



Bazı Buğdaygil Yem Bitkilerinin *In Vitro* Gaz Üretimi, Organik Madde Sindirimi, Nispi Yem Değeri ile Metabolik Enerji İçeriklerinin Karşılaştırılması**

Yusuf SUBAŞI¹, Adem KAYA^{2*}

^{1,2} Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Erzurum, TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0002-9148-2265>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7726-6865>

*Sorumlu Yazar: kaya@atauni.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi:

Geliş Tarihi: 26 Ağustos 2025

Kabul Tarihi: 29 Eylül 2025

Online Yayınlanma: 15 Aralık 2025

Anahtar Kelimeler:

Buğdaygil Yem Bitkileri

In Vitro Gaz Üretimi

Metabolik Enerji

Nispi Yem Değeri

Organik Madde Sindirilebilirliği

**Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen birinci yazara ait "Bazı buğdaygil yem bitkilerinin *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirimi, nispi yem değeri ile metabolik enerji içeriklerinin karşılaştırılması" isimli yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

ÖZ

Bu çalışma, Siirt-Batman meralarında doğal olarak yetişen püsküllü brom (*Bromus tectorum*), başakotu (*Bromus hordeaceus*), yabani yulaf (*Avena fatua*), dağ çavdarı (*Secale montanum*), çok yıllık çim (*Lolium perenne*), tavus otu (*Agrostis* sp), yabani arpa (*Hordeum spontaneum*) ve yumrulu salkımotu (*Poa bulbosa*) buğdaygil yem bitkilerinin *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirimi, nispi yem değeri ile metabolik enerji içeriklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. *In vitro* gaz üretim tekniğinde kullanılan rumen sıvısı 7 yaşlı Holstein ırkı kısır sığırdan alınmıştır. Gaz üretim miktarı ve parametrelerin belirlenmesi için yemler 2, 4, 6, 8, 12, 24, 36, 48, 72 ve 96 saat süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Elde edilen veriler SPSS 13.0 paket programında tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada incelenen buğdaygil yem bitkisi örneklerine ait en yüksek ham yağ (HY), ham protein (HP) ve asit deterjan lignin (ADL) değerleri ile en düşük potansiyel gaz üretim miktarı (a+b) tavus otunda tespit edilmiştir. Metabolik enerji (ME) içerikleri 8.54-6.58 MJ kg⁻¹ KM, net enerji laktasyon (NEL) içerikleri 4.61-3.60 MJ kg⁻¹ KM ve organik madde sindirilebilirlik (OMS) dereceleri %57.49-48.33 arasında saptanmıştır. En yüksek kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değeri (NYD) tavus otu buğdaygil yem bitkisinde belirlenmiştir. Sonuç olarak, bulguların saha koşullarında doğrulanması ve ulusal hayvan besleme programlarına entegrasyonu, bölgesel yem kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını ve hayvancılık verimliliğinin artırılmasını destekleyebilir. Bu bağlamda yürütülen araştırma yalnızca bölgesel değil, ulusal hayvancılık sektörüne de önemli katkılar sunacak bir referans çalışma niteliğindedir.

Comparison of *In Vitro* Gas Production, Organic Matter Digestion, Relative Feed Values and Metabolic Energy Contents of Some Forage Grasses**

Research Article

History:

Received: 26 August 2025

Accept: 29 September 2025

Available online: 15 December 2025

Keywords:

Cereal Forage Crops

In Vitro Gas Production

ABSTRACT

This study was carried out to compare the *in vitro* gas production, organic matter digestibility, relative feed value and metabolic energy contents of wheat forage plants including tufted brome (*Bromus tectorum*), spike grass (*Bromus hordeaceus*), wild oat (*Avena fatua*), perennial rye (Mountain rye: *Secale montanum*), perennial rye (*Lolium perenne*), peacock grass (*Agrostis* sp), wild barley (*Hordeum spontaneum*) and tuberous bunchgrass (*Poa bulbosa*) naturally growing in Siirt-Batman pastures. Rumen fluid used in the *in vitro* gas production technique was

Metabolic Energy
Relative Feed Value
Organic Matter Digestibility

“: This study was produced from the Master’s Thesis titled “Comparison of *In Vitro* Gas Production, Organic Matter Digestion, Relative Feed Value, and Metabolic Energy Contents of Some Forage Grasses,” which was accepted by Atatürk University, Institute of Natural Sciences, and belongs to the first author.

taken from 7-year-old Holstein breed sterile cattle. The feeds were incubated for 2, 4, 6, 8, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 hours to determine the amount of gas production and parameters. The obtained data were evaluated by one-way analysis of variance in SPSS 13.0 package program. The highest ether extract (EE), crude protein (HP) and acid detergent lignin (ADL) values and the lowest potential gas production amount (a + b) of the forage grass samples examined in the study were determined in peacock. Metabolic energy (ME) contents were determined as 8.54-6.58 MJ kg⁻¹ DM, net energy lactation (NE_L) contents as 4.61-3.60 MJ kg⁻¹ DM and organic matter digestibility (OMD) degrees were determined as 57.49-48.33%. The highest dry matter intake (DMI) and relative feed value (RFV) were determined in peacock forage grass. In conclusion, verification of the findings under field conditions and integration into national animal nutrition programs may support the sustainable use of regional forage resources and increasing livestock productivity. The research conducted in this context is a reference study that will make significant contributions not only to the regional but also to the national livestock sector.

Atıf İçin :

Subaşı Y, Kaya A., 2025. Bazı Buğdaygil Yem Bitkilerinin *In Vitro* Gaz Üretimi, Organik Madde Sindirimi, Nispi Yem Değeri ile Metabolik Enerji İçeriklerinin Karşılaştırılması. Tarım, Gıda, Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi, 6(2): 572-585.

To Cite :

Subaşı Y, Kaya A., 2025. Comparison of *In Vitro* Gas Production, Organic Matter Digestion, Relative Feed Values and Metabolic Energy Contents of Some Forage Grasses. Agriculture, Food, Environment and Animal Sciences, 6(2): 572-585.

