



Bazı Esansiyel Yağların Yonca Kuru Otunun İn Vitro Sindirilebilirliği, Rumen Fermantasyonu ve Metan Gazı Üretimi Üzerine Etkileri^A

Barışcan CURABAY¹, İsmail FİLYA², Önder CANBOLAT^{3*}

Öz: Bu araştırma, bazı esansiyel yağların (sarımsak yağı, nane yağı, kekik yağı ve portakal yağı) yoncanın in vitro gaz üretimine, uçucu yağ asidine (UYA) ve sindirimine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Esansiyel yağların etkilerinin belirlenmesi için yonca kuru otu ve in vitro gaz üretim tekniğinden yararlanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan esansiyel yağlar in vitro gaz üretimi ve uçucu yağ asitlerini önemli düzeyde etkilemişlerdir ($P<0.05$; $P<0.01$). Rumen sıvısı amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$)'nu ise yalnızca esansiyel yağ dozları önemli düzeyde etkilemiştir ($P<0.01$). Esansiyel yağ dozları arttıkça rumen sıvısı parametrelerinden pH dışındakiler önemli düzeyde azalmıştır ($P<0.01$). Esansiyel yağ ve dozları karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) üretimin önemli düzeyde düşürmüştür. Aynı şekilde esansiyel yağlar yoncanın kuru madde sindirim derecesini (KMSD), organik madde sindirim derecesini (OMSD), ham protein sindirim derecesini (HPSD) ve metabolik enerji (ME) düzeyini düşürmüştür. Saptanan önemli parametreler üzerinde esansiyel yağların etkili olduğu, en etkili yağların sırasıyla nane ve kekik yağı olduğu ortaya konmuştur. Esansiyel yağların dozları karşılaştırıldığında ise en etkili dozun 1200 mg L^{-1} RS olduğu saptanmıştır. Kekik ve nane esansiyel yağlarının daha etkili olmalarının içeriklerinde bulunan antimikrobiyal unsurlardan kaynaklandığı söylenebilir. Tüm veriler incelendiğinde esansiyel yağların

^A Bu çalışma Barış Curabay'ın Yüksek Lisans Tezinde Türetilmiştir.

* **Sorumlu Yazarlar/Corresponding Authors:** 3 Önder CANBOLAT, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Nilüfer-Bursa; e-mail: onder@uudag.edu.tr, [OrcID 0000-0001-7139-1334](https://orcid.org/0000-0001-7139-1334)

¹ Barışcan CURABAY, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü Alaeddin Keykubad Yerleşkesi Selçuklu-Konya; e-mail: bcurabay@gmail.com, [OrcID 0000-0003-2605-5838](https://orcid.org/0000-0003-2605-5838)

² İsmail FİLYA, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Nilüfer-Bursa; e-mail: ifilya@uudag.edu.tr; [OrcID 0000-0002-6080-1083](https://orcid.org/0000-0002-6080-1083)

ruminant beslemede hayvan performansı, yemden yararlanma ve rumen fermantasyonunu engellememesi için düşük dozların kullanımının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Esansiyel yağ, rumen fermantasyonu, gaz üretimi, sindirim.

Effects of Some Essential Oils on In Vitro Digestibility, Rumen Fermentation and Methane Gas Production of Alfalfa Hay

Abstract: This research was carried out to determine the effect of some essential oil (garlic oil, peppermint oil, thyme oil and orange oil) on the in vitro gas production, volatile fatty acids production and digestibility of alfalfa hay. Essential oils used in this study significantly affected in vitro gas production and volatile fatty acids ($P < 0.05$; $P < 0.01$). Ammonia nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$) in the rumen fluid significantly affected only the essential oil doses ($P < 0.01$). As essential oil doses increased, rumen fluid parameters other than pH decreased significantly ($P < 0.01$). Essential oil and doses have significantly reduced carbon dioxide (CO_2) and methane (CH_4) production. Similarly, essential oils reduced the alfalfa dry matter digestion (DMD), organic matter digestion (OMD), crude protein digestion (CPD) and metabolic energy (ME) levels. Essential oils were found to be effective on the important parameters and the most effective oils were mint and thyme oil, respectively. When the essential oil doses were compared, the most effective dose was 1200 mg L^{-1} RF. It can be said that the more effective of the essential oils of thyme and peppermint are caused by the antimicrobial elements contained in their contents. When all the data were examined, it was concluded that the use of low doses of essential oils to prevent ruminant feed performance, feed utilization and rumen fermentation would be more appropriate.

