



Dev Kralotu (*Pennisetum hybridum*) Silajlarında *in Vitro* Rumen Fermantasyonu ve Metan Üretiminin Belirlenmesi*

Murat EREN^{1,a}, Berrin KOCAOĞLU GÜÇLÜ^{2,b}

¹Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Kayseri-TÜRKİYE

²Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Kayseri-TÜRKİYE

ORCID: ^a0000-0002-8544-7340; ^b0000-0003-0341-4594

Sorumlu yazar: Murat EREN; E-posta: murateren46@yahoo.com

Atf yapmak için: Eren M, Kocaoğlu Güçlü B. Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) silajlarında *in vitro* rumen fermantasyonu ve metan üretiminin belirlenmesi. Erciyes Univ Vet Fak Derg 2024; 21(1):30-42

Öz: Bu çalışma, dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinden farklı katkı maddeleri ile hazırlanan silajların besin madde içerikleri ve *in vitro* sindirim parametrelerinin tespit edilerek, ruminantlar için alternatif bir kaba yem kaynağı olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Ayrıca hazırlanan silajların besi sığırı tam rasyonunda (TMR) mısır silajı yerine %25, %50, %75 ve %100 oranlarında kullanılmasının *in vitro* parametrelerde oluşan değişimler ile *in vitro* rumen sıvısı amonyak azotu ve rumen uçucu yağ asitleri düzeylerine olan etkileri de araştırılmıştır. Bu amaçla 120 günlük dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinden katkısız, inokulant+enzim, fumarik asit ve arpa unu katkıları ile 10'ar paralel halinde dört farklı silaj grubu oluşturulmuştur. Silaj örnekleri ile yapılan analizlerde; dev kralotu silajları arasında en yüksek kuru madde (KM), ham protein (HP), nispi yem değeri (NYD) ve lif içermeyen karbonhidrat (NFC) oranları arpa unu katkılı dev kralotu silajında belirlenmiştir (P<0.001, P<0.05). NFC, ham selüloz (HS), nötral deterjan lif (aNDFom) ve NYD düzeyi bakımından katkısız, inokulant+enzim ve fumarik asit katkılı silajlar birbirine benzer bulunurken, arpa unu katkılı grubun HS ve aNDFom içeriği bu gruplardan önemli oranda düşük bulunmuştur (P<0.001, P<0.05). Silaj gruplarının pH değerleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir (P<0.001). Katkı maddeleri kullanımı, tüm silaj gruplarında *in vitro* kümülatif gaz ve metan üretimini katkısız gruba göre artırmıştır (P<0.001). Dev kralotu silajlarının tam rasyon (TMR) içerisinde mısır silajı yerine farklı oranlarda ilave edilmesi (katkısız grubun TMR'a %25 oranında ilavesi dışında), *in vitro* kümülatif gaz üretimini, metabolik enerji (ME), organik madde sindirimi (OMS) ve toplam uçucu yağ asitleri (TUYA) düzeylerini olumsuz etkilemiştir (P<0.001). Sonuç olarak; dev kralotunun farklı katkı maddeleri ile silolanmasının silaj fermantasyonunu ve sindirilebilirliğini olumlu yönde etkilediği, besi sığırı TMR'ında ise mısır silajı yerine sadece %25 oranında katkısız dev kralotu silajı kullanımının olumsuz bir durum oluşturmadığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Dev kralotu silajı, fermantasyon, *in vitro* sindirim

Determination of *in Vitro* Rumen Fermentation and Methane Production in Giant Kinggrass (*Pennisetum hybridum*) Silages

Abstract: This study was conducted to detect the nutrient content and *in vitro* digestion parameters of silages prepared with different additives from giant kinggrass (*Pennisetum hybridum*) to determine its availability as an alternative roughage source for ruminants. In addition, the effects of using 25, 50, 75 or 100% of prepared silages instead of corn silage in beef cattle total mixed ration (TMR) on the changes in *in vitro* parameters and on *in vitro* rumen fluid ammonia nitrogen and levels of rumen volatile fatty acids were also investigated. For this purpose, four different silage groups were created in 10 parallels with the additives of inokulant+enzyme, fumaric acid and barley flour from the giant kinggrass (*Pennisetum hybridum*) plant, which has reached 120 days. In the analyzes made with silage samples; among giant kinggrass silages, the highest dry matter (DM), crude protein (CP), relative feed value (RFV) and non-fibrous carbohydrate (NFC) ratios were determined in barley flour-added giant kinggrass silage (P<0.001, P<0.05). In terms of NFC, CF, aNDFom and RFV levels, silages with no additives, inokulant+enzyme and fumaric acid were found to be similar to each other, while the CF and aNDFom contents of the barley flour added group were found to be significantly lower than these groups (P<0.001, P<0.05). It was determined that there was a significant difference between the pH values of the silage groups (P<0.001). The use of additives increased *in vitro* cumulative gas and methane production in all silage groups compared to the pure group (P<0.001). The addition of giant kinggrass silages to corn silage in TMR at different rates (except for the addition of 25% of the additive-free group to the TMR) adversely affected *in vitro* cumulative gas production, OMD and VFA levels (P<0.001). As a result, it was observed that silage of giant kinggrass with different additives had a positive effect on silage fermentation and digestibility, whereas the use of only 25% pure giant kinggrass silage instead of corn silage in beef cattle TMR did not create a negative situation.

Keywords: Giant kinggrass silage, fermentation, *in vitro* digestion

Geliş Tarihi/Submission Date : 22.08.2023

Kabul Tarihi/Accepted Date : 19.10.2023

*Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen TDK-2017-7817 kodlu doktora projesinden özetlenmiştir.

Giriş

Hayvancılık, milli ekonomi ve nesillerin sağlığı açısından stratejik bir öneme sahiptir. Hayvancılıkta verim kayıplarının temel nedenlerinden olan kaliteli kaba yem yetersizliğinin giderilebilmesi ve hayvancılık işletmelerinin kaliteli kaba yem ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla, çayır-mera olanakları bulunmayan ya da yetersiz olan bölgelerde ucuz ve alternatif kaba yem kaynaklarının hayvansal üretime kazandırılması gerekmektedir. Farklı toprak, iklim ve tarımsal ürün desenine sahip olan ülkemizde, bilinen ve dünyada yaygın olarak üretimi yapılan pek çok yem bitkisinin tarla koşullarında başarıyla yetiştirilmesi mümkündür (Avcıoğlu ve ark., 2000). Hayvancılıkta, işletme masraflarının yaklaşık %70'ini oluşturan yem maliyetlerinin azaltılarak, işletmenin kârlılığını arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda, yem üretimindeki maliyetlerin de azaltılması gerekmektedir. Bunun için; tohumluk fiyatı ucuz veya her yıl tohum ekimine ihtiyaç duymayan, mısır üretiminde kullanılan makinelerle uyum sağlayabilecek, toprak hazırlığı masrafları az olan, üretimi daha ekonomik, çok yıllık ve yüksek verimli alternatif yeni yem bitkilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Geren ve ark., 2014). Dünya genelinde yapılan araştırmalar ile bu nitelikte yeni yem bitkilerinin varlığı ortaya çıkarılmış olup, belirtilen özellikleri karşılayabilecek kapasitede olan bitkilerden bir tanesinin de dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisi olduğu ifade edilmiştir (Geren ve Durul, 2014).

Dev kralotu; Afrika kıtası kökenli, yüksek verimli ve çok yıllık buğdaygiller (*Gramineae*) familyasının üyelerinden olan tropik bir bitkidir. Bitkinin boyu genellikle 3-4 metre yüksekliğinde olup, tropik iklim koşullarında 7 metreye kadar ulaşabilmektedir (Geren ve ark., 2014). Tropik bölgelerde özellikle ruminant besleme başta olmak üzere, öğütülüp peletlenerek kümes hayvanları ve balık beslenmesinde de kullanılan dev

(Geren ve ark., 2020). Ülkemizde Akdeniz iklim koşullarının hüküm sürdüğü bölgelerde üretimi yapılabilecek olan dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisi, mısır ve sorgum gibi her yıl tohum, toprak hazırlığı, ekim, işçilik gibi masraflar yapılmadan yetiştirilebilmektedir (Geren ve Durul, 2014). Bu bitkinin üreticiler tarafından tanınması ve yetiştirilmesi ile; Akdeniz ikliminin hakim olduğu yörelerimizde düşük maliyetli alternatif bir yem bitkisinin kaliteli kaba yem açığının kapatılmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Geren ve ark., 2020).

Bu araştırmada; Türkiye'de henüz tam olarak tanınmayan, tropik kökenli, çok yıllık bir bitki olan dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinin, yeşil yem bitkisi olarak veya çeşitli katkı maddeleriyle kombine edilerek yapılan silajının ülkemizde ruminant beslemede alternatif bir kaba yem kaynağı olarak kullanım potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Silaj materyali

Araştırmada kullanılan silaj materyali, İzmir-Bornova ilçesi ekolojik koşulları içerisinde yetiştirilen, 120 günlük vejetasyon süresine ulaşmış dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinden oluşmaktadır. Deneme tarlalarında yetiştirilen sekiz yaşındaki dev kralotu bitkisi el orağı yardımı ile gövdenin dip kısmından biçilerek uygun büyüklükte parçalara ayrılmıştır. Beş ayrı dikim hattında bulunan bitkilerden örnekleme yapılarak Temmuz ayı ortasında biçim gerçekleştirilmiştir. Hasat edilen silaj materyali çalışmanın yapılacağı Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Laboratuvarına soğuk zincirde strafor kutularda ulaştırılmıştır. Araştırmada kullanılan silaj örnekleri Tablo 1'de belirtildiği gibi 10'ar paralel olarak gruplandırılmıştır.

