

Tarçın Uçucu Yağının Rumen Fermantasyonu Üzerine Etkileri

Sibel Soycañ Öneñç^{1*}, Zümürüt Açıkğöz²

¹ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Değirmenaltı, Tekirdağ

² Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, 35100 Bornova İzmir

*e-posta: ssonenc@nku.edu.tr, Tel: 0 282 293 24 42, Fax: 0 282 293 14 54

Özet

Son yıllarda, bazı uçucu yağların immuno-stimulatör özelliklerinden dolayı rumen metabolizmasını olumlu etkilediğı ve seçici antibakteriyal aktiviteleri nedeniyle by-pass protein/amino asit oranını artırdığı ileri sürülmektedir. Ticari uçucu yağlar arasında güçlü antimikrobial aktivite sergileyen tarçın uçucu yağına artan bir ilgi söz konusudur. Bu derlemede tarçın uçucu yağının rumen fermantasyonu üzerine etkileri irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Tarçın uçucu yağı, rumen fermantasyonu, rumen düzenleyici

Effects of Cinnamon Essential Oil on Rumen Fermentation

Abstract

In recent years, it has been suggested that some essential oils affect positively rumen metabolism due to immuno-stimulating properties and increase by-pass protein/amino acid ratio because of selective antibacterial activities. Among commercial essential oils, there is a growing interest in cinnamon essential oil exhibiting strong antibacterial activity. In this review, it was examined the effects of cinnamon essential oils on rumen fermentation.

Key words: Cinnamon essential oil, rumen fermentation, rumen modifier

Giriş

Uzun yıllardır ruminant beslemede antibiyotikler, iyonoforlar, metan inhibitörleri ve defaunasyon maddeleri gibi yem katkıları rumen fermantasyonunu düzenlemek, yemden yararlanmayı iyileştirmek, büyümeyi teşvik etmek ve süt verimini artırmak amacıyla kullanılmıştır (Patra, 2011). Ancak, 1997 yılından sonra Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) ile Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization, FAO) büyüme uyarıcı antibiyotiklerin potansiyel tehlikelerine dikkat çekerek kullanımı konusunda uyarılarda bulunmuşlardır (FAO/OIE/WHO; 2004). Bununla birlikte, et ve sütte kalıntı problemine yol açarak insan sağlığını olumsuz etkilemesi nedeniyle antibiyotik kökenli yem katkı maddelerinin ruminant hayvanların yemlerinde kullanımı Avrupa Birliği'nin 1831/2003/EC (Anonymous, 2003) nolu düzenlemesi ile yasaklanmıştır.

Günümüzde, tüketici organizasyonları gıda kalitesi ve güvenilirliği açısından söz konusu kimyasal yem katkıları yerine doğal ürünlerin kullanımını önermektedirler (Patra, 2011). Dolayısıyla, yem endüstrisinde ruminal fermantasyonun düzenlenmesinde kullanılabilecek alternatif doğal ürün arayışları başlamıştır. Söz konusu

alternatifler arasında bitkilerin ikincil (sekonder) bileşenlerinden biri olan uçucu yağlara gösterilen ilgi her geçen gün artmaktadır (Chaves ve ark., 2008a; Yang ve ark., 2010a). İmmuno-stimulatör özelliklere sahip bazı uçucu yağların (Yang ve ark., 2010a) rumen metabolizmasını olumlu yönde etkilediğı bildirilmektedir (McIntosh ve ark., 2003; Fraser ve ark., 2007). Wallace (2004), uçucu yağların seçici antibakteriyal aktivite göstermesinden dolayı rumende protein parçalanmasını inhibe ederek by-pass protein/amino asit oranını artırıcı potansiyele sahip olduklarını ileri sürmektedir. Bu bağlamda, güçlü *in vitro* antimikrobiyal aktivite sergileyen tarçın uçucu yağı araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiştir (Yang ve ark., 2010a,b)