Keywords: Essential oil, rumen fermentation, gas production, digestion.

Giriş

Son yıllarda antibiyotiklere alternatif yeni yem katkı maddelerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalarda önemli bir artış olmuştur. Bu bağlamda, aromatik bitki ekstraktları ve bunların aktif bileşenleri alternatif olarak önem kazanmıştır (Castillejos ve ark., 2007; Cobellis ve ark., 2016a; Cobellis ve ark., 2016b; Joch ve ark., 2019). Özellikle aromatik bitkilerden elde edilen esansiyel yağların antibiyotiklere alternatif olabileceği gerçeği yapılan birçok çalışmada öne çıkmaktadır (Hili ve ark.; 1997, Calsamiglia ve ark., 2006; Cobellis ve ark., 2016a). Aromatik bitkilerden izole edilen esansiyel yağların çeşitli mikroorganizmalara karşı bakterisit ve fungusit etkilerinin olduğu çok sayıda araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Paster ve ark., 1995; Dorman ve Deans 2000; Newbold ve ark., 2004; Busquet ve ark., 2006; Cobellis ve ark., 2016a). Esansiyel yağlar antibiyotiklere alternatif ürünler olma potansiyelleri araştırılmış ve yapılan *in vitro* çalışmalarda esansiyel yağların

mikroorganizma gelişimini önlediği saptanmıştır (Newbold ve ark., 2004; Busquet ve ark., 2006; Cobellis ve ark., 2016b; Joch ve ark., 2019). Yapılan bazı çalışmalarda esansiyel yağların rumen mikroorganizmaları üzerine etkide bulunduğu da bildirilmiştir. Bu etki olumlu yönde olduğu gibi (McIntosh ve ark., 2000; Benchaar ve ark., 2007a) olumsuz yönde de olabilmektedir (Wallace ve ark., 2002; Canbolat 2012). Esansiyel yağların rumen mikroorganizmaları, toplam uçucu yağ asitleri, toplam gaz üretimi ve yemlerin sindirimini önleyici etkisinin olduğunu bildirilmektedir (Wallace ve ark., 2002; Castillejos ve ark., 2006; Canbolat ve ark., 2015; Joch ve ark., 2019).

Bu çalışma yaygın olarak kültürü yapılan kekik, nane, portakal ve sarımsak esansiyel yağlarının yonca kuru otunun *in vitro* sindirilebilirliği ve rumen fermantasyonu üzerine etkilerini belirlemek ve bu alanda yapılacak çalışmalara yön vermek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Araştırmanın yem materyalini yonca kuru otu, hayvan materyalini rumen kanüllü takılmış 3 baş Merinos-Kıvrıcık melezi koç oluşturmuştur. Esansiyel yağ materyalini sarımsak (katalog no: W250309), nane (katalog no: W284815), kekik (katalog no: W306509) ve portakal (katalog no: W282510) yağları oluşturmuştur. Bu esansiyel yağlar ticari bir firmadan (Sigma-Aldrich) temin edilmiştir.

In vitro koşullarda yonca kuru otunun sindirilebilirlik özellikleri ile gaz üretim miktarlarının saptanmasında Menke ve Steingass (1988) tarafından geliştirilen *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılmıştır. Yonca kuru otu *in vitro* koşullarda 3, 6, 12, 24, 48, 72 ve 96 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda şiringalar içerisinde bulunan rumen sıvısında pH, UYA ve NH₃-N analizi de yapılmıştır. Yonca kuru otunun *in vitro* CO₂ ve CH₄ gazı üretimleri rumen sıvılarında yapılan uçucu yağ asitlerin konsantrasyonlarından yararlanarak aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır (Blümmel ve ark., 1997; Getachew ve ark., 2000; Makkar 2005).

