



Comparison of *In Vitro* Gas Production Parameters of Dairy Cow Rations Prepared with Different Meals

Kadir Erten^{1,a}, Levend Coşkuntuna^{1,b}, Fisun Koç^{1,c,*}

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

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 25-03-2023 Accepted : 27-09-2023</p> <p>Keywords: Ration Meal <i>In vitro</i> gas production <i>In vitro</i> methane production Organic matter digestibility</p>	<p>In this study, <i>in vitro</i> gas production (GP) parameters of rations created using different meals were compared. Soybean meal (SBM) (R1), sunflower meal (SFM) (R2) and canola meal (CM) (R3) were added to the rations as meal. A total of 7 rations were obtained by preparing rations in which these meals were added at different rates (R4, R5, R6 and R7). The difference between the nutritional values of the diets was balanced with maize DDGS. The feed values that make up the ration and the dry matter (DM), ash, crude protein (CP), ether extract (EE), <i>in vitro</i> gas, methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) production amounts of 7 different rations were determined. Organic matter digestibility (OMD), metabolic energy (ME) and net energy lactation (NEL) values were calculated with the obtained <i>in vitro</i> gas production amounts. The amount of gas formed at the 24th hour of the incubation period of SFM, CM and SBM was found to be 31.77, 34.65, 50.34 ml, respectively. Among the groups in which the cakes were added alone, the highest gas production was determined as 59,20 ml in the SBM added R1 group, while the lowest was 50,54 ml in the CM added R3 group. The lowest amount of CH₄ was found as 7.77 ml in the SFM added R2 group. It has been determined that the use of bagasses in the same ration produces more CH₄ than their use alone. As a result of the research, it has been determined that the proportionally higher addition of SFM to the ration compared to SBM and CM contributes more economically and ecologically and causes an increase in digestibility. In addition, if one of SBM, SFM and CM will be added to the ration, it has been determined that it will be more economical to use SFM.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(11): 2059-2065, 2023

Farklı Küspeler ile Hazırlanan Süt Sığırları Rasyonlarının *In Vitro* Gaz Üretim Parametrelerinin Karşılaştırılması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 25-03-2023 Kabul : 27-09-2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: Rasyon Küspe <i>In vitro</i> gaz üretimi Metan üretimi Organik madde sindirilebilirliği</p>	<p>Bu çalışmada, farklı küspeler kullanılarak oluşturulan rasyonların <i>in vitro</i> gaz üretim (GÜ) parametreleri karşılaştırılmıştır. Rasyonlara küspe olarak soya fasulyesi küspesi (SFK) (R1), ayçiçeği tohum küspesi (ATK) (R2) ve kanola küspesi (KK) (R3) katılmıştır. Bu küspelerin farklı oranlarda katılarak oluşturulduğu (R4, R5, R6 ve R7) rasyonlar da hazırlanarak, toplam 7 rasyon elde edilmiştir. Rasyonların besin madde değerleri arasındaki farklılık, mısır DDGS ile dengelenmiştir. Rasyonu oluşturan yem hammaddeleri ve 7 farklı rasyonun kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), <i>in vitro</i> gaz, <i>in vitro</i> metan ve CO₂ üretim miktarları belirlenmiştir. Elde edilen <i>in vitro</i> gaz üretim miktarları ile organik madde sindirilebilirliği (OMS), metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NEL) değerleri hesaplanmıştır. ATK, KK ve SFK'in, inkübasyon süresinin 24. saatinde oluşan gaz miktarları sırasıyla 31,77, 34,65, 50,34 ml olarak bulunmuştur. Küspelerin tek başına katıldığı gruplar arasında ise en yüksek gaz üretimi SFK katkılı R1 grubunda 59,20 ml olarak tespit edilirken, en düşük KK katkılı R3 grubunda 50.54 ml olarak tespit edilmiştir. En düşük CH₄ miktarı ATK katkılı R2 grubunda 7,77 ml olarak bulunmuştur. Küspelerin aynı rasyonda kullanımının, tek başlarına kullanımlarına göre daha fazla CH₄ ürettiği tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda, rasyona ATK'nin SFK ve KK'ne göre oransal olarak daha fazla katılmasının hem ekonomik hem de ekolojik olarak daha fazla katkı sağladığı ve sindirilebilirliği de artmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca rasyona SFK, ATK ve KK'den biri katılacak ise ATK kullanılmasının daha ekonomik olacağı belirlenmiştir.</p>

^a kerten@nku.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-6307-1573>

^b lcoskuntuna@nku.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-7137-4198>

^c fkoc@nku.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-5978-9232>



Giriş

Hayvancılık, tarım sektörünün ayrılmaz bir parçasıdır ve ülke ekonomisi için önemlidir. Bununla birlikte, hayvan beslemede yetersiz hammadde günümüzde tarım ülkelerinin en büyük küresel sorunlarından biridir. Mevcut yem kaynaklarının etkin kullanımı, ekonomik hayvancılık açısından oldukça önemlidir. Hayvancılık işletmelerinde uygulanan yemleme programının temel amacı, hayvanların besin madde gereksinmesini doğru ve dengeli şekilde karşılamasıdır (Parlar ve Koç, 2020). Hayvansal üretim miktarındaki azalma, temelde beslemede kullanılan yemlerin yetersizliğinden ya da yemleme uygulamasının düzensizliğinden kaynaklanmaktadır (Yasir ve ark., 2009).