GİRİŞ

Geviş getiren hayvanların ana yem kaynağı olan kaba yemler, Türkiye hayvancılığının en önemli sorunlarından birisini oluşturmaktadır. Çünkü ülkemiz hayvancılığının geliştirilmesinde çözüme kavuşması gereken en temel sorunlarından birisi kaliteli kaba yem ihtiyacının devamlı olarak karşılanamamasıdır (Çilo ve Kaya, 2025). Ülkemizde kaliteli kaba yem, yem bitkileri tarımı ile çayır ve meralarımızdan elde edilmektedir. Yıllardır devam eden erken, aşırı ve bilinçsiz otlatma nedeni ile doğal çayır ve meralarımız, verim güçlerini kaybettiği ifade edilmektedir (Gürsoy, 2013). Tarla arazilerinde gerçekleştirilen yem bitkileri üretimi, kaliteli kaba yem temini açısından önemli bir kaynak olmasına rağmen, ülkemizde bu alan oldukça yetersiz kalmaktadır. Oysa düzenli ve güvenilir kaba yem sağlanmasının en etkili yolu, yem bitkileri tarımının geliştirilmesidir. Türkiye’nin çayır ve meralarında doğal olarak pek çok kaliteli yem bitkisi bulunmasına rağmen, kültürel anlamda tarımı yapılan türlerin sayısı oldukça sınırlıdır (Hanoğlu, 2022). Ülkemizde, yem bitkileri tarımı henüz istenilen düzeylere ulaşamamış olması bu bitkilerin tarımının artırılması, yeni yem bitkisi tür ve çeşitlerinin tarla tarımına dahil edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Çayır ve mera alanlarımızda doğal olarak yetiştirme adaptasyonu bulan birçok kaliteli sayılabilecek nitelikte yem bitkisi olmasına rağmen, tür ve çeşit bakımından kültürü yapılanların sayısı yeterli değildir. Kaba yemlerin kalitesi, büyük ölçüde türüne bağlı olmakla birlikte, birçok faktöre göre farklılık gösterebilmektedir. Kullanılan tür ve varyete, hasat zamanı ve bitkinin gelişim düzeyi, biçim sıklığı ve biçim yüksekliği,

iklimsel koşullar, üretim süreci, hasat ve depolama yöntemleri ile silaj yapımı gibi işlemler, kaba yemin kalitesini etkileyen başlıca unsurlar arasındadır. Kaba yem kalitesindeki bu değişkenlik; hayvanın kuru madde tüketimini, rasyonun enerji yoğunluğunu, eklenen kesif yem ya da protein miktarını, yemleme maliyetlerini, süt verimini ve genel hayvan sağlığını doğrudan etkilemektedir. Kaba yemlerin besin madde kompozisyonu yalnızca hayvan performansını değil aynı zamanda rumen mikrobiyotasının etkinliğini de belirler; bu nedenle yem değerlendirme yöntemlerinin doğruluğu, hayvancılık uygulamalarında kritik bir rol oynar (Van Soest ve ark., 1991; NRC, 2001). Yemlerin sindirilebilirlik ve enerji değerlerini tahmin etmek üzere geliştirilen *in vitro* gaz üretim tekniği, rumen sıvısı kaynaklı fermente edilebilir fraksiyonları doğrudan ölçebilmesi bakımından pratik bir araç olarak öne çıkar (Menke ve Steingass, 1988). Bu yöntemde, yem örneğinin mikrobiyal fermantasyonu sırasında açığa çıkan gaz hacmi, hem organik madde sindirim derecesi (OMS) hem de metabolize edilebilir enerji (ME) miktarı hakkında dolaylı bir gösterge sunmaktadır (Menke ve ark., 1979; Blümmel ve Ørskov 1993). Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki meralarda yetişen buğdaygil türlerinin besin madde profillerinin incelenmesi; hem yerel rasyon formülasyonları hem de hayvansal üretim verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır (Abaş ve ark., 2005; Kamalak, 2005). Bu yem bitkileri üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar, bölge hayvancılığında kullanılan kaba yem kaynaklarının enerji ve protein değerleri hakkında güncel veriler sunarak, rasyon planlamada bilimsel temelli yaklaşımın geliştirilmesine katkıda bulunacağı bildirilmektedir (Bonsi ve ark., 1995; Kaya, 2008).

Bu çalışmanın temel amacı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Siirt-Batman meralarında yetişen bazı buğdaygil yem bitkilerinin (püsküllü brom (*Bromus tectorum*), başakotu (*Bromus hordeaceus*), yabani yulaf (*Avena fatua*), çok yıllık çavdar (dağ çavdarı: *Secale montanum*), çok yıllık çim (*Lolium perenne*), tavus otu (*Agrostis* sp), yabani arpa (*Hordeum spontaneum*) ve yumrulu salkımotu (*Poa bulbosa*)) *in vitro* gaz üretim tekniği ve kimyasal analizler yoluyla organik madde sindirilebilirlikleri, metabolik enerji ve net enerji laktasyon değerleri ile nisbi yem değerlerinin karşılaştırmalı olarak belirlenmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Etik Onay

Bu çalışmada kullanılan hayvan ve biyolojik materyaller için Atatürk Üniversitesi Deney Hayvanları Yerel Etik Kurulundan onay alınmıştır (Karar Tarihi: 24 Şubat 2014; Karar No: 1/19). Çalışmanın tüm aşamaları, ilgili ulusal ve uluslararası etik kurallar çerçevesinde yürütülmüştür.