Tablo 1. Deneme dizaynı

Grup adı	Grup içeriği	Tekrar sayısı
Grup 1	Katkısız DKOS	10
Grup 2	İnokulant+enzim katkılı DKOS	10
Grup 3	Fumarik asit katkılı DKOS	10
Grup 4	Arpa unu katkılı DKOS	10

DKOS: Dev kralotu silajı

kralotu, aynı zamanda çit, rüzgar kıran ve enerji bitkisi (biyoyakıt, elektrik üretimi, vb.) olarak da değerlendirilmektedir (Geren ve ark., 2017). Hayvan yemi olarak kullanımda birkaç yaklaşım vardır. Bitki biçilerek, taze olarak veya yeşil aksam doğranıp daha küçük parçalar haline getirilerek hayvanlara servis edilebildiği gibi kurutulup saman olarak ve silajı yapılarak ruminant beslemede kullanılabilir. Taze dev kralotu ruminantlar tarafından sevilerek tüketilir. Bitki hasat edildikten 3 gün sonra bozulmaya başladığından hayvanlara verilirken bu duruma çok dikkat edilmelidir

Katkısız dev kralotu silajı (KDKOS); tazeliğini koruması için soğuk zincirde laboratuvara ulaştırılan dev kralotu bitkisi doğranarak hazır hale getirilmiş, 3000 g tartılıp üzerine 100 ml distile su püskürtülerek karıştırılmıştır. Bu gruba herhangi bir katkı maddesi ilave edilmemiştir. Örnekler laboratuvar tipi silaj parçalama makinesiyle yaklaşık 2-3 cm uzunluğunda doğranarak silajı yapılmıştır.

İnokulant-enzim katkılı dev kralotu silajı (İDKOS); bakteriyel inokulant+enzim katkılı grupta silaj katkı maddesi olarak ticari bir ürün olan Sill-All 4X4+250 g

(Lallemand Animal Nutrition UK Ltd.) kullanılmıştır. 100 ml distile su içerisinde 0.015 g Sill-All 4X4+(5g/ton) çözdürülerek 3000 g yaş örnek üzerine püskürtülüp, karıştırılmış ve homojen dağılım sağlanmıştır.

Fumarik asit katkı dev kralotu silajı (FDKOS); organik asit içeren silaj grubunda ticari bir ürün (Thirumalai Chemicals Ltd. India. Regulation (EC) No 1907/2006) olan fumarik asit (FUM-1107) kullanılmıştır. Bu katkı maddesi (C₄H₄O₄ kimyasal formülü, molekül ağırlığı 116.07 g/mol) beyaz renkte, toz formunda ve suda çözünen bir üründür. 100 ml distile su içerisinde 30 g (10g/kg) fumarik asit çözdürülerek yaş örnekler üzerine püskürtülüp, karıştırılmış ve homojen hale getirilmiştir.

Arpa unu katkı dev kralotu silajı (ADKOS); silaj katkı maddesi olarak kullanılan arpa, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nden temin edilip, yaklaşık 1.0 mm elek çapındaki IKA-A10 laboratuvar tipi değirmende (IKA-Werke Almanya) öğütülerek un haline getirilmiştir. 100 ml distile su 3000 g örnek üzerine püskürtülüp karıştırılmış daha sonra 150 gr arpa unu tartılarak grup için hazırlanan yaş örnek üzerine serpilerek homojen karışım sağlanmıştır.

Her bir grup kendi içerisinde homojen bir karışım elde edilerek silolamaya hazır hale getirilmiştir. Homojen karışımlar polietilen vakum poşetlerine (Caso 01201 plastik vakum poşeti 16X23cm) doldurulup, vakum makinesinde (Caso VC 100, Germany) havaları alınarak vakumlanmıştır. Her bir grup için 10 tekrar oluşturulmuştur. Hazırlanan silajlar 60 gün süreyle karanlık ortamda fermantasyona bırakılmıştır. 60 gün sonunda hazır hale gelen silaj materyalleri açılarak alınan numuneler besin madde analizleri ve *in vitro* analizler için kullanılmıştır.

Kimyasal analizler

Çalışmada kullanılan dev kralotu yeşili ve farklı katkı maddeleri ile hazırlanan dev kralotu silajları 65°C'de 24 saat daha sonra da 105°C'de 24 saat etüvde bekletilerek kuru madde (KM) düzeyleri tayin edilmiştir. Kurumuş materyaller; kimyasal analizleri ile *in vitro* gaz ve metan üretiminin belirlenmesinde kullanılmak üzere yaklaşık 1.0 mm elek çapındaki IKA-A10 laboratuvar tipi değirmende (IKA-Werke Almanya) öğütülmüştür.

Dev kralotu ve silajlarının ham kül (HK) seviyeleri 550 °C'de 8 saat kül fırınında bekletilerek belirlenmiştir. Azot (N) içeriğinin saptanmasında Kjeldahl metodundan yararlanılmış ve ham protein (HP) ise Nx6.25 formülü ile hesaplanmıştır (AOAC 1995). Ham selüloz (HS) ve ham yağ (HY) analizi de AOAC (1995)'da bildirilen yöntemle yapılmıştır. Nötral deterjan fiber çözeltisinde çözünmeyen lifli bileşikler (NDF) ve asit deterjan çözeltisinde çözünmeyen lifli bileşikler (ADF) içerikleri Van Soest ve ark. (1991) tarafından geliştirilen yöntemler ile saptanmıştır. NDF analizi

yapılırken 0.5 g sodyum süfit (Merck) ve 200 µL ısıya dayanıklı alfa-amilaz (Megazyme, İrlanda) kullanılmıştır (aNDF). Belirlenen ADF ve aNDF % değerlerinde kül kalıntısı bulunmamaktadır (aNDFom, ADFom).

Araştırmada kullanılan dev kralotu ve silajlarının lif içermeyen karbonhidrat (NFC), toplam sindirilebilir besin madde (TDN) ve nispi yem değeri (NYD) aşağıda belirtilen formüllere göre belirlenmiştir (Jeranyama ve Garcia, 2004; Güney ve ark., 2016).

NFC: Non-fibrous Carbonhydrate (lif içermeyen karbonhidrat) = (% KM);

100-(NDFn+HP+HY+HK)

HP: Ham Protein (% KM),

HY: Ham Yağ (% KM),

NDFn: Azotsuz NDF=NDF*0.93

TDN: Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri =

(NFC*0.98)+(HP*0.93)+(HY*0.97*2.25)+(NDFn*(NDF sindirilebilirliği/100)-7

NDF: Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif (% KM)

NDF Sindirilebilirliği: NDF'nin %'si

NYD: Nispi Yem Değeri = SKM*KMT/1.29

SKM: Sindirilebilir Kuru Madde = 88.9-(0.779x% ADF)

KMT: Kuru Madde Tüketimi = 120/% NDF

***In vitro* gaz üretim tekniği ile sindirim parametrelerinin belirlenmesi**

Silajların, *in vitro* koşullarda sindirilebilirlik (Menke ve ark., 1979) ve gaz üretim değerlerinin belirlenmesinde Menke ve Steingass (1988) tarafından tanımlanan "Gaz Üretim Tekniği" kullanılmıştır. *In vitro* gaz üretim tekniği için gerekli olan rumen sıvısı, yaklaşık %80 konsantrasyon (%55 arpa, %15 ayçiçeği küspesi, %5 buğday kepeği, %4 mısır kepeği ve %1 vitamin+mineral karışımı) + %20 kaba yem (%10 mısır silajı, %5 yonca kuru otu, %5 buğday samanı) ile beslenen ortalama 500 kg canlı ağırlığında, 14 aylık yaşta üç adet Simental ırkı besi sığından rumen sondası yardımı ile alınmıştır.

Rumen sıvısı yaklaşık 39°C'de sıcaklığı muhafaza edilen ağız vidalı kapaklı cam şişe (Isolab, Almanya) içine alınarak, içerisinde yaklaşık 39°C su bulunan kapaklı termos konteynır ile hızlı bir şekilde laboratuvara taşınmıştır. Rumen sıvısı CO₂ gazı altında anaerobik koşullar sağlanarak altı kat tülbentten süzülükten sonra *in vitro* gaz üretiminde kullanılmıştır.

In vitro gaz üretiminin belirlenmesinde, Menke ve

Steingass (1988) yöntemi doğrultusunda 100 ml'lik özel hacimli cam enjektörler (Model Fortuna, Haberle Labortechnik, Almanya) kullanılmıştır. Bu enjektörler içerisinde 200±10 mg kuru yem örnekleri, tampon + makromineral + iz element + indirgenme + resazurin çözeltileri karışımı (20 ml) ve rumen sıvısı (10 ml) inkübe edilmiştir. İnkübasyon için toplamda iki litre çözeltili karışımı hazırlanmıştır.