Küresel anlamda, 2050 yılına kadar süt ve et talebinin sırasıyla %74 ve %58 oranında artacağını ve bu talebin büyük bir kısmının gelişmekte olan ülkelerden kaynaklanacağı bildirilmektedir (FAO, 2018). Günümüzde ve gelecekteki süt talebini karşılamak için, yem kaynaklarının uygun şekilde kullanılması sağlanarak, üretim verimliliğinin artırılması gerekmektedir. Diğer yandan, çevre üzerindeki hayvan etkisinin, özellikle sera gazı emisyonlarının önemli bir kısmından, ruminant hayvanlar sorumlu tutulmaktadır (Knapp ve ark., 2014). Ayrıca Dünyadaki nüfus artışı ve refah düzeyinin artması enerji ihtiyacını da her geçen gün artırmaktadır, bu durum düşük maliyetli ve güvenli alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir (Meriç ve Koç, 2021).

Hayvanların, günlük yaşama payı ve verim payı ihtiyaçlarını karşılamak için aldıkları yem hammaddelerinin karışımına "rasyon" denir. Rasyonun hazırlanması, rasyonu oluşturan yem hammaddelerinin uygun kombinasyonu ile hayvanın ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir. Bu bakımdan oldukça karmaşık ve detaylı bir iştir. Rasyonun nem içeriğindeki farklılık bile besin madde kayıplarının yaşanmasına neden olur (Coşkuntuna ve ark., 2022). Rasyon formülasyonunun asıl amacı, hayvanın ihtiyaç duyduğu besin maddelerini dengeli karşılamak, beslemeyi en az maliyetle başarmaktır (Saxena, 2011).

Bath (1985), yaptığı çalışmada, hayvansal üretimin toplam maliyetinin % 50- 80'ni yem maliyetlerinin oluşturduğunu belirtmiştir. Günümüzde de bu oran değişmemektedir. Özellikle yağlı tohum küspelerinin pahalı olması yem maliyetlerini artırmaktadır. Yem maliyetlerinden kaçış olmadığı için hayvanın ihtiyaç duyduğu besin maddelerini değiştirmeden, rasyon içerisinde birkaç değişiklik yapılabilir. Rasyonda yapılacak bu değişiklikler hem ekonomik hem de ekolojik olarak önem taşımaktadır (Parlar ve Koç, 2020).

Yağlı tohumlardan yağın alınması sonucu geriye kalan küspe, hayvancılık sektörü için önemli bir yem kaynağıdır. Süt sığırcılığında, hayvanların protein ihtiyacını karşılamak için yağlı tohum küspeleri kullanılmaktadır. Karma yem sanayinde, yılda bir milyar tonluk yem üretilmektedir. Bunun 280-300 milyon tonunu yağlı tohum küspeleri oluşturmaktadır. Bu yüzden dünya tarımı içerisinde yağlı tohum bitkileri önem kazanmaktadır (Karakuş, 2014). Dünya yağlı tohum üretiminin %59'unu soya (339 milyon ton), %13'ünü kanola/kolza (74 milyon ton), %8'ini ayçiçeği tohumu (47 milyon ton), %8'ini pamuk tohumu (45 milyon ton) ve kalan %12'sini (70 milyon ton) diğer yağlı tohumlar oluşturmaktadır. Yağlı tohumlar içerisinde dış ticarete en önemli ürün soyadır. Soyanın %45'i ithal ve ihraç edilmektedir. Yağlı tohum

ticaretinde en fazla dış ticaret açığı veren ülkeler ise sırasıyla Japonya (4,5 milyar USD), Almanya (4,3 milyar USD), Meksika (3,1 milyar USD), İspanya (1,7 milyar USD) ve Türkiye'dir (1,6 milyar USD). Dış ticaret açığı yüksek olan bu ülkeler, tarımda mevcut üretimi korumak ve geliştirmek zorundadır. Örneğin Dünya'da bitkisel yağ üretimi yüksek olan ülkeler incelendiğinde, ayçiçeği yağı üretiminde sırasıyla Ukrayna, Rusya, Arjantin ve Türkiye yer almaktadır. Türkiye yağlı tohum üretimi, 2018 yılı verilerine göre 3,9 milyon tondur. 695 bin ton bitkisel yağ ihracatı ile 823 milyon dolar gelir elde etmiştir. Bu ihracatın en büyük kısmını ise rafine ayçiçek yağı (%84) oluşturmuştur. Türkiye yağlı tohum üretiminin yaklaşık %88 gibi önemli bir kısmını, ayçiçeği (%49) ve pamuk (%39) tohumu oluşturmaktadır (Anonim 2017; 2018; 2021).

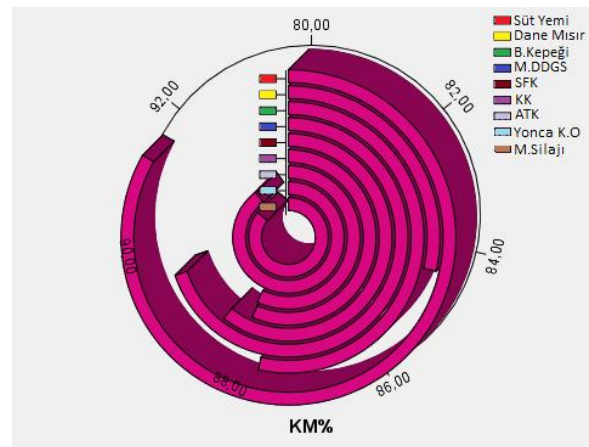
Bu çalışmada, soya fasulyesi küspesi (SFK), ayçiçeği tohum küspesi (ATK) ve kanola küspesi (KK)'nin farklı oranlarda rasyonlara ilavesinin *in vitro* gaz üretim parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Rasyonların Hazırlanması