Çalışmanın yem materyalini Siirt-Batman yöresindeki meralardan çiçeklenme başlangıcında (Nisan ayı başı) toplanıp tür tespiti yapılan püsküllü brom, başakotu,

yabani yulaf, çok yıllık çavdar, çok yıllık çim, tavus otu, yabani arpa ve yumrulu salkımotu gibi buğdaygil türleri oluşmuştur. Toplanan materyaller önce gölgede sonrada laboratuvar şartlarında kurutma odasında kuru madde düzeyi %90'a ulaşıncaya dek bekletilmiş ve analizler için tüm örnekler 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülerek analizlere hazırlanmıştır. Yem örneklerinde kuru madde (KM), ham kül (HK), ham yağ (HY) ve ham protein (HP) analizleri AOAC (1990)'e göre yapılmıştır. Örneklerin lif içeriğini değerlendirmek için Van Soest ve ark. (1991)'nin bildirdiği metoda göre nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ANKOM 200 Fiber Analyzer cihazında belirlenmiştir. *In vitro* gaz üretim tekniğinde kullanılan rumen sıvısı Atatürk Üniversitesi Gıda ve Hayvancılık Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bakımı yapılan, 7 yaşında ve 650 kg ağırlığında Holstein ırkı kısır bir hayvandan, sonda yardımıyla temin edilmiştir. Deneme başlamadan 15 gün önce hayvanlara, yaşama ağırlığının 1.25 katı kadar miktarda kaliteli kuru ot ve %18 ham protein 2700 kcal kg⁻¹ KM enerji değerine sahip kesif yem verilmiştir. Rasyonlar, kuru madde bazında kaba yem ile yoğun yem oranı %60-40 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Yem bitkilerine ait 24 saatlik gaz üretim miktarlarının ölçülmesinde *in vitro* gaz üretim tekniği modifiye edilerek uygulanmıştır (Menke ve Steingass, 1988). Her bir numuneden 200 mg kuru madde olarak alınan örnekler, 50 ml kapasiteli cam viallere konulmuştur. Rumen sıvısı, McDougall (1948) yöntemi ile hazırlanan tampon çözelti ile karıştırılmış, 39 °C'de su banyosundan alınarak viallere karbondioksit atmosferi altında ilave edilmiştir. Viallerin ağzı kapatıldıktan sonra hafifçe çalkalanmış ve tekrar 39 °C'deki su banyosuna yerleştirilmiştir. Gaz ölçümleri inkübasyonun 0, 2, 4, 6, 8, 16, 24, 36, 72 ve 96. saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, inkübasyon süresince rumen hareketlerini stimüle etmek amacıyla su banyosu içerisindeki viallere hareket sağlayan su motorları kullanılmıştır. Yem örnekleri laboratuvar şartlarında 96 saat süreyle rumen sıvısında inkübasyona bırakılarak gaz üretim miktarları belirlenmiştir. Deneme gruplarıyla beraber üç tekerrürlü olacak şekilde kör (sadece tamponlanmış rumen sıvısı) inkübasyona tabi tutulmuştur. Kör denemeden elde edilen gaz değerleri yem grupları için saptanan gaz ölçümlerinden çıkarıldıktan sonra net *in vitro* toplam gaz miktarları belirlenmiştir.

Gaz üretim parametreleri, Ørskov ve McDonald (1979) tarafından geliştirilen model esas alınarak NEWAY PC paket programı ile hesaplanmıştır. Model şu şekilde ifade edilmektedir:

$$y: a+b(1-e^{-ct}) \quad (1)$$

y: Belirli bir zamanda oluşan toplam gaz miktarı (mL)

a: Kolay çözünebilen fraksiyona bağlı olarak oluşan gaz miktarı (mL)

b: Zamanla fermentasyona uğrayan kısımdan meydana gelen gaz miktarı (mL),

c: b'nin fermente olma hızı (%),

Deneme gruplarına ait 24 saatlik gaz üretim miktarları ile yemlerin bazı kimyasal kompozisyonları kullanılarak metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NEL) değerleri ve organik madde sindirimi (OMS) Menke ve Steingass (1988) tarafından bildirilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

Metabolik Enerji (ME, MJ kg⁻¹ KM): $ME = 2.20 + 0.136 \times G\ddot{U} + 0.057 \times HP + 0.0028HY^2$

Net Enerji Laktasyon (NEL, MJ kg⁻¹ KM): $NEL = 0,54 + 0.096 \times G\ddot{U} + 0.0038 \times HP + 0.00017 \times HY^2$

Organik Madde Sindirim Derecesi (OMS, %): $OMS = 14.88 + 0.889 \times G\ddot{U} + 0.45 \times HP + 0.0651 \times HK$

GÜ: 24 saatte üretilen gaz miktarı (ml 200 mg⁻¹ KM); HP: ham protein (%); HY: ham yağ (%); HK: ham kül içeriği (%).

Rumen sıvısında toplam uçucu yağ asitleri (UYA mmol L⁻¹) ile amonyak nitrojeni (NH₃-N mg L⁻¹) düzeylerinin belirlenmesi, Markham Buhar Distilasyon yöntemiyle belirlenmiştir (Kılıç, 2005)

Statistical Analysis

Elde edilen veriler SPSS 21.0 paket programında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiş, grupların ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Duncan, 1955). Analizlerde kullanılan model aşağıda verilmiştir.

$$Y_{ij} = \mu + a_i + e_{ij} \quad (2)$$

Y_{ij}: Gaz üretim parametrelerinden herhangi birisinin değerini

μ: Genel ortalamayı

a_i: Muamelenin etkisini

e_{ij}: Hata.

BULGULAR ve TARTIŞMA

In vitro gaz üretim yönteminde kullanılan rumen sıvısının toplam uçucu yağ asidi (TUYA) ve amonyak azotu (NH₃-N) içerikleri Tablo1' de sunulmuştur.

