



Ruminant Rasyonlarına Farklı Oranlarda İkame Edilen Sandal Ağacı (*Arbutus Andrachne*) Yapraklarının Potansiyel Yem Değeri ve Anti-metanojenik Özelliklerinin *İn Vitro* Gaz Üretim Yöntemi ile Belirlenmesi

Ali KAYA^{1*}, Atilla BAŞER², Adem KAYA¹, Bilal SELÇUK²

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 25240, Erzurum, TÜRKİYE

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Kahramanmaraş, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar e-mail: alikaya@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi/Received
22.12.2021

Kabul Tarihi/Accepted
30.12.2021

Yayın Tarihi/Published
25.02.2022

ÖZET: Bu çalışma, ruminant rasyonlarında yer alan mısır silajı yerine farklı dozlarda (%10, 20 ve 30) sandal ağacı (*Arbutus andrachne*) yaprağı ikamesinin *in vitro* gaz (GÜ) ve metan üretimi (CH₄), metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirim derecesi (OMS) üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla yürütülmüştür. Mısır silajı (%25), yonca samanı (%25), kuru çayır otu (%20) ve karma yemden (%30) oluşan ruminant rasyonu kontrol grubunu oluşturmuştur. Kontrol (K) grubunda yer alan mısır silajı yerine %10 (S1), 20 (S2) ve 30 (S3) düzeylerinde sandal ağacı yaprağı ikame edilerek hazırlanan rasyonlar ise deneme gruplarını oluşturmuştur. Sandal ağacı yaprağı ikamesinin *in vitro* GÜ, CH₄, ME ve OMS üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P<0.001$). K, S1, S2 ve S3 rasyonlarında 24 saatlik *in vitro* GÜ değerleri 37.32- 46.01 ml/200 mg KM, CH₄ değerleri 5.76-7.51 ml, ME değerleri 8.08-9.26 Mj/kg KM, NE_L değerleri 4.96-5.82 Mj/kg KM ve OMS değerleri %58.67-66.62 arasında saptanmıştır. Sonuç olarak, artan dozlarda sandal ağacı yaprağı ikamesinin gaz ve metan üretimini azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, *in vivo* çalışmalarla mikroorganizma sayımları, yem tüketim miktarları ve yemden yararlanma katsayıları belirlenerek elde edilen verilerin desteklenmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *In vitro* gaz üretimi, Metan üretimi, TMR, Sandal ağacı yaprağı

Determination of Potential Feed Value and Anti-methanogenic Properties of Sandalwood (*Arbutus Andrachne*) Leaves Substituted at Different Ratios in Ruminant Diets by *In Vitro* Gas Production Method

ABSTRACT: This study was carried out to determine the effects of sandalwood (*Arbutus andrachne*) leaf substitute at different doses (10, 20 and 30%) instead of corn silage in ruminant rations on *in vitro* gas (GP) and methane production (CH₄), metabolic energy (ME) and organic matter digestion degree (OMD). Ruminant ration consisting of corn silage (25%), alfalfa straw (25%), dry meadow grass (20%) and compound feed (30%) constituted the control group. Rations prepared by substituting 10 (S1), 20 (S2) and 30% (S3) sandalwood leaves in place of corn silage in the control (K) group formed the experimental groups. The effect of sandalwood leaf substitution on *in vitro* GP, CH₄, ME and OMD was found to be significant ($P<0.001$). In K, S1, S2 and S3 rations, 24-hour *in vitro* GP values were 37.32- 46.01 ml/200 mg DM, CH₄ values were 5.76-7.51 ml, ME values were 8.08-9.26 Mj/kg DM, NE_L values were found between 4.96-5.82 Mj/kg DM and OMD values between 58.67-66.62%. As a result, it was determined that increasing doses of sandalwood leaf substitute reduced gas and methane production. In addition, it was concluded that the data obtained should be supported by determining the microorganism counts, feed consumption amounts and feed efficiency coefficients with *in vivo* studies.