Tarçın Uçucu Yağının Bileşimi

Tarçının kabuk ile yaprak kısımları baharat ve uçucu yağ üretiminde kullanılmaktadır (Jayaprakasha ve ark., 2003). Tarçın (*Cinnamomum Cassia*) kabuk uçucu yağının temel aktif bileşeni bir fenilpropanoid olan cinnamaldehyde (3-fenil-2-propenal fenol; C₉H₈O) dir. Kabuklardan elde edilen uçucu yağda cinnamaldehyde miktarının % 44.2-97.7 arasında değıştiğı bildirilmektedir (Baratta ve ark., 1998; Marongiu ve ark., 2007). *C. zeylanicum* kabuğundan üretilen uçucu

yağda Ünlü ve ark. (2010) % 68.95 (E)-cinnamaldehyde, % 9.94 benzaldehide, % 7.44% (E)-cinnamyl acetate, % 4.42 limonene ve % 2.77 eugenol bulunduğunu belirlemişlerdir. Jayawardena ve Smith (2010) 100, 150 ve 200°C de tarçın kabuğundan su ekstraksiyonuyla elde edilen uçucu yağın % 80'in üzerinde cinnamaldehyde içerdiğini saptamışlardır. Genellikle su destilasyonu ile elde edilen uçucu yağda cinnamaldehyde miktarı % 60-65 arasında değişmektedir (Kaul ve ark., 2003).

Eugenol tarçın yaprak uçucu yağının başlıca bileşenidir (Fraser ve ark., 2007). Jayawardena ve Smith (2010), tarçın yapraklarından üretilen uçucu yağın % 98 den fazla eugenol içerdiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada Singh ve ark., (2007), yapraktan elde edilen uçucu yağda % 87.3 oranında eugenol, kabuktan elde edilende ise % 97.7 oranında E-cinnamaldehyde saptamışlardır. Ayrıca, araştırmacılar yaprak uçucu yağında cinnamaldehyde, kabuk uçucu yağında ise eugenol tespit edilemediğini vurgulamışlardır.

Tarçın Uçucu Yağının Antimikrobiyal Etkisi

Bitki ekstraktlarının antimikrobiyal aktiviteleri pek çok bitki uçucu yağında bulunan terpenoidler (carvacrol, carvone, thymol, terpinen-4-ol) ve phenylpropanoidler (cinnamaldehyde, eugenol, anethol) gibi ikincil bitki bileşenlerinden kaynaklanmaktadır (Helander ve ark., 1998). Aromatik bitkilerden çeşitli destilasyon yöntemleriyle elde edilen uçucu yağlar, hidrofobik yapılarından dolayı bakteriyel hücre membranlarındaki lipidlere karşı yüksek affinite gösterirler. Uçucu yağların antibakteriyel etkisi yapısındaki bileşenlerin ve fonksiyonel grupların lipofilik özellikleriyle ilişkilendirilmektedir (Benchaar ve ark., 2008; Dorman ve Deans, 2000). Ayrıca, uçucu yağların gram negatif bakterilere göre gram pozitif bakterilere karşı daha güçlü antibakteriyel aktivite gösterdikleri belirtilmektedir (Burt, 2004). Gram negatif bakteriler, hücre membranlarını çevreleyen bir dış tabakaya sahiptir ve bu şeffaf bariyer hidrofobik bileşiklerin işlevini engellemektedir (Nikaido, 2003). Ancak, Helander ve ark. (1998), thymol ve carvacrol gibi fenolik bileşiklerin gram negatif bakterilerin dış membranını bozarak büyümelerini inhibe ettiğini bildirmektedir. Bu etki, düşük moleküler ağırlıktaki uçucu yağların gram negatif bakterilerin membranlarına penetre olabileceğine atfedilmektedir (Nikaido, 1994; Helander ve ark., 1998; Dorman ve Deans, 2000).

Calsamiglia ve ark., (2007), tarçın uçucu yağında %75 düzeyinde bulunan cinnamaldehyde'in antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Cinnamaldehyde'in antimikrobiyal etki mekanizması tam olarak açıklanamamıştır, ancak muhtemelen yapısındaki karbonil grubunun reaktivesi ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Calsamiglia ve ark., 2007). Helander ve ark. (1998), thymol ve carvacrol gibi diğer ikincil bitki bileşenlerinin tersine cinnamaldehyde'in membran stabilitesini etkilemediğini gözlemlemişlerdir. Nikaido (1994), cinnamaldehyde'in antimikrobiyal etkisinin periplazmadaki ya da hücrenin daha iç kısımlarındaki proteinler ile arasındaki interaksyondan kaynaklandığını ileri sürmüştür.