$$\text{Karbon dioksit, CO}_2 = \text{Asetik asit} / 2 + \text{Propiyonik asit} / 4 + 1.5 \times \text{Butirik asit} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

$$\text{Metan, CH}_4 = (\text{Asetik asit} + 2 \times \text{Butirik asit}) - \text{CO}_2 \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Yonca kuru otunun ME üretimi ve OMSD Menke ve Steingass (1988) tarafından kaba yemler için geliştirilen eşitliklerle saptanmıştır.

$$\text{ME (MJ kg}^{-1} \text{ KM)} = 2.20 + 0.1357 \times \text{GÜ} + 0.0057 \times \text{HP} + 0.0002859 \times \text{HY}^2 \quad (\text{Eşitlik 3})$$

$$\text{OMSD (\%)} = 15.38 + 0.8453 \times \text{GÜ} + 0.0595 \times \text{HP} + 0.0675 \times \text{HK} \quad (\text{Eşitlik 4})$$

GÜ: 24 saatlik fermantasyon sonucu açığa çıkan gaz miktarı (mL); HP: Yonca kuru otunun ham protein içeriği (g kg⁻¹ KM); HY: Yoncanın ham yağ içeriği (g kg⁻¹ KM); HK: Yoncanın ham kül içeriği (g kg⁻¹ KM).

Yonca kuru otunun kuru madde sindirilme derecesi (KMSD) ve ham protein sindirilme derecesi (HPSD)'nin saptanmasında "Daisy" Incubator" cihazından (Ankom, Daisy Incubator^{II}, U.S.A.) yararlanılmıştır (Anonim, 2019).

Kimyasal Analizler

Yonca kuru otunun ham besin maddeleri içeriği AOAC (1990). Ham yağ analizi de AOAC (1990)'da bildirilen yöntemle göre, hücre duvarı bileşenlerini oluşturan nötr deterjan lif (NDF), asit deterjan lif (ADF) ve asit deterjan lignin (ADL) ise Van Soest ve ark., (1991) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Hücre duvarı bileşenlerinin saptanmasında Fiber Analiz cihazından (ANKOM, A220, U.S.A.) yararlanılmıştır.

Toplanan rumen sıvısının pH'sı örnekler alınır alınmaz 0.01 hassasiyette dijital pH metre (Sartorius, PB-20, Germany) ile saptanmıştır. Rumen sıvısı parametrelerinden NH₃-N Kjeldahl metodundan yararlanılarak Blümmel ve ark., (1997)'nin bildirdikleri yöntemle göre saptanmıştır. Toplam uçucu yağ asitleri ise Erwin ve ark., (1961) ile Wiedmeier ve ark., (1987)'nin önerdiği yöntemle göre yapılmıştır. Bu yöntemle UYA analizinde gaz kromatografisinden (Agilent, 6890N, U.S.A.) yararlanılmıştır.

İstatistik Analizler

Deneme tesadüf parsellerinde (4x5) üç faktörlü deneme desenine göre planlanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular arasındaki farklılıkların belirlenmesinde varyans analizi (General Linear Model), ortalamalar arasında görülen farklılıkların önem seviyesinin belirlenmesinde ise TUKEY testinden yararlanılmış ve verilerin değerlendirilmesinde MINITAB (Minitab Inc. USA, release 17.1) paket programından yararlanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmanın yem materyalini oluşturan yonca kuru otunun ham besin maddeleri içeriği Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Yonca kuru otunun ham besin maddeleri bileşimi

Besin maddeleri	Besin maddeleri bileşimi, g kg ⁻¹
Kuru madde	940.0
Ham kül	77.2
Ham protein	204.3
Ham yağ	33.5
NDF	401.6
ADF	298.8
ADL	52.3

NDF: Nötr deterjan lif; ADF: Asit deterjan lif; ADL: Asit deterjan lignin

Çizelge 1 incelendiğinde yonca kuru otunun, ham kül, ham protein, ham yağ, NDF, ADF ve ADL içerikleri sırasıyla; 77.2, 204.3, 33.5, 401.6, 298.8 ve 52.3 g kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Yonca kuru otunun ham besin maddeleri bileşimi Canbolat ve ark. (2013)'nin bildirdikleri besin maddeleri bileşimi ile benzer bulunmuştur.