Çalışmada, rasyonların hazırlanmasında kullanılan yem hammaddelerinin ve bu yem maddeleri kullanılarak hazırlanan rasyonların içerikleri ve kimyasal bileşimine ilişkin değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Bu çalışmada, rasyonların hazırlanmasında küspe kaynağı olarak soya fasulyesi küspesi (SFK), ayçiçeği tohum küspesi (ATK) ve kanola küspesi (KK) kullanılmıştır. Rasyon hazırlamada kullanılan bu küspeler, farklı düzeylerde katılarak izonitrojenik yedi rasyon oluşturulmuştur. Rasyonların besin madde değerleri arasındaki oluşan farklılıkların giderilmesinde ise mısır DDGS kullanılmıştır. Hazırlanan rasyonların içerisindeki diğer yem hammaddeleri tüm rasyonlara eşit olarak eklenmiştir (Şekil 1). Rasyonlardaki besin madde ihtiyaçlarının belirlenmesinde, süt sığırlarının yıllık verim ortalaması alınmıştır. Rasyonlar, yıl boyunca ortalama 500 kg ağırlığında, 11.000 laktasyon/kg süt veren ve %3,5 süt yağına sahip 48 aylık süt sığırının besin madde ihtiyacına göre hazırlanmıştır.



Şekil 1. Rasyon hazırlamak için kullanılan yemlerin KM değerleri (%).

Figure 1. DM values (%) of the feeds used to prepare the ration.

Çizelge 1. Rasyonların hazırlanması ve besin madde değerleri (%KM)

Table 1. Preparation of rations and nutritional values (DM%)

Rasyon	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Mısır Silajı	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
Yonca Kuru Otu	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Mısır Danesi	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
ATK	-	1,20	-	0,40	0,60	0,30	0,30
KK	-	-	1,20	0,40	0,30	0,60	0,30
SFK	1,20	-	-	0,40	0,30	0,30	0,60
Buğday Kepeği	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Mısır DDGS	0,50	1,40	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90
Süt yemi	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Yem miktarı	41,10	42,00	41,90	41,50	41,50	41,50	41,50
Kaba Yem Oranı, %	46,20	44,32	44,56	45,35	45,33	45,35	45,36
KM	48,65	49,63	49,48	49,09	49,10	49,09	49,08
HK	7,00	6,67	6,80	6,84	6,82	6,85	6,87
HP	16,94	16,54	16,82	16,67	16,57	16,65	16,80
HY	4,84	4,90	4,91	4,87	4,87	4,88	4,87

KM: Kuru madde, HP: Ham protein, HK: Ham kül, HY: Ham yağ, ATK: Ayçiçeği tohum küspesi, KK: Kanola küspesi, SFK: Soya fasulyesi küspesi.

- R₁= 1,20 kg (SFK) + 0,50 kg (mısır DDGS)
R₂= 1,20 kg (ATK) + 1,40 kg (mısır DDGS)
R₃= 1,20 kg (KK) + 1,30 kg (mısır DDGS)
R₄= 0,40 kg (SFK) + 0,40 kg (ATK) + 0,40 kg (KK) + 0,90 kg (mısır DDGS)
R₅= 0,30 kg (SFK) + 0,60 kg (ATK) + 0,30 kg (KK) + 0,90 kg (mısır DDGS)
R₆= 0,30 kg (SFK) + 0,30 kg (ATK) + 0,60 kg (KK) + 0,90 kg (mısır DDGS)
R₇= 0,60 kg (SFK) + 0,30 kg (ATK) + 0,30 kg (KK) + 0,90 kg (mısır DDGS)

Konsantre yemler için;

$$OMS = 9 + 0,9991 \times G\ddot{U} + 0,0595 * HP + 0,0181 \times HK$$

$$ME = 0,157 * G\ddot{U} + 0,0084 * HP + 0,022 * HY - 0,0081 * HK + 1,06$$

$$NE_L = 0,115 * G\ddot{U} + 0,0054 * HP + 0,014 * HY + 0,0054 * HK - 0,36$$

Kaba yemler için;

$$OMS = 14,88 + 0,889 * G\ddot{U} + 0,45 * HP + 0,0651 * HK$$

$$ME = 2,2 + 0,136 * G\ddot{U} + 0,0057 * HP + 0,00029 * HY^2$$

$$NE_L = 0,101 * G\ddot{U} + 0,051 * HP + 0,112 * HY$$

G \ddot{U} : 24 saatte üretilen gaz üretim miktarı (ml); HP: Yem örneklerindeki ham protein (g/kg KM); HY: Yem örneklerindeki ham yağ (g/kg KM); HK: Yem örneklerindeki ham kül içeriği (g/kg KM). ME: Metabolik enerji (MJ/kg, KM), NE_L: Net enerji laktasyon (MJ/kg, KM), OMS: *İn vitro* organik madde sindirimi (g/100g, KM).

İstatistiksel Analizler

Yapılan analizler sonucunda elde edilen verilerin, SPSS 22 paket programında istatistik analizleri yapılmıştır. Verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde, gruplar arası farklılığın belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi, grup etkilerinin karşılaştırmasında ise Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Parametreler arasındaki ilişkiyi

incelemek için Pearson korelasyon analiz testi uygulanmıştır (Soysal, 2000).

