

Süt Sığırı Rasyonlarında Farklı Oranlarda Kullanılan Kaba ve Kesif Yemlerin In Vitro Gaz Üretim Parametreleri Üzerine Etkisi

Kadir ERTEN¹, Levend COŞKUNTUNA^{1*}, Sevilay GÜL², Fisun KOÇ¹

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Tekirdağ

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Tekirdağ

*Sorumlu Yazar: lcoskuntuna@nku.edu.tr

Geliş Tarihi: 29.08.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 24.10.2023 Kabul Tarihi: 24.10.2023

ÖZ

Bu araştırma kaba ve kesif yem oranları farklı rasyonların *in vitro* gaz üretim parametrelerini karşılaştırmak üzere planlanmıştır. Bu amaçla üç farklı rasyon grubu oluşturulmuştur. Denemenin birinci grubu % 70 kaba % 30 kesif yem (R1), ikinci grubu % 50 kaba % 50 kesif yem (R2) ve üçüncü grubu da % 30 kaba % 70 kesif yemden (R3) oluşturulmuştur. Oluşturulan üç farklı rasyon gruplarında yapılan analizler sonucunda, kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL), rumen protozoa sayısı, rumen pH değeri, *in vitro* gaz üretimi (GÜ), metan üretim (CH₄), karbon dioksit üretimi (CO₂), amonyak üretimi (NH₃) ve hidrojen sülfür (H₂S) üretim miktarları belirlenmiştir. Elde edilen *in vitro* gaz üretim miktarları ile organik madde sindirilebilirliği (OMS), metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NE_L) değerleri hesaplanmıştır. İnkübasyon süresince en yüksek GÜ miktarı R3 grubunda bulunurken, en düşük GÜ miktarı R1 grubunda tespit edilmiştir. R1, R2 ve R3 gruplarının CH₄ miktarları sırasıyla, 7.64, 6.89 ve 17.42 ml olarak saptanmış olup gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P < 0.01). Rasyonda kesif yem miktarının arttırılmasıyla rumen pH seviyesinde düşme saptanmıştır. Çalışmanın sonunda yapılan ekonomik analize göre, yıllık toplam maliyeti 1000 başlık bir hayvancılık işletmesinin, yıllık toplam yem maliyetinin 73.11 - 75.85 milyon TL arasında değiştiği hesaplanmıştır. Sonuç olarak, süt sığırlarının beslenmesinde kullanılan rasyonlarında farklı oranlarda kaba ve kesif yem kullanımının *in vitro* gaz üretiminde farklılıklar oluşturduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Rasyon, kaba yem, kesif yem, *in vitro* Gaz üretimi, metan

The Effect of Different Ratios of Forage and Concentrate Feed Used in Dairy Cattle Rations on In Vitro Gas Production Parameters

ABSTRACT

This study was planned to compare diets' *in vitro* gas production parameters with different roughage and concentrate ratios. For this purpose, three different ration groups were formed. The first group of the experiment consisted of 70% roughage and 30% concentrate feed (R1), the second group consisted of 50% roughage and 50% concentrate feed (R2) and the third group consisted of 30% roughage and 70% concentrate feed (R3). As a result of the analyses performed in the three different ration groups, dry matter (DM), crude ash (Ash), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), rumen protozoa number, rumen pH value, *in vitro* gas production (GP), methane production (CH₄), carbon dioxide production (CO₂), ammonia production (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S) production amounts were determined. Organic matter digestibility (OMD), metabolic energy (ME), and net energy lactation (NE_L) values were calculated with the *in vitro* gas production amounts obtained. During the incubation period, the highest amount of GP was found in the R3 group, while the lowest amount of GP was

found in the R1 group. The CH₄ amounts of R1, R2, and R3 groups were 7.64, 6.89, and 17.4.2 ml, respectively, and the differences between the groups were found to be statistically significant (P < 0.01). A decrease in rumen pH level was found by increasing the amount of concentrate feed in the ration. According to the economic analysis made at the end of the study, it was calculated that the annual total feed cost of a 1000-head livestock enterprise varies between 73.11 and 75.85 million TL. As a result, it was determined that the use of different ratios of roughage and concentrate feed in diets used in dairy cattle feeding caused differences in in vitro gas production.

Key words: Ration, roughage, concentrate feed, *in vitro* gas production, methane

GİRİŞ

Hayvancılık, tarım sektörünün ayrılmaz bir parçasıdır ve ülke ekonomisi için de önemli bir paya sahiptir. Bununla birlikte, hayvan beslemede yetersiz hammadde günümüzde, tarım ülkelerinin en büyük küresel sorunlarından biridir. Ekonomik hayvancılık için, mevcut yem kaynaklarının etkin kullanımı çok önemlidir. Hayvancılık işletmelerinde uygulanan yemleme programlarının temel amacı, hayvanların besin madde gereksinmesini dengeli bir şekilde karşılamaktır (Parlar ve Koç, 2020). Hayvansal üretim miktarındaki azalmanın iki nedeni vardır. Birincisi yemleme uygulamasının düzensizliği ikincisi ise beslemede kullanılan yemlerin yetersizliğidir (Yasir ve ark., 2009). Günümüz ve gelecekteki süt talebini karşılamak için yem kaynaklarının uygun şekilde kullanılması sağlanarak üretim verimliliğini arttırmak gerekmektedir. Bununla birlikte ruminant hayvanların çevre üzerindeki olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Özellikle de sera gazı emisyonlarının önemli bir kısmının sorumlularıdır (Knapp ve ark., 2014). Rasyon, hayvanların günlük yaşam paylarını ve verim paylarını karşılamak için aldıkları yem hammaddelerinin bir kombinasyonudur. Hayvanın, günlük verim ve yaşama payı ihtiyaçlarını karşılamak için yem hammaddelerinin uygun bir şekilde karıştırılması gerekir. Bu, çok karmaşık ve kapsamlı bir iştir. Rasyonun nem içeriğindeki küçük bir değişiklik bile besin maddelerinin azalmasına neden olabilir (Coşkuntuna ve ark., 2022). Rasyon hazırlamanın öncelikli amacı, hayvanın günlük ihtiyaç duyduğu besin maddelerini dengeli ve ekonomik olarak karşılanmasıdır (Saxena, 2011). Tek mideli hayvanların sindirimi, fizyolojisi ve metabolizması, ruminant hayvanlarınkinden farklıdır. Bu farklılığın en belirgin özelliği, ruminantların hem insan hem de tek mideli hayvanlar tarafından sindirilmesi zor ya da sindirilemeyen yüksek selüloz içeriğine sahip maddeleri tüketebilmeleridir. Bu nedenle, ruminant hayvanlar için çok çeşitli yem seçenekleri mevcuttur. Bunun sonucu olarak, daha fazla rasyon değişikliği yapılabilir ve daha ekonomik rasyonlar oluşturulur (Parlar ve Koç, 2020). Hayvansal üretimdeki toplam maliyetin % 60-70'ini yem maliyetleri oluşturmaktadır. Rasyonda, özellikle kesif yemin pahalı olması nedeniyle daha yüksek maliyet oluşturmaktadır. Hayvanın yem masraflarını azaltmak için hayvanın ihtiyaç duyduğu besin maddelerini değiştirmeden rasyon içerisinde bazı değişiklikler yapılabilir. Bu rasyon değişiklikleri hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemlidir (Mekuriaw ve ark., 2020; Parlar ve Koç, 2020).