Tarçının Yem ve Kuru Madde Tüketimine Etkisi

Cinnamaldehyde'in yem tüketimi üzerine etkisi kullanım düzeyine bağlı olarak değişim göstermektedir. Besi sığırlarına 400 ve 800 mg/gün düzeylerinde cinnamaldehyde verilmesi ilk hafta yem tüketimini azaltmış, ancak bu olumsuz etki 2. haftadan itibaren ortadan kalkmıştır. Cinnamaldehyde'in kullanım düzeyi 1.600 mg/gün' e yükseltildiğinde ise yem tüketiminde bir değişim gözlenmemiştir (Yang ve ark., 2010b). Benzer şekilde, etçi düvelerde 180 mg/gün cinnamaldehyde ve 90 mg/gün eugenol karışımı kullanılması yoğun yem tüketimini azaltırken, 600 mg/gün cinnamaldehyde ve 300 mg/gün eugenol karışımı ilavesi yoğun yem tüketimini olumsuz yönde etkilememiştir (Cardozo ve ark., 2006). Süt sığırlarına 600 mg/kg KM düzeyinde cinnamaldehyde verilmesi ise yoğun yem tüketimini %12 azaltmıştır (Busquet, 2003 e atfen Yang ve ark., 2010b). Patra (2011)' ya göre yem tüketiminde gözlenen azalma yemin lezzetiyle ilişkili olabilir ve bu olumsuz etki enkapsulasyon tekniğiyle giderilebilir.

Arpa ve mısır temeline dayalı kuzu yemlerine 200 mg/kg KM düzeyinde cinnamaldehyde ilave eden Chaves ve ark. (2008a), arpa içeren yemlerin tüketildiği gruplarda kuru madde tüketiminin birbirine benzer olduğunu (1357.4g-1363.1g) buna karşın mısır içeren yemlerin verildiği gruplarda 1221g'dan 1387g'a yükseldiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, cinnamaldehyde ilavesiz ve ilaveli arpalı yem kullanılan gruplarda kuzuların günlük canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranlarının 288.3-312.4 g ve 4.77-4.36, mısırlı yemlerin tüketildiği gruplarda ise 303.3-313.3g ve 4.03-4.43 olarak saptamışlardır. Chaves ve ark. (2008b), tarafından yürütülen bir başka çalışmada arpa içeren karma yeme 200 mg/kg KM düzeyinde cinnamaldehyde ilavesinin kuzularda yemden yararlanmayı (CIN:4.8, K:5.3) sayısal olarak iyileştirirken, sıcak karkas oranını etkilemediğini, ancak

yenilebilir et oranını %9 arttırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca, etin koku özellikleri ile but yağı ve karaciğer yağ asidi kompozisyonunu önemli düzeyde etkilemediğini belirtmişlerdir.

Tarçının Besin Madde Sindirilebilirliğine Etkisi

Besinin son döneminde sığırlara 400 mg/gün cinnamaldehyde verilmesi besin madde tüketiminde ve sindirim sistemi ile rumende organik madde sindirilebilirliğinde istatistiksel olarak önemli olmayan bir iyileşme sağlamıştır. Kullanılan cinnamaldehyde düzeyi 1.600 mg/gün'a yükseltildiğinde ise besin madde tüketimi ve ruminal sindirilebilirlik özellikle de NDF ve yem N sindirilebilirliği azalma göstermiştir. Yem N sindirilebilirliğinde gözlenen bu azalma rumenden parçalanmadan geçen protein (by-pass protein) oranındaki artışın bir göstergesidir. Dolayısıyla, bu etki metabolik protein gereksinimleri yüksek genç sığırlar için önemlidir (Yang ve ark., 2010b).

Rusitec sistemin kullanıldığı bir çalışmada, *C. zeylanicum* yapraklarından elde edilen uçucu yağ (500 mg/L g) pH'yı artırırken toplam UYA'yı azaltmıştır. Araştırmacılar, 76 g/kg eugenol içeren tarçın uçucu yağının antimikrobiyal etkisiyle yemin sindirilebilirliği arasında negatif bir ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir. Aynı uçucu yağ başka bir *in vitro* yöntemde (dual-flow fermenter) kullanıldığında ise toplam UYA ve rasyon fermantabilitesi etkilenmemiştir (Fraser ve ark., 2007).