Keywords: *In vitro* gas production, Methane production, Total mixed ration, Sandalwood leaf

Atf için / To cite

Kaya A, Başer A, Kaya A, Selçuk B, 2022. Ruminant Rasyonlarına Farklı Oranlarda İkame Edilen Sandal Ağacı (*Arbutus Andrachne*) Yapraklarının Potansiyel Yem Değeri ve Anti-metanojenik Özelliklerinin *İn Vitro* Gaz Üretim Yöntemi ile Belirlenmesi. Palandöken Journal of Animal Science, Technology and Economics, 1(1): 1-6.

GİRİŞ

Türkiye'nin iklim ve ekolojik koşulları göz önüne alındığında yarı kurak ve kurak bölgelerde, ruminantların ihtiyacı olan kaba yemin üretimi yaz mevsiminde en düşük düzeydedir. Bu durum, hayvancılık için doğal beslenme yani otlama kısıtlamasına sahip bir dönemdir. Bu dönemlerde, ağaç ve çalı yapraklarının derin kök sistemlerine sahip olması yapraklarının besin kalitelerini korumalarına olanak sağlamakta ve otlama sıkıntısı çekilen bölgelerde maliyeti ucuz olması sebebiyle ruminant hayvanların beslenmesi için büyük önem taşıdıklarını vurgulamaktadırlar (Nair, 1993; Kamalak ve ark., 2005; Özdemir ve Kaya, 2020). Ağaç ve çalı yapraklarının bazı otlara (kuru otlara) kıyasla üstün mineral ve protein bileşimine sahip olması düşük kaliteye sahip kaba yemleri iyi değerlendirebilen ruminantların protein ve mineral ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Khang ve ark., 2019; Kongmanila, 2012; Tatlıyer ve ark., 2019). Karbondioksit gazından sonra en önemli sera gazlarından biri olan metan gazını, ruminantların rumenlerinde mikroorganizmaların karbonhidratları fermente etmeleri sonucunda açığa çıkardığı bir yan ürün olarak tanımlamaktadırlar. (Carlin, 2006; Meale ve ark., 2012). Dünyada yıllık ruminantlardan 80-115 milyon ton arasında atmosfere yayılan metan gazının kısa ve uzun dalga boylu güneş ışınlarını emerek iklim değişikliğine ve küresel ısınmaya sebep olduğunu bildirilmektedir (Kaya ve ark., 2012). Ruminantlardan salınan metan gazının sadece küresel ısınmaya neden olmadığı ayrıca da tükettikleri rasyon içeriği ve yem tüketim miktarlarına bağlı olarak brüt enerjinin %2 ile %15 arasında kaybına da neden olduğu düşük kalitede kaba yemlerle beslenme durumunda bu oranın %15-18'e kadar çıktığı bildirilmiştir (Johnson ve Johnson, 1995; Steinfeld ve ark., 2006). Ağaç ve çalı yapraklarının sahip olduğu besin maddelerinin yanı sıra kondanse tanen, saponin ve esansiyel yağ gibi ikincil bileşikler de yapısında bulundurduğu ve bu ikincil bileşiklerin ruminantlarda anti-proteolitik ve anti-metanojenik özellikleri olduğu rapor edilmiştir (Cengiz ve Kamalak, 2020; Başer ve Kamalak, 2020). Son yıllarda ruminantlardan metan gazı şeklinde kayıp olan enerjinin azaltılmasına ve bu hayvanların enerji kullanım etkinliğinin artırılması için her bölgede yetiştirme adaptasyonu bulan tanen içeren sandal ağacı yapraklarının tek başına veya rasyona katılarak küresel ısınmaya sebep olan metan salınımı azaltacağını belirtmişlerdir (Atalay ve ark., 2017).