Tablo 1. Denemede kullanılan rumen sıvısında TUYA ve NH₃-N miktarları

	TUYA(mmol L ⁻¹)	NH ₃ -N (mg L ⁻¹)
En Az	70	85
En Fazla	100	155
Ortalama	85	120

Denemede kullanılan rumen sıvısının toplam uçucu yağ asidi (TUYA) ve amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) düzeylerinin tespit edildiği değerler, inkübasyon öncesi mikrobiyal ortamın fonksiyonel yeterliliğini ortaya koymaktadır. *In vitro* teknikte kullanılan rumen sıvısının TUYA konsantrasyonu 70-100 mmol L⁻¹ arasında değişmekte ve ortalama 85 mmol/l olarak tespit edilmiştir. Bu yüksek uçucu yağ asidi üretim potansiyeli, rumen mikroflorasının aktif ve dengeli bir fermentasyon ortamı sağladığını gösterirken, $\text{NH}_3\text{-N}$ değerlerinin 85-155 mg L⁻¹ aralığında ve ortalama 120 mg L⁻¹ düzeyinde bulunması, proteolitik mikroorganizmaların yeterli düzeyde amino asit ve amonyak oluşturabildiğini göstermektedir. Özellikle rumen bakterilerinin ve proteaz enzimlerinin optimal faaliyet gösterdiği bir $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu, *in vitro* inkübasyon süresince proteinden sağlanan azotun mikrobiyal büyüme için yeterli olacağına dair güvence vermektedir. Söz konusu parametrelere ait elde edilen değerler Laibi et al. (2015)'in bildirdiği değerlere benzer olarak saptanmıştır. TUYA ve $\text{NH}_3\text{-N}$ değerlerinin referans literatürde bildirilen aralıklarla (Laibi ve ark., 2015) uyumlu olması, deneysel protokolün geçerliliğini destekler; zira fermentasyonun başlangıcında yeterli uçucu yağ asidi ve amonyak azotu bulunması, inkübe edilen yem örneklerinin gerçek rumen koşullarına yakın mikrobiyal faaliyet göstermesine olanak tanımaktadır. Böylece bulgular, *in vitro* denemelerde kullanılan rumen sıvısının hem karbonhidrat hem de protein fermentasyonu için uygun bir mikrobiyal alt yapı sunduğunu göstermektedir.

İncelenen buğdaygil yem bitkilerine ait kimyasal kompozisyonlar ve varyans analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Buğdaygil yem bitkilerinin kimyasal kompozisyonları (%) ve varyans analiz sonuçları

Yem Bitkileri	KM	HK	HY	HP	NDF	ADF	ADL	SEL	HEMİSEL
Tavus otu	95.59	9.12 ^{ab}	3.97 ^a	16.46 ^a	60.49 ^d	33.14 ^c	10.33 ^a	22.81 ^e	27.36 ^c
Yabani yulaf	95.21	8.66 ^{abc}	3.25 ^b	10.47 ^{cd}	62.66 ^{bc}	34.77 ^{abc}	6.96 ^{de}	27.80 ^{bc}	27.89 ^c
Başakotu	95.33	9.65 ^a	3.13 ^b	10.53 ^{cd}	61.91 ^c	34.92 ^{abc}	8.47 ^{bc}	26.44 ^{cd}	26.99 ^c
Püsküllü brom	95.59	6.51 ^d	2.97 ^b	10.96 ^c	67.46 ^a	36.27 ^{ab}	5.98 ^e	30.29 ^a	31.19 ^{ab}
Yabani arpa	94.61	7.76 ^{cd}	3.41 ^{ab}	11.99 ^b	62.99 ^b	34.15 ^{abc}	6.82 ^{de}	27.33 ^{bc}	28.84 ^{bc}
Çok yıllık çim	95.19	7.82 ^{bcd}	2.77 ^b	10.73 ^c	67.66 ^a	36.40 ^a	7.78 ^{cd}	28.62 ^b	31.25 ^{ab}
Yumrulu salkımotu	95.28	7.84 ^{bcd}	2.77 ^b	8.13 ^e	67.60 ^a	34.02 ^{bc}	9.07 ^b	24.95 ^d	33.58 ^a
Dağ çavdarı	95.77	7.20 ^d	2.93 ^b	9.99 ^d	66.67 ^a	34.98 ^{abc}	6.41 ^e	28.57 ^b	31.68 ^a
SEM	0.79	0.41	0.21	0.22	0.34	0.68	0.34	0.50	0.81
P-value	0.080	0.001	0.018	0.003	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000

a,b,c,d,e: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden istatistiksel olarak farklıdır. SEM= Standart Hata Ortalaması. KM: kuru madde, HK: ham kül, HY: ham yağ, HP: ham protein, NDF: nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, ADF: asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler, ADL: asit çözücülerde çözünmeyen lignin, SEL: selüloz, HEMİSEL: hemiselüloz

Yem bitkilerine ait HK içeriği %7.20-9.65, HP %8.13-16.46, NDF %60.49-67.66, ADF %33.14-36.40, ADL %5.98-10.33 arasında tespit edilmiştir. En yüksek HK ve NDF değeri başak otunda (%9.65 ve %67.46), HY, HP ve ADL değeri tavus otunda (%3.97, %16.46 ve %10.33), en düşük HK ve ADL değeri püsküllü bromda (%6.51 ve %5.98), NDF, ADF, SEL ve HEMİSEL değerleri ise tavus otunda (%60.49, %33.14, %22.81 ve %27.36) tespit edilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen HY içeriklerine ilişkin bulgular, literatürde konuya yönelik gerçekleştirilen bazı çalışmalarla karşılaştırıldığında, Canbolat (2012) ile Gürsoy ve Macit (2017) tarafından bildirilen sonuçlarla uyumlu olduğu görülmüştür. Ham protein oranı yüksek olan bir yemin besin değeri, dolayısı ile besleme değerinin de yüksek olması beklenmektedir (Gürsoy, 2013). Mevcut çalışmadan elde edilen değerler Canbolat (2012)'nin değerlerinden yüksek, Tan ve ark. (2019)'un değerlerine benzer, Çağan ve ark. (2015)'in değerlerinden düşük bulunmuştur. NDF genellikle yemin özgül ağırlığını belirleyen bir unsur olarak kabul edilirken, ADF daha ziyade kuru madde sindirilebilirliği ile ilişkilidir ve yemlerin net enerji içeriklerinin hesaplanmasında önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır. Yemlerin yapısında bulunan hücre duvarı yapı elemanlarından ADF ve ADL oranlarının düşük olması besleme açısından tercih edilen bir özelliktir (Van Soest, 1994). Hayvanların yem tüketimi ile yemdeki NDF düzeyi arasında anlamlı bir ilişki olduğu bildirilmektedir. Bitkilerin gelişim sürecine bağlı olarak, özellikle yaşılandıkça, ADF oranı da artış göstermektedir. Olgunlaşma döneminde buğdaygil bitkilerinin yaprak ve saplarında bulunan lignin miktarı yaklaşık iki katına çıkarken, baklagil bitkilerinde bu artış genellikle %20 veya daha düşük seviyelerde gerçekleşmektedir (Işık ve Kaya, 2020). Buğdaygiller NDF bakımından zengin olmalarına rağmen, yemin sindirilebilirliğini olumsuz etkileyen ligninden daha az etkili olduğu literatürde ifade edilmiştir (Tan ve ark., 2019). Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, literatürdeki bazı verilerle kıyaslandığında bazı çalışmalarda bildirilen değerlerin altında, bazı çalışmalarda bildirilen değerlerin ise üzerinde kalmıştır (Gürsoy, 2013; Canbolat, 2012; Karadağ ve ark., 2016). Yumrulu salkım otunun ADF oranı Tan ve ark. (2019)'nin bildirişinden daha düşük, NDF oranı ise daha yüksek seviyede belirlenmiştir. Van Soest ve ark. (1991) tarafından tanımlanan lif fraksiyonları yem kalitesi üzerinde etki göstererek yüksek lif oranları sindirilebilirlik üzerinde kısıtlayıcı olabilmektedir. Kimyasal kompozisyonla ilgili olarak mevcut çalışmadan elde edilen bulguların, diğer çalışmalarda bildirilen kimyasal kompozisyon değerleriyle farklılık göstermesi, toprak, iklim, bitkinin türü, çeşidi ve yemin hasat zamanı, vejetasyon dönemi, temin edildiği coğrafik konumun değişik olmasından kaynaklanmış olabilir.

