

## Fitobiyotiklerin Metanogenezise Etkisi

Pınar ÖZTÜRK

Ancılık Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Ordu-Ulubey Karayolu, 12. Km Dedeli Kampüsü, PK:10 Altınordu, Ordu  
pinar.ozturk@yahoo.com

### Özet

Metan gazı ruminantların sindirim sisteminde meydana gelen fermentasyon sonucu ortaya çıkmakta, dışarı ruktus ile atılmaktadır. Metan gazının bu şekilde dışarı atılması ile yemle alınan brüt enerjinin % 2-12'si kaybedilmektedir. Atmosferdeki metan gazı miktarı son birkaç yüzyılda iki katına çıkmış olup metanın küresel ısınma potansiyeli karbondioksit gazının 21 katıdır. İklim değişikliği ve küresel ısınma konusunda en önemli çerçeve olan Kyoto Protokolü'ne göre ülkeler toplam sera gazı emisyonlarını 1990 yıllarındaki seviyelere düşürmek durumundadırlar. Türkiye, Kyoto Protokolü'nün 25. Maddesi uyarınca Katılım Belgesinin tevdii tarihini izleyen 90. gün olan 26 Ağustos 2009'dan itibaren Protokol'e taraf olmuştur. Metan üretimini azaltmaya yönelik stratejiler, metanojenlerin rumende yer alan diğer mikroorganizmalar ile ilişkisine odaklanmaktadır. Bunun için iki yol bulunmaktadır. Bunlardan birincisi doğrudan metanojenleri etkilemektir. İkinci yol ise metanogenezis için substrat kaynaklarına dolaylı etki etmektir. Bunları gerçekleştirmek için ruminantların beslenmesinde fitobiyotikler kullanılabilir. Fitobiyotikler, bitkisel kökenli bileşikler olup hayvanlarda verimi arttırmaktadır. Bitkilerin yaprak, çiçek, tohum, kök, odunsu yapıları ile bu yapıların uçucu yağları ve ekstraktları fitobiyotik kavramı içerisinde yer alır. Fitobiyotiklerin metan üretimini azaltmaları antimikrobiyel aktiviteleri ve rumende hidrojen miktarını düşürmeleri ile olmaktadır. Fitobiyotiklerin içerdiği bileşiklerden saponinler protozoa, uçucu yağlar metanojenlerin miktarını, kondanse tanen ise hem protozoa hem de metanojen miktarını azaltmaktadır. Uçucu yağlar, rumen metanojen popülasyonu aktivitesi üzerinden rumende yer alan metanojenlerin toplam sayısından ziyade metanojen türlerinin dağılımına etki etmektedirler. Ancak fitobiyotiklerin optimum kullanım dozu bilinmemekte olup daha çok in vivo ve uzun süre devam eden çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Metanogenezis, fitobiyotik, metan

## The Effects of Phytobiotics on Methanogenesis

### Abstract

Methane gas in the digestive system of ruminants in the result of the fermentation occurring is thrown out with ruktus. Methane gas feeding the disposal of the gross energy taken out so that 2-12% of these cases. The amount of methane in the atmosphere has doubled in the last few centuries out of methane is 21 times the global warming potential of carbon dioxide. The most important Kyoto framework on climate change and global warming Protocol 'according to what countries are required to reduce total greenhouse gas emissions to the levels of 1990. Turkey, the Kyoto Protocol has established in accordance with Article 25 following the date of deposit of the 90 the Participation Certificates day on 26 August 2009 from the beginning has been a party to the Protocol. Strategies to reduce methane production, located in the rumen methanogens who focuses on the relationship with other microorganisms. There are two ways to do this. The first is to directly influence methanogens. The second way is to influence indirectly the substrate source for methanogenesis. To achieve that, in the feeding of ruminants phytobiotics be used. Phytobiotics are compounds is of vegetable origin increases efficiency in animals. Plants leaves, flowers, seeds, roots, essential oils and extracts of these structures are included within the concept of the woody structure phytobiotics. To reduce the production of methane phytobiotics the antimicrobial activity of the rumen and is with reducing the amount of hydrogen. Saponins from compounds contained in phytobiotics protozoa, the amount of those essential oils methanogens while reducing the amount of condensed tannin protozoa both methanogens. Essential oils, rumen methanogens, rather than the total number of the population in the rumen methanogens located on methanogenic activity tend to influence the distribution of species. But it is is not known optimal dose of phytobiotics use are needed more in vivo and prolonged trials.