Bu çalışmada, ruminant rasyonlarında mısır silajı yerine %10, %20 ve %30 oranlarında sandal ağacı (*Arbutus andrachne*) yapraklarının izo-kalorik ve izo-nitrojenik olacak şekilde katılarak *in vitro* gaz üretim yönteminde; gaz üretimi (ml), metan üretimi (ml), metabolik enerji (MJ/kg KM), net enerji laktasyon (MJ/kg KM) ve organik madde sindirim derecesine (%) ne düzeyde etki ettiği araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Ruminant rasyonlarında kullanılan yem hammaddeleri özel bir çiftlikten temin edilmiş olup rasyonda mısır silajı yerine ikame edilecek olan sandal ağacı (*Arbutus andrachne*) yaprakları ise Kahramanmaraş ilinden ve en az 10 farklı ağaçtan olacak şekilde haziran ayı 2021 yılında toplanmış ve laboratuvara getirilmiştir. Mısır silajı (%25), kuru çayır otu (%20), yonca samanı (%25) ve karma yemden (%30) oluşan TMR kontrol grubunu (K), rasyonda yer alan mısır silajı yerine %10 (S1), 20 (S2) ve 30 (S3) düzeylerinde sandal ağacı yaprağı ikame edilerek izo-nitrojenik ve izo-kalorik olarak hazırlanan rasyonlar da deneme gruplarını oluşturmuştur. Laboratuvarında, analizlerde kullanılmak üzere örnekler 105°C'de etüvde 24 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrası yapraklar ve yem hammaddeleri 1 mm elekli değirmenle öğütülmüştür. Sandal ağacı yaprakları ve yem hammaddelerinin kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY) içerikleri AOAC (1990)'a göre kondanse tanen (KT) içerikleri Makkar ve ark., (1995)'a göre belirlenmiştir. Sandal ağacı yaprakları ve yem hammaddelerinin asit deterjan fiber (ADF) ve nötr deterjan fiber (NDF) içeriği Van Soest ve ark., (1991)'in bildirdiği yöntemle yapılmıştır. Analizleri yapılan yemlerin karışım oranları çiftlikte hayvanlara verilen miktarlar dikkate alınarak kontrol rasyonu hazırlanmış olup deneme grupları kontrol gruba göre hazırlanmıştır. Rasyonda birbirleri yerine ikame edilecek olan Sandal ağacı yaprakları ve mısır silajı içerikleri sırası ile KM (%93.26-94.02), HK (%4.74-8.48), HP (%8.66-10.08), HY (%7.45-3.99), NDF (%41.2-66.59), ADF (%28.56-33.27) ve KT (%8.20-0) bulunmuştur. Hazırlanan rasyonların oranları ve besin madde kompozisyonları Tablo 1'de verilmiştir. Laboratuvar ortamında hazırlanan rasyonların gaz ve metan üretimi Menke ve ark. (1979)'nın bildirdikleri *in vitro* gaz üretimi tekniğe göre yapılmıştır. Çalışmada kullanılan rumen sıvısı, Kılıç ve Abdiwali (2016)'da bildirdiği şekilde özel bir mezbahanenin etik kurulundan kesim onayı almış ve rumen gelişimini tamamlamış, 2 yaşlarında ve 60-70

kg canlı ağırlıklar arasında olan, İvesi ırkı sağlıklı 3 baş koçun rumeninden alınmıştır. Alınan rumen sıvısı vida kapaklı şişe içerisinde içinde yaklaşık 39°C'de su bulunan kapaklı termos ile Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Yem Analiz Laboratuvarı'na getirilmiştir.