Çalışmada incelenen buğdaygil yem bitkilerine ait farklı fermantasyon sürelerinde oluşan gaz üretim değerleri (mL 200mg⁻¹ KM) ile inkübasyon sonunda rumen

sıvısında ölçülen pH değerlerine ait ortalamalar ve varyans analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Buğdaygil yem türleri içerisinde inkübasyonun 6, 48, 72 ve 96. saatlerinde üretilen gaz miktarları en düşük tavus otunda sırasıyla 6.90, 43.00, 46.20 ve 8,60 mL 200mg⁻¹ KM ile olurken diğer türler istatistik olarak birbirine benzer ve tavus otundan daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3. incelendiğinde 6, 48, 72 ve 96 saatlik inkübasyon sürelerinde ölçülen *in vitro* gaz üretim miktarları bakımından yem örnekleri arasında anlamlı farklılıkların olduğu görülmektedir (P<0.05). En düşük gaz üretim değeri 6.90 mL 200mg⁻¹ KM ile 2 saatlik inkübasyon sonunda tavus otunda, en yüksek gaz üretimi ise 70.33 mL 200mg⁻¹ KM ile yabani yulafda 96 saatlik inkübasyon sonunda elde edilmiştir. Tavus otu incelenen diğer baklagil türleri içerisinde en yüksek ADL içeriğine sahip olması (Tablo 2) nedeniyle en az gaz üretimi sağlamış yani düşük sindirilebilirlik göstermiş olabilir. Bu araştırmada elde edilen bulgular, yemlerin HK içeriği ile toplam gaz üretimi arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuş ve bu durum, ham kül oranı yüksek olan yemlerin daha az gaz ürettiğini bildiren Atalay ve Kamalak (2021) tarafından yürütülen çalışmayla örtüşmektedir.

Tablo 3. Buğdaygil yem bitkilerine ait farklı sürelerdeki *in vitro* fermentasyonu sonucu açığa çıkan gaz üretim miktarları (mL 200mg⁻¹ KM) ile pH ve varyans analiz sonuçları

Yem Bitkileri	2	4	6	8	12	16	24	36	48	72	96	pH
Tavus otu	4.50	6.00	6.90 ^b	9.37	14.20	21.37	31.20	38.30	43.00 ^b	46.20 ^b	48.60 ^b	6.67 ^{ab}
Yabani yulaf	6.67	10.77	15.47 ^a	18.20	24.47	31.00	42.00	53.23	61.57 ^a	67.00 ^a	70.33 ^a	6.00 ^b
Başakotu	6.30	11.07	14.33 ^a	17.03	22.40	28.20	39.73	51.40	59.87 ^a	64.80 ^a	67.63 ^a	6.00 ^b
Püsküllü brom	4.33	9.90	12.90 ^a	16.03	21.80	27.87	40.47	52.87	61.63 ^a	65.43 ^a	68.27 ^a	6.00 ^b
Yabani arpa	4.27	9.43	14.27 ^a	14.10	22.83	27.80	41.27	52.60	59.83 ^a	64.57 ^a	66.87 ^a	6.67 ^{ab}
Çok yıllık çim	5.93	10.63	13.50 ^a	17.53	24.40	28.33	40.30	50.83	58.30 ^a	61.80 ^a	64.90 ^a	7.00 ^a
Yumrulu salkımotu	6.15	11.84	14.94 ^a	18.41	23.81	29.24	39.60	51.42	60.30 ^a	65.42 ^a	68.73 ^a	6.33 ^b
Dağ çavdarı	6.13	10.533	14.07 ^a	17.13	22.27	28.33	39.10	52.10	60.73 ^a	66.43 ^a	69.50 ^a	6.00 ^b
SEM	1.13	1.55	1.55	1.86	2.36	2.91	3.41	3.49	3.65	3.87	3.72	0.20
P-value	0.625	0.307	0.030	0.064	0.150	0.519	0.481	0.118	0.037	0.028	0.016	0.013

a,b,c,d,e: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar birbirinden istatistiksel olarak farklıdır SEM= Standart Hata Ortalaması.

Buğdaygil yem grupları arasında inkübasyona bırakıldıkları rumen sıvısında ölçülen pH değerleri bakımından farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0.01$). pH değerleri en yüksek çok yıllık çim (7.00), en düşük ise yabancı yulafda (6.00) belirlenmiştir. Hasat dönemindeki olgunlaşma derecesi, lif yapısı ve başlangıç pH'sının inkübasyona etkisi, bu sonuçların arkasındaki temel biyokimyasal süreçleri açıklamada kritik öneme sahiptir.