Çözeltiler + rumen sıvısı karışımı önceden 39°C'de ön ısıtmaya tabi tutulmuş her bir enjektör içine otomatik dispensör (Isolab, Almanya) ile enjekte edilmiştir. Enjektörler tek yönlü polietilen klipsler kullanılarak kapatılmış ve pistonun pozisyonu okunarak kayıt edilmiştir. Bütün enjektörlerin doldurma işlemi kısa sürede tamamlanarak, 39°C'ye ayarlı termostatlı su banyosundaki enjektör desteklerine yerleştirilmiş ve 24 saatlik inkübasyon başlatılmıştır. Kullanılan cam malzemeler bir termostatik kabinde (Lovibond, Avusturya), çözeltiler ise kontak termometreli dijital manyetik karıştırıcıda (Wise Stir MSH-D, Witeg, Almanya) ön ısıtmaya tabi tutulduktan sonra *in vitro* gaz üretiminde kullanılmıştır. Araştırmada *in vitro* deneme her grup için üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Üç adet enjektör de toplam gaz üretimini hesaplamak için kör (dev kralotu içermeyen, sadece tampon ve çözeltiler ile rumen sıvısı içeren) olarak hesaplamalarda kullanılmıştır.

***In vitro* gaz üretiminde kullanılan besi sığırları tam rasyonu ve rasyona katılan silaj oranları**

Araştırmada kullanılan besi sığırları tam rasyonu (TMR) 14 aylık yaşta, 500 kg canlı ağırlığa sahip Simental ırkı besi sığırının ihtiyacını karşılayacak düzeyde [Mısır silajı 2.5 kg/gün KM, buğday samanı 1.5 kg/gün KM, yonca kuru otu 1 kg/gün KM, arpa 1 kg/gün KM, sığır besi yemi (%14 HP, 2800 kcal/kg ME) 6.5 kg/gün KM, toplam TMR 12.5 kg/gün KM] hazırlanmıştır. Dev kralotu silajlarının besi sığırları tam rasyonunda mısır silajı yerine %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında kullanımının gaz üretim değerleri belirlenmiştir.

***In vitro* toplam gaz ve metan üretiminin belirlenmesi**

Enjektörlerin inkübasyona bırakılmasından 24 saat sonra her bir enjektör içerisinde üretilmiş toplam gaz miktarı (ml) enjektörler üzerinden okunarak belirlenmiştir. Toplam gaz üretimi okuma işleminden sonra enjektörlerde biriken toplam gaz plastik bir enjektör içine alınarak üç yönlü musluk yardımıyla infrared metan ölçüm cihazına (Sensor, Europe GmbH, Erkrath, Almanya) aktarılmıştır. Cihazda ölçümü yapılan metan miktarı bilgisayar ekranından okunarak % değer olarak belirlenmiştir.

Rumen sıvısında pH düzeyinin belirlenmesi

Gaz üretim tekniği sonucu inkübasyonun 24. saatinde

elde edilen rumen sıvılarından alınan örnekler plastik tüplere (Isolab, Almanya) alınarak pH düzeyleri dijital pH metre yardımıyla belirlenmiştir.

Rumen sıvısı pH düzeyleri belirlendikten sonra, araştırmanın diğer aşamalarında kullanılmak üzere *in vitro* rumen sıvıları -20 °C'de dondurulmuştur.

Organik madde sindirim derecesinin (OMS %) belirlenmesi

In vitro organik madde sindirilebilirliği (OMS); 24 saatlik gaz üretim (GÜ) miktarı (ml/200mg), ham protein (HP, %KM) ve ham kül (HK, %) değerleri kullanılarak aşağıdaki formül vasıtasıyla hesaplanmıştır (Menke ve ark, 1979).

$$OMS \% = 14.88 + 0.889 \times GÜ + 0.45 \times HP + 0.0651 \times HK$$

GÜ = 24 saatlik net gaz üretimi (ml/200 mg).

HP = Ham Protein (g/kg KM)

HK= Ham Kül (g/kg KM)

Metabolik Enerji (ME) ve Net Enerji Laktasyon (NE_L) derecelerinin belirlenmesi

Araştırmada kullanılan örneklerin metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NE_L) içerikleri; 24 saatlik gaz üretim (GÜ) miktarı (ml/200mg), ham protein (HP, %KM) ve ham kül (HK, %) değerleri kullanılarak aşağıdaki formüller vasıtasıyla hesaplanmıştır (Blümmel ve Ørskov, 1993).

$$ME (MJ/kg KM) = 2.20 + 0.136 \times GÜ + 0.0057 \times HP + 0.00029 \times HY$$

$$NE_L (MJ/kg KM) = 0.1149 \times GÜ + 0.0054 \times HP + 0.0139 \times HY - 0.0054 \times HK - 0.36$$

GÜ = 24 saatlik net gaz üretimi (ml/200 mg).

HP = Ham Protein (g/kg KM)

HY=Ham Yağ (g/kg KM)

HK= Ham Kül (g/kg KM)

Rumen sıvısı amonyak azotu (NH₃-N, mg/dL) konsantrasyonunun belirlenmesi

Analizler için -20°C'de derin dondurucuda saklanmış olan rumen sıvıları, analiz zamanında 4°C'de çözdürülerek santrifüj edildikten sonra (1000 g, 15 dk) TMR içinde mısır silajı yerine çeşitli oranlarda (%0, %25, %50, %75, %100) katılan DKOS'larının rumen sıvısında NH₃-N konsantrasyonu kjeldahl distilasyon ünitesinde (Velp Distilasyon Ünitesi, İtalya) Makkar ve Becker (1996), tarafından bildirilen yöntemle belirlenmiştir. Amonyak azotu konsantrasyonu (NH₃-N, mg/dL) analizi, asit sindirimi yapılmadan potasyum hidroksit

(KOH 2N) ve borik asit (H_3BO_3 %4) ile distilasyon, sonrasında hidroklorik asit ile titrasyon (HCl 0.1N) metodu kullanılarak yapılmıştır (Souza ve ark., 2010).

Rumen sıvısı uçucu yağ asitleri analizi

Uçucu yağ asitleri analizi için gaz üretim tekniğinde oluşan fermentasyon ortamından 24. saatte alınarak -20°C'de dondurulmuş olan rumen sıvıları analiz zamanında 4°C'de çözündürülüp Erwin ve ark. (1961) tarafından bildirilen yöntemlerle gaz kromatografi analizine hazırlanmıştır. TMR içinde mısır silajı yerine çeşitli oranlarda (%0,%25, %50, %75, %100) katılan DKOS'larının rumen sıvısında asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit konsantrasyonu (mmol/L sindirim sıvısı) Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarında bulunan gaz kromatografi (GC) cihazında (Thermo Trace 1300, USA; Alev İyonizasyon Dedektörü-Flame Ionisation Dedektor; GC/FID) , TG-5MS (30m x 0.25mm x 0.25µm-26098-1420) kolon ile analiz edilmiştir.

İstatistiksel analizler

Elde edilen tüm değişkenler önemlilik testlerine geçilmeden önce normallik yönünden Shapiro Wilk ile, varyansların homojenliği yönünden ise Levene testi ile incelendi. Silaj grupları arası farklılığın istatistiksel açıdan karşılaştırılmalarında nicel değişkenler için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanıldı. Gruplar arası farklılığın anlamlı bulunduğu değişkenler için Duncan testinden yararlanıldı. TMR içinde organik asit, NH_3-N , *in vitro* gaz ve metan üretimi analizlerinde grup, doz ve grup*doz etkileşimlerinin etkisi iki yönlü Varyans Analizi ile belirlendi. Anlamlı bulunan parametreler için Bonferroni düzeltmeli basit etki analizi uygulandı. Anlamlılık düzeyi $P<0.05$ olarak alındı. Tüm istatistiksel analizler IBM SPSS 23.0 istatistik paket programı kullanılarak yapıldı.

Bulgular

Araştırmada kullanılan dev kralotunun %22.13 KM içerdiği; KM'de de %14.29 HK, %2.17 HY, %8.57 HP,

Tablo 2. Dev kralotu ham besin madde içeriği (n=10)

	İçerik düzeyi (%)
KM	22.13 (yeşil)
HK	14.29 (KM'de)
HY	2.17 (KM'de)
HP	8.57 (KM'de)
HS	37.65 (KM'de)
ADFom	41.93 (KM'de)
aNDFom	66.03 (KM'de)
NFC	13.54 (KM'de)
TDN	57.36 (KM'de)
NYD	79.23 (KM'de)

KM: Kuru Madde, HK: Ham kül, HY: Ham yağ, HP: Ham protein, HS: Ham selüloz, ADFom: Külsüz asit deterjan lif, aNDFom: Alfa amilaz ile saptanan külsüz nötr deterjan lif, NFC: Non-fibrous carbonhidrat (Lif içermeyen karbonhidrat), TDN: Total digestible nutrients (Toplam sindirilebilir besin maddeleri), NYD: Nispi yem değeri.