Bulgular ve Tartışma

Hazırlanan rasyonlar için oluşturan yemlerin, G \ddot{U} parametreleri ve besin madde değerlerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Yemlerin KM değerleri %84,00-92,60 arasında değişmiştir. En yüksek KM değerine sahip yem yonca kuru otu olurken, en düşük dane mısır olarak tespit edilmiştir. ATK, KK ve SFK’nin KM değerleri sırasıyla % 88,00, 87,95 ve 88,50 olarak bulunmuştur (Şekil 1). Renna ve ark. (2022) SFK ve ATK’nin KM değerini sırasıyla %88,10 ve 89,40 olarak bulurken, Paula ve ark. (2019) KK’nin KM değerini % 91,40 olarak bulmuştur. Stoycheva (2021), ATK’nin KM değerini % 92,00 olarak belirlerken, Nedelkov ve ark. (2021), % 92,80 olarak bulmuştur.

Rasyonların hazırlanmasında kullanılan yemlerin HP değerleri %7,00-45,00 arasında değişmiştir. En yüksek HP değerine sahip yem SFK olurken, en düşük dane mısır olarak tespit edilmiştir. ATK ve KK küspelerinin HP değerleri ise sırasıyla %30,14 ve 34,00 olarak bulunmuştur. Renna ve ark. (2022) SFK ve ATK’nin HP değerini sırasıyla %55,90 ve 32,40 olarak bulurken, Paula ve ark. (2019) KK’nin HP değerini %39,80 olarak bulmuştur. Stoycheva (2021), ATK’nin HP değerini %48,91 olarak belirlerken, Nedelkov ve ark. (2021), %45,90 olarak bulmuştur.

Yemlerin HK değerleri %0,81-9,50 arasında değişmiştir. En yüksek HK değerine sahip yem süt yemi olurken, en düşük dane mısır olarak tespit edilmiştir. ATK, KK ve SFK’nin HK değerleri sırasıyla %5,65, 5,92 ve 5,95 olarak bulunmuştur. Renna ve ark. (2022) SFK ve ATK’nin HK değerini %7,80 olarak bulurken, Paula ve ark. (2019) KK’nin HK değerini benzer bulmuştur. Nedelkov ve ark. (2021) ise ATK’nin HK değerini %8,93 olarak bulmuştur.

Yemlerin HY değerleri %0,45-3,72 arasında değişmiştir. En yüksek HY değerine sahip yem mısır silajı olurken, en düşük ATK olarak tespit edilmiştir. ATK, KK ve SFK’nin HY değerleri sırasıyla %0,45, 1,65 ve 1,17 olarak bulunmuştur.

Çizelge 2. Kullanılan yemlerin besin madde değerleri (%KM) ve GÜ parametreleri

Table 2. Nutrient values of the feeds used (DM%) and GP parameters

	M. Silajı	Yonca K.O	ATK	KK	SFK	M. DDGS	B. Kepeği	Dane Mısır	Süt Yemi
KM	92,00	92,60	88,00	87,95	88,50	89,78	87,50	84,00	91,64
HP	7,92	16,47	30,14	34,00	45,00	28,74	14,75	7,00	20,00
HK	4,05	9,45	5,65	5,92	5,95	5,00	4,28	0,81	9,50
HY	3,72	1,20	0,45	1,65	1,17	6,28	3,44	3,26	3,00
GÜ ₂₄	49,01	44,75	31,77	34,65	50,34	33,21	93,85	82,30	58,24
GÜ ₄₈	58,02	62,75	43,77	49,65	66,54	43,21	117,85	100,30	62,23
CH ₄	9,27	7,40	2,01	1,67	6,02	1,28	24,46	17,68	7,02
CO ₂	35,72	41,80	6,68	13,29	24,52	13,06	43,82	58,89	38,59
NE _L	5,34	4,83	3,43	3,79	5,65	3,67	10,52	9,17	6,44
ME	8,91	8,38	6,69	7,11	9,30	6,89	15,05	13,44	10,36
OMS	59,08	56,03	44,85	47,60	62,05	46,03	99,28	88,44	68,55

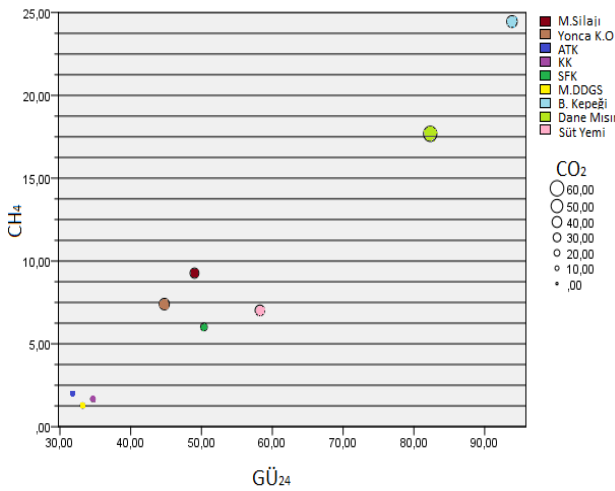
KM: Kuru madde, HP: Ham protein, HK: Ham kül, HY: Ham yağ, GÜ: Gaz üretimi (ml), CH₄: metan (ml), CO₂: karbondioksit (ml), OMS: Organik madde sindirilebilirlik (g/100g, KM), ME: Metabolik enerji (MJ/kg, KM), NE_L: Net enerji laktasyon (MJ/kg, KM), ATK: Ayçiçeği tohum küspesi, KK: Kanola küspesi, SFK: Soya fasulyesi küspesi.