Bu çalışmada, rasyondaki kaba ve kesif yem oranlarındaki değişikliklerin *in vitro* gaz üretim parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca oluşturulan rasyon gruplarına göre bir süt sığırları işletmesinin yıllık yem masrafları ve toplam giderleri hesaplanarak, ekonomik olarak analiz edilmesi de amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırmada rasyonları oluşturulmak üzere kullanılan yem hammaddeleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Araştırma ve Uygulama Çiftliğinden temin edilmiştir.

Rasyonların Hazırlanması

Çalışmada, rasyonların hazırlanmasında kullanılan yem hammaddelerinin içerikleri (%) ve besin değerlerine (%KM) ilişkin değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Bu çalışmada, kaba yem ve kesif yem oranları değiştirilmiş izonitrojenik üç farklı rasyon oluşturulmuştur. Rasyonlardaki besin madde gereksinimlerinin belirlenmesinde, süt sığırlarının yıllık verim ortalaması alınmıştır. Rasyonlar, yıl bazında ortalama 600 kg ağırlığında, 11.000 laktasyon/kg süt veren ve % 3.5 süt yağına sahip 52 aylık süt sığırının besin madde ihtiyacına göre hazırlanmıştır.

R1= %70 kaba yem / %30 kesif yem

R2= %50 kaba yem / %50 kesif yem

R3= %30 kaba yem / %70 kesif yem

Yemlerin hücre duvarı bileşenlerinin (NDF (1), ADF (2) ve ADL (3)) verileri kullanılarak metabolik enerji (ME) değerleri aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} ME_{NDF}, \text{ kcal/kg KM} &= 3381.9 - 19.98 \times \text{NDF} && (\text{Kirchgesner ve ark. 1977}) && (1) \\ ME_{ADF}, \text{ MJ/kg KM} &= 14.70 - 0.150 \times \text{ADF} && (\text{Kirchgesner ve Kellner 1981}) && (2) \\ ME_{ADL}, \text{ kcal/kg KM} &= 2764.4 - 102.73 \times \text{ADL} && (\text{Kirchgesner ve ark. 1977}) && (3) \end{aligned}$$

Çizelge 1. Rasyonları oluşturan hammaddeler ve besin madde değerleri (%KM).

Yem Hammaddeleri	R1	R2	R3
Mısır Silajı	24,00	24,00	18,58
Yonca	5,05	3,00	2,00
Buğday Samanı	4,10	1,80	0,10
Mısır	1,70	5,50	9,00
Arpa	0,50	1,20	3,00
SFK	3,10	3,50	3,70
ATK	0,27	0,40	0,50
KK	0,17	0,25	0,40
Buğday kepeği	0,40	0,60	0,90
Pirinç Kepeği	0,50	0,60	0,70
Mısır DDGS	0,63	0,70	0,75
Melas	0,17	0,50	1,20
Bira mayası	0,03	0,03	0,03
Mermer tozu	0,13	0,13	0,13
Tuz	0,02	0,02	0,02
Vit-Min. Mix.	0,01	0,01	0,01
Toplam	40,78	42,24	41,02
Kaba/Kesif	70/30	50/50	30/70
KM	54,76	55,17	61,19
OM	85,98	85,69	85,12
HK	5,50	5,19	4,70
HP	15,97	16,03	16,03
HY	3,40	3,55	3,81
NDF	41,90	33,42	25,70
ADF	26,51	19,96	14,34
ADL	4,67	4,18	3,57
ME _{NDF}	10,65	11,34	12,01
ME _{ADF}	10,72	11,71	12,55
ME _{ADL}	9,56	9,78	10,04

SFK: Soya fasülyesi küspesi, ATK: Ayçiçeği tohum küspesi, KK: Kanola küspesi, KM: Kuru madde, OM: Organik madde, HP: Ham protein, HK: Ham kül, HY: Ham yağ, NDF: Nötral deterjanda çözünmeyen lif, ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif, ADL: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, ME: Metabolik enerji (MJ/kg, KM).

Kimyasal Analizler

Analizlerde kullanılacak olan yemler 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüştür ve 3 tekerrürlü olarak analizlerde kullanılmıştır. Yemlerin kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP) ve ham yağ (HY)

analizleri AOAC (2005)'da bildirilen yöntemle göre yapılmıştır. Hücre duvarı bileşenlerini oluşturan nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL) içerikleri Van Soest ve ark. (1991) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlendi.