%66.03 aNDFom, %41.93 ADFom, %13.54 NFC, %57.36 TDN ve %79.23 NYD içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Katkısız dev kralotu silajı (KDKOS) ile bakteriyel inokulant+enzim (İDKOS), fumarik asit (FDKOS) ve arpa unu katkı (ADKOS) dev kralotu silajlarının ham besin madde içerikleri Tablo 3'de gösterilmiştir. Dev kralotu silajları (DKOS) arasında en yüksek KM (%22.45) ADKOS grubunda belirlenmiştir ($P<0.001$). Silajlar içinde en yüksek HK (%14.46, %KM'de) içeriği KDKOS grubunda, en düşük HK (%13.03, %KM'de) içeriği ise ADKOS grubunda belirlenmiş olup; gruplar arası fark önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Ham yağ düzeyleri KDKOS ve ADKOS gruplarında İDKOS ve FDKOS gruplarına göre önemli oranda yüksek bulunmuştur ($P<0.001$). ADKOS'un HP (%8.98, %KM'de) içeriği diğer silajlardan önemli oranda yüksek iken; HS içeriği (%33.36, %KM'de) önemli oranda düşüktür ($P<0.05$). NFC, HS, aNDFom ve NYD düzeyi bakımından KDKOS, İDKOS ve FDKOS grupları arasında önemli bir fark yoktur. ADKOS'un HS ve aNDFom (%61.50, %KM'de) içeriği önemli oranda düşük, NFC ve NYD içeriği ise yüksek bulunmuştur ($P<0.001$, $P<0.05$). Silaj grupları arasında ADFom (%46.51, %KM'de) yönünden en yüksek içeriğe sahip grup İDKOS grubu iken en düşük ADFom (%36.09, %KM'de) içeren grup ADKOS grubudur ($P<0.001$). Tüm silaj gruplarının pH değerleri birbirinden istatistiksel olarak önemli oranda farklı olup; en yüksek pH değeri KDKOS grubunda (pH 4.85), en düşük pH değeri ise FDKOS grubunda (pH 3.52) tespit edilmiştir ($P<0.001$). Farklı katkı maddeleri ile yapılan DKOS'lar arasında TDN oranları yönünden önemli bir farklılık saptanmamıştır ($P>0.05$).

Araştırmada kullanılan dev kralotu ve farklı katkı maddeleriyle hazırlanan silajların 24. saatteki inkubasyon sonrasında *in vitro* kümülatif gaz üretimi (TGÜ) yeşil dev kralotu ve arpa unu katkı silajlarda katkısız, inokulant ve fumarik asit katkı silajlara göre önemli oranda yüksek bulunmuştur ($P<0.001$; Tablo 4). En düşük gaz üretimi ise KDKOS grubunda bulun-

Tablo 3. Dev kralotu silajlarının ham besin madde içerikleri (% KM'de) (n=10)

	Deneme Grupları				P
	KDKOS ($\bar{X} \pm SEM$)	İDKOS ($\bar{X} \pm SEM$)	FDKOS ($\bar{X} \pm SEM$)	ADKOS ($\bar{X} \pm SEM$)	
KM,%	20.25±0.18 ^b	19.55±0.18 ^c	19.21±0.19 ^c	22.45±0.21 ^a	<0.001
HK,%	14.46±0.15 ^a	13.74±0.12 ^b	13.82±0.06 ^b	13.03±0.13 ^c	<0.001
HY,%	2.48±0.05 ^a	2.26±0.09 ^b	2.10±0.05 ^c	2.37±0.05 ^{ab}	0.001
HP,%	8.18±0.22 ^b	8.57±0.20 ^{ab}	8.43±0.09 ^b	8.98±0.14 ^a	0.022
NFC,%	13.21±0.43 ^b	13.97±1.29 ^b	13.76±0.88 ^b	18.43±0.42 ^a	0.008
HS,%	38.23±0.33 ^a	38.09±0.68 ^a	39.85±0.70 ^a	33.36±0.64 ^b	<0.001
aNDFom,%	66.30±0.46 ^a	66.08±1.38 ^a	66.55±0.94 ^a	61.50±0.46 ^b	0.011
ADFom,%	43.21±0.47 ^b	46.51±0.47 ^a	44.30±0.52 ^b	36.09±0.28 ^c	<0.001
TDN,%	57.67±0.15	58.06±0.43	57.93±0.32	57.57±0.11	0.612
NYD,%	77.51±0.97 ^b	74.21±1.78 ^b	76.06±1.39 ^b	91.95±1.01 ^a	<0.001
pH	4.85±0.10 ^a	3.88±0.01 ^c	3.52±0.03 ^d	4.43±0.09 ^b	<0.001

KDKOS: Katkısız dev kralotu silajı, İDKOS: İnokulant-enzim katkılı dev kralotu silajı, FDKOS: Fumarik asit katkılı dev kralotu silajı, ADKOS: Arpa unu katkılı dev kralotu silajı, KM: Kuru madde, HK: Ham kül, HY: Ham yağ, HP: Ham protein, NFC: Non-fibrous carbohydrate (Lif içermeyen karbonhidrat), HS: Ham selüloz, aNDFom: Alfa amilaz ile saptanan külsüz nötr deterjan Lif, ADFom: Külsüz asit deterjan lif, TDN: Total digestible nutrients (Toplam sindirilebilir besin maddeleri), NYD: Nispi yem değeri. Aynı satırda yer alan farklı harfler gruplar arası farklılığı, aynı harfler gruplar arası benzerliği ifade etmektedir ($P < 0.001$, $P < 0.05$).

muştur. *In vitro* sindirim sıvısı pH düzeylerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P > 0.05$). ME (MJ/kg KM), OMS (%) ve NE_L (MJ/kg KM) değerleri, yeşil dev kralotu ve arpa unu katkılı silajlarda, katkısız, bakteriyel inokulant+enzim ve fumarik asit katkılı silajlara göre önemli oranda yüksek bulunmuştur ($P < 0.001$). En yüksek metan üretimi (ml/0.2 g KM) dev kralotu yeşilinin fermentasyonu ile elde edilmiştir. Öte yandan katkı maddesi içeren tüm gruplarda metan üretiminin (ml/0.2 g KM) KDKOS'a göre önemli oranda arttığı saptanmıştır ($P < 0.001$).

DKO'nun katkısız veya değişik katkı maddeleri ile hazırlanan silajlarının rasyona mısır silajı yerine farklı oranlarda (%25, %50, %75, %100) katılması *in vitro* TGÜ (ml/0.2 g KM)'ni önemli oranda azaltmış; metan oranını (%) ise artırmıştır (Tablo 5.). En düşük gaz üretimi, ADKOS'un mısır silajı yerine %100 oranında katıldığı grupta belirlenmiştir (44.51). En yüksek metan oranı KDKOS'un %75 katıldığı grupta bulunmuştur (%22.37). Toplam gaz üretimi içerisinde % metan düzeyi ve KM bazlı metan üretimi (ml/0.2 g KM) açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken ($P = 0.031$, $P = 0.004$); grup*doz etkileşimleri arasında anlamlı bir değişkenlik olmadığı tes-

Tablo 4. Dev kralotu (yeşil) ve silajlarına ait *in vitro* değişkenler (n=5)

İn vitro değişkenler	Deneme Grupları					P
	KDKOS ($\bar{X} \pm SEM$)	İDKOS ($\bar{X} \pm SEM$)	FDKOS ($\bar{X} \pm SEM$)	ADKOS ($\bar{X} \pm SEM$)	DKO Yeşil ($\bar{X} \pm SEM$)	
TGÜ (ml/0.2 g KM)	25.66±0.51 ^c	32.23±0.54 ^b	32.81±0.25 ^b	38.90±1.62 ^a	39.11±1.12 ^a	<0.001
Metan (%)	20.60±0.06 ^{ab}	19.63±0.28 ^{bc}	18.97±0.20 ^c	21.43±0.46 ^a	21.93±0.33 ^a	<0.001
Metan Üretimi (ml/0.2 g KM)	5.29±0.11 ^c	6.33±0.19 ^b	6.22±0.03 ^b	8.32±0.18 ^a	8.58±0.31 ^a	<0.001
pH	6.93±0.01	6.91±0.05	6.99±0.03	7.06±0.02	6.98±0.03	0.056
ME (MJ/kg KM)	6.16±0.07 ^c	7.07±0.07 ^b	7.14±0.03 ^b	8.01±0.22 ^a	8.01±0.15 ^a	<0.001
OMS (%)	42.32±0.46 ^c	48.28±0.49 ^b	48.74±0.22 ^b	54.38±1.44 ^a	54.43±1.00 ^a	<0.001
NE _L (MJ/kg KM)	2.59±0.06 ^c	3.35±0.06 ^b	3.41±0.03 ^b	4.12±0.19 ^a	4.13±0.13 ^a	<0.001

DKO: Dev kralotu, KDKOS: Katkısız dev kralotu silajı, İDKOS: İnokulant-enzim katkılı dev kralotu silajı, FDKOS: Fumarik asit katkılı dev kralotu silajı, ADKOS: Arpa unu katkılı dev kralotu silajı, TGÜ (ml/0.2 g KM): İnkübasyonun 24.saatindeki toplam gaz üretimi, Metan (%): Toplam üretilen gazdaki % düzeyi, Metan üretimi (ml/0.2 g KM): Toplam üretilen gazdaki ml düzeyi, pH: İnkübasyonun 24.saatindeki sindirim sıvısının pH değeri, ME: Metabolik enerji (MJ/kg KM), OMS (%): Organik madde sindirimi, NE_L: Net enerji Laktasyon (MJ/kg KM). Aynı satırda yer alan farklı harfler gruplar arası farklılığı, aynı harfler gruplar arası benzerliği ifade etmektedir ($P < 0.001$).

pit edilmiştir ($P>0.05$). *In vitro* fermentasyon sıvısının pH değeri istatistiksel olarak, grup ve grup*doz etkileşimi önemsiz olarak tespit edilmiştir ($P>0.05$). Ancak İDKOS grubunun %25, %75 ve %100 dozları ile %0 (TMR %100 mısır silajı içeren) dozu arasında anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($P=0.003$). KDKOS grubunun %100'lük dozunda pH değeri en yüksek (7.08), İDKOS grubunun %25'lik dozunda ise en düşük (6.91) olarak tespit edilmiştir. Genel olarak farklı dozlarda silaj gruplarının rasyona mısır silajı yerine ilave edilmesi, pH değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamıştır ($P>0.05$).