Tarçının Rumen Fermantasyonuna Etkisi

Cardozo ve ark. (2004), sürekli kültür ortamında rumen sıvısına 0.22 mg/L düzeyinde ilave edilen tarçın uçucu yağının peptidolizisi inhibe ederek rumen N metabolizmasını modifiye ettiğini, ancak UYA konsantrasyonunu etkilemediğini belirlemişlerdir. Buna karşın Chaves ve ark. (2008a), arpa ve mısır içeren yemlere 200 mg/kg KM düzeyinde cinnamaldehyde ilavesinin toplam UYA miktarını artırdığını ve pH değerini nispeten azalttığını bildirmişlerdir. UYA'nın ruminant hayvanlar için temel metabolik enerji kaynağı olduğunu dikkate alan araştırmacılar, cinnamaldehyde kullanımıyla rumende yem fermentasyonunda oluşan iyileşmenin beside önemli bir avantaj sağlayabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Yüksek düzeyde tarçın yağı ve cinnamaldehyde (3.000 mg/L) kullanıldığında toplam UYA ve amonyak azotu konsantrasyonlarının azaldığı ve bu etkinin cinnamaldehyde ilavesinde daha belirgin olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, tarçın yağı ve cinnamaldehyde'nin UYA'nın oranları üzerine etkileri

farklılık göstermektedir. Tarçın yağı propiyonat ve bütirat oranlarını değiştirmeksizin asetat oranını artırırken, cinnamaldehyde asetat ve bütirat oranlarını etkilemeksizin propiyonat oranını yükseltmektedir. Dolayısıyla, cinnamaldehyde ilavesiyle istenilen rumen fermantasyon profili oluşturulabilmektedir. Benzer etkinin tarçın yağında gözlenmemesi, tarçın yağının yapısındaki cinnamaldehyde ile diğer bileşenler arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak ifade edilmiştir (Busquet ve ark., 2006).

Genel olarak cinnamaldehyde, sayısal olarak asetatin oranını düşürürken bütiratın oranını artırmaktadır (Busquet ve ark., 2005 a,b). Yüksek düzeylerde cinnamaldehyde (31.2 ve 312 mg/L) kullanıldığında, asetatin molar oranı azalmış buna karşın propiyonat ve bütiratın molar oranları yükselmiştir (Busquet ve ark., 2005a). Gözlenen bu fermantasyon profili, rumen mikrobiyal fermantasyonunu modifiye etmek için kullanılan amikloral ve karbonmonoksit gibi antimetanojenik bileşiklerin etkisine benzerlik göstermiştir. Söz konusu etkinin mekanizması deneysel olarak ispatlanamamış olsa da metanogenezisin inhibisyonu ile ilişkilendirilmiştir (Horton, 1980; Hino ve Russell, 1985). Nitekim Chaves ve ark. (2008c), tarçın uçucu yağının metanogenezis üzerine güçlü inhibitör etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Macheboeuf ve ark. (2008) da tarçın uçucu yağının aktif bileşeni olan cinnamaldehyde'in metan üretimini baskıladığını (%94, 5 mM) belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Chaves ve ark. (2008c) tarçın yapraklarından elde edilen ve % 76 eugenol içeren uçucu yağın (250 mg/L) metanojenik aktiviteyi (K: 20.3, T: 5.9), metan konsantrasyonunu (-%72) ve metan/UYA (K:0.26, T:0.09) oranını azalttığını saptamışlardır.

Cinnamaldehyde'in azot metabolizması üzerine olan etkileri konusunda çelişkili bildirişler bulunmaktadır. Konuyla ilgili yapılan çalışmaların bir kısmında azot metabolizmasının değiştiği (Cardozo ve ark., 2004; Busquet ve ark., 2005b) diğerlerinde ise etkilenmediği belirlenmiştir. (Busquet ve ark., 2005a). Elde edilen çelişkili sonuçlar kısmen cinnamaldehyde'in kullanım düzeyi, kullanılan *in vitro* yöntemlerdeki farklılıklar ya da inkübasyon döneminin uzunluğundan kaynaklanmış olabilir (Busquet ve ark., 2006). Bir *in vitro* rumen simülasyon sistemine cinnamaldehyde ilave eden Ferme ve ark. (2004), deaminasyonla ilişkili olduğu bilinen *Prevotella* spp., grubu bakterilerin azaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılara göre bu sonuç, cinnamaldehyde'in azot metabolizması üzerine etkisini açıklayıcı niteliktedir. Cardozo ve ark. (2005)'da