In Vitro Gaz Üretim Parametrelerinin Belirlenmesi

Rasyonların *in vitro* gaz üretim (GÜ) değerlerinin belirlenmesinde Menke ve ark. (1979) tarafından bildirilen Gaz Üretim Tekniği kullanılmıştır. Rumen sıvısı, kesimhanede kesilen rumen oluşumunu tamamlamış 3 yaşındaki Holstein ırkı sığırdan alınarak, termos içinde sıcaklığı 38-40 °C arasında sabit tutmuş ve hızlı bir şekilde laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen rumen sıvısını yem partiküllerinden arındırmak için karbondioksit gazı eşliğinde süzölmüştür. Yöntemde belirtildiği üzere içerisine 200 mg yem örneği konmuş 100 ml hacimli cam enjektörlere CO₂ eşliğinde 30 ml rumen sıvısı ½ oranında da tampon çözeltisinden eklenmiştir. Cam enjektörler 39 °C'de inkübasyon dolabında bekletilmiş, 3, 6, 12, 24, 48, 72 ve 96. saatlerdeki oluşan gaz değerleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler sonucunda *in vitro* organik madde sindirimi (OMS) (4), metabolik enerji (ME) (5) ve net enerji laktasyon (NEL) (6) değerleri hesaplanmıştır. Inkübasyonun 24. saatinde oluşan gaz enjektör yardımı ile alınarak, MX6 İBRİD Multi-Gaz dedektörü ile metan (CH₄), karbon dioksit (CO₂), amonyak (NH₃) ve hidrojen sülfür (H₂S) gazlarının değerleri ölçülmüştür. Rumen sıvısının pH değeri, dijital pH metre cihazı (WTW Inolab pH 730) ile inkübasyonun 96. saatinde ölçülmüştür.

$$OMS = 14.88 + 0.889 * GÜ + 0.45 * HP + 0.0651 * HK \quad (4)$$

$$ME = 2.2 + 0.136 * GÜ + 0.0057 * HP + 0.00029 * HY^2 \quad (5)$$

$$NE_L = 0.1149 * GÜ + 0.0054 * HP + 0.0139 * HY - 0.0054 * HK - 0.36 \quad (6)$$

GÜ: 24 saatte üretilen gaz üretim miktarı (ml/200 mg); HP: Yem örneklerindeki ham protein (%KM); HY: Yem örneklerindeki ham yağ (%KM); HK: Yem örneklerindeki ham kül içeriği (%KM). ME; metabolik enerji (MJ/kg, KM), NEL; net enerji laktasyon (MJ/kg, KM), OMS; *in vitro* organik madde sindirimi (%).

Protozoa Sayımı

Protozoa sayısı için inkübasyonun başlangıcında ve 96. saatinde alınan 1 ml rumen sıvısı 9 ml protozoa formaldehit çözeltisiyle (0,6 g metil yeşili, 8 g NaCl, 100 ml % 37' lik formaldehit 1 litrelik balon jöjeye koyularak, üzeri 1000 ml çizgisine kadar distile su ile tamamlanır) karıştırılmıştır. Işık mikroskobu kullanılarak, Thoma lamında (derinlik: 0,100 mm, küçük kare alanı: 0,0025 mm²) bir büyük kareye (16 tane orta büyüklükte kare) düşen protozoa sayısı belirlenmiştir. Bulunan sayı, aşağıda verilen formülde (7) yerine koyularak, 1 ml rumen sıvısındaki protozoa sayısı hesaplanmıştır (Harmeyer, 1965).

$$P.S = \frac{P \times S.O \times B.H}{A} \times 1000$$

P.S: 1 ml rumen sıvısındaki protozoon sayısı

P: Bulunan protozoa sayısı

S.O: Sulandırma oranı (1/10)

B.H: Birim hacim (En küçük birimin hacmi, 1/4000 mm³)

A: Protozoo sayımının gerçekleştirildiği alan (256 küçük kare)

İstatistiksel Analizler

Çalışma sonunda elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 22 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde ve gruplar arası farklılığın belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi, grup etkilerinin karşılaştırmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Parametreler arasındaki ilişkiyi incelemek için Pearson Correlation analiz testi uygulanmıştır (Genç ve Soysal, 2018).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Besin Madde Parametreleri

Rasyonları oluşturan yemlerin besin madde içeriklerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Rasyonları oluşturan yemler arasında en yüksek HP değeri soya fasulyesi küspesinde (45.00 %KM) bulunurken, en düşük HP değeri buğday samanında (4.80 %KM) tespit edilmiştir. Yemlerin HY değerleri 0.20-16.28 %KM arasında değişmiştir. En yüksek HY değeri pirinç kepeğinde bulunurken, en düşük HY değeri melasta tespit

edilmiştir. En yüksek NDF, ADF ve ADL değerleri buğday samanında sırasıyla, 73,00, 49,40, 8,80 olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, rasyonun kesif yem oranının artması ile NDF, ADF ve ADL miktarının azaldığı belirlenmiştir (Nagadi, 2019; Phesatcha ve ark., 2022).

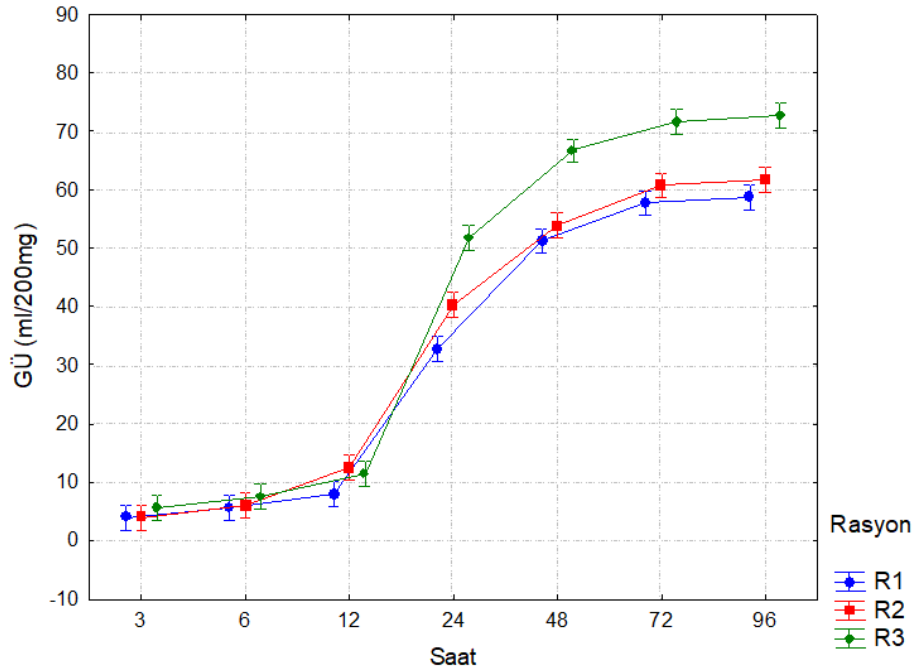
Çizelge 2. Rasyonları oluşturan yemlerin besin madde değerleri (%KM).

