkileri. Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg., 17:1 557-565.

Castillo, C., Benedito, J.L., Mendez, J., Pereira, V., Lopez-Alonso, M., Miranda, M., Hernandez, J., 2004. Organic acids as a substitute for monensin in diets for beef cattle. Anim. Feed Sci. Technol., 115: 101-116.

Clara, R., Gennard, M., 1968. Dietary factors affecting utilization of urea nitrogen by sheep in purified diets. J Nutr., 95: 122-128.

Christophersen, C.T., Wright, A.D.G, Vercoe, P.E., 2008. In vitro methane emission and acetate: propionate ratio are decreased when artificial stimulation of the rumen wall is combined with icreasing grain diets in sheep. J Anim Sci., 86:2 384.

Diaz, D.E., Hagler, W.M., Blackwelder, J.T., Eve, J.A., Hopkins, B.A., Anderson, K.L., Jones, F.T., Whitlow, L.W., 2004. Aflatoxin binders II: reduction of aflatoxin M1 in milk by sequestering agents of cows consuming aflatoxin in feed. Mycopathol., 157(2): 233-241.

Eng, K.S., Hutcheson, D.P., Bechtel, R., 2003. Adding potassium, clinoptilolite zeolite and yucca extract feedlot diets to reduce nitrogen losses from manure. J Anim Sci., 81: 15-25

Ermler, U., Grabarse, W., Shima, S., Goubeaud, M., Thauer, R.K., 1997. Crystal structure of methyl coenzyme M reductase: the key enzyme of biological methane formation. Sci., 278:1457-1462.

Evans, J.D., Martin, S.A., 2000. Effects of thymol on ruminal microorganisms. Curr Microbiol., 41: 336-340.

Filya, İ., Karabulut, A., Ak, İ., Akgündüz, V., 1999. Entansif kuzu besisinde zeolit kullanılmasının kuzuların besi performansı ile bazı kan ve rumen sıvısı metabolitleri uzerine etkileri. Hayvansal Üretim, 39: 39-48.

Foley, P.A., Kenny, D.A., Callan, J.J., Boland, T.M., O'Mara, F.P., 2009. Effect of DL-malic acid supplementation on feed intake, methane emission, and rumen fermentation in beef cattle. J Anim Sci., 87: 1048-1057.

Friedrich, M.W., 2005. Methyl-coenzyme M reductase genes: unique functional markers for methanogenic and anaerobic methane-oxidizing Archaea. Methods Enzymol., 397: 428-442.

Fuller R., 1989. Probiotics in man and animals. J. Appl. Bacteriol., 66: 365-378.

Garipoğlu, A.V., 2005. Ruminant beslemede organik asitlerin kullanımı, III. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 07-10 Eylül Adana.

Giger-Reverdin, S., Morand-Fehr, P., Tran, G., 2003. Literature survey of the influence of dietary fat composition on methane production in diary cattle. Livestock Prod. Sci., 82: 73–79.

Görgülü, M., Kolumnan Darcan, N., Göncü, S., 2009. Hayvancılık ve küresel ısınma. V. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 30 Eylül-3 Ekim, Çorlu.

Hart, K.J., Yanez-Ruiz, D.R., Duval, S.M., McEwan, N.R., Newbold, C.J., 2008. Plant extracts to manipulate rumen fermentation. Anim. Feed Sci. Technol., 147: 8-35.

Hungate, R.E., Smith, W., Bauchop, T., Yu, I., Rabinowitz, J.C., 1970. Formate as an intermediate in the bovine rumen fermentation. J. Bacteriol., 102:389-397.

Immig, I., 1996. The rumen and hindgut as source of ruminant methanogenesis. Environmental Monitoring and Assessment, 42: 57-72.

IPCC (Intergoverment Panel on Climate Change) 2001. Cliamte change 2001. The scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Iqbal, M.F., Cheng, Y.F., Wei-Yun Zhu, W.Y., Zeshan, B., 2008. Mitigation of ruminant methane production: current strategies, constraints and future options. World J Microbiol Biotechnol, 24: 2747–2755

Jarvis, G.N., Strompl, C., Burgess, D.M., Skillman, L.C., Moore, E.R.B., Joblin, K.N., 2000. Isolation and identification of ruminal methanogens from grazing cattle. Curr. Microbiol., 40:327-332.

Johnson, K.A., Johnson, D.E., 1995. Methane emissions from cattle. J. Anim. Sci. 73: 2483-2492.

Kamra, D.N., Agarwal, N., Chaudhary, L.C., 2006. Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. International Congress Series, 1293: 156-163.