0.3-300 mg/L tarçın yağının pH 7'de amonyak konsantrasyonunu azalttığını bildirmişlerdir. Benzer etki Busquet ve ark. (2006) tarafından 3000 mg/L cinnamaldehyde düzeyinde saptanmıştır. Chaves ve ark. (2008a) arpa ve mısır temeline dayalı yemlere 200 mg/kg KM düzeyinde cinnamaldehyde ilavesinin arpa içeren yemde amonyak miktarını artırırken, mısır içeren yemde azalttığını belirlemiştir. Bileşiminde %76 eugenol içeren tarçın yaprak uçucu yağı (250 mg/L) *in vitro* koşullarda amonyak miktarını (K:23.0 ve T:28.4 mg/L) ve deaminatif aktiviteyi (K:3.8, T:7.0) artırıcı etki göstermiştir (Chaves et al., 2008c). Wallace (2004) uçucu yağların rumende yüksek oranda amonyak üreten (YOAÜ) bakterilerin gelişimini inhibe ederek aminoasitlerin deaminasyonunu azalttığını bildirmiştir. Patra (2011) ise, uçucu yağların düşük düzeylerde YOAÜ bakterilerin gelişimini inhibe ederken yüksek düzeylerde bütün mikroorganizmalar üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, uçucu yağlar yapısal polisakaritlerin sindirimini etkilemeksizin amilolitik ve proteolitik bakteriler tarafından hızlı parçalanmış substratların sindirimini ve/veya kolonizasyonunu baskılamaktadır (Wallace, 2002).

Cardozo ve ark. (2005), pH 7'de tarçın yağı ve cinnamaldehyde'in asetat/propiyonat oranını yükseltirken toplam UYA konsantrasyonunu azalttığını belirlemişler ve rumen fermantasyonunda gözlenen bu değişimin besin maddelerinden yararlanmadaki gerilemenin bir göstergesi olduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar, tarçın yağı ve cinnamaldehyde'in düşük rumen pH'sında (5.5) ise toplam UYA konsantrasyonunu artırırken amonyak azotu konsantrasyonunu ve asetat/propiyonat oranını azalttığını saptamışlardır. Juven ve ark. (1994)'da pH'nın 6.5'dan 5.5'e düştüğü koşullarda, tarçın uçucu yağının antimikrobiyal etkisinin arttığını belirlemiştir. Bu sonuçlardan, tarçın yağı ve cinnamaldehyde'in rumende besin maddelerinden yararlanmayı iyileştirdiği, özellikle de et üretiminde uygulanan yemleme koşullarında ortaya çıkan düşük ruminal pH'larda bu etkiden yararlanılabileceği anlaşılmaktadır (Cardozo ve ark., 2005; Calsamiglia ve ark., 2007).

Rumen ciliate protozoalarının rumen metabolizmasındaki rolü farklıdır. Bu mikroorganizmaların yokluğunda bakteri sayıları ve nişasta sindirimi artarken amonyak azotu konsantrasyonu düşer (Van Nevel ve Demeyer, 1988). Yapılan bir *in vitro* çalışmada, 500 mg/L g düzeyinde *C. zeylanicum* yapraklarından elde edilen uçucu yağın (76

g/kg eugenol içeren) ilave edilmesi protozoaların sayılarını 2 log azaltmıştır (Fraser ve ark., 2007). Cardozo ve ark. (2006) et sığırı rasyonlarına cinnamaldehyde (180 mg/gün) ve eugenol (90 mg/gün) karışımı eklenmesinin holotrich sayılarını artırdığını (P<0.01) ve entodiniumları etkilemediğini, ancak yüksek konsantrasyonlarda cinnamaldehyde (600 mg/gün) ve eugenol (600 mg/gün) içeren karışımların bu protozoal türlerde etki göstermediğini belirlemiştir. Yang ve ark. (2010a), 400-1.600 mg/gün cinnamaldehyde verilen danalarda toplam protozoa sayılarının ve isotrichia, dasytrichia ve entodinium oranlarının etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Sonuç