Rumen sıvısı CO₂ gazı altında anaerobik ortam sağlanarak dört katlı tülbentten süzöldükten sonra *in vitro* gaz üretim tekniği için kullanılmıştır. 24 saatlik inkübasyon sonunda açığa çıkan gazın metan

düzeyleri infrared metan analiz cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Goel ve ark., 2008). Rasyonların ME, NE_L ve OMS değerleri Menke ve Steingass (1988)'in önerdiği aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır. Eşitliklerde kullanılan HP, HY, HK içerikleri % olarak kullanılmıştır.

$$ME_{(Mj/kgKM)} = 2.2 + 0.1357 \times GÜ + 0.057 \times HP + 0.002859 \times HY^2$$

$$NE_{L(Mj/kgKM)} = 0.101 \times GÜ + 0.051 \times HP + 0.112 \times HY$$

$$OMS = 14.88 + 0.8893 \times GÜ + 0.448 \times HP + 0.651 \times HK$$

Tablo 1. Deneme TMR'lerinin yem hammaddeleri ve kimyasal kompozisyonları

Table 1. Feed ingredients and chemical compositions of trial TMRs

İçerik oranları	Kontrol	%10 Sandal	%20 Sandal	%30 Sandal
Mısır silajı	250	225	200	175
Yonca samanı	250	250	250	250
Kuru çayır otu	200	200	200	200
Karma yem (%21 HP)	300	300	300	300
Sandal ağacı yap.	-	25	50	75
Kimyasal kompozisyon				
KM(%)	91.52	91.61	91.69	91.76
HK(%)	7.48	7.39	7.29	7.20
HP(%)	13.30	13.27	13.23	13.20
HY(%)	4.40	4.49	4.58	4.66
NDF(%)	57.66	57.03	56.39	55.76
ADF(%)	30.23	30.11	29.99	29.88
KT	-	0.219	0.440	0.659

İstatistik analiz

Deneme de incelenen parametrelere ait veriler SPSS 20.0 (2011) paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. Gruplara ait ortalamaların karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi (Duncan, 1955) kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Rasyon içerisine mısır silajı yerine farklı oranlarda katılan sandal ağacı yaprağı ikame edilerek oluşturulan ruminant rasyonlarının *in vitro* gaz, metan, ME, NE_L ve OMS değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Ruminant rasyonlarına sandal ağacı yaprağı ikamesi incelenen tüm parametreleri önemli derecede etkilemiştir ($P < 0.001$). Rasyonların 24 saatlik *in vitro* gaz üretim değerlerinin (ml/200 mg/kg KM) 46.01 ile 37.32 arasında değişmekte olup en yüksek gaz üretimi K grubunda en düşük gaz üretimi ise S3 grubunda saptanmıştır. *In vitro* gaz yönteminde yapılan çalışmalarda, ağaç yapraklarının içermiş olduğu kondanse tanen, rumendeki mikroorganizmaların yemleri parçalama hızını etkilediğini ve fermentasyon sonucunda açığa çıkan gaz üretimini ile ters ilişkisi olduğu bildirilmektedir (Kılıç ve Sarıççek, 2006; Ku- Vera ve ark., 2020).

Ruminantların metan gazı şeklindeki enerji kayıplarını ve atmosfere yayılan metan gazını azaltmak için rasyona ikame ettiğimiz sandal ağacı yapraklarının 24 saatlik metan üretim miktarlarının 7.51 ml ile 5.76 ml arasında değiştiği tespit edilirken, en yüksek metan üretim değeri K rasyonunda, en düşük S3 grubunda saptanmıştır. Ruminantların rasyonlarına tanen veya saponin içeren yem hammaddelerinin ikame edilmesi durumunda direkt veya indirekt olarak 24 saat sonunda metan üretimlerini %10 ile 35 arasında azalttığını rapor etmişlerdir (Albores-Moreno ve ark., 2017; Piñeiro-Vázquez ve ark., 2018).