Çizelge 3. Farklı oranlarda küspe ilave edilen rasyonların *in vitro* GÜ parametreleri

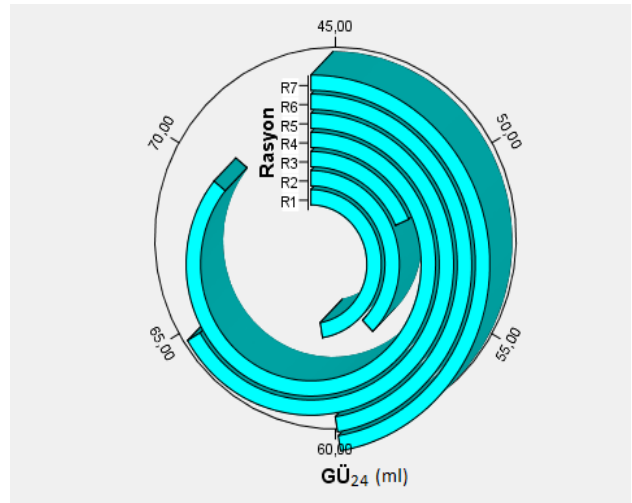
Table 3. *In vitro* GP parameters of the rations supplemented with meals at different rates

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	SEM	P
GÜ ₂₄	59,20 bc	56,31 cd	50,54 d	70,75 a	64,97 ab	59,20 bc	59,20 bc	1,697	0,001
GÜ ₄₈	79,20 bc	76,31 bc	69,54 c	90,75 a	84,97 ab	78,20 bc	79,20 bc	1,791	0,002
CH ₄	8,64 b	7,77 b	8,93 b	14,17 a	11,31 b	8,64 b	9,58 b	0,604	0,008
CO ₂	34,75 ab	31,46 b	27,39 b	41,28 a	35,95 ab	27,31 b	29,56 b	1,388	0,004
NE _L	6,56 bc	6,23 bc	5,57 c	7,89 a	7,23 a	6,56 bc	6,56 bc	0,195	0,001
ME	10,54 bc	10,09 bc	9,188 c	12,35 a	11,45 ab	10,54 bc	10,54 bc	0,266	0,001
OMS	69,28 bc	66,36 cd	60,61 d	80,80 a	75,02 ab	69,26 bcd	69,26 bc	1,695	0,001

^{a-d}: Aynı satırdaki farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. GÜ: Gaz üretimi (ml), CH₄: metan (ml), CO₂: karbondioksit (ml), OMS: Organik madde sindirilebilirlik (g/100g, KM), ME: Metabolik enerji (MJ/kg, KM), NE_L: Net enerji laktasyon (MJ/kg, KM). SEM: Standart ortalamalarının hatası.



Şekil 2. Yemlerin GÜ₂₄, CH₄ ve CO₂ miktarları (ml)
Figure 2. GP₂₄, CH₄ and CO₂ amounts of the feeds (ml)



Şekil 3. Rasyonların *in vitro* GÜ₂₄ miktarları (ml)
Figure 3. *In vitro* GP₂₄ amounts of the rations (ml)

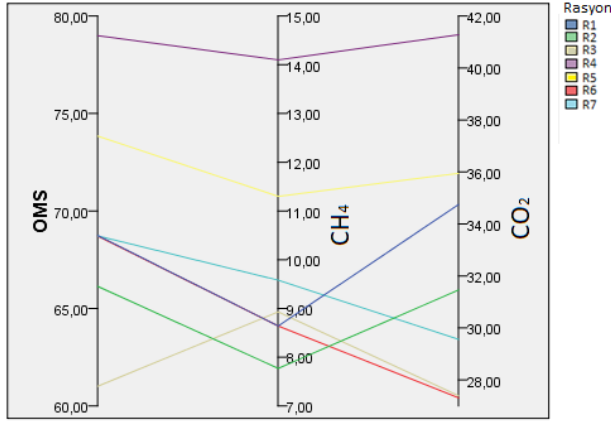
Renna ve ark. (2022) SFK ve ATK'nin HY değerini sırasıyla %0,60 ve 1,70 olarak bulurken, Paula ve ark., (2019) KK'nin HY değerini %4,56 olarak bulmuştur. Nedelkov ve ark. (2021) ise ATK'nin HY değerini %1,96 olarak bulmuştur.

İnkübasyonun 24. ve 48. saatlerinde en yüksek GÜ miktarı buğday kepeğinde görülürken, en düşük ATK grubunda tespit edilmiştir. İnkübasyonun 24. saatinde ATK, KK ve SFK'in GÜ miktarları sırasıyla; 31,77, 34,65 ve 50,34 ml olarak bulunmuştur (Şekil 2).

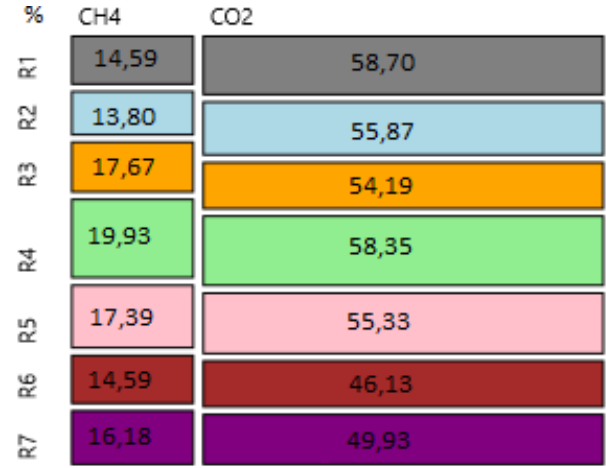
GÜ değerlerine bağlı olarak OMS, ME ve NE_L değerleri en yüksek buğday kepeğinde görülürken, en düşük ATK grubunda tespit edilmiştir. ATK, KK ve

SFK'nin OMS değerleri sırasıyla 44,85, 47,60 ve 62,05 (g/100g, KM) olarak tespit edilmiştir.