Dev kralotu silajlarının rasyonda mısır silajı yerine farklı oranlarda kullanımının *in vitro* koşullarda ME ve OMS üzerine etkisi grup, doz ve grup*doz etkileşimleri açısından farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($P<0.001$). Silaj gruplarının farklı dozlarda rasyona ilavesi (KDKOS grubunun %25'lik dozları dışında) ME ve OMS değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Her iki parametrede de en düşük değerler (8.90 MJ/kg KM, 60.15 MJ/kg KM) %100 dozunda ADKOS grubunda belirlenmiştir. İstatistiksel olarak silaj grupları arasında %0 ve %75'lik dozlar dışında ($P>0.05$), anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ($P<0.001$).

Besi sığırı rasyonlarında mısır silajı yerine farklı oranlarda KDKOS kullanılması *in vitro* rumen sıvısı amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) konsantrasyonunu arttırmıştır (Tablo 6). Amonyak azotu konsantrasyonundaki artış KDKOS'un rasyona eklenme miktarının artmasına paralel olarak artış göstermiştir. Çalışmada en düşük $\text{NH}_3\text{-N}$ oranı (29.52 mg/dl) FDKOS'un %50 katıldığı grup ile ADKOS'un %100 katıldığı grupta belirlenmiştir. Gruplar arasında en yüksek $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu ise KDKOS'un %100 oranında mısır silajı yerine kullanıldığı grupta (37.37 mg/dl) saptanmıştır. Gruplar arasında ve grup*doz etkileşiminde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir ($P<0.001$). Besi sığırı tam rasyonuna mısır silajı yerine %100 dozunda KDKOS ve İDKOS ilavesinin $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunu arttırdığı, %100 dozunda FDKOS ve ADKOS ilavesinin ise $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunu azalttığı gözlenmiştir.

In vitro bütirik asit üretimi bakımından grup, doz ve grup*doz etkileşimi anlamlı bulunmuştur ($P<0.001$, $P=0.027$). Çalışmada katkılı ve katkısız tüm DKOS'larının mısır silajı yerine katılan tüm oranlarında bütirik asit üretiminin arttığı, propiyonik asit, asetik asit ve TUYA üretiminin ise azaldığı belirlenmiştir. En yüksek bütirik asit düzeyinin (13.76 mmol/L) İDKOS'un %25'lik oranında rasyona katıldığı grupta olduğu saptanmıştır. En düşük propiyonik ve asetik asit üretimi (31.54 mmol/L, 50.30 mmol/L) ise KDKOS'un %75 katıldığı grupta belirlenmiştir. Silaj gruplarının farklı dozlarda mısır silajı yerine rasyona eklenmesinin bütirik asit düzeyini arttırdığı tespit edilmiştir.

Toplam uçucu yağ asitleri (TUYA) % asetik asit düze-

yinde grup, doz ve grup*doz etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0.001$). En düşük % asetik asit düzeyi (%52.58) ADKOS grubunun %50 dozunda tespit edilmiş olsa da bu grubun diğer dozlarının (%25, %75 ve %100) düzeyleri %50 dozu ile benzerdir. En yüksek % asetik asit düzeyi (%55.07) ise %0 (%100 mısır silajı içeren tam rasyon) dozunda gözlenmiştir. %25, %50, %75 ve %100 dozlarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu, silaj gruplarının farklı dozlarda mısır silajı yerine rasyona eklenmesinin TUYA % asetik asit düzeyini azalttığı tespit edilmiştir.

Tablo 5. Dev kralotu silajlarının TMR içerisinde mısır silajı yerine farklı dozlarda kullanımının *in vitro* değişkenlere etkisi (n=5)

İn Vitro Değişkenler	Silaj Grupları	Silajların Rasyona Katılma Oranları							P		
		%0 (X±SEM)	%25 (X±SEM)	%50 (X±SEM)	%75 (X±SEM)	%100 (X±SEM)	Grup	Doz	Grup* Doz		
TGÜ (ml/0.2 g KM)	KDKOS	54.74 ± 0.62	53.66 ± 0.22	51.04 ± 0.57	45.59 ± 0.33	46.62 ± 0.74	<0.001	<0.001	<0.001		
	İDKOS	54.74 ± 0.62	49.12 ± 0.74	48.20 ± 0.59	46.76 ± 0.85	46.14 ± 1.17					
	FDKOS	54.74 ± 0.62	46.40 ± 0.45	44.69 ± 0.57	46.10 ± 1.46	48.48 ± 0.58					
Metan (%)	ADKOS	54.74 ± 0.62	47.35 ± 0.61	46.40 ± 0.09	46.76 ± 0.85	44.51 ± 0.71	0.031	<0.001	0.572		
	KDKOS	17.63 ± 1.20 ^a	19.80 ± 1.50 ^{ab}	20.70 ± 0.36 ^{ab,AB}	22.37 ± 0.32 ^{b,A}	21.57 ± 0.41 ^{ab}					
	İDKOS	17.63 ± 1.20	18.83 ± 0.41	19.20 ± 0.62 ^B	20.00 ± 0.17 ^B	17.90 ± 1.48					
Metan Üretimi (ml/0.2 g KM)	FDKOS	17.63 ± 1.20	19.67 ± 1.28	21.43 ± 0.22 ^A	20.20 ± 0.75 ^B	19.17 ± 0.24	0.004	0.524	0.826		
	ADKOS	17.63 ± 1.20	19.13 ± 0.94	20.55 ± 0.45 ^{AB}	20.03 ± 0.19 ^B	20.67 ± 0.52					
	KDKOS	9.67 ± 0.78	10.62 ± 0.78	10.56 ± 0.10 ^A	10.20 ± 0.22	10.05 ± 0.10 ^A					
pH	İDKOS	9.67 ± 0.78	9.25 ± 0.18	9.25 ± 0.22 ^B	9.35 ± 0.09	8.23 ± 0.48 ^B	0.117	0.003	0.924		
	ADKOS	9.67 ± 0.78	9.14 ± 1.18	9.57 ± 0.09 ^B	9.30 ± 0.62	9.29 ± 0.17 ^{AB}					
	KDKOS	9.67 ± 0.78	9.05 ± 0.61	9.54 ± 0.25 ^B	9.29 ± 0.26	9.20 ± 0.53 ^{AB}					
ME (MJ/kg KM)	KDKOS	7.06 ± 0.23	6.99 ± 0.44	7.01 ± 0.30	7.00 ± 0.45	7.08 ± 0.42	<0.001	<0.001	<0.001		
	İDKOS	7.06 ± 0.23 ^a	6.91 ± 0.01 ^b	7.00 ± 0.01 ^{ab}	6.93 ± 0.15 ^b	6.96 ± 0.30 ^b					
	FDKOS	7.06 ± 0.23	6.96 ± 0.08	6.99 ± 0.08	7.02 ± 0.06	7.03 ± 0.01					
OMS (MJ/kg KM)	ADKOS	7.06 ± 0.23	6.93 ± 0.04	6.94 ± 0.01	6.98 ± 0.04	6.99 ± 0.03	<0.001	<0.001	<0.001		
	KDKOS	10.30 ± 0.85	10.15 ± 0.05	9.79 ± 0.14	9.05 ± 0.08	9.19 ± 0.18					
	İDKOS	10.30 ± 0.85	9.53 ± 0.10	9.41 ± 0.08	9.21 ± 0.12	9.13 ± 0.16					
	FDKOS	10.30 ± 0.85	9.16 ± 0.06	8.93 ± 0.08	9.12 ± 0.20	9.45 ± 0.08	<0.001	<0.001	<0.001		
	ADKOS	10.30 ± 0.85	9.29 ± 0.08	9.16 ± 0.01	9.16 ± 0.08	8.90 ± 0.10					
	KDKOS	69.17 ± 0.60	68.24 ± 0.20	65.92 ± 0.52	61.10 ± 0.30	62.05 ± 0.67					
	İDKOS	69.17 ± 0.60	64.20 ± 0.62	63.40 ± 0.53	62.16 ± 0.76	61.64 ± 1.04	<0.001	<0.001	<0.001		
	FDKOS	69.17 ± 0.60	61.78 ± 0.40	60.29 ± 0.51	61.56 ± 1.30	63.72 ± 0.51					
	ADKOS	69.17 ± 0.60	62.62 ± 0.54	61.79 ± 0.81	61.82 ± 0.54	60.15 ± 0.63					

KDKOS: Katkısız dev kralotu silajı, İDKOS: İnokulant-enzim katkılı dev kralotu silajı, FDKOS: Fumarik asit katkılı dev kralotu silajı, ADKOS: Arpa unu katkılı dev kralotu silajı, TGÜ (ml/0.2 g KM): İnkübyasyonun 24. saatindeki toplam gaz üretimi, Metan (%): Toplam üretilen gazdaki % düzeyi, Metan üretimi (ml/0.2 g KM): Toplam üretilen gazdaki ml düzeyi, pH: İnkübyasyonun 24. saatindeki sindirim sıvısının pH değeri, ME: Metabolik enerji (MJ/kg KM), OMS (%): Organik madde sindirimi.