Ruminant hayvanlarda, rumen fermantasyonunun manipülasyonu yemden yararlanmayı iyileştirirken beraberinde et, süt ve yapağı üretimini de artırmaktadır. Rumen fermantasyonunun düzenlenmesinde antibiyotik alternatifi doğal ürünler arasında yer alan aromatik bitkilere gösterilen ilgideki artış oldukça dikkat çekicidir. Söz konusu bitkilerden biri olan tarçın da M.Ö 2700 yılından beri insan beslenmesinde güvenirlikle kullanılmaktadır. Pek çok *in vitro* çalışmada tarçının güçlü bir antimikrobiyal etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Tarçın uçucu yağının rumen fermantasyonu üzerine etkilerini belirlemeye yönelik sınırlı sayıda *in vitro* ve *in vivo* çalışmalardan elde edilen sonuçlara dayanarak somut önerilerde bulunmak pek mümkün görünmemektedir. Dolayısıyla, tarçın ve bileşenlerinin rumen fermantasyon parametreleri üzerine etkilerinin değerlendirildiği *in vitro* ve *in vivo* koşullarda yapılacak kapsamlı çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Anonymous. 2003. Official Journal of The European Union, Regulation (EC) No 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on Additives for Use in Animal Nutrition. Pages L268/29-L268/43 in OJEW of 10/18/2003.
- Baratta M.T., Dorman H.J.D., Deans S.G., Figueiredo A.C., Barroso J.G., Ruberto G. 1998. Antimicrobial and antioxidant properties of some commercial essential oils. *Flavour Fragr. J.* 13: 235-244.
- 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. and Technol.* 145: 209-228.

- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods- a review. *Int. J. Food Microbiol.* 94: 223-253.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Cardozo, P. W., Kamel, C. 2005a. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. *J. Dairy Sci.* 88: 2508-2516.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. 2005b. Screening for effects of plant extracts and active compounds of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a continuous culture system. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 124: 597-613.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. 2006. Plant extracts affect *in vitro* rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 89: 761-771.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P.W., Castillejos, L., Ferret, A. 2007. *Invited Review*: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 90: 2580-2595.
- Cardozo, P.W., S. Calsamiglia, A. Ferret, C. Camel. 2004. Effects of natural plant extracts on ruminal protein degradation and profiles in fermentation continuous culture. *J. Anim. Sci.* 82: 3230-3236.
- Cardozo, P.W., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. 2005. Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on *in vitro* rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. *J. Anim. Sci.* 83: 2572-2579.
- Cardozo, P.W., Calsamiglia, S., Ferret, A., Kamel, C. 2006. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high-concentrate diet. *J. Anim. Sci.* 84: 2801-2808.
- Chaves, A.V., Stanford, K., Gibson, L.L., McAllister, T.A., Benchaar, C. 2008a. Effects of carvacrol and cinnaldehyde on intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 145: 396-408.
- Chaves, A.V., Stanford, K., Dugan, M.E.R., Gibson, L.L., McAllister, T.A., Van Herk, F., Benchaar, C. 2008b. Effects of cinnaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Livestock Sci.* 117: 215-224.
- Chaves, A.V., He, M.L., Yang, W. Z., Hristov, A.N., McAllister, T.A., Benchaar, C. 2008c. Effects of essential oils on proteolytic, deaminative and methanogenic activities of mixed ruminal bacteria. *Can. J. Anim. Sci.* 89: 97-104.
- Dorman, H.J.D., Deans, S. G. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 88: 308-316.
- Ferme, D., Banjac, M., Calsamiglia, S., Busquet, M., Kamel, C., Avgustin, G. 2004. The effects of plant extracts on microbial community structure in a rumen-simulating continuous-culture system as revealed by molecular profiling. *Folia Microbiol.* 49(2): 151-155.
- FAO/OIE/WHO, 2004. Second joint FAO/OIE/WHO expert workshop on non-human antimicrobial usage and antimicrobial resistance: management options. Oslo, Norway, 15-18 March, 2004.
- Fraser, G.R., Chaves, A.V. Wang, Y., McAllister, T.A., Beauchemin, K.A., Benchaar, C. 2007. Assessment of the effects of cinnamon leaf oil on rumen microbial fermentation using two continuous culture systems. *J. Dairy Sci.* 90: 2315-2328.
- Helander, I. M., Alakomi, H-L., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E.J., Gorris, L. G. M., Von Wright, A. 1998. Characterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. *J. Agric. and Food Chem.* 46: 3590-3595.
- Hino, T., Russell, J. B. 1985. Effect of reducing-equivalent disposal and NADH/NAD on deamination of amino acids by intact rumen microorganisms and their cell extracts. *Appl. Environ. Microbiol.* 50: 1368-1374.
- Horton, G. M. J. 1980. Use of feed additives to reduce ruminal methane production and deaminase activity in steers. *J. Anim. Sci.* 50: 1160-1164.
- Jayaprakasha, G.K., Rao, L.J.M., Sakariah, K.K. 2003. Volatile constituents from *Cinnamomum zeylanicum* fruit and stalks and their antioxidant activities. *J. Agric. Food Chem.* 51: 4344-4348.
- Jayawardena, B., Smith, R. M. 2010. Superheated water extraction of essential oils from *Cinnamomum zeylanicum* (L.). *Phytochem. Anal.* 21: 470-472.
- Juven, B. J., Kanner, F., Schved, F., Weisslowicz, H. 1994. Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and active constituents. *J. Appl. Bacteriol.* 76: 626-631.
- Kaul, P. N., Bhattacharya, A. K., Rao, B. R. R., Syamasundar, K. V., Ramesh, S. 2003. Volatile constituents of essential oils isolated from different parts of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume). *J. Sci. Food Agric.* 83: 53-55.
- Macheboeuf, D., Morgavi, D. P., Papon, Y., Mousset, J. L., Arturo-Schaan, M. 2008. Dose-response effects of essential oils on *in vitro* fermentation activity of the rumen microbial population. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 145: 335-350.