Araştırmada değerlendirilen buğdaygil yem bitkilerinin *in vitro* gaz üretim değerlerinin, Canbolat (2012) tarafından bildirilen sonuçlarla örtüştüğü, ancak Abaş ve ark. (2005), Gürsoy (2013) ile Kurt ve ark. (2022) tarafından elde edilen bazı bulgulardan daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmayla literatürdeki diğer araştırmalar arasında gözlenen farklılıkların; kullanılan hayvanın özelliklerine (tür farklılıkları, beslenme durumu, rumen sıvısının yapısı ve rumen ortam koşulları), yem materyaline ilişkin faktörlere (besin madde kompozisyonu, tür ve çeşit farklılıkları, yetiştirme dönemi, hasat zamanı, uygulanan ön işlemler, örnek miktarı ve parçacık boyutu) ve yöntemsel farklılıklara (araştırmacıların uygulama yöntemleri, kullanılan tampon çözeltisinin niteliği, atmosfer basıncındaki değişiklikler, ölçümlerin yapıldığı zaman dilimi, düzeltme katsayısı kullanımı, karıştırma şekli, şırıngalarda oluşan hava kabarcıkları, tercih edilen matematiksel model ve formüller) bağlı olabileceği değerlendirilmektedir (Kılıç, 2005; Kılıç ve Sarıçiçek, 2006).

Buğdaygil yem bitkilerine ait gaz üretim parametreleri ve varyans analiz sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur. Yemlerin a ($P<0.05$), b ($P<0.01$) ve a+b ($P<0.01$) parametreleri arasında ki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunurken, c değeri arasındaki farklılıkların önemli olmadığı ($P>0.05$) tespit edilmiştir.

Tablo 4. Buğdaygil yem bitkilerine ait gaz üretim parametreleri ve varyans analiz sonuçları

Yem Bitkileri	a	b	a+b	c
Tavus otu	-2.22 ^c	52.90 ^b	50.68 ^b	0.037
Yabancı yulaf	1.17 ^{ab}	72.45 ^a	73.63 ^a	0.035
Başakotu	1.12 ^{ab}	70.64 ^a	71.76 ^a	0.033
Püsküllü brom	-1.40 ^{bc}	73.60 ^a	72.20 ^a	0.035
Yabancı arpa	-1.09 ^{bc}	71.18 ^a	70.09 ^a	0.037
Çok yıllık çim	0.36 ^{abc}	67.41 ^a	67.77 ^a	0.037
Yumrulu salkımotu	1.86 ^a	70.86 ^a	72.73 ^a	0.032
Dağ çavdarı	0.91 ^{ab}	73.34 ^a	74.25 ^a	0.032
SEM	0.86	3.28	3.60	0.01
P-value	0.036	0.007	0.005	0.274

a,b,c: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir. SEM= Standart Hata Ortalaması. a= kolay çözünebilir fraksiyonların gaz miktarı (mL); b= çözünemeyen fraksiyonların gaz üretim miktarı (mL); c= çözünemeyen fraksiyonların (b) gaz üretim oranı (saat-1); a+b= potansiyel gaz üretimi (mL).

Bir yemin zamana bağlı olarak oluşturduğu gaz miktarı olan "b" değeri (Işık ve Kaya, 2020) bakımından en yüksek değer püsküllü bromda (73.60 mL), en düşük ise tavus

otunda (52.90ml) saptanmıştır. Yem bitkilerinin potansiyel gaz üretim miktarının bir ifadesi olan “a+b” (Işık ve Kaya, 2020) değeri bakımından en yüksek değer çok yıllık çavdarda (74.25 mL), en düşük değer tavus otunda (50.68 mL) tespit edilmiştir. Yemin gaz üretim hızını “c” değeri göstermektedir. Buğdaygil yem bitkilerine ait c değeri bakımından farklılıkların önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Metabolik enerji (ME, MJ kg⁻¹ KM), net enerji laktasyon (NE_L, MJ kg⁻¹ KM) ve organik madde sindirimi (OMS, %) bakımından incelenen buğdaygil yem bitkileri arasındaki farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0.05).

Tablo 5. Buğdaygil yem bitkilerine ait metabolik enerji, net enerji laktasyon ve organik madde sindirimi değerleri ile varyans analiz sonuçları

Yem Bitkileri	ME (MJ kg ⁻¹ KM)	NE _L (MJ kg ⁻¹ KM)	OMS (%)
Tavus otu	6.58 ^c	3.60 ^c	50.62 ^{bc}
Yabani yulaf	8.54 ^a	4.61 ^a	57.49 ^a
Başakotu	7.69 ^a	4.39 ^{ab}	55.57 ^{ab}
Püsküllü brom	7.80 ^a	4.46 ^a	56.21 ^{ab}
Yabani arpa	7.91 ^a	4.54 ^a	57.47 ^a
Çok yıllık çim	7.76 ^a	4.44 ^a	56.04 ^{ab}
Yumrulu salkımotu	6.75 ^{bc}	3.73 ^{bc}	48.33 ^c
Dağ çavdarı	7.60 ^{ab}	4.32 ^{ab}	54.60 ^{ab}
SEM	0.30	0.21	1.96
P-value	0.006	0.023	0.037

a,b,c: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir. SEM= Standart Hata Ortalaması.