Tablo 6. Dev kralotu silahlarının TMR içerisinde mısır silajı yerine farklı dozlarda kullanımının *in vitro* NH3-N ve TUYA üzerine etkisi (n=5)

Değişkenler	Silaj Grupları	Silajların Rasyona Katılma Oranları					%100 (X±SEM)	Grup	Doz	Grup*Doz
		%0 (X±SEM)	%25 (X±SEM)	%50 (X±SEM)	%75 (X±SEM)	%100 (X±SEM)				
NH3-N (mg/dL)	KDKOS	33.08 ± 0.65	33.42 ± 0.89	34.10 ± 0.76	36.25 ± 1.23	37.37 ± 0.95				
	İDKOS	33.08 ± 0.65	33.26 ± 0.40	33.64 ± 0.43	31.11 ± 0.74	35.88 ± 0.58				
	FDKOS	33.08 ± 0.65	34.10 ± 0.25	29.52 ± 0.95	34.48 ± 0.71	30.18 ± 0.34		<0.001	0.130	
Bütirik Asit (mmol/L)	ADKOS	33.08 ± 0.65	30.93 ± 0.57	32.14 ± 0.25	32.23 ± 0.43	29.52 ± 0.41				
	KDKOS	11.57 ± 0.37	12.59 ± 0.12	12.89 ± 0.07	12.56 ± 0.10	13.20 ± 0.03				
	İDKOS	11.57 ± 0.37	13.76 ± 0.11	13.56 ± 0.11	13.64 ± 0.17	13.22 ± 0.12				
Propiyonik Asit (mmol/L)	FDKOS	11.57 ± 0.37	13.43 ± 0.03	13.35 ± 0.07	13.35 ± 0.07	13.20 ± 0.06				
	ADKOS	11.57 ± 0.37	13.41 ± 0.02	13.59 ± 0.11	13.62 ± 0.02	12.97 ± 0.03				
	KDKOS	37.74 ± 1.33 ^a	31.59 ± 0.15 ^b	32.05 ± 0.10 ^b	31.54 ± 0.08 ^b	32.39 ± 0.03 ^b				
Asetik Asit (mmol/L)	İDKOS	37.74 ± 1.33 ^a	32.53 ± 0.08 ^b	32.59 ± 0.08 ^b	32.55 ± 0.07 ^b	32.59 ± 0.10 ^b				
	FDKOS	37.74 ± 1.33 ^a	32.82 ± 0.03 ^b	32.63 ± 0.22 ^b	32.73 ± 0.07 ^b	32.37 ± 0.03 ^b				
	ADKOS	37.74 ± 1.33 ^a	31.98 ± 0.02 ^b	32.46 ± 0.35 ^b	32.26 ± 0.06 ^b	31.62 ± 0.21 ^b		0.342	<0.001	
TUYA (mmol/L)	KDKOS	60.47 ± 2.25 ^a	50.41 ± 0.11 ^b	50.99 ± 0.25 ^b	50.30 ± 0.10 ^b	51.41 ± 0.03 ^b				
	İDKOS	60.47 ± 2.25 ^a	51.51 ± 0.14 ^b	51.65 ± 0.11 ^b	51.87 ± 0.14 ^b	51.83 ± 0.18 ^b				
	FDKOS	60.47 ± 2.25 ^a	52.07 ± 0.04 ^b	51.80 ± 0.36 ^b	51.81 ± 0.10 ^b	51.43 ± 0.07 ^b		0.405	<0.001	
TUYA % Bütirik Asit	ADKOS	60.47 ± 2.25 ^a	50.45 ± 0.07 ^b	51.06 ± 0.45 ^b	51.00 ± 0.13 ^b	50.44 ± 0.30 ^b				
	KDKOS	109.78 ± 3.97 ^a	94.59 ± 0.70 ^b	95.94 ± 0.42 ^b	94.40 ± 0.20 ^b	96.02 ± 0.33 ^b				
	İDKOS	109.78 ± 3.97 ^a	97.80 ± 0.33 ^b	97.81 ± 0.27 ^b	98.06 ± 0.23 ^b	97.64 ± 0.17 ^b				
TUYA % Propiyonik Asit	FDKOS	109.78 ± 3.97 ^a	98.32 ± 0.10 ^b	97.78 ± 0.64 ^b	97.89 ± 0.23 ^b	97.00 ± 0.04 ^b				
	ADKOS	109.78 ± 3.97 ^a	95.84 ± 0.08 ^b	97.12 ± 0.91 ^b	96.88 ± 0.21 ^b	95.02 ± 0.30 ^b				
	KDKOS	10.54 ± 0.43	13.31 ± 0.08	13.44 ± 0.01	13.30 ± 0.10	13.61 ± 0.03				
TUYA % Asetik Asit	İDKOS	10.54 ± 0.43	14.07 ± 0.06	13.87 ± 0.08	13.91 ± 0.01	13.54 ± 0.15				
	FDKOS	10.54 ± 0.43	13.66 ± 0.02	13.65 ± 0.04	13.64 ± 0.04	13.61 ± 0.07				
	ADKOS	10.54 ± 0.43	13.99 ± 0.01	14.00 ± 0.02	14.05 ± 0.02	13.65 ± 0.05				
TUYA % Asetik Asit	KDKOS	34.38 ± 0.30 ^a	33.40 ± 0.02 ^b	33.41 ± 0.04 ^b	33.41 ± 0.03 ^b	33.39 ± 0.02 ^b				
	İDKOS	34.38 ± 0.30 ^a	33.26 ± 0.03 ^{bc}	33.32 ± 0.03 ^{bc}	33.20 ± 0.01 ^b	33.38 ± 0.05 ^c				
	FDKOS	34.38 ± 0.30 ^a	33.38 ± 0.01 ^b	33.37 ± 0.02 ^b	33.43 ± 0.01 ^b	33.37 ± 0.01 ^b				
TUYA % Asetik Asit	ADKOS	34.38 ± 0.30 ^a	33.37 ± 0.01 ^b	33.43 ± 0.06 ^b	33.30 ± 0.02 ^b	33.27 ± 0.20 ^b				
	KDKOS	55.07 ± 0.69	53.29 ± 0.10	53.15 ± 0.03	53.29 ± 0.07	52.99 ± 0.05				
	İDKOS	55.07 ± 0.69	52.67 ± 0.04	52.81 ± 0.06	52.90 ± 0.02	53.08 ± 0.09				
TUYA % Asetik Asit	FDKOS	55.07 ± 0.69	52.96 ± 0.01	52.98 ± 0.02	52.93 ± 0.03	53.02 ± 0.05				
	ADKOS	55.07 ± 0.69	52.65 ± 0.04	52.58 ± 0.04	52.64 ± 0.04	53.08 ± 0.2				

KDKOS: Katkısız dev kralotu silajı, İDKOS: İnokulant-enzim katkılı dev kralotu silajı, FDKOS: Fumarik asit katkılı dev kralotu silajı, ADKOS: Arpa unu katkılı dev kralotu silajı, NH3-N: Amonyak azotu, TUYA: Toplam uçucu yağ asitleri.

Tartışma ve Sonuç

Dünya'da 20-25 yıldır kullanılmakla birlikte Türkiye'de henüz tam olarak tanınmayan, yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmayan, tropik kökenli ve çok yıllık bir bitki olan ve ülkemizde Akdeniz iklim koşullarının hüküm sürdüğü bölgelerde üretimi yapılabilecek olan dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisi de, yeşil yem bitkisi olarak veya çeşitli katkı maddeleriyle kombine edilerek yapılan slajı ile kaba yem kaynağı olarak ruminant beslemede kullanılabilecek potansiyele sahip alternatif bir kaba yem kaynağıdır (Geren, 2014).

Yapılan çalışmada dev kralotunun silolanmadan önce taze halde %8.57 HP içeriğine sahip olduğu belirlenmiş ve Li ve ark. (2014)'nın, 100 günlük vejetasyon süresine ulaşmış DKO için bildirdikleri HP içeriği (% 8.27) ile benzer olduğu görülmüştür. Geren ve ark. (2020), DKO'nun HP oranının biçim zamanına göre değiştiğini en yüksek HP oranının %12.7 ile 30 günde bir yapılan biçim uygulamasından elde edilirken, en düşük ortalama HP oranı da %5.7 ile 180 günde bir biçilen bitkilerden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Dev kralotu tropik kökenli bir bitki olduğundan dolayı yüksek miktarda lifli bileşikler içermektedir. Çalışmada elde edilen aNDFom ve ADFom değerleri (%66.03 aNDFom, % 41.93 ADFom); Li ve ark. (2014), 100 günlük vejetasyon süresine ulaşmış DKO'nun silolanmadan önce KM'de % 65.39 NDF ve % 46.18 ADF içerdiğini bildirdikleri çalışma bulguları ile benzerlik olduğunu göstermiştir. Çalışma bulgularına göre DKO'nun aNDFom içeriği, NRC (2001)'e göre rasyonda bulunması gereken aNDFom düzeyinin (%25-33) üzerindedir. Bu durum yem tüketiminde ve verimde azalmalara neden olabileceği düşünülebilir. Ancak rasyonun lif içeriğinin düşük düzeyde olması durumunda ise rumen fermantasyonunun bundan etkilenerek asidozis olgularının oluşabileceği unutulmamalıdır.