- Marongiu, B., Piras, A., Porcedda, S., Tuveri, E., Sanjust, E., Meli, M., Sollai, F., Zucca, P., Rescigno, A. 2007. Supercritical CO₂ extract of *Cinnamomum zeylanicum*: chemical characterization and antityrosinase activity. *J. Agric. Food Chem.* 55(24): 10022-10027.
- McIntosh, M., Williams, P., Losa, R., Wallace, R. J., Beever, D. A., Newbold, C. J. 2003. Effects of essential oils on ruminal microorganisms and their protein metabolism. *Appl. and Environ. Microbiol.* 69(8): 5011-5014.
- Nikaido, H. 1994. Prevention of drug access to bacterial targets: permeability barriers and active efflux. *Science* 264:382-388.
- Nikaido, H. 2003. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability revisited. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 67(4):593-656.
- Patra, A. K. 2011. Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. *Asian J. Anim. and Veterinary Advances* 6(5): 416-428.
- Singh, G., Maurya, S., deLampasona, M. P., Catalan, C. A. N. 2007. A Comparison of chemical, antioxidant and antimicrobial studies of cinnamon leaf and bark volatile oils, oleoresins and their constituents. *Food and Chem. Toxicol.* 45: 1650-1661.
- Ünlü, M., Ergene, E., Vardar-Unlü, G., Sivas-Zeytinoglu, H., Vural, N. 2010. Composition, antimicrobial activity and *in vitro* cytotoxicity of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* Blume (*Lauraceae*). *Food and Chem. Toxicol.* 48: 3274-3280.
- Van Nevel, C. J., Demeyer, D. I. 1988. Manipulation of rumen fermentation. The rumen microbial ecosystem. Edt:P. N. Hobson. S:387-444. Elsevier Appl. Sci.
- Wallace, R. J., McEwan, N. R., McIntosh, F. M., Teferedegne, B., Newbold, C. J. 2002. Natural products as manipulators of rumen fermentation. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* 10: 1458-1468.
- Wallace, R. J. 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proc. Nutr. Soc.* 63: 621-629.
- Yang, W. Z., Ametaj, B. N., Benchaar, C., Beauchemin, K. A. 2010a. Dose response to cinnamaldehyde supplementation in growing beef heifers: ruminal and intestinal digestion. *J. Anim. Sci.* 88: 680-688.
- Yang, W. Z., Ametaj, B. N., Benchaar, C., He, M. L., Beauchemin, K. A. 2010b. Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: Intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. *J. Anim. Sci.* 88: 1082-1092.