S3 rasyonunun metan üretimi, K rasyonunun metan üretimine göre %23.30 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Buna karşın *in vitro* gaz içerisindeki metan oranları (%) bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark olmamıştır ($P > 0.05$). Yemlerde oluşan metan gaz değerlerinin Lopez ve ark., (2010) belirlediği metoda göre düşük antimetanojenik ($> \%11$ ve $\leq \%14$), orta antimetanojenik ($\% > 6$ ve $< \%11$) ve yüksek anti-metanojenik ($> \%0$ ve $< \%6$) olarak sınıflandırma yapılabileceğini ve hayvanlara verilen yemlerin bu sınıflandırmalar dikkate alınarak rasyon hazırlanmasının ruminantlarda

enerji kullanım etkinliğini artırılabilir ve küresel ısınmaya sebep olan metan gazının azaltılabileceğini ifade edilmektedir. Bu çalışmaya konu olan sandal ağacı yaprağı içeren rasyon gruplarının herhangi birisinde Lopez ve ark., (2010) bildirdiği şekilde anti-metanojenik etki görülmemiştir. Kontrol ve deneme grubu rasyonlarında 24 saatlik üretilen *in vitro* gaz değerleri kullanılarak hesaplanan metabolik enerji içeriklerinin 9.26 ile 8.08 MJ/kg KM arasında, net enerji laktasyon içerikleri 5.82 ile 4.96 MJ/kg KM ve OMS değerlerinin ise %66.62 ile 58.67 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ruminant

rasyonlarına sandal ağacı yaprağı ikamesinin ME, NE_L ve OMS değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir. En yüksek ME, NE_L ve OMS değerleri K rasyonunda tespit edilirken en düşük S3 rasyonunda saptanmıştır. Rasyonların ME, NE_L ve OMS derecelerine ait elde edilen değerler El-Waziry ve ark.,(2015), Boğa ve ark., (2020) ve Kaya ve Kaya (2021)'nin araştırdıkları çalışmalardan elde ettikleri değerlerden yüksek bulunmuştur. Getachew ve ark., (2002) yaptıkları çalışmadaki rasyonların metabolik enerji değerlerinden düşük bulunmuştur.

Tablo 2. TMR gruplarının ortalama gaz ve metan üretimi ile ME, NE_L ve OMS değerleri ve varyans analiz sonuçları
Table 2. Average gas and methane production of TMR group, their ME, NE_L and OMS values and results of variance analysis.

Yemler	GÜ	Metan	Metan	ME	NE _L	OMS
K	46.01 ^a	7.51 ^a	16.31	9.26 ^a	5.82 ^a	66.62 ^a
S1	40.61 ^b	6.37 ^b	15.69	8.52 ^b	5.28 ^b	61.75 ^b
S2	38.26 ^{bc}	5.94 ^{bc}	15.52	8.21 ^{bc}	5.05 ^{bc}	59.58 ^{bc}
S3	37.32 ^c	5.76 ^c	15.42	8.08 ^c	4.96 ^c	58.67 ^c
SHO	2.37	0.12	0.25	0.04	0.02	1.87
P	0.000	0.000	0.108	0.000	0.000	0.000

a, b, c: Aynı sütunda yer alan farklı simgeye sahip ortalamalar birbirinden farklıdır ($P < 0.05$).

SHO: Standart hata ortalaması, GÜ: 24 saatlik *in vitro* gaz üretim değeri, ME: Metabolik enerji, NE_L: Net enerji laktasyon, OMS: Organik madde sindirim derecesi, P: Önem seviyesi.