**Keywords:** Methanogenesis, phytobiotics, methane

## 1. Giriş

Ruminantlarda metan gazı rumen ve arka bağırsakta (hindgut) arkealar (metanojenler) tarafından üretilmektedir (Hook ve ark., 2010). Sera gazları içerisinde yer alan metan gazı ruminantların sindirim sisteminde meydana gelen fermentasyon sonucu ortaya çıkmakta, dışarı ruktus ile atılmaktadır. Metan gazının bu şekilde dışarı atılması ile yemle alınan brüt enerjinin % 2-12'si kaybedilmektedir (Johnson ve Johnson, 1995). Ruminant hayvanlarda metan emisyonunu azaltmak hem verimli hayvansal üretim için hem de küresel anlamda iklim değişikliğine bağlı olarak çevrenin korunması açısından önemlidir (Wang ve ark., 2012).

Atmosferdeki metan gazı miktarı son birkaç yüzyılda iki katına çıkmış olup metanın küresel ısınma potansiyeli karbondioksit gazının 21 katıdır (Forster ve ark., 2007). İklim değişikliği ve küresel ısınma konusunda en önemli çerçeve olan Kyoto Protokolü'ne göre ülkeler toplam sera gazı emisyonlarını 1990 yıllarındaki seviyelere düşürmek durumundadırlar (Görgülü ve ark., 2009). Türkiye, Kyoto Protokolü'nün 25. Maddesi uyarınca Katılım Belgesinin tevdii tarihini izleyen 90. gün olan 26 Ağustos 2009'dan itibaren Protokol'e taraf olmuştur (Doğrar, 2013). Bu yüzden metan üretiminin azaltılması için ruminant besleme stratejileri önemlidir (Görgülü ve ark., 2009).

Metan üretimini azaltmaya yönelik stratejiler, metanojenlerin rumende yer alan diğer mikroorganizmalar ile ilişkisine odaklanmaktadır. Bunun için iki yol bulunmaktadır. Bunlardan birincisi doğrudan metanojenlere etki etmektir. İkinci yol ise metanogenezis için gerekli olan substrat kaynaklarına dolaylı etki etmektir (Hook ve ark., 2010). Bunları gerçekleştirmek için hayvan besleme uygulamalarında fitobiyotikler kullanılabilir. Fitobiyotiklerin metan üretimini azaltmaları antimikrobiyel aktiviteleri ve rumende hidrojen miktarını düşürmeleri ile olmaktadır. Ancak fitobiyotiklerin optimum kullanım dozu bilinmemekte olup daha çok in vivo ve uzun süre devam eden çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Hook ve ark., 2010).

## 2. Fitobiyotiklerin Metan Üretimini Azaltıcı Etkisi

Fitobiyotikler, bitkisel kökenli bileşikler olup hayvanlarda verimi iyileştirebilmektedir. Bitkilerin yaprak, çiçek, tohum, kök, odunsu yapıları ile bu bitki kısımlarının esansiyel yağları ve ekstraktları fitobiyotik kavramı içerisinde yer alır (Jacela ve ark., 2010).

Esansiyel yağlar; terpenoidler, düşük moleküler ağırlıktaki alifatik hidrokarbonlar, asitler, alkoller, aldehitler ve laktonların karışımıdır (Dorman ve Deans, 2000). Esansiyel yağların antimikrobiyel aktiviteleri, temasta oldukları mikroorganizmanın hücre duvarındaki bir takım faaliyetleri (elektronların taşınması, iyon yoğunluğu, fosforilasyon, enzime bağlı reaksiyonlar) engelleme/bozması ile gerçekleşmektedir (Ultee ve ark., 1999; Dorman ve Deans, 2000). Ayrıca esansiyel yağlar bakteri hücre duvarındaki lipidlere karşı yüksek afinite göstermektedir (Jouany ve Morgavi, 2007). Ancak bir esansiyel yağın antimikrobiyel etkisi onun kimyasal yapısına yani içerdiği kimyasal bileşiklere bağlıdır. Onun için bir esansiyel yağın farklı mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel etki düzeyide mikroorganizmaların hücre duvar yapıları farklı olduğu için aynı olmayacaktır.