Çalışmada kullanılan dev kralotu bitkisinin NFC düzeyi %13.56 olarak belirlenmiş olup, Silva ve ark. (2011)'nin *Pennisetum* cinsine ait beş farklı türün verim ve kaba yem değerini belirlemek için yaptıkları çalışmada, bu beş türe ait NFC değerinin %7.9-13.8 arasında değiştiğini bildirdikleri sonuçlar ile uyumlu bulunmuştur.

Toplam sindirilebilen besin maddeleri (TDN) düzeyi KM'de %57.36 olarak belirlenmiş, bu oran NRC (1996)'da 30 ve 60 günlük vejetasyon süresine ulaşmış taze *Pennisetum purpureum* (Napiergrass) için belirlenen KM'de %53-55 TDN düzeylerine benzer bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan dev kralotunun yeşil halde nispi yem değeri 79.23 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından ifade edilen puanlamaya göre dev kralotunun nispi yem değerinin "4.sınıf" kalitede olduğu tespit edilmiştir. Çalışma bulguları, Geren ve ark. (2021)

tarafından yapılan çalışmada elde ettikleri 120 günlük vejetasyon süresine ulaşmış dev kral otunun nispi yem değerleri (76.3-78.1) ile uyumlu bulunmuştur.

Çalışmada katkısız ve farklı katkı maddeleri ile yapılan DKOS'ların HP oranları %8.18 ve 8.98 arasında değişmektedir. Bu değerler Zi ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada bildirilen HP oranlarına (8.25-8.86) benzer bulunmuştur. Çalışma bulguları dev kralotu silajının HP oranının mısır silajı HP oranına yakın olduğunu göstermektedir. DKO silajlarında HP düzeyini etkileyen diğer bir husus ise bitkinin biçim dönemidir. Zira daha erken dönemlerde biçilip silajı yapılan DKO'unda HP oranı daha yüksek değerlere sahiptir (Geren ve ark. 2020). Bu çalışma sonuçları da DKO'nun biçim zamanının silajlarda HP düzeyi üzerine etkisini göstermektedir. Yapılan çalışmada da kullanılan DKO'nun bitkinin vejetasyon döneminin 120. gününde hasat edildikten sonra silajının yapıldığı düşünüldüğünde belirlenen HP düzeyinin literatür bulguları ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Çalışmada arpa unu katkılı silajın HP içeriği diğer silajlardan önemli oranda yüksek bulunmuştur. Arpa unu katkılı DKO silajlarında HP oranının KDKOS'a göre önemli ölçüde artması; arpanın ortamda bulunan suda çözünebilir karbonhidratları (SÇK) arttırmasıyla laktik asit bakterileri için iyi bir fermantasyon ortamının sağlanması ve mikroorganizmaların hızlı bir şekilde üreyip ortam pH'sını düşürerek protein yıkımını en alt düzeye indirmesine bağlanabilir (Kung ve ark., 1984).

NFC, HS, aNDFom ve NYD düzeyi bakımından katkısız, inokulant-enzim ve fumarik asit katkılı silajlar arasında önemli bir fark bulunmazken; arpa unu katkılı silajın HS, ADFom ve aNDFom içeriği önemli oranda düşük, NFC ve NYD içeriği ise yüksek bulunmuştur. Katkısız DKO silajı ile kıyaslandığında arpa unu katkılı silajlarda NFC içeriğinin yüksek olması; arpanın azotsuz öz madde içeriğinin yüksek olması nedeni ile arpanın ortamda laktik asit bakterileri için SÇK düzeyini arttırarak NFC içeriğinin daha az fermente olmasına yol açmasına bağlanabilir. Öte yandan arpa unu ilave edilen silajlarda NFC içeriği artarken, yem tüketimi ve sindirilebilirliğini önemli oranda etkileyen göstergelerden HS, ADF ve NDF düzeyi de önemli oranda azalmıştır. Bu durum da silaja ilave edilen karbonhidrat kaynaklarının ortamdaki LAB faaliyetlerini hızlandırarak hücre duvarı bileşenlerinin parçalanmasına neden olması ile açıklanabilir. Çalışmada DKOS'lara arpa ilavesinin sindirilebilirlik üzerine etkili olan ADF ve NDF gibi hücre duvarı unsurlarını azalttığı buna bağlı olarak silaj NYD'sini artırdığı saptanmıştır.

Çalışmada en yüksek pH KDKOS'ında belirlenirken, katkı maddesi içeren tüm DKOS'larında pH önemli oranda düşmüştür. Bu sonuç DKO'ya yapılan ilavelerin (bakteriyel inokulant+enzim, fumarik asit, arpa

unu) silaj fermentasyonunu olumlu etkilediğini ve pH değerlerinin önerilen değerler arasına ulaşmasını veya yaklaşmasını sağladığını göstermiştir.

Araştırmada kullanılan dev kralotu yeşili ve farklı katkı maddeleriyle hazırlanan DKO silajlarının 24. saatteki inkubasyon sonrasında *in vitro* kümülatif gaz üretimleri (TGÜ) incelendiğinde en yüksek gaz üretimi (39.11 ml/0.2g KM) dev kralotu yeşilinde belirlenirken, en düşük gaz üretimi (25.66 ml/0.2g KM) ile KDKOS'ında belirlenmiştir. Katkı DKO silajlarının toplam gaz üretiminin katkısız dev kralotu silajından daha fazla olması silaj katkı maddelerinin oluşturduğu uygun fermentasyon ortamına bağlı olarak silajların besin madde bileşimindeki değişime bağlanabilir. Ayrıca çalışmada, en yüksek TGÜ'nin gruplar arasında en düşük oranda (%61.50) NDF içeren ADKOS grubunda elde edilmesi; yemlerin hücre duvarı içerikleri (ADF, NDF) ile gaz üretimi arasında mikrobiyal aktivitenin azalması nedeniyle negatif bir ilişki olduğu görüşünü desteklemektedir (Kılıç ve Sarıççek, 2006). Dev kralotu silajına katılan farklı katkıların besin madde kaybını engelleyerek uygun fermentasyon sonucu gaz üretimini arttırdığı öngörülmüştür. Çalışmada *in vitro* ME (MJ/kg KM), OMS (%) ve NE_L (MJ/kg KM) düzeyleri de TGÜ sonuçları ile paralellik göstermektedir. Tüm silaj katkıları OMS derecesini buna bağlı olarak da ME ve NE_L değerlerini önemli oranda arttırmıştır. Katkı maddesi içeren silajlar arasında en yüksek OMS ile ME ve NE_L değerlerinin arpa katkılı silajlarda elde edilmesi arpanın silaj ortamının SÇK oranını yükselterek ADF ve NDF oranını düşürmesine bağlanabilir.

In vitro fermentasyon bulguları incelendiğinde; en yüksek metan düzeyinin (%21.93) dev kralotu yeşilinde olduğu görülmektedir. Fumarik asit (%18.97) ve inokulant-enzim katkılı silajlar için metan düzeyinin (%19.63) önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda da, çalışma bulguları ile uyumlu olarak fumarik ve malik asit gibi organik asitlerin mikrobiyal protein sentezini ve propiyonik asit oranını arttırdığı, rumende metan üretimini ve total UYA içindeki asetik/propiyonik asit oranını azalttığı belirlenmiştir (Khampa ve ark., 2007). Çalışmada DKO'nda fumarik asit kullanımı ile beklenildiği gibi metan üretiminin azaldığı görülmüştür. Bu durumun metan üreten bakteriler ile fumarat kullanan bakteriler arasında H⁺ iyonları için rekabet ortamı oluşmasından kaynaklandığı öngörülmüştür.

Hayvan beslemede, mısır silajına alternatif bir kaba yem kaynağı olarak dev kralotu silajının kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada, besi sığırları rasyonuna çeşitli oranlarda (%25, %50, %75 ve %100) DKO katılması ile elde edilen *in vitro* parametrelerde; TGÜ (ml/0.2g KM) yönünden silaj grupları, tam rasyona eklenme dozları ve bu iki parametre arasındaki etkileşimlerde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. DKO'nun katkısız veya değişik katkı maddeleri ile

hazırlanan silajlarının rasyona mısır silajı yerine farklı oranlarda katılması *in vitro* TGÜ (ml/0.2g KM)'ni önemli oranda azaltmıştır. Gaz üretiminin en fazla DKO içermeyen TMR (%100 mısır silajı) grubunda gerçekleşmesi, rasyonun diğer tüm rasyon gruplarından aNDFom ve ADFom içeriğinin (KM'de %37.32-19.94) daha düşük düzeyde olması yanında, rumen mikroorganizmaları için yararlanılabilir protein değerinin diğer rasyon gruplarına göre daha yüksek oranda sağlanmasına bağlanabilir. DKO silajı ve farklı katkı maddeleriyle hazırlanan silajlarının rasyona mısır silajı yerine çeşitli dozlarda ilavesi KDKOS'un %25'lik dozu dışında ki dozlarda, *in vitro* kümülatif gaz üretiminde olumsuz etki yapmıştır. Özellikle silaj gruplarının rasyonda mısır silajı yerine %100 oranında kullanımında olumsuz etki daha fazla görülmüştür. Çalışmada *in vitro* ME (MJ/kg KM) ve OMS (%) düzeyleri TGÜ sonuçlarına paralel olarak, en yüksek OMS, ME değeri %100 mısır silajı, en düşük değerler %100 ADKOS içeren rasyonda belirlenmiştir. KDKOS'un %25'lik dozunun rasyonda mısır silajı yerine kullanımı ME ve OMS düzeylerini etkilememiştir. Bu durumda, mevcut çalışma bulgularına göre rasyonda mısır silajı yerine sadece %25 oranında KDKOS kullanılabileceği belirlenmiştir.