İnkübasyonun 24. saatinde ölçülen CH₄ miktarı en yüksek buğday kepeğinde görülürken, en düşük mısır DDGS grubunda tespit edilmiştir. Yine inkübasyonun 24. saatinde ölçülen CO₂ miktarı en yüksek dane mısır grubunda bulunurken, en düşük ATK grubunda tespit edilmiştir. ATK, KK ve SFK'nin CH₄ miktarı sırasıyla 2,01, 1,67 ve 6,02 ml olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde CO₂ miktarları ise sırasıyla 6,68, 13,29 ve 24,52 ml olarak bulunmuştur (Şekil 2). Hazırlanan rasyonların *in vitro* GÜ parametrelerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.



Şekil 4. Rasyonların *in vitro* OMS (g/100g, KM), CH₄ ve CO₂ (ml) değerleri arasındaki ilişki.
Figure 4. The relationship between *in vitro* OMD (g/100g, DM), CH₄ and CO₂ (ml) values of the rations.



Şekil 5. Rasyonların GÜ miktarına bağlı olarak CH₄ ve CO₂ oranları (%).
Figure 5. CH₄ and CO₂ ratios (%) depending on the GP amount of the rations.

Çizelge 4. Besin madde ve GÜ parametreleri arasındaki korelasyon analiz sonuçları
Table 4. Correlation analysis results between nutrients and GP parameters

Parametreler	KM	HP	HK	HY	GÜ	CH ₄	CO ₂	OMS
KM	—							
HP	-0,033	—						
HK	0,760*	0,301	—					
HY	0,038	-0,343	-0,338	—				
GÜ	-0,476	-0,563	-0,449	0,185	—			
CH ₄	-0,389	-0,623	-0,448	0,167	0,971***	—		
CO ₂	-0,141	-0,755*	-0,228	0,141	0,823**	0,797*	—	
OMS	-0,480	-0,543	-0,441	0,176	1,000***	0,968***	0,816**	—

*p<.05, **p<.01, ***p<.001: KM: Kuru madde, HP: Ham protein, HK: Ham kül, HY: Ham yağ, GÜ: Gaz üretimi₂₄, CH₄: metan, CO₂: Karbondioksit, OMS: Organik madde sindirilebilirlik

İnkübasyon süresinin 24. saatinde oluşan GÜ miktarları 50,54-70,75 ml arasında değişmiştir. İnkübasyonun 24 ve 48. saatlerindeki en yüksek GÜ miktarı R4 grubunda görülürken, en düşük R3 grubunda görülmüştür ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

İnkübasyonun 24. saatinde, küspelerin tek başına katıldığı gruplar arasında en yüksek GÜ, R1 grubunda 59,20 ml olarak tespit edilirken, en düşük R3 grubunda 50,54 ml bulunmuştur (Şekil 3). Bu durumu, Çizelge 2’de yemlerin GÜ miktarlarına bakıldığında, SFK grubundaki GÜ miktarı, KK grubuna göre daha yüksek bulunduğunu söyleyerek açıklamak mümkündür. Sızmaz ve ark. (2021), benzer olarak, SFK’nın GÜ miktarını 56,67±17,487 ml olarak tespit etmişlerdir.

Rasyonların *in vitro* OMS, CH₄ ve CO₂ değerleri arasındaki ilişki Şekil 4’te verilmiştir.

In vitro GÜ miktarına bağlı olarak, gruplar arasındaki en yüksek OMS, ME ve NE_L değerleri R4 grubunda görülürken, en düşük R3 grubunda görülmektedir ve gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştu (P<0,001). Küspelerin tek başına katıldığı gruplarda ise en yüksek OMS, ME ve NE_L değerleri R1 grubunda görülürken, en düşük R3 grubunda görülmektedir. Çizelge 2’de SFK grubunun ATK ve KK gruplarına göre, OMS, ME ve NE_L değerlerinin yüksek bulunması, sonuçları destekler niteliktedir. Ayrıca, küspelerin bir arada kullanılmasının, tek başlarına

kullanılmasına göre daha fazla sindirilebilirliği söylenebilir.

İnkübasyon süresinin 24. saatinde oluşan CH₄ miktarları 7,77-11,31 ml arasında değişmiştir. En yüksek CH₄ miktarı R5 grubunda görülürken, en düşük R2 grubunda görülmüş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Küspelerin tek başına katıldığı gruplar arasında, en yüksek CH₄ miktarı R3 grubunda 8,93 ml olarak tespit edilirken, en düşük R2 grubunda 7,77 ml bulunmuştur. Fakat gruplar arasında istatistiksel olarak fark oluşmamıştır (P>0,05). Çizelge 2’de yemlerin CH₄ miktarına bakıldığında, SFK grubu, ATK ve KK gruplarına göre fazla miktarda CH₄ ürettiği görülmektedir. Bu sonucu destekler nitelikte, Renna ve ark. (2022), yaptıkları çalışmada SFK’nın ATK’ya göre fazla CH₄ ürettiğini belirtmiştir. Morsy ve ark. (2022) ise, rasyonda SFK’nın oransal artışının, CH₄ miktarını artırdığını bildirmiştir. Bu çalışmada 3 küspenin de aynı rasyonda kullanımının, tek başlarına kullanımına göre daha fazla CH₄ ürettiği tespit edilmiştir. Bu durum, besin madde parçalanmaların daha fazla olmasından kaynaklanmıştır (Beauchemin ve ark., 2020).