Kaya, A., Durukan, S., Ören, A.H., Yükselen, Y., 2006. Bentonit-zeolit karışımlarının mühendislik özelliklerinin belirlenmesi. İ.M.O. Teknik Dergi, 13(1): 3879-3892.

Klieve, A.V., Hegarty, R.S., 1999. Opportunities of biological control of ruminant methanogenesis. Aust. J. Agric. Res. 50: 1315-1319.

Kobayashi, Y., 2010. Abatement of methane production from ruminants: trends in the manipulation of rumen fermentation. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 23: 410-416.

Kocaoğlu Güçlü, B., Kara, K., 2010. Ruminant beslemede alternatif yem katkı maddelerinin kullanımı: 2.organik asit, yağ asiti, adorban. Erciyes Üniv. Vet. Fak. Derg. 7(1): 43-52.

Köknaroğlu, H., Akünal, T., 2010. Küresel ısınmada hayvancılığın payı ve zooteknist olarak bizim rolümüz. Süleyman Demirel Üniv Ziraat Fak Derg., 5(1): 67-75.

Krumholz, L.R., Forsberg, C.W., Veira, D.M., 1983. Association of methanogenic bacteria with rumen protozoa. Can. J. Microbiol., 29: 676-680.

Lana, R.P., Russell, J.B., Van Amburgh, M.E., 1998. The role of pH in regulating methane and ammonia production, J. Anim. Sci. 76: 2190–2196.

Martin, S.A., 1998. Manipulation of ruminal fermentation with organic acids: a review. J. Anim. Sci., 76: 3123- 3132.

Martin, S.A., Sulivan, H.M., Evans, J.D., 2000. Effect of sugars and malate on ruminal microorganisms. J.Dairy Sci., 83: 2574-2579.

Martin, C., Rouel, J., Jouany, J. P., Doreau, M., Chilliard, Y., 2008. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. J. Anim Sci. 86: 2642-2650.

McAllister, T.A., Okine, E.K., Mathison, G.W., Cheng, K.J., 1996. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. Can. J. Anim Sci. 76: 231-243.

McColumn, F.T., Galyean, M.L., 1983. Effect of clinoptilolite of rumen fermentation, digestion and feedlot performance in beef steers fed high concentrate diets. J Anim Sci, 56(3): 517-524.

McCrabb, G.J., Berger, K.T., Magner, T., May, C., Hunter, R.A., 1997. Inhibiting methane production in Brahman cattle by dietary supplementation with a novel compound and the effects on growth. Aust. J. Agric. Res., 48:323-329.

McGinn, S.M., Beauchemin, K.A., Coates, T., Colombatto, D., 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. J. Anim. Sci., 82: 3346-3356.

Meyer, N.F., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Greenquist, M.A., Luebbe, M.K., Williams, P., Engstrom, M.A., 2009. Effect of essential oils, tylosin and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. J. Anim. Sci., 87: 2346-2354

Miller, T.L., Wolin M.J., 2001. Inhibition of growth of methane-producing bacteria of the ruminant forestomach by hydroxymethylglutaryl-SCoA reductase inhibitors. J. Dairy Sci., 84: 1445-1448.

Mitsumori, M., Sun, W., 2008. Control of Rumen Microbial Fermentation for Mitigating Methane Emissions from the Rumen. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 21: 1 144-154.

Mitsumori, M., Ajisaka, N., Tajima, K., Kajikawa, H., Kurihara, M., 2002. Detection of proteobacteria from the rumen by PCR using methanotroph-specific primers. Lett. Appl. Microbiol., 35: 251-255.

Moss, A.R., Jouany, J.P., Newbold, C.J., 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. Ann. Zootech., 49: 231-235.

Mueller-Harvey, I., 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. J. Sci. Food Agric. 86: 2010-2037.

Newbold, C.J., Wallace, R.J., Watt, N.D. and Richardson A.J., 1988. The effect of the novel ionophore tetronasin (ICI 139603) on ruminal microorganisms, Appl. Environ. Microbiol., 54: 544-547.

Nkrumah, J. D., Okine, E. K., Mathison, G. W., Schmid, K., Li, C., Basarab, J. A., Price, M. A., ang, Z. and Moore, S. S. 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production and energy partitioning in beef cattle. J. Anim. Sci., 84: 145–153.

Odongo, N.E., Or-Rashid, M.M., Kebreab, E., France, J., McBride, B.W., 2007. Effect of supplementing myristic acid in dairy cow rations on ruminal methanogenesis and fatty acid profile in milk. J. Dairy Sci., 90(4): 1851-1858.