Çalışma kapsamında incelenen yem örneklerine ait metabolik enerji içerikleri en düşük 6.58 MJ kg⁻¹ KM ile tavus otunda en yüksek 8.54 MJ kg⁻¹ KM ile yabani yulaf bitkisinde tespit edilmiştir. Tavus otu örneklerinde ME, NE_L ve OMS değerlerinin düşük bulunmasının, 24. saatte ölçülen gaz üretiminin diğer buğdaygil yem bitkilerine kıyasla daha az olması (Tablo 3) ve sindirimi zorlaştırıcı hücre duvarı bileşenlerinden biri olan ADL içeriğinin yüksekliği (Tablo 2) ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu faktörlerin, ilgili enerji ve sindirilebilirlik parametrelerini olumsuz yönde etkilediği değerlendirilmiştir. Yem bitkilerine ait OMS, ME ve NE_L değerleri, bazı araştırmacıların bulgularına göre (Gürsoy ve Macit 2017) daha yüksek, bazılarına göre ise (Abaş ve ark., 2005; Canpolat 2012; Kurt ve ark., 2022) daha düşük düzeyde bulunmuştur. Yem bitkilerinin yetiştirildiği toprağın özellikleri, kullanılan varyete, biçim zamanı gibi etkenlerin yemlerin sindirilebilirliği ve dolayısıyla ME içeriği üzerinde önemli rol oynadığı, bu nedenle aynı tür yemlerle yapılan farklı çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilebildiği gibi, bazı durumlarda farklılıkların da gözlenebileceği belirtilmektedir (Işık ve Kaya, 2020).

Kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değerleri (NYD) bakımından yem bitkileri arasındaki farklılıkların önemli ($P<0.01$) olduğu tespit edilmiştir. Yem örneklerine ait kuru madde tüketimi ve nispi yem değerleri sırasıyla; %1.98-1.77 ve 96.97-83.24 arasında değişmiştir. En yüksek; kuru madde tüketimi (%1.98) ve nispi yem değerleri (96.97) tavus otunda, en düşük kuru madde tüketimi (%1.77) yumrulu salkımotunda, nispi yem değeri ise çok yıllık çim (83.24) buğdaygil yem bitkisinde tespit edilmiştir.

Nispi yem değeri, yemlerin bileşiminde %41 ADF ve %53 NDF olduğunda standart 100 olarak kabul edilmekte bu değer 100'den büyük olması yemin kalitesinin yüksek olmasının, düşük olması ise yemin kalitesinin düşük olmasının ifadesi olduğu bildirilmektedir (Rohweder ve ark., 1978). Nispi yem değeri (NYD) esas alınarak yapılan sınıflandırmaya göre; NYD'nin 150'nin üzerinde olması yemlerin "en yüksek kalite", 125–150 aralığında olması "1. kalite", 103–124 arası "2. kalite", 87–102 arası "3. kalite", 75–86 arası "4. kalite" ve 75'in altında olması ise "5. kalite" olarak değerlendirilmektedir (Gürsoy, 2013). Bu kapsamda NYD bakımından kalite sınıflandırması tavus otu > başakotu = yabani arpa = yabani yulaf > dağ çavdarı = yumrulu salkımotu $\geq$ püsküllü brom > çok yıllık çim şeklinde olmuştur. NYD yükseldikçe yem kalitesinin de arttığı kabul edilmektedir.

Tablo 6. Yem bitkilerinden elde edilen nispi yem değerleri, kuru madde tüketimi ile kuru madde sindirimine ait ortalama değerler ve varyans analiz sonuçları

Yem Bitkileri	KMT (%)	KMS (%)	NYD
Tavus otu	1.98 ^a	63.08	96.97 ^a
Yabani yulaf	1.92 ^{bc}	61.82	91.76 ^b
Başakotu	1.94 ^b	61.70	92.70 ^b
Püsküllü brom	1.78 ^c	60.65	83.60 ^{cd}
Yabani arpa	1.91 ^c	62.30	91.98 ^b
Çok yıllık çim	1.77 ^c	60.54	83.24 ^d
Yumrulu salkımotu	1.77 ^c	62.40	85.86 ^c
Dağ çavdarı	1.80 ^c	61.65	86.01 ^c
SEM	0.01	0.53	0.82
P-value	0.000	0.059	0.000

a,b,c,d: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir. SEM= Standart Hata Ortalaması.

Bu çalışmada ele alınan buğdaygil yem bitkilerinin kuru madde tüketimi ve NYD skorları değerlendirildiğinde, tavus otu *in vitro* gaz üretimi açısından en düşük sindirilebilirliğe sahip tür olmasına rağmen, NYD açısından en yüksek kalite sınıfında yer almıştır. Bu durum, NYD hesaplamalarında ADL değerlerinin dikkate alınmaması; yalnızca NDF ve ADF oranları üzerinden değerlendirilmesinden ileri gelmektedir. Buğdaygil yem bitkilerinin KMT ve NYD değerleri bakımından elde edilen sonuçlar, bazı araştırmacıların bulgularından düşük (Canbolat, 2012; Çağan ve ark., 2015; Gürsoy ve Macit, 2017) olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışma ile diğer çalışmalar arasındaki farklılıklar yem maddelerinin yetiştirildiği toprağın yapısı, yemin varyetesi, biçim dönemi, metodun uygulanmasından kaynaklanmış olabilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma sonuçlarının bütüncül değerlendirmesi, bölgesel kaba yem kaynaklarının yönetiminde ve rasyon formulasyonunda bazı kilit çıkarımları sunmaktadır. Kimyasal analizler ile *in vitro* verilerin birlikte yorumlanması, yem bitkilerinin lif, enerji ve protein içeriklerinde önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Rasyon hazırlarken, her türün bu profilini dikkate alarak karışım oranlarının optimize edilmesi, hem besin dengesini hem de yem maliyet verimliliğini artıracaktır. Bölgeye özgü yabancı bitki türlerinin mevsimsel ve ekolojik farklılıkları, kimyasal kompozisyon ve sindirilebilirlik parametrelerinde zaman içinde değişkenliklere yol açabilmektedir. Bu bakımdan, yem bitkilerinin yıllık farklı dönemlerde (çiçeklenme, olgunlaşma, kurak mevsim) toplanarak analize tabi tutulması, veri setinin zenginleştirilmesi açısından önemlidir. Gelecekteki araştırmalarda, rumen mikrobiyomu profili üzerine moleküler metagenomik yaklaşımlar kullanılarak yem bitkilerinin mikrobiyal kompozisyondaki değişime ve fermantasyon kinetiğine nasıl katkı sağladığına dair ayrıntılı mekanistik veriler elde edilmesi amaçlanmalıdır. Bu tür çalışmalar, hem yem ıslah programlarına hem de hayvan besleme stratejilerine yenilikçi perspektifler kazandıracaktır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Yazarların Katkısı

Proje fikri, tasarımı ve yürütülmesine AK katkıda bulunmuştur. YS laboratuvar analizlerini gerçekleştirmiştir. YS denemeyi yürütmüş, YS ve AK makaleyi yazmıştır.