Ruminant hayvanlarda büyüme arttırıcı olarak uzun yıllar antibiyotikler kullanılmıştır. Ancak direnç oluşumu ve hayvansal ürünlerde kalıntı bırakmaları sebebiyle profilaktik olarak besleme pratiklerinde yer almaları yasaklanmıştır. Ancak ruminantlarda bir antibiyotik olan monensin'in metan üretimini azalttığı bilinmektedir. Monensinin metan üretimini azaltması, rumendeki metanojenik flora üzerinde toksik etki göstermesinden ziyade format iyonunun karbondioksit ve hidrojene parçalayan organizmalara yaptığı

tesirden ileri gelmektedir (Van Nevel ve Demayer, 1977). Rumende meydana gelen metanın yaklaşık % 18'i formattan meydana gelmektedir (Hungate ve ark., 1970). Fitobiyotikler içerisinde yer alan esansiyel yağların antimikrobiyel özellik göstermesi, monensin'in etkisine benzer olarak gram pozitif bakterileri inhibe etmesiyledir. Bu durumda rumende hidrojen miktarı azalmaktadır. Bilindiği üzere metanojenler hidrojen tüketerek çoğalırlar (Hook ve ark., 2010). Ancak kullanılacak esansiyel yağın ruminantlarda sindirimi olumsuz etkilemeksizin metanogenezisi azaltacak optimal dozunu belirlemeye yönelik daha çok sayıda in vivo çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Bu amaçla yürütülecek çalışmaların uzun süreli olması rumen mikroorganizmalarının verilen esansiyel yağa adapte olup olmadıklarını belirlemek açısından önemlidir. Tıpkı monensin gibi esansiyel yağlar ile yapılacak çalışmalarda, bu fitobiyotiklerin hayvansal ürünlerde kalıntı bırakma durumunun belirlenmesi gerekmektedir.

Fitokimyasallar bitkisel kökenli bileşikler olup bitkiyi hastalıklara karşı koruyucu rol oynadığı düşünülen kimyasal yapılardır (Arts ve Hollman, 2005). Fitokimyasallar rumende bazı mikroorganizma gruplarına karşı inhibe edici olarak kullanılabilir. Şöyle ki, metanojenler içerisinde yer alan arkealar'ın hücre duvarı yapısı rumen bakterilerinininkinden farklıdır. (Balch ve ark., 1979). Bazı fitokimyasalların metanojen ve protozoonlara karşı seçici inhibe edici özellikleri bulunmaktadır. Bu da hayvan besleme pratiklerinde bazı fitokimyasalların rumen fermentasyonunun iyileştirerek rumen ortamında metan üretimini azaltmaya yönelik kullanılabileceğini göstermektedir (Wallace ve ark., 2002; Kamra ve ark., 2008; Chanthakhoun ve ark., 2011).

Fitokimyasalların içerdiği bileşiklerden saponinler protozoonların, kondanse tanenler hem protozoonların hem de metanojenlerin miktarını azaltmaktadır. Esansiyel yağlar ise metanojenlerin miktarını azaltmaktadır. Ancak bu durum rumende yer alan metanojenlerin toplam sayısını azaltmadan ziyade metanojen türlerinin dağılımına etki ederek gerçekleşmektedir (Busquet ve ark., 2006; Castillejos ve ark., 2006; Ohene-Adjei ve ark., 2008; Bodas ve ark., 2009; Broudiscou ve ark., 2000; Bhatta ve ark., 2013; Cieslak ve ark., 2013). Esansiyel yağlar hiçbir zaman rumendeki toplam metanojen sayısına etki etmez. Onun yerine metanojen çeşitlerinin dağılımına etki etmektedir (Hook ve ark., 2010). Bu durum Ohene-Adjei ve ark. (2008)'nin yaptıkları çalışma ile örtüşmektedir. Şöyle ki araştırmada, cinnamaldehyde, *Allium sativum* ve *Juniperus spp.* yağının toplam rumen metanojenik kapasitesini değiştirmeden metanojenik arkeaların çeşitliliğini arttırdığını bulmuşlardır.