SONUÇ

Ruminant rasyonlarında yer alan mısır silajı yerine farklı oranlarda sandal ağacı yaprağı ikamesinin *in vitro* gaz ve metan üretimi ile metabolik enerji, net enerji laktasyon ve OMS değerlerine önemli derecede tesir ettiği görülmüştür ($P < 0.001$). Rasyona %10, %20 ve 30 oranlarında sandal ağacı yaprağı ikame edilen ruminant rasyonlarının rumen sıvısıyla 24 saatlik inkübasyonu sonunda üretilen *in vitro* gaz miktarlarına baktığımızda kontrol rasyonuna göre azalma meydana geldiği, metabolik enerji, net enerji laktasyon ve OMS değerlerinin gaz üretimindeki azalmaya bağlı olarak düştüğü saptanmıştır. Diğer taraftan sandal ağacı yaprağı ikamesinin *in vitro* metan üretimindeki meydana getirdiği azalma anti-metanojenik özellik olarak kabul edilebilir nitelikte bulunmamıştır. Sonuç olarak; ruminant rasyonlarına katılan ağaç ve çalı yapraklarının yapısında bulunan sekonder bileşiklerden rumen metabolizmasını olumsuz yönde etkileyen maddelerin belirlenmesi ve bu maddelerin rasyondaki miktarlarına dikkat edilerek ağaç ve çalı yapraklarının rasyonlarına katılması gerektiği, *in vivo* çalışmalarla mikroorganizma sayımları, yem tüketim miktarları ve yemden yararlanma katsayıları

belirlenerek elde edilen verilerin desteklenmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Albores-Moreno S, Alayón-Gamboa JA, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ, Aguilar-Pérez CF, Olivera-Castillo L, Ku-Vera JC, 2017. Effects of feeding ground pods of *Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb on dry matter intake, rumen fermentation, and enteric methane production by Pelibuey sheep fed tropical grass. *Tropical animal health and production*, 49(4): 857.
- Atalay AI, Ozkan CO, Kaya E, Kurt O, Kamalak A, 2017. Effect of maturity on chemical composition and nutritive value of leaves of *Arbutus andrachne* shrub and rumen *in vitro* methane production. *Livestock Research for Rural Development*, 29(7): 2017.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 14th edn. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Başer A, Kamalak A, 2020. Türkiye'nin Akdeniz bölgesinde yetişen bazı baklagil ağaç yapraklarının yem değerleri ve *in vitro* fermentasyon özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4): 940-947.