KAYNAKLAR

Abaş İ, Özpınar H, Kutay HC, Kahraman R, Eseceli H., 2005. Determination of the metabolizable energy (ME) and net energy lactation (NE_L) contents of some feeds in the Marmara Region by *in vitro* gas technique. Turk J. Vet. Anim. Sci., 29: 751-757.

AOAC, 1990. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th.edition Washington, DC. USA.

Atalay AI, Kamalak A., 2021. Iğdır ili hayvancılığında kullanılan bazı kaba ve kesif yem kaynaklarının besin madde kompozisyonları, metabolik enerji, organik madde sindirim derecesi ve *in vitro* gaz üretim kapasitelerinin belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(4): 3300-3307.

Blümmel M, Ørskov ER., 1993. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradabilities of roughages in predicting food intake of cattle. Anim. Feed Sci. and Technol., 40: 109-119.

Bonsi MLK, Osuji PO, Tuah AK., 1995. Effect of supplementing teff straw with different levels of leucaena or sesbania leaves on the degradabilities of teff straw, sesbania, leucaena, tagasaste and vernonia and on certain rumen and blood metabolites in ethiopian menz sheep. Anim. Feed Sci. Thec., 52: 101-129.

Canbolat Ö., 2012. Bazı Buğdaygil kaba yemlerinin in vitro gaz üretimi, sindirilebilir organik madde nispi yem değeri ve metabolik enerji içeriklerinin karşılaştırılması. Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg., 18(4): 571-577.

Çaçan E, Aydın A, Başbağ M., 2015. Bingöl Üniversitesi yerleşkesinde yer alan bazı buğdaygil yem bitkilerine ait kalite özelliklerinin belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2(2): 214-219.

Çilo Ş, Kaya H., 2025. Elma posasına farklı oranlarda fiğ tohumu ilavesinin silaj kalitesi, yem değeri ve rumen fermentasyon parametreleri üzerine etkisi. Memba Su Bilimleri Dergisi, 11(1): 50-61 <https://doi.org/10.58626/memba.1667351>.

Duncan DB., 1955. Multiple range and multiple F Tests. Biometrics, 11(1): 1-42.

Gürsoy E., 2013. Erzurum ili meralarında doğal olarak yetişen bazı baklagil ve buğdaygil kaba yem bitkilerinin kimyasal bileşimleri, nispi yem değerleri ve in vitro gaz üretim değerlerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Erzurum.

Gürsoy E, Macit M., 2017. Erzurum ili çayır ve meralarında doğal olarak yetişen bazı buğdaygil yem bitkilerinin nispi yem değerleri bakımından karşılaştırılması. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 27(3): 309-317.

Hanoğlu Oral H., 2022. Status of roughage production and sufficiency in Muş province. J. Anim. Prod., 63 (2): 152-161 <https://doi.org/10.29185/hayuretim.900005>

Işık Y, Kaya A., 2020. Determination of feed values of different physical processed common vetch seed (vicia sativa) by in vitro gas production technique. Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology, 8(12): 2528-2532.

Kamalak A., 2005. Bazı kaba yemlerin gaz üretim parametreleri ve metabolik enerji içerikleri bakımından karşılaştırılması. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2): 116-120.

Karadağ Y, Çına, S, Taşyürek T, Gökarp S, Özkurt M, 2016. Tokat-Kazova ekolojik koşullarında bazı çok yıllık yem bitkilerinin verim ve kalitelerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(Özel sayı-2): 206-212.

Kaya Ş., 2008. Kaba yemlerin değerlendirilmesinde göreceli yem değeri ve göreceli kaba yem kalite indeksi. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 1(1): 59-64.

Kılıç Ü., 2005. Ruminant Beslemede Kullanılan Bazı Yem Hammaddelerinin in vitro Gaz Üretim Tekniği Kullanılarak Bazı Fermentasyon Ürünlerinin ve Enerji İçeriklerinin Belirlenmesi. Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Kılıç Ü, Sarıççek BZ., 2006. *In vitro* gaz üretim tekniğinde sonuçları etkileyen faktörler. Hayvansal Üretim, 47(2): 54-61.

Kurt Ö, Kamalak A, Atalay Aİ, Kaya E, Nida Kurt A., 2022. Ruminant beslemede kullanılan bazı kaba ve kesif yemlerin *in vitro* gaz üretimlerinin belirlenmesi. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 9(2): 406-412. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1076090>.

Laibi A, Senou M, Sagbo E, Dahouda M, Ahyi V, Tchangbedji G., 2015. The use of clay asa methane emission mitigating feed additive in Djallonké Rams. Journal of Environmental Protection, 6: 1176-1185.

McDougall EI., 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. Biochemical journal, 43(1): 99-109.

Menke KH, Raab LL, Salewski A, Steingass H, Fritz Schneider W., 1979. The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liqueur *in vitro*. Journal of Agricultural Science, 93: 217-222.

Menke KH, Steingass H, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Anim. Res. Devel., 28: 7-55.

NRC, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Rev. Ed. National Academic Sci., Washington, DC.

Ørskov ER, McDonald I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. The Journal of Agricultural Science, 92(2), 499-503.

SPSS 2013. IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. Armonk, NY.

Tan M, Severoğlu S, Yazıcı A., 2019. Çayır ve meralarda yetişen bazı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin besleme değerlerinin belirlenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 9(3): 1776-1784.

Van Soest PJ, Robertson JD, Lewis BA., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583-3597.

Van Soest PJ, 1994. Nutritional Ecology of Ruminants. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, London.