Ruminantlarda fitobiyotikler ile fitokimyasalların metan üretimine olan etkisinin araştırıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Busquet ve ark., 2006; Castillejos ve ark., 2006; Broudiscou ve ark., 2000; Bodas ve ark., 2009; Dong 2010). Broudiscou ve ark. (2000)'nin yaptıkları çalışmada, yüksek oranda flavonoid içeren 13 bitki ekstraktının fermentasyon ve protozoa sayısına olan etkisini araştırmışlardır. *Lavandula officinalis* ile *Solidago virgaurea* ekstraktları fermentasyonu arttırırken *Equisetum arvense* ve *Salvia officinalis*'in metan üretimini inhibe edici özelliği olduğu bulunmuştur.

Bodas ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada 6 bitkinin (*Carduus pycnocephalus*, *Populus tremula*, *Prunus avium*, *Quercus robur*, *Rheum nobile*, *Salix caprea*) in vitro rumen metan oluşumuna etkisini araştırmışlardır. *R. nobile*, kontrol grubuna kıyasla metan üretimini % 16 azaltmış, propiyonat/asetat oranı ile uçucu yağ asitlerini arttırmış, sindirimi iyileştirmiştir. Diğer rumen parametrelerine olumsuz etki göstermeden metan üretimini azaltması *R. nobile*'yi umut vaat eden bir aday bitki konumuna getirmektedir.

*Rauwolfia serpentine*, *Indigofera tinctoria* ve *Withania somnifera*'nın fermentasyon üzerinde en az olumsuz etki ile metanogenezisi baskıladığı tespit edilmiştir (Bhatta ve ark.,

2013). Araştırma ile metanogenezisin esasen protozoa populasyon yoğunluğu ile ilişkili olmadığı ortaya konmuştur.

Keçilerde yonca (*lucerne*) ekstraktı ile pelin (*Artemisiae annuae*) ekstraktının kullanıldığı bir çalışmada, *in vitro* rumen metan üretimi araştırılmıştır. Pozitif kontrol grubundaki monensin'e karşı fitobiyotik gruplarında metan üretimi ve protozoa sayısının azaldığı, propiyonat konsantrasyonunun ise arttığı tespit edilmiştir (Dong 2010).

Bazı fitokimyasalların (*trans-cinnamic-trans sinamik, caffeic-kafeik, p-coumaric acid-p-kumarik asit, catechin hydrate-kateşin hidrat*) ruminantlarda *in vitro* metan üretimine olan etkisi araştırılmıştır. Kafeik ve p-kumarik asitler 6 mM düzeyinde kullanıldığında rumen fermentasyon parametrelerini olumsuz etkilemeksizin metan üretimini azaltmıştır. Çalışmada kullanılan fitokimyasalların rumende metan üretimini azaltıcı etkisi en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla kafeik, p-kumarik, ferulik ve sinamik asitler olarak bulunmuştur. Fitokimyasalların rumende metan üretimini azaltıcı etkisi anti-protozoal aktiviteleri ile açıklanmaktadır (Giuburuncă ve ark., 2014).

Bazı fitokimyasallar ise metan üretimini azaltmadığı halde rumen parametrelerine olumsuz etki yapabilmektedirler. Karvakrol, karvon, öjenol, timol ve vanilin esansiyel yağlarının 3000 ve 5000 mg/L düzeyinde kullanılması ile amonyak ve toplam uçucu yağ asidi konsantrasyonu azalmıştır (Busquet ve ark., 2006; Castillejos ve ark., 2006). Esansiyel yağlar yüksek düzeyde kullanıldığında bakterisidal etkinlikleri ortaya çıkarken düşük düzeylerinde bu durum daha az görülebilmektedir (Hart ve ark., 2008).