Çalışmada, besi sığırları rasyonlarında mısır silajı yerine farklı oranlarda (%25, %50, %75 ve %100) KDKOS kullanılması *in vitro* rumen sıvısı amonyak azotu (NH₃-N) konsantrasyonunu arttırmıştır. Amonyak azotu konsantrasyonu, KDKOS'un rasyona katılış düzeyine paralel artış gösterdiği belirlenmiştir. Dziuk (1984), ruminantlarda rumen NH₃-N konsantrasyonunun rasyona ve yemleme sonrası süreye bağlı olarak 20-1000 mg/L arasında değiştiğini bildirirken, Satter ve Roffler (1981) ise rumen sıvısı amonyak azotu konsantrasyonunun 8-561 mg/L arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Çalışma bulguları, araştırmacıların rumen sıvısı amonyak azot konsantrasyonu için bildirdiği değerler arasında bulunmaktadır. Mevcut çalışma bulgularında belirlenen; rasyona mısır silajı yerine %100 dozunda FDKOS ve ADKOS ilavesinin TMR (%100 mısır silajı)'a göre daha düşük NH₃-N konsantrasyonuna sahip olmasının nedeni olarak; bu grupların eklendiği rumen sıvısında mikroorganizmaların etkinliğinin daha düşük düzeylerde kalmasından dolayı aminoasit deaminasyonunun daha az olduğu (Mcintosh ve ark., 2003) öngörülmüştür. Ayrıca *in vitro* protein sindiriminin daha az gerçekleştiği ancak bypass protein düzeyinin daha yüksek oranda olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, DKO içermeyen %100 mısır silajı gruplarında, toplam yağ asidi içerisinde asetik asit oranı genelde %55, propiyonik asit %35 ve butirik asit oranı ise %10 aralığında belirlenmiştir. UYA'nın konsantrasyonu diyetler arasında oldukça farklı olsa da, rumen sıvısında genellikle 60 ila 120 mmol/L arasında değişmektedir (Jakkola ve ark., 2006).

Çalışmada katkılı ve katkısız bütün DKOS'ların mısır silajı yerine katılan tüm oranlarında bütirik asit üretiminin arttığı, propiyonik asit, asetik asit ve TUYA üretiminin ise azaldığı tespit edilmiştir. TUYA konsantrasyonunun azalması gaz üretiminin de azalmasına neden olmaktadır. Bu durum TGÜ üretiminin de benzer oranda azalması ile uyumludur. Aynı zamanda asetik asit ve propiyonik asit konsantrasyonunun diğer gruplardan fazla olması, bütirik asit konsantrasyonunun ise daha az olması; TMR (%100 mısır silajı içeriği)'nin NFC içeriğinin diğer rasyon gruplarından fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisinin ruminant besleme yönünden alternatif kaba yem kaynağı olarak kullanılabilmesi, çeşitli katkı maddeleri kullanılarak silajının yapılmasının, katkısız olarak yapılan silajından daha iyi sonuçlar verdiği, aynı zamanda dev kralotu bitkisinin ruminantlar tarafından taze halde tüketiminin, katkısız olarak hazırlanan silajının tüketiminden daha avantajlı olabileceği, besi sığırları tam rasyonunda mısır silajı yerine kullanımının *in vitro* parametreleri olumsuz etkilediği ve mısır silajı yerine sadece %25 oranında katkısız dev kralotu silajı kullanımının olumsuz bir durum oluşturmadığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. International Official Methods of Analysis. Fifteenth Edition, AOAC, Arlington, VA USA; 1995.
- Avcıoğlu R, Soya H, Açıkgöz E, Tan A. Yem bitkileri üretimi. Beşinci Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi. Ocak, 17-21, 2000; Ankara-Türkiye.
- Blümmel M, Ørskov ER. Comparison of *in vitro* gaz production and nylon bagdegradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Anim Feed Sci Technol 1993; 40(2-3): 109-19.
- Dziuk HE. Digestion in the ruminant stomach. In: Dukes' Physiology of Domestic Animals. Cornell Univ Press London 1984; pp. 320-50.
- Erwin ES, Marco GJ, Emery E. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. J Dairy Sci 1961; 44: 1768-76.
- Geren H, Avcıoğlu R, Kavut YT, Tan K, Sargin S. Akdeniz iklimi koşullarında yetiştirilen bazı çok yıllık sıcak mevsim buğdaygil cinslerinin yıllık sıcak mevsim buğdaygilleri ile silolanabilir verim, yem kalitesi ve biyoetanol verimi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Ege Üniv Ziraat Fak Derg 2014; 51(3): 243-51.
- Geren H, Durul G. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nda biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkileri üzerine bir ön araştırma. Ege Üniv Ziraat Fak Derg 2014; 51(1): 85-91.
- Geren H, Kavut YT, Ünlü HB. Effect of different cutting intervals on the forage yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under Mediterranean climatic conditions. Turk J Field Crops 2020; 25(1): 1-8.
- Geren H, Kavut YT, Ünlü HB. Farklı biçim sıklıklarının dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nda ot verimi ve bazı kalite özelliklerine etkisi. TÜBİTAK 115O083 numaralı proje. Ankara 2017; s. 1-6.
- Geren H, Kavut YT, Ünlü HB. Sürdürülebilir dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) tarımında biçim aralıklarının kuru madde verimi ve bazı yem kalite özelliklerine etkisi. İğdir Üni Fen Bil Enst Derg 2021; 11(3): 2412-22.
- Geren H. Farklı oranlarda baklagil yem bitkileri ile silolan dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nun bazı kalite özellikleri üzerine bir araştırma. Ege Üniv Ziraat Fak Derg 2014; 51(2): 209-17.
- Güney M, Bingöl NT, Aksu T. Kaba yem kalitesinin sınıflandırılmasında kullanılan göreceli yem değeri (GYD) ve göreceli kaba yem kalite indeksi (GKKI). Atatürk Üniversitesi Vet Bil Derg 2016; 11(2): 254-8.
- Jaakkola S, Kaunisto V, Huhtanen P. Volatile fatty acid proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. Grass Forage Sci, 2006; 61: 282-92.
- Jeranyama P, Garcia AD. Understanding relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ). College of Agriculture&Biological Sciences. South Dakota State University Extension Bulletin 2004; 8149: 1-3.
- Khampa S, Wanapat M. Manipulation of rumen fermentation with organic acids supplementation in ruminants raised in the tropics. Pak J Nutr 2007; 6(1): 20-7.
- Kılıç Ü, Sarıçiçek BZ. *In vitro* gaz üretim tekniğinde sonuçları etkileyen faktörler. Hayvansal Üretim 2006; 47(2): 54-61.
- Kung L, Grieve DB, Thomas JW, Huber JT. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. J Dairy Sci 1984; 67(2): 299-306.
- Li M, Zi X, Zhou H, Hou G, Cai Y. Effects of sucrose, glucose, molasses and cellulase on fermentation quality and *in vitro* gas production of king grass

- silage. Anim Feed Sci Technol 2014; 197: 206-12.
- Makkar HPS, Becker K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringaoleifera* leaves. Anim Feed Sci Technol 1996; 63(1-4): 211-28.
- McIntosh FM, Williams P, Losa R, Wallace RJ, Beaver DA, Newbold CJ. Effects of essential oil on rumenial microorganism and their protein metabolism. Appl Environ Microbiol 2003; 69(8): 5011-4.
- Menke HH, Steingass H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *invitro* gas production using rumen fluid. Anim Res Dev 1988; 28: 7-55.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed-stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. J Agric Sci 1979; 93 (1): 217-22.
- NRC 1996: National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington DC.
- NRC 2001: National Research Council: Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press, Washington DC.
- Satter LD, Roffler RE. Influence of nitrogen and carbohydrate inputs on rumen fermentation. Haresign W, Cole DJA. eds. In: Recent Developments in Ruminant Nutrition. London: Butterworths Press, 1981; pp.115-39.
- Silva MA, Lira MA, Santos MVF, Dubeux J, de Freitas EV, Araújo GGL. Forage yield and nutritive value in *Pennisetum* clones harvested in the forest zone. Archivos de Zootecnia 2011; 60(229): 63-74.
- Souza MA, Detmann E, Paulino MF, Sampaio CB, Lazzarini Í, Valadares Filho SC. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. Trop Anim Health Prod 2010; 42(6): 1299-310.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci 1991;74(10): 3583-97.
- Zi X, Li M, Chen Y, Lv R, Zhou H, Tang J. Effects of citric acid and *Lactobacillus plantarum* on silage quality and bacterial diversity of king grass silage. Front Microbiol 2021; 12: 631096.