Rasyonların *in vitro* GÜ miktarına bağlı olarak, CH₄ ve CO₂ oranları (%) Şekil 5’te verilmiştir.

İnkübasyon süresinin 24. saatinde oluşan CO₂ miktarları 27,31-41,28 ml arasında değişmiştir. En yüksek CO₂ miktarı R4 grubunda görülürken, en düşük R6 grubunda görülmüş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak

önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Küspelerin tek başına katıldığı gruplar arasında, en yüksek CO₂ miktarı R1 grubunda 34,75 ml olarak tespit edilirken, en düşük R3 grubunda 27,39 ml bulunmuştur. Fakat gruplar arasında istatistiksel olarak fark oluşmamıştır ($P>0,05$). Çizelge 2’de yemlerin CO₂ miktarına bakıldığında, en yüksek SFK grubunda görülürken, en düşük ATK grubunda olduğu görülmektedir. Morsy ve ark. (2022), bu çalışmayı destekler nitelikte, rasyonda SFK’nin oransal artışının, CO₂ miktarını artırdığını belirtmektedir.

Besin Madde İçerikleri ve In Vitro Gaz Üretim Parametreleri Arasındaki Korelasyon

Besin madde ve *in vitro* GÜ parametreleri arasındaki korelasyona ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4’te verilmiştir.

Rasyonların hazırlanması için kullanılan yemlerin KM değeri, HK değerleri ile pozitif yönde ilişkilendirilmiştir ($P<0,05$). HP değerlerinin artması ile birlikte CO₂ miktarında düşme görülmektedir ($P<0,05$). GÜ miktarına bağlı CO₂ miktarları pozitif yönde ilişkilendirilirken ($P<0,01$), OMS değeri ve CH₄ miktarlarının, GÜ miktarı ile daha güçlü pozitif bir ilişkisi bulunmuştur ($P<0,001$), Beauchemin ve ark. (2020) bu durumu, rumende besin madde parçalanmasının artması ile birlikte, ortamda daha fazla CH₄ meydana geleceği şeklinde açıklamıştır. Buna

bağlı olarak da OMS değerleri ile CH₄ miktarı arasında ($P<0,001$) ve CO₂ miktarı arasında pozitif ilişki oluşmuştur ($P<0,01$) Konu ile ilgili yapılan çalışmalar bu durumu destekler niteliktedir (Renna ve ark., 2022; Morsy ve ark., 2022). Aynı zamanda CH₄ miktarının CO₂ miktarı ile yine pozitif yönde ilişkisi bulunmaktadır ($P<0,05$).

Maliyet Hesaplaması

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

SFK, ATK ve KK ile oluşturulan rasyonlarda, birim fiyat bakımından en yüksek maliyet R1 grubunda görülmektedir. Bunun nedeni ise soyanın güncel fiyatlarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. SFK’den sonra en yüksek maliyetli küspe KK’dır. Bu durum da R3 grubunun yüksek maliyetli olmasına neden olmuştur. En düşük maliyetli rasyon R5 grubu olmuştur. Küspelerin tek başına katıldığı rasyonlar arasında, en düşük maliyetli rasyon ise ATK içerikli R2 grubu olmuştur (Şekil 10). Bin başlı bir hayvancılık işletmesinin, sadece SFK’nin katıldığı R1 rasyonu yerine, sadece ATK’nin katıldığı R3 rasyonu kullanması ile yılda 1.105.950,00 TL kâr elde edilebilir. Rasyona eşit miktarda SFK, ATK ve KK’nin katıldığı R4 rasyonunun yerine, ATK ağırlıklı oluşturulan R5 rasyonunun kullanılması ile yılda 427.050,00 TL kâr elde edilebilir.

Çizelge 5. Hazırlanan rasyonların maliyet tablosu (Anonim, 2023)

Table 5. Cost table of the prepared rations (Anonymous, 2023)

Yem Hammaddesi	Kg/TL	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Mısır Silajı	2,40	62,40	62,40	62,4	62,40	62,40	62,40	62,40
Yonca Kuru Otu	5,80	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40	17,40
Mısır Danesi	6,00	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20
ATK	4,80	-	5,760	-	1,92	2,88	1,44	1,44
KK	7,60	-	-	9,12	3,04	2,28	4,56	2,28
SFK	13,70	16,44	-	-	5,48	4,11	4,11	8,22
Buğday Kepeği	4,50	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Mısır DDGS	8,50	4,25	11,9	11,05	7,65	7,65	7,65	7,65
Süt Yemi	8,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00
Fiyat (Kg/TL)		178,59	175,56	178,07	175,99	174,82	175,66	177,49
x 1000		178,590	175,560	178,070	175,990	174,820	175,660	177,490
Yıllık		65.185,350	64.0794,000	64.995,550	64.236,350	63.809,300	64.115,900	64.783,850

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

Sonuç

Bu çalışmada farklı küspeler ile oluşturulan rasyonların *in vitro* gaz üretim parametreleri karşılaştırılmıştır. Rasyon hazırlanırken, SFK, ATK ve KK’nin rasyon içerisindeki değişikliklerinin sindirebilirlik, ekolojik ve ekonomik olarak ne tür etkiler gösterdiği incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, SFK’nin ATK ve KK’ne göre daha yüksek *in vitro* sindirebilirlik, CH₄ ve CO₂ miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir. SFK’nin bu üstünlüğü, rasyona tek başına katıldığında da öne çıkmıştır. KK tek başına, ATK’ne göre daha yüksek sindirebilirlik ve daha düşük CH₄ üretim miktarına sahip olurken; ATK ile hazırlanan R2 rasyonu, KK ile hazırlanan R3 rasyonuna göre daha yüksek sindirebilirliğe ve daha düşük CH₄ üretimine sahip olmuştur.