Tanen fenolik bir bileşik olup bitki dokularında yer almakta ve diğer moleküllerle bileşik oluşturma eğilimindedir. Hidrolize olabilir ve kondense tanen olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir. Kondense tanen flavan-3-ol'un yoğunlaşmasıyla oluşmuştur. Tanen hayvanlar üzerinde negatif ve pozitif etkilere sahip olup yemin lezzetliliğini ve sindirim derecesini azaltabilir. Bununla birlikte yemlerle rumene ulaşan tanen proteinlerle bileşik oluşturarak mikroorganizmaların proteinleri daha fazla parçalamasını önler. Rumende oluşan tanen-protein kompleksi abomasuma ulaşır. Ortamın asidik olmasından dolayı tanen burada proteinlerden ayrılır. Böylece serbest kalan proteinler ince bağırsakta sindirime tabi tutulur (Kamalak ve ark. 2005). Ruminantların rasyonuna kuru madde bazında 20-45 g kondanse tanen ilave edilmesi süt ve yapağı verimini artırmakta, üreme parametrelerine olumlu etki göstermekte ve timpani riskini azaltmaktadır. Ancak rasyona 55 g'dan fazla kondanse tanenin eklenmesi yem tüketimini, sindirim derecesini, büyüme ve yapağı verimini olumsuz etkilemektedir (Min ve ark. 2003).

Kondanse tanen, doğrudan metanojenleri inhibe ederek ve dolaylı olarak hidrojen miktarını azaltıp metanogenezisi sınırlandırarak etki etmektedir (Hook ve ark., 2010). Yapılan çalışmalar sonucuna göre metan üretimini azaltmak için kullanılan tanenin etkisi çok çeşitli sebeplere bağlı olarak % 2 ile % 58 düzeyinde geniş bir aralıkta tespit edilmiştir (Patra ve Saxena, 2010; Bodas ve ark., 2012). Carulla ve ark. (2005)'nin yaptıkları çalışmada, koyun rasyonlarına kuru maddenin % 2.5'i düzeyinde akasya taneni ilavesinin metan üretimini % 13 azalttığını tespit etmişlerdir.

Saponinler; genellikle triterpenik veya steroidal bir aglikona sahip sulu çözeltileri çalkalandığında kalıcı köpük veren, eritrositleri hemoliz edebilen glikozitlerdir. Ayrıca kolesterol ile kompleks meydana getirmeleri, balıklar gibi soğuk kanlı hayvanlar üzerinde toksik etki göstermeleri, antifungal ve antibiyotik aktiviteye sahip olmaları ile dikkat çekmektedirler. Bitkiler bünyelerindeki saponinleri, çevreden gelebilecek zararlı etkenlere karşı kendilerini savunmada kullanmaktadırlar (Fidan ve Dünder, 2007). Dünyada yaygın ticari kullanım alanı bulmuş saponin içeriği yüksek bitkiler *Yucca schidigera* ve *Quillaja saponaria*'dır (Cheeke, 1999). Anti-metanojenik aktivitesi için en fazla araştırılan ve

kullanımı Amerika Birleşik Devletlerinde güvenli olarak tanımlanan bitkisel materyal ise *Y. schidigera*'dır (Kaneda ve ark., 1987).

Düşük saponin içeriği, protozoa sayısını azaltarak dolaylı olarak metan üretimini etkilemektedir. Halbuki yüksek saponin konsantrasyonu metanojenler üzerine doğrudan negatif etki göstermektedir. Saponinlerin metan gazını azaltıcı etkisi % 50'ler düzeyinde bulursa da daha fazla sayıda in vivo çalışmaya ihtiyaç vardır (Szumacher-Strabel ve Cieslak, 2010; Patra ve Saxena, 2010; Bodas ve ark., 2012).

Rumen yüksek düzeyde dinamik bir ekosistem olduğu için fitofaktörlerin metanogenezis üzerine etkisi araştırılırken saponinlerin detoksifikasyonu, hidroliz ve saponinlerin biyolojik özelliklerini deaktive edici faktörlerin göz önüne alınması gerekmektedir (Miles ve ark., 1992; Makkar ve Becker, 1997; Odenyo ve ark., 1997; Wang ve ark., 1998; Teferedegne ve ark., 1999).