Yem	KM	OM	HK	HP	HY	NDF	ADF	ADL	ME _{NDF}	ME _{ADF}	ME _{ADL}
Mısır Silajı	30,33	87,77	5,23	10,76	3,93	43,59	26,76	4,27	10,51	10,69	9,74
Yonca	90,13	84,04	6,09	17,13	2,13	36,64	32,22	7,37	11,06	9,87	8,40
Buğday Samanı	92,70	85,10	7,60	4,80	1,60	73,00	49,40	8,80	8,05	7,29	7,79
Mısır	84,00	83,19	0,81	7,00	3,26	9,50	3,40	0,90	13,37	14,19	11,19
Arpa	91,00	88,10	2,90	12,40	2,20	20,80	7,20	1,90	12,42	13,62	10,76
SFK	88,50	82,55	5,95	45,00	1,17	20,00	15,00	1,20	12,49	12,45	11,06
ATK	88,00	80,70	7,30	30,14	1,50	36,00	26,00	8,50	11,15	10,80	7,92
KK	87,95	82,03	5,92	34,00	1,65	29,80	20,50	8,70	11,67	11,63	7,86
Buğday kepeği	87,50	83,22	4,28	14,75	3,44	40,80	15,71	3,00	10,75	12,34	10,28
Pirinç Kepeği	89,79	81,19	8,60	14,84	16,28	20,29	10,87	4,60	12,46	13,07	9,60
Mısır DDGS	89,78	84,78	5,00	28,74	6,28	38,80	19,70	4,30	10,91	11,75	9,73
Melas	77,90	66,50	11,40	8,50	0,20	0,10	0,10	0,00	14,15	14,69	11,57
Bira mayası	94,00	87,00	7,00	48,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mermer tozu	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tuz	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vit-Min. Mix.	100,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

SFK: Soya fasulyesi küspesi, ATK: Ayçiçeği tohum küspesi, KK: Kanola küspesi, KM: Kuru madde, OM: Organik madde, HP: Ham protein, HK: Ham kül, HY: Ham yağ, NDF: Nötral deterjanda çözünmeyen lif, ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif, ADL: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, ME: Metabolik enerji (MJ/kg, KM).

In Vitro Gaz Üretim Parametreleri

Rasyonların *in vitro* gaz üretim parametrelerine (GÜP) ilişkin analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 1. Rasyonların 96 saatlik inkübasyon süresince *in vitro* gaz üretim değerleri (ml/200mg).

Inkübasyon süresince en yüksek GÜ miktarı R3 grubunda bulunurken, en düşük GÜ miktarı R1 grubunda tespit edilmiştir (Şekil 1). 96 saatlik inkübasyon sonunda R1, R2 ve R3 rasyonların GÜ miktarları sırasıyla 58,83,

61.78 ve 72.72 ml/200 mg olarak tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Yapılan çalışmalarda, rasyonun kesif yem oranının artırılması ile GÜ miktarının da arttığı belirlenmiştir (Nagadi, 2019). Rasyonların GÜ miktarına bağlı olarak OMS, ME ve NE_L değerleri de benzerlik göstermiştir. En yüksek değerler R3 rasyonunda bulunurken, en düşük değerler R1 rasyonunda tespit edilmiştir ($P < 0.01$). Rasyonda dane ve küspe yemlerin miktarlarının artırılmasıyla rasyon kesif yem oranları arttırılmıştır. Kesif yem oranının artışıyla birlikte rasyon OMS, ME ve NE_L içerikleri de artmıştır. Dane ve küspelerin OMS değerlerinin kaba yemlere göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Gül ve Öğretmen, 2019; Erten ve ark., 2023a). Yapılan benzer bir çalışmada, rasyonda kesif yem oranının arttırılmasının ME değerinde artış sağladığı bildirilmektedir (Saini ve ark., 2012).

Çizelge 3. Rasyonların *in vitro* gaz üretim parametreleri.