- Boga M, Kurt O, Ozkan CO, Atalay Aİ, Kamalak A, 2020. Evaluation of some commercial dairy rations in terms of chemical composition, methane production, net energy and organic matter digestibility. *Progress In Nutrition*, 22(1): 199-203.
- Carlin A, 2006. Working paper: Global climate control: Is there a better strategy than reducing greenhouse gas emissions? p.:1-65
- Cengiz T, Kamalak A, 2020. Farklı bölgelerde yetişen söğüt yapraklarının potansiyel Besleme değerlerinin ve anti-metanojenik özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(5): 1351-1358.
- Duncan DB, 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1): 1-42.
- El-Waziry A, Al-Haidary A, Okab A, Samara E, Abdoun K, 2015. Effect of dietary seaweed (*Ulva lactuca*) supplementation on growth performance of sheep and on *in vitro* gas production kinetics. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(1): 81-86.
- Getachew G, Crovett, GM, Fondevila M, Krishnamoorthy U, Singh B, Spanghero M, Steingass H, Robinson PH, Kailas MM, 2002. Laboratory variation of 24 h *in vitro* gas production and estimated metabolizable energy values of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 102(1-4): 169-180.
- Getachew G, Robinson PH, DePeters EJ, Taylor SJ, Gisi DD, Higginbotham GE, Riordan TJ, 2005. Methane production from commercial dairy rations estimated using an *in vitro* gas technique. *Animal Feed Science and Technology*, 123: 391-402.
- Goel G, Makkar HPS, Becker K, 2008. Changes in microbial community structure, methanogenesis and rumen fermentation in response to saponin-rich fractions from different plant materials. *Journal of applied microbiology*, 105(3): 770-777.
- Johnson KA, Johnson DE, 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73: 2483-2492.
- Kamalak A, Canpolat Ö, Gürbüz Y, Erol A, Özay O, 2005. Effect of maturity stage on chemical composition, *in vitro* and *in situ* dry matter degradation of tumbleweed hay (*Gundelia tournefortii* L.). *Small Ruminant Research*, 58: 149-156.
- Kaya A, Kaya H, Çelebi Ş, 2012. Ruminant Hayvanlarda Metan Üretimini Azaltmaya Yönelik Çalışmalar/Studies to Reduce The Production of Methane from Ruminant. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(2): 197-204.
- Kaya A, Kaya A, 2021. The Effect of Some Vegetable Oils Added to Dairy Calf Rations on *In vitro* Feed Value and Enteric Methane Production. *Journal of Agricultural Production*, 2(1): 1-6.
- Khang DN, Anh DTN, Preston TR, 2019. Effect of cassava leaf meal and coconut cake on methane production in an *in vitro* incubation using cassava root pulp and urea as substrate. *Livestock Research for Rural Development*, 31.
- Kılıç Ü, Abdıvalı MA, 2016. Alternatif kaba yem kaynağı olarak şarapçılık endüstrisi üzüm atıklarının *in vitro* gerçek sindirilebilirlikleri ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(6).
- Kılıç Ü, Sarıççek BZ, 2006. *In vitro* gaz üretim tekniğinde sonuçları etkileyen faktörler. *Hayvansal Üretim*, 47(2).
- Kongmanila D, 2012. Erythrina foliage as an alternative feed for growing goats in Lao PDR (Vol. 2012, No. 61).
- Ku-Vera JC, Jiménez-Ocampo R, Valencia-Salazar SS, Montoya-Flores MD, Molina-Botero IC, Arango J, Gómez-Bravo CA, Aguilar-Pérez CF, Solorio-Sánchez FJ, 2020. Role of secondary plant metabolites on enteric methane mitigation in ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, 7: 584.
- Lopez S, Makkar HPS, Soliva CR, 2010. Screening plants and plant products for methane inhibitors. In: Vercoe PE, Makkar HPS, Schlink A, (Eds): *In vitro* screening of plant resources for extra nutritional attributes in ruminants: Nuclear and related methodologies. London, New York, pp. 191- 231.
- Makkar HPS, Blümmel M, Becker K, 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. *British Journal of Nutrition*, 73(6): 897-913.
- Meale SJ, McAllister TA, Bauchemin KA, Harstad OM, Chaves AV, 2012. Strategies to reduce greenhouse gases from ruminant livestock. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 2012, 62: 199-211.
- Menke KH, Steingass H, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*, 28: 7-55.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W, 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science (Camb)*, 93:217-222.
- Nair PKR, 1993. *An Introduction to Agroforestry* by Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Salazar SSV, Jiménez-Ferrer G, Molina-Botero IC, Ku-Vera JC, Chirinda N, Arango J, 2021. *In vitro* Methane Mitigation Potential of Foliage of Fodder Trees Mixed at Two Levels with a Tropical Grass. *SPSS*, 2011. IBM SPSS statistics for Windows, version 20.0. New York: IBM Corp 440.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar TD, Castel V, Rosales M, Rosales M, de Haan C, 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. *Food & Agriculture Org.*

- Özdemir Ö, Kaya A, 2020. Bazı Ağaç Yapraklarının İn Vitro Gaz Üretim Tekniğiyle Yem Değerlerinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 30(3): 454-461.
- Piñeiro-Vázquez AT, Canul-Solis JR, Jiménez-Ferrer GO, Alayón-Gamboa JA, Chay-Canul AJ, Ayala-Burgos AJ, Aguilar-Pérez AC, Ku-Vera JC, 2018. Effect of condensed tannins from *Leucaena leucocephala* on rumen fermentation, methane production and population of rumen protozoa in heifers fed low-quality forage. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 31(11): 1738.
- Tatlıyer A, Kamalak A, Öztürk D, 2019. Sandal ağacı (*Arbutus andrachne*) yapraklarının potansiyel besleme değerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22(2): 315-321.
- Van Soest PV, Robertson JB, Lewis B, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3597.