### 3. Sonuç

Rumen parametrelerine olumsuz etki göstermeyip metan üretimini azaltan etkisi kanıtlanmış ve güvenilir yem katkı maddelerinin elde edilmesi için daha çok in vivo çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

### Kaynakça

- Arts, I. C., Hollman, P. C. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *Am J Clin Nutr.*, 81(1 Suppl): p. 317S-325S.
- Balch, W. E., Fox, G. E., Magrum, L. J. (1979). Methanogens: reevaluation of a unique biological group. *Microbiological Reviews*, vol. 43, no. 2, pp. 260–296.
- Bhatta, R., Saravanan, M., Baruah, L., Sampath, K. T., Prasad, C. S. (2013). Effect of plant secondary compounds on in vitro methane, ammonia production and ruminal protozoa population. *Journal of Applied Microbiology*, 115(2), 455–465.
- Bodas R., López S., Fernández M., García-González R., Wallace R. J., González J. S. (2009). Phytogetic additives to decrease in vitro ruminal methanogenesis. In : Papachristou T.G. (ed.), Parissi Z.M. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Morand-Fehr P. (ed.). *Nutritional and foraging ecology of sheep and goats*. Zaragoza: CIHEAM / FAO / NAGREF. p. 279-283.
- Bodas, R. N., Prieto, N. R., Garcí'a-Gonza'lez, R. S., Andre's, S., Gira'ldes, F. J., Lo'pez, S. (2012). Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology* 176, 78–93.
- Broudiscou, L. P., Papon, Y., Broudiscou, A. F. (2000). Effects of dry plant extracts on fermentation and methanogenesis in continuous culture of rumen microbes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 87:263–277.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. (2006). Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 89:761–771.
- Carulla, J. E., Kreuzer, M., Machmuller, A., Hess, H. D. (2005). Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Aust. J. Agric. Res.*, 56. p. 961-970.
- Castillejos, L., Calsamiglia, S., Ferret, A. (2006). Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *J. Dairy Sci.* 89: 2649–2658.
- Chanthakhoun, V., Wanapat, M., Wachirapakorn, C., Wanapat, S. (2011). Effect of legume (*Phaseolus calcaratus*) hay supplementation on rumen microorganisms, fermentation and nutrient digestibility in swamp buffalo. *Livest Sci.*;140:17–23.
- Cheeke, P. R. (1999). Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. *Proceeding of the American Society of Animal Science*, Pp:1-10.
- Cieslak, A., Szumacher-Strabel, M., Stochmal, A., Oleszek, W. (2013). Plant components with specific activities against rumen methanogens. *Animal* 7:253–265.