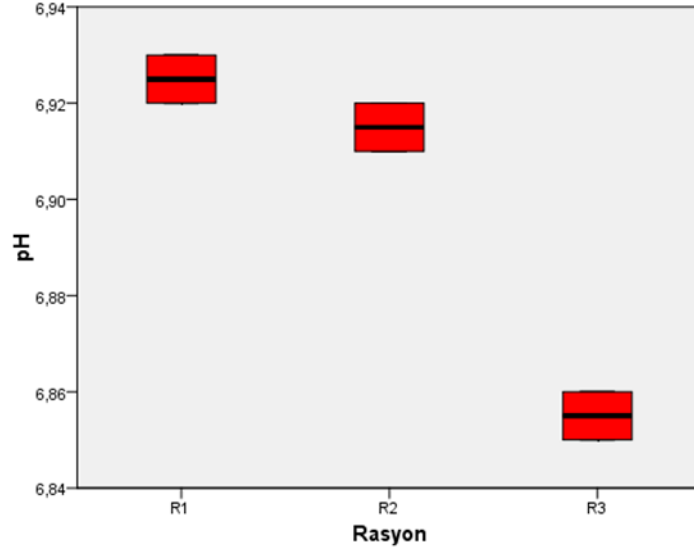
GÜP	Rasyon			OSH	P
	R1	R2	R3		
GÜ ₃	4,00 b	4,00 b	5,50 a	0,340	*
GÜ ₆	5,50 b	6,00 a	7,50 a	0,420	*
GÜ ₁₂	8,00	12,50	11,50	1,020	ÖD
GÜ ₂₄	32,82 b	40,28 b	51,72 a	3,560	**
GÜ ₄₈	51,32 b	53,78 b	66,72 a	3,050	**
GÜ ₇₂	57,83 b	60,78 b	71,72 a	1,291	**
GÜ ₉₆	58,83 b	61,78 b	72,72 a	1,291	*
OMS	51,61 b	58,24 b	68,38 a	3,160	**
ME	6,76 b	7,77 b	9,33 a	0,480	**
NE _L	3,52 b	4,37 b	5,70 a	0,410	**
CH ₄	7,64 b	6,89 c	17,42 a	2,150	***
CO ₂	20,18 b	28,40 a	29,75 a	2,060	*
NH ₃	0,36 b	0,27 c	0,74 a	0,092	***
H ₂ S	1,76 b	1,29 c	2,84 a	0,293	**
pH ₀	7,45	7,45	7,45		
pH ₉₆	6,93 a	6,92 a	6,86 b	0,01	**
Protozoa ₀	6,25	6,25	6,25		
Protozoa ₉₆	3,28 a	4,53 a	2,03 c	0,462	**

^{a-c}: Aynı satırdaki farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. GÜP: Gaz üretim parametreleri, GÜ: *In vitro* gaz üretimi (ml/200 mg), OMS; *in vitro* organik madde sindirimi (%), ME; metabolik enerji (MJ/kg, KM), NE_L; net enerji laktasyon (MJ/kg, KM), CH₄: Metan (ml), CO₂: Karbondioksit (ml), NH₃: Amonyak (mg/ml), H₂S: Hidrojen sülfür (mg/ml), Protozoa: x 10⁵, OSH: Ortalamaların standart hatası, ÖD: Önemli değil.

İnkübasyonun 24. saatinde ölçülen CH₄ miktarı 6.89 – 17.42 ml arasında değişmiştir. En yüksek CH₄ miktarı R3 grubunda görülürken, en düşük CH₄ miktarı R2 grubunda tespit edilmiştir ($P < 0.01$). R3 grubunda enerji değeri yüksek mısır ve arpa dane yemleri ile protein değeri yüksek küspelerin miktarındaki artış CH₄ miktarını arttırmıştır. Dane ve küspelerin yemlerin, kaba yemlere göre rumende daha fazla CH₄ oluşumu sağladığı bildirilmiştir (Erten ve ark., 2023a). Yapılan benzer bir çalışmada, rasyonun kesif yem oranının artması CH₄ miktarının artışı sağlamıştır (Aguerre ve ark., 2011). Rasyonların NH₃ ve H₂S miktarları en yüksek R3 grubunda görülürken (0.74 ve 2.84 mg/ml), en düşük R2 grubunda (0.27 ve 1.29 mg/ml) tespit edilmiştir. Rumende besin madde parçalanması ile CO₂ ve H₂ açığa çıkmaktadır. Metanojenik arkealar H₂'yi enerji olarak kullanıp, CH₄ oluşumunu sağlarken, H iyonları ortamdaki S iyonları ile birleşerek H₂S gazı meydana gelir. Diğer yandan proteinlerin parçalanması ile birlikte, rumende NH₃ miktarı da artmaktadır (Beauchemin ve ark., 2020; Erten ve ark., 2023b). İnkübasyonun 24. saatinde ölçülen CO₂ miktarı 20.18 – 29.75 ml arasında değişmiştir. En yüksek CO₂ miktarı R3 grubunda görülürken, en düşük CO₂ miktarı R1 grubunda tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Melas kolay parçalanabilir karbonhidrat miktarı yüksek olan bir üründür (İpçak ve ark., 2011). Kesif yem miktarının artması ile birlikte melas miktarı da artırılmıştır. Bu durum melasın kolay parçalanıp ortama CO₂ saldırdığını göstermektedir. Rumen ortamında, mikroorganizmaların yardımı ile besin parçalanmaları sonucunda ortamda uçucu yağ asitleri (UYA) meydana gelir. Bu UYA bileşenleri rumen sıvısının pH değerini düşürerek, ortamın asitliğini artırır (Erten ve ark., 2023a). Yapılan benzer bir çalışmada, rasyonun kesif yem oranının

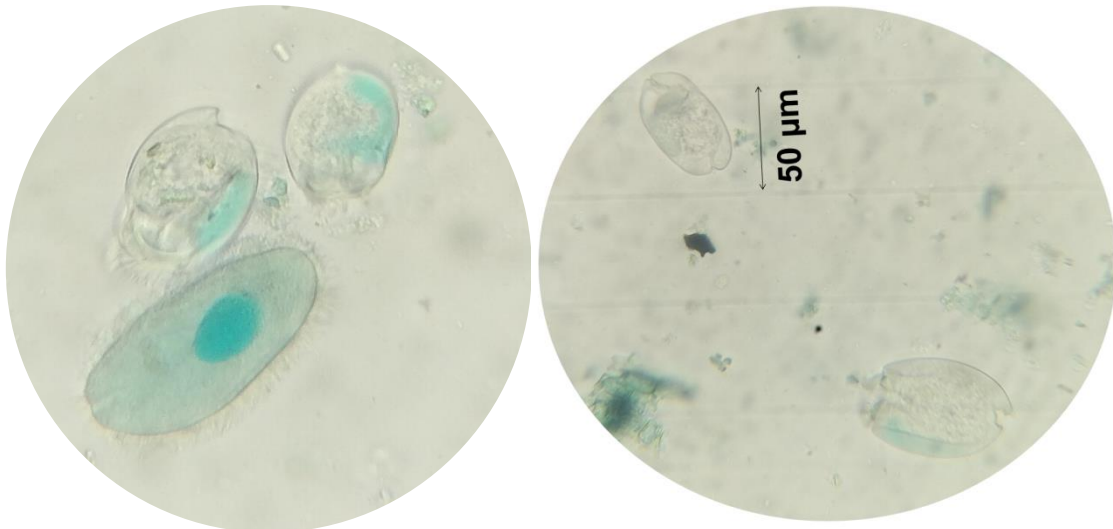
artması CO₂ miktarının artışı sağlamıştır (Aguerre ve ark., 2011). İnkübasyonun başlangıcında 7.45 olan pH değeri inkübasyonun 96. Saatinde 6.86 – 6.93 arasında değişmiştir (Şekil 2). En yüksek pH değeri R1 grubunda görülürken, en düşük pH değeri R3 grubunda tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P < 0.01). Yapılan çalışmalarda, rasyonun kesif yem oranının artması ile rumen pH değerinin arttığı belirlenmiştir (Saini ve ark., 2012; Nagadi, 2019; Phesatcha ve ark., 2022). İnkübasyonun başlangıcında 7.45 olan pH değeri inkübasyonun 96. Saatinde 6.86 – 6.93 arasında değişmiştir (Şekil 2).