Küspelerin bir arada kullanılması ile birlikte sindirebilirlik artmasına rağmen, CH₄ ve CO₂ miktarları da

artmaktadır. ATK’nin oransal olarak SFK ve KK’ne göre daha fazla katılması sindirebilirliğe olumsuz etki göstermeden, CH₄ miktarını düşürmüştür.

Sonuç olarak, rasyon hazırlanırken, ATK’nin SFK ve KK’ne göre oransal olarak daha fazla katılması hem ekonomik hem de ekolojik olarak daha fazla katkı sağlarken, sindirebilirliğin de artmasına neden olmuştur. Eğer rasyonda bir küspe kullanılacak ise, sindirebilirlik, CH₄ ve CO₂ üretimi bakımından, ATK ve SFK arasında istatistiksel olarak fark olmadığı için, ATK kullanılmasının daha ekonomik olacağı söylenebilir.

Kaynaklar

Anonim. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) İstatistik Bölümü İnternet Sitesi (<http://www.fao.org>), (Erişim: Mart 2023).

- Anonim. 2018. Oilseeds: World Markets and Trade. December, 2018. USDA Foreign Agricultural Service. Web Sitesi: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Erişim: 24.03.2023.
- Anonim. 2021. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler, Yağlı Tohumlar. Erişim adresi <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=ya%C4%9F%1%B1%20tohum>.
- Anonim. 2023. Günlük Yem Fiyatları. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB). https://borsa.tobb.org.tr/fiyat_urun_2.php?ana_kod=1.
- AOAC. 2006. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists International. 18th edition. Arlington, V. A. Washington, DC, USA.
- Bath DL. 1985. Nutritional requirements and economics of lowering feed costs. of Dairy Science, 68(6), 1579-1584.
- Beauchemin KA, Ungerfeld EM, Eckard RJ, Wang M. 2020. Fifty years of research on rumen methanogenesis: Lessons learned and future challenges for mitigation. Animal, 14(S1), s2-s16.
- Coskuntuna L, Erten K, Koç F. 2022. Toplam Rasyon Karışımının Silolanmasının Aerobik Stabilite Özelliklerini Üzerine Etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(4), 933-942.
- FAO. 2018. World food and agriculture. FAO Statistical Yearbook 2013. Rome, Italy: FAO.
- Karakuş MÜ. 2014. 12. Uluslararası Yem Kongresi Açılış Konuşması. Türkiye Yem Sanayicileri Birliği Dergisi, 70, 29-40.
- Knapp JR, Laur GL, Vadas PA, Weiss WP, Tricarico JM. 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.
- 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. Develop., 28: 7-55.
- Meriç Ş, Koç F. 2021. Mısırdan elde edilmiş kurutulmuş damıtma tane ve çözümlerinin (DDGS) bazı kalite ve risk kriterleri yönünden incelenmesi. Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi, 4(1), 96-109.
- Morsy TA, Gouda GA, Kholif AE. 2022. *In vitro* fermentation and production of methane and carbon dioxide from rations containing Moringa oleifera leave silage as a replacement of soybean meal: *in vitro* assessment. Environmental Science and Pollution Research, 29(46), 69743-69752.
- Nedelkov K, Slavov T, Cantalapiedra-Hijra G. 2021. Ruminant degradability and intestinal digestibility of dm and cp in high-protein fraction from sunflower meal-a cheap source of dietary protein for ruminants. Adv. Anim. Vet. Sci, 9(7), 983-988.
- Parlar T, Koç F. 2020. Toplam rasyon karışımı kullanılan bir süt sığırcı işletmesinin besleme açısından değerlendirilmesi. Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi, 3(1), 24-32.
- Paula EM, da Silva LG, Brandao VLN, Dai X, Faciola AP. 2019. Feeding canola, camelina, and carinata meals to ruminants. Animals, 9(10), 704.
- Renna M, Coppa M, Lussiana C, Le Morvan A, Gasco L, Maxin G. 2022. Full-fat insect meals in ruminant nutrition: *In vitro* rumen fermentation characteristics and lipid biohydrogenation. Journal of Animal Science and Biotechnology, 13(1), 138.
- Saxena P. 2011. Optimization techniques for animal diet formulation. Gate2Biotech, 1, 2-5.
- Sızmaç Ö, Çalık A, Bundur A. 2021. *In vitro* fermentation characteristics of camelina meal comparison with soybean meal. Livestock Studies, 61(1), 9-13.
- Soysal Mİ. 2000. Biometrinin prensipleri. TÜ Tekirdağ Ziraat Fak. Yayın, (74).
- Stoycheva I. 2021. Feeding ewe lambs replacing sunflower meal with soybeans and peas. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 27(3), 600-603.
- Yasir A, Mattoo FA, Ganai AM, Ahmad HA. 2009. Complete feed block technology-a boon to sheep farming. Livestock International, 13(1), 4-7.