Oliveira, S.G., Berchielli, T.T., Pedreira, M.S., Primavesi, O., Frighetto, R., Lima, M.A., 2007. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle, Anim. Feed Sci. Technol. 135: 236-248.

Öztürk, H., 2007. Küresel ısınmada ruminantların rolü. Veteriner Hekimler Derneği Derg., 78:1 17-22.

Öztürk, H., 2008. Ruminant beslemesinde probiyotik mayalar. Veteriner Hekimler Derneği Derg., 79:3 37-42.

Patra, A.K., Kamra, D.N., Agarwal, N., 2006. Effect of plant extract on in vitro methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo, Anim. Feed Sci. Technol., 128: 276-291.

Patra, A.K., Saxena, J., 2009. Dietary phytochemicals as rumen modifiers: a review of the effects on microbial populations. Anton. van Leeuwen., 96: 363-375.

Petkova, E., Venkov, T., Stanchev, K.H., 1983. Effect of Bulgarian potassium calcium zeolites on the assimilation of macro and trace elements in lambs. Vet Med Nauki, 20 (8): 36-40.

Piva, G.S., Belladonna, G., Sicbaldi, F.F., 1993. Effects of yeast on Dairy cow performance, ruminal fermetation, blood components and milk manufacturing properties. J. Dairy Sci., 76: 2717-2722.

Ramos, A.J., Hernandez, E., 1997. Prevention of aflatoxicosis in farm animals by means of hydrated sodium calcium aluminosilicate addition to feedstuffs. Anim Feed Sci Tech, 65(4): 197-206.

Reynolds, C.K., Tyrrell H.F., Reynolds, P.J., 2001. Effects of diet forage to concentrate ration and intake on energy metabolism in growing beef heifers: whole body energy and nitrogen balance and visceral heat production, J. Nutr. 121: 994-1003.

Rochfort, S., Parker, A.J., Dunshea F.R., 2008. Plant bioactives for ruminal health and productivity. Phytochemistry 69: 299-322.

Sadeghi, A.A., Shawrang, P., 2006. The effect of natural zeolite on nutrient digestibility, carcass traits and performance of Holstein steers given a diet containing urea. Anim Sci., Cambridge Univ Press, 82: 163-167.

Sarıpınar, D., Sulu, N., 2005. Ruminantlarda probiyotiklerin kullanımı ve rumene etkileri. Kafkas Üniv Vet Fak Derg, 11(1): 93-98.

Sauer, F.D., Fellner, V., Kinsman, R., Kramer, J.K., Jackson, H. A., Lee A.J., Chen, S., 1998. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. J. Anim. Sci., 76: 906-914.

Schelling, T.G., 1984. Monensin mode of action in the rumen. J. Anim. Sci., 58(6): 1518-1527.

Shima, S. Warkentin, E. Thauer R.K., Ermler, U., 2002. Structure and function of enzymes involved in the methanogenic pathway utilizing carbon dioxide and molecular hydrogen. J. Biosci. Bioeng. 93: 519-530.

Ueno, Y., Yamada, K., Yoshida, N., Maruyama, S., Isozaki, Y., 2006. Evidence from fluid inclusions for microbial methanogenesis in the early Archaean era. Nature. 440:516-519.

Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., 2001. Methane emissions from pastoral systems: the situation in New Zealand, Arch. Latinoam. Prod. Anim. 9(1): 118-126

Ungerfeld, E.M., Rust, S.R., Boone, D.R., Liu, Y., 2004. Effects of several inhibitors on pure cultures of ruminal methanogens. J. Appl. Microbiol. 97 :520-526.

Wallace, R.J., 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. Proc. Nutr. Soc., 63: 621-629.

Wolin, M.J., 1979. The rumen fermentation: a model for microbial interactions in anaerobic ecosystems. Adv. Microbial. Ecol., 3: 49-77.

Yurtseven, S., 2010. Küresel Isınma Hayvancılık Metan. http://www.lansydanismanlik.com.tr/cevre/index.php?option=com_content&view=article&id=149:hayvancilik-ve-kuresel-isinma&catid=3:makaleler 23.02.2012.

Zhenming, Z., Qingxiang, M., Zhongtang, Y., 2011. Effects of methanogenic inhibitors on methane production and abundances of methanogens and cellulolytic bacteria in *in vitro* ruminal cultures. Applied and Environmental Microbiology, 77(8): 2634-2639.