En yüksek pH değeri R1 grubunda görülürken, en düşük pH değeri R3 grubunda tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P < 0.01).



Şekil 2. İnkübasyonun 96. saatinde elde edilen rumen sıvılarının pH değerleri.

Yapılan çalışmalarda, rasyonun kesif yem oranının artması ile rumen pH değerinin arttığı belirlenmiştir (Saini ve ark., 2012; Nagadi, 2019; Phesatcha ve ark., 2022). Rumen sıvısının, başlangıçtaki protozoa miktarı 6.25×10^5 olarak belirlenmiştir (Şekil 3). İnkübasyon sonunda protozoa sayıları $2.03 - 4.53 \times 10^5$ olarak tespit edilmiştir. pH değerindeki düşüğe bağlı olarak protozoa sayısı düşmüştür. Protozoalar asitliğe karşı hassas olan mikroorganizmalardır. Rumen mikroflorası içinde oldukça hassas olan protozoalar pH 5,5'in altında yaşayamazlar (Krause ve Oetzel, 2006). Asit ortamda laktik asidi fermente eden bakteriler ve protozoaların gelişiminin baskılanması, buna karşın aside dayanıklı laktik asit üreten bakterilerin gelişiminin uyarılmasının bir sonucu olarak görülmektedir (Öztürk ve Pişkin, 2009).



Şekil 3. Işık mikroskobunda görüntülenen rumen protozoaları (x40).

Korelasyon Analizi

Rasyonların *in vitro* gaz üretim değerlerine ilişkin korelasyon parametreleri çizelge 4'te verilmiştir.

Rasyonda kesif yem oranı arttıkça GÜ, OMS, CH₄ ve CO₂ miktarı da artmıştır. Kolay çözünebilir karbonhidrat kaynaklarının GÜ ve OMS değerlerini artırdığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Özdüven ve ark., 2005; Canbolat ve ark., 2010; Gül ve ark., 2019; Erten ve ark., 2023a; Gül, 2023). Fakat, rasyondaki kesif yemin artışı rumen sıvısının pH değerini düşürmüştür. Sindirilebilirliği yüksek olan yemlerin rumen pH değerini düşürdüğü belirlenmiştir. pH değerleri CH₄, NH₃ ve H₂S ile negatif korelasyon göstermiştir. Yem parçalanmaları ile oluşan H⁺ iyonları CH₄, NH₃ ve H₂S gazlarının oluşumunu sağlamıştır. Yem parçalanmaları ile oluşan uçucu yağ asitleri (UYA) rumen sıvısının pH değerini düşürmüştür. Bu durum protozoa sayılarının da düşmesine neden olmuştur. Rumen ortamında CH₄ üretiminin artmasına bağlı olarak NH₃ ve H₂S miktarı da artmıştır. Çalışmaya ait bulgular (CH₄, NH₃ ve H₂S) Erten ve ark., (2023b)'nin bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4. Rasyonların *in vitro* gaz üretim değerlerine ilişkin korelasyon parametreleri.

Korelasyon Matrix	R	GÜ	OMS	pH	Protozoa	CH ₄	CO ₂	NH ₃	H ₂ S	
R	Pearson's r	—								
	P	—								
GÜ	Pearson's r	0.968**	—							
	P	0.001	—							
OMS	Pearson's r	0.968**	1000***	—						
	P	0.001	<.001	—						
pH	Pearson's r	-0.913*	-0.905*	-0.905*	—					
	P	0.011	0.013	0.013	—					
Protozoa	Pearson's r	-0.494	-0.558	-0.557	0.797	—				
	P	0.319	0.250	0.251	0.057	—				
CH ₄	Pearson's r	0.832*	0.867*	0.866*	-0.970**	-0.888*	—			
	P	0.040	0.025	0.026	0.001	0.018	—			
CO ₂	Pearson's r	0.849*	0.866*	0.866*	-0.604	-0.082	0.503	—		
	P	0.033	0.026	0.026	0.204	0.877	0.309	—		
NH ₃	Pearson's r	0.760	0.806	0.805	-0.942**	-0.935**	0.993***	0.404	—	
	P	0.080	0.053	0.053	0.005	0.006	<.001	0.427	—	
H ₂ S	Pearson's r	0.674	0.734	0.734	-0.903*	-0.969**	0.966**	0.306	0.988***	—
	P	0.142	0.097	0.097	0.014	0.001	0.002	0.555	<.001	—

R: Rasyonda kesif yem oranı artışı, GÜ: *In vitro* gaz üretimi, OMS; *in vitro* organik madde sindirimi, CH₄: Metan, CO₂: Karbondioksit, NH₃: Amonyak, H₂S: Hidrojen sülfür

Rasyonların Maliyet Hesaplaması

Yem hammaddelerinin birim fiyatları ve oluşturulan rasyonların maliyet tablosu Çizelge 5'te verilmiştir.