- Doğrar, A. Y. (2013). Doha 2012 Zirvesi: Yeni "İklim Geçidi"ne Girerken. İstanbul Sanayi Odası Dergisi, Sayı: 563: 54-58. Erişim adresi: <ftp://ftp.iso.org.tr/Bim/WebIcinPDF/2013/00%20ISO%20SUBAT%202013%20SAYI%20563.pdf>
- Dong, G. Z., Wang, X. J., Liu, Z. B., Wang, F. (2010). Effects of phytogenic products on in vitro rumen fermentation and methane emission in goats. *J. Anim. Feed Sci.* 19, 218-229.
- Dorman, H. J., Deans, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology* 88, 308–316.
- Fidan, A. F., Dündar, Y. (2007). Yucca schidigera ve İçerdiği Saponinler İle Fenolik Bileşiklerinin, Hipokolesterolemik ve Antioksidan Etkileri. *Lalahan Hay Arast Ens Derg*, 47 (2):31-39
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D. W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D. C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R. (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Giuburuncă, M., Cristel, A., Cocan, D., Constantinescu, R., Răducu, C., Mireşan, V. (2014). Effects of Plant Secondary Metabolites on Methane Production and Fermentation Parameters in In vitro Ruminant Cultures. *Animal Science and Biotechnologies*, 47(2): 78-82.
- Görgülü, M., Darcan, N. K., Karakök, S. G. (2009). Hayvancılık ve Küresel Isınma. In: V. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi (Uluslararası katılımlı); Tekirdağ, Türkiye. pp: 15-25.
- 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.
- Hook, S. E., Wright, A. G., McBride, B. W. (2010). Methanogens: Methane Producers of the Rumen and Mitigation Strategies. *Archaea Volume 2010, Article ID 945785*, 11 pages.
- Hungate, R. E., Smith, W., Bauehop, T., Yu, I., Rabinowitz, J. C. (1970). Formate as an intermediate in the bovine rumen fermentation. *J. Baeteriol.* 102: 389397.
- Jacela, J. Y., DeRouchey, J. M., Tokach, M. D, et al. (2010). Feed additives for swine: Fact sheets – prebiotics and probiotics, and phytogenics. *J Swine Health Prod.*18(3):132–136.
- Johnson K. A., Johnson D. E. (1995). Methane emissions from cattle, *J. Anim. Sci.* 73: 2483–2492.
- Jouany, J. P., Morgavi, D. P. (2007). Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal* 1, 1443–1466.
- Kamalak, A., Canbolat, Ö., Gürbüz, Y., Özay, O., Erer, M., Özkan, Ç. Ö. (2005). Kondense Taninin Rumimant Hayvanlar Üzerindeki Etkileri Hakkında Bir İnceleme. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 8(1): 132-137.
- Kamra, D. N., Patra, A. K., Chatterjee, P. N., Ravindra, K., Neeta, A., Chaudhary, L. C. (2008). Effect of plant extract on methanogenesis and microbial profile of the rumen of buffalo. A brief overview. *Aust J Exp Agric.*;48:175–178.
- Kaneda, N., Nakanishi, H., Staba, J. (1987). Steroidal constituents of Yucca schidigera plants and tissue cultures. *Phytochemistry* 26, 1425–1429.
- Makkar, H. P. S., Becker, K. (1997). Degradation of Quillaja saponins by mixed culture of rumen microbes. *Letters Applied Microbiology* 25, 243–245.
- Miles, C. O., Wilkins, A. L., Munday, S. C., Holland, P. T., Smith, B. L., Lancaster, M. J., Embling, P. P. (1992). Identification of the calcium salt of epismilagenin beta-D-glucuronide in the bile crystals of sheep affected by *Panicum-dichotomiflorum* and *Panicumschinzii* toxicoses. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 40, 1606–1609.
- Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T., McNabb, W. C. (2003). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 106:3-19.
- Odenyo, A. A., Osuji, P. O., Karanfil, O. (1997). Effect of multipurpose tree (MPT) supplements on ruminal ciliate protozoa. *Animal Feed Science and Technology* 67, 169–180.

- Ohene-Adjei, S., Chaves, A. V., McAllister, T. A., Benchaar, C., Teather, R. M., Forster, R. J. (2008). Evidence of increased diversity of methanogenic archaea with plant extract supplementation. *Microbial Ecology* 56, 234–242.
- Patra, A. K., Saxena, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry* 71, 1198–1222.
- Szumacher-Strabel, M., Cieslak, A. (2010). Potential of phytofactors to mitigate rumen ammonia and methane production. *Journal of Animal and Feed Sciences* 19, 319–337.
- Teferedegne, B., McIntosh, F., Osuji, P. O., Odenyo, A., Wallace, R. J., Newbold, C. J. (1999). Influence of foliage from different accessions of the sub-tropical leguminous tree, *Sesbania sesban*, on ruminal protozoa in Ethiopian and Scottish sheep. *Animal Feed Science and Technology* 78, 11–20.
- Ultee, A., Kets, E. P. W., Smid, E. J. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 4606–4610.
- Van Nevel, V. L., Demayer, D. I. (1977). Effect of Monensin on rumen metabolism in vitro. *Applied and Environmental Microbiology*, Sept. 34 (3): 251-257.
- Wallace, R. J., McEwan, N. R., McInoch, F. M., Teferedegne, B., Newbold, C. J. (2002). Natural products as manipulators of rumen fermentation. *Asian-Aust J Anim Sci.*;15:1458–1468.
- Wang, Y., McAllister, T. A., Newbold, C. J., Rode, L. M., Cheeke, P. R., Cheng, K. J. (1998). Effects of *Yucca schidigera* extract on fermentation and degradation of steroidal saponins in the rumen simulation technique (RUSITEC). *Animal Feed Science and Technology* 74, 143–153.
- Wang, J. K., Ye, J., Liu, J. X. (2012). Effects of tea saponins on rumen microbiota, rumen fermentation, methane production and growth performance—a review. *Trop Anim Health Prod.* 44:697–706