Elde edilen rasyonlarda, birim fiyat bakımından en yüksek maliyet R3 grubunda görülmektedir. Bunun nedeni ise kesif yemi oluşturan yem hammaddelerinin güncel fiyatlarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Kesif yem miktarının artması maliyeti artırmıştır. En düşük maliyetli rasyon R1 grubu olmuştur. Rasyonun %70'ni kaba yem oluşturan 1000 başlı bir hayvancılık işletmesinde, yıllık yem gideri 66.97 milyon TL olarak belirlenmiştir. Rasyonda kesif yem miktarı arttıkça yem giderleri artmaktadır. Rasyonun %70'i kesif yem olduğunda, hayvan başına 95,30 TL fark oluşmaktadır. Bu durum işletmenin yıllık 29.07 milyon TL fark ödemesine neden olmaktadır. Süt sığırlarında doğum ile birlikte başlayan erken laktasyon yaklaşık 70 gün sürmektedir. Kondüsyon kaybı ve yüksek süt verimi, hayvan için daha fazla enerji ihtiyacı oluşturmaktadır. Bu yüzden erken laktasyonda rasyonun %60-70'ini kesif yem oluştururken, %30-40'ını kaba yemler oluşturmaktadır. Rasyonun ham protein (HP) değeri %18-20 aralığında olurken, ham selüloz (HS) değerinin % 16'nın altına inmesi istenmez. İkinci dönem olan orta laktasyon da yaklaşık 70 gün sürmektedir. Bu dönemde rasyonun kaba/kesif yem oranı %50/50 olmaktadır. Rasyonun HP değeri %16-18 aralığında olurken, HS değeri % 16-18 aralığında olmaktadır. Süt veriminin son dönemi olan geç laktasyon, kuru döneme kadar geçen süredir (165-175 gün). Bu dönemde rasyonun % 30-40'ını kesif yem oluştururken, % 60-70'ini kaba yemler oluşturmaktadır. Rasyonun HP değeri %14-16 aralığında olurken, HS değeri % 18-20'ye kadar çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, 1000 başlık hayvan mevcuduna sahip bir işletmenin erken laktasyondaki maliyeti 12.54

milyon TL, orta laktasyondaki maliyeti 15.28 milyon TL, geç laktasyondaki maliyeti ise 45.29 milyon TL olarak hesaplanmıştır. Hayvancılık işletmesinde giderlerin %60-70'lik kısmını yem giderleri oluşturduğuna göre, bu durumda, 1000 baş sağmal hayvan sayısına sahip süt sığırcılık işletmesinde, bir yıl içerisinde toplam 104.44 milyon TL gideri olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5. Hazırlanan rasyonların maliyet tablosu.

Yem Hammaddesi	Fiyat (Kg/TL)	R1	R2	R3
Mısır Silajı	2,40	57,60	57,60	44,59
Yonca	5,80	29,29	17,40	11,60
Buğday Samanı	1,36	5,58	2,45	0,14
Mısır	6,00	10,20	33,00	54,00
Arpa	5,50	2,75	6,60	16,50
SFK	13,70	42,47	47,95	50,69
ATK	4,80	1,30	1,92	2,40
KK	7,60	1,29	1,90	3,04
Buğday kepeği	4,50	1,80	2,70	4,05
Pirinç Kepeği	6,00	3,00	3,60	4,20
Mısır DDGS	8,50	5,36	5,95	6,38
Melas	56,67	9,63	28,33	68,00
Bira mayası	237,00	7,11	7,11	7,11
Mermer tozu	12,00	1,56	1,56	1,56
Tuz	0,95	0,02	0,02	0,02
Vit-Min. Mix.	20,00	0,20	0,20	0,20
x1		179,15	218,29	274,50
x1000		179.151,33	218.290,33	274.472,00
Yıllık		54.641.156,70	66.578.551,67	83.713.960,00

Anonim 2023: 24.03.2023 Türkiye güncel yem fiyatları, x 1: 1 hayvan için hesaplanan maliyet x 1000: 1000 hayvan için hesaplanan maliyet, ATK: Ayçiçeği tohum küspesi, KK: Kanola küspesi, SFK: Soya fasulyesi küspesi

SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımın ayrılmaz parçası olan hayvancılık ülke ekonomisi için önemli olmasının yanında, sera gazı emisyonu için tehlike oluşturan bir sektördür. Bu yüzden rasyon formülasyonuna dikkat edilmeli ve uygun maliyetli, yüksek verim sağlayan rasyonlar hazırlanmalıdır. Rasyonlar hazırlanırken hayvan sağlığına zarar vermeden ve verimi düşürmeden yapılacak küçük değişiklikler ile hem ekonomik hem de ekolojik katkılar sağlanabilir. Araştırmanın sonucunda elde edilen verilere göre, rasyonda kesif yem oranının artması, GÜ, OMS, ME, NE_L, CH₄, CO₂, NH₃ ve H₂S miktarlarını artırmıştır. Kolay çözünebilir karbonhidratların parçalanması sonucunda oluşan uçucu yağ asitleri, rumende pH değerini düşürmekle birlikte, protozoa sayısını da azaltmaktadır. Sonuç olarak, süt sığırlarının rasyonlarında farklı oranlarda kaba ve kesif yem kullanımının *in vitro* gaz üretimi değerlerinde değişikliklere neden olduğu saptanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.


Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Kadir ERTEN  <http://orcid.org/0000-0002-6307-1573>

Levend COŞKUNTUNA  <http://orcid.org/0000-0001-7137-4198>

Sevilay GÜL  <http://orcid.org/0000-0002-5695-1089>

Fisun KOÇ  <http://orcid.org/0000-0002-5978-9232>

KAYNAKLAR

- Aguerre, M. J., Wattiaux, M. A., Powell, J. M., Broderick, G. A., & Arndt, C. 2011. Effect of forage-to-concentrate ratio in dairy cow diets on emission of methane, carbon dioxide, and ammonia, lactation performance, and manure excretion. *Journal of dairy science*, 94(6), 3081-3093.
- Anonim., 2023. Günlük Yem Fiyatları. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB). https://borsa.tobb.org.tr/fiyat_urun_2.php?ana_kod=1.
- AOAC., 2005. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International. 18th edition. Arlington, V. A. Washington, DC, USA.
- Beauchemin, K. A., E. M. Ungerefeld, R. J. Eckard & M. Wang., 2020. Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. *Animal*, 14 (S1): s2-s16.
- Canbolat, Ö., Yıldırım, H. K., Karaman, Ş., & Filya, İ., 2010. Üzüm posasının yonca silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılma olanakları.
- Coskuntuna, L., Erten, K., & Koç, F., 2022. Toplam Rasyon Karışımının Silolanmasının Aerobik Stabilite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 933-942.
- Erten K, Coşkuntuna L, Koç F., 2023a. The Relationship Between The In Vitro Gas Production Parameters of Feed Nutrients. *Turkish journal of agricultural and natural science*, 10(3): 529-540, <https://doi.org/10.30910/turkjans.1225932>
- Erten, K., Coskuntuna, L., & Koç, F., 2023b. Toplam karışım rasyonuna bitki ekstraktları katkısının in vitro gaz üretim parametreleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 60(2), 317-329.
- Genç, S., Soysal, M.İ., 2018. Parametrik ve parametrik olmayan çoklu karşılaştırma testleri. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 1(1), 18-27. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bsengineering/issue/38497/448288>
- Gül, S., 2023. The impact of wheat bran and molasses addition to caramba mix silage on feed value and in vitro organic matter digestibility. *Journal of King Saud University-Science*, 35(1), 102400.
- Gül, S., Coskuntuna, L., Koç, F., & Özdüven, L., 2019. The effect of wheat bran added to canola silage on feed value and in vitro organic matter digestibility. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(5).
- Gül, S., Öğretmen, T., 2019. Hayvan beslemede kullanılan bazı yemlerin organik madde sindirilebilirliklerinin in vivo ve in vitro yöntemlerle belirlenmesi. *Doğu Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 91-105.
- Harmeyer, J., 1965. Zur methodical experimenteller untersuchungen an pansenprotozoan. *Zentralblatt for veterinary medicine Reihe A*, 12 (9), 841-880. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.1965.tb00360.x>
- İpçak, H.H., Selek, H.B., Kurtuluş, D., Koç, F., ve Özdüven, M. L., 2011. Pazar Atığı Sebze ve Meyvelerden Yapılan Silajlarda Fermantasyon Özellikleri ve Aerobik Stabilite Üzerine Etkileri. VII. Ulusal Zootekni Öğrenci Kongresi, 121.
- Kirchgessner M, Kellner RJ, Roth FX, Ranfft K. 1977. Zur schätzung des futterwertes mittels rohfaser und der zellwandfraktionen der detergentien-analyse. *Landwirtschaft Forschung*. 30:245-250.
- Kirchgessner M, Kellner RJ. 1981. Schätzung des energiegehaltes futterwerttest von grün-und rauhfutter durch die cellulase methode. *Landwirtschaft Forschung* 34 (4):276-281.
- Knapp, J.R., Laur, G.L., Vadas, P.A., Weiss, W.P., & Tricarico, J.M., 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of dairy science*, 97(6), 3231-3261.
- Krause, K. M., & Oetzel, G. R., 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal feed science and technology*, 126(3-4), 215-236.
- Mekuriaw, S., Tsunekawa, A., Ichinohe, T., Tegegne, F., Haregeweyn, N., Kobayashi, N., Tassew, A., Mekuriaw, Y., Walie, M., Tsubo, M., Okuro, T., Meshesha, D.T., Meseret, M., Sam, L., Fievez, V., 2020. Effect of feeding improved grass hays and eragrostis tef straw silage on milk yield, nitrogen utilization, and methane emission of lactating fogera dairy cows in ethiopia. *Animals*, 10(6): 1021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10061021>
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>
- Meriç, Ş., & Koç, F., 2021. Mısırdan Elde Edilmiş Kurutulmuş Damıtma Tane ve Çözünürlerin (DDGS) Bazı Kalite ve Risk Kriterleri Yönünden İncelenmesi. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi*, 4(1), 96-109.
- Nagadi, S. A., 2019. In vitro gas production, methane emission and rumen fermentation characteristics with increasing roughage to concentrate ratios. *Meteorol. Environ. Arid. Land Agric. Sci*, 28, 27-36.
- Özdüven, M. L., Coşkuntuna, L., & Koç, F., 2005. Üzüm Posası Silajının Fermantasyon Ve Yem Değeri Özelliklerinin Saptanması. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 45-50.

- Öztürk, H., & Pişkin, İ., 2009. Rumen asidozuna fizyopatolojik bakış. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 80(3), 3-6.
- Parlar, T., & Koç, F., 2020. Toplam rasyon karışımı kullanılan bir süt sığırı işletmesinin besleme açısından değerlendirilmesi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 3(1), 24-32.
- Phesatcha, K., Phesatcha, B., Wanapat, M., & Cherdthong, A., 2022. The effect of yeast and roughage concentrate ratio on ruminal pH and protozoal population in Thai native beef cattle. *Animals*, 12(1), 53.
- Saini, J. K., Hundal, J. S., Wadhwa, M., & Bakshi, M. P. S., 2012. Effect of roughage to concentrate ratio in the diet on the rumen environment and nutrient utilization in goat and sheep. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 29(4), 333-338.
- Saxena, P., 2011. Optimization techniques for animal ration formulation. *Gate2Biotech*, 1, 2-5.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A., 1991. Methods for rational fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
- Yasir, A., Mattoo, F.A., Ganai, A.M., & Ahmad, H.A. 2009. Complete feed block technology boon to sheep farming. *Livestock International*, 13(1), 4-7.