Bazı Esansiyel Yağ ve Dozlarının *In Vitro* Gaz Üretimi Üzerine Etkisi

Esansiyel yağların yonca kuru otunun *in vitro* gaz üretimine etkisi saptanmış ve Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Bazı esansiyel yağ ve dozlarının *in vitro* gaz üretimi, mL

Etkiler		İnkübasyon süresi, saat						
		3	6	12	24	48	72	96
Esansiyel yağ	Sarımsak yağı	16.20 ^b	29.07 ^b	39.15 ^b	47.98 ^b	56.22 ^b	61.45 ^b	63.52 ^b
	Nane yağı	15.08 ^c	27.23 ^c	37.15 ^c	47.02 ^b	55.08 ^c	58.68 ^c	61.87 ^c
	Kekik yağı	14.35 ^c	26.55 ^c	35.35 ^d	43.82 ^c	55.76 ^{bc}	61.43 ^b	63.44 ^b
	Portakal yağı	17.46 ^a	33.64 ^a	44.78 ^a	57.19 ^a	64.01 ^a	68.35 ^a	70.12 ^a
	SH	0.214	0.283	0.280	0.268	0.263	0.261	0.244
		**	**	**	**	**	**	**
Doz	0	19.67 ^a	37.33 ^a	51.83 ^a	61.50 ^a	69.67 ^a	74.67 ^a	77.17 ^a
	200	17.88 ^b	32.15 ^b	42.50 ^b	53.10 ^b	62.08 ^b	67.90 ^b	69.79 ^b
	400	16.12 ^c	29.09 ^c	38.06 ^c	49.01 ^c	58.31 ^c	62.18 ^c	65.42 ^c
	800	13.60 ^d	24.90 ^d	33.60 ^d	43.44 ^d	52.15 ^d	56.52 ^d	58.19 ^d
	1200	11.60 ^e	22.15 ^e	29.54 ^e	37.96 ^e	46.64 ^e	51.12 ^e	53.11 ^e
	SH	0.239	0.316	0.313	0.300	0.294	0.292	0.273
		**	**	**	**	**	**	**
Esansiyel yağ x doz								
Sarımsak yağı	0	19.67 ^a	37.33 ^a	51.83 ^a	61.50 ^a	69.67 ^a	74.67 ^a	77.17 ^a
	200	18.67 ^a	28.17 ^{bc}	39.17 ^d	46.83 ^d	56.50 ^d	64.67 ^d	66.50 ^d
	400	16.83 ^{bc}	27.67 ^{bcd}	36.83 ^{def}	45.83 ^{def}	55.17 ^{de}	60.50 ^e	62.33 ^e
	800	14.50 ^{de}	26.17 ^{cde}	34.67 ^{fg}	44.50 ^{efg}	52.83 ^f	56.33 ^f	58.17 ^f
	1200	11.33 ^f	26.00 ^{cde}	33.25 ^g	41.25 ^{hi}	46.92 ^g	51.08 ^g	53.42 ^g
Nane yağı	0	19.67 ^a	37.33 ^a	51.83 ^a	61.50 ^a	69.67 ^a	74.67 ^a	77.17 ^a
	200	18.17 ^{ab}	35.17 ^a	45.83 ^c	55.67 ^b	64.17 ^b	67.83 ^c	70.17 ^c
	400	14.83 ^d	27.00 ^{bcd}	33.50 ^g	44.25 ^{fg}	53.00 ^{ef}	55.50 ^f	62.42 ^e
	800	11.50 ^f	20.00 ^f	29.25 ^h	39.25 ⁱ	47.50 ^g	50.83 ^g	53.42 ^g
	1200	11.25 ^{fg}	16.67 ^g	25.33 ⁱ	34.42 ^j	41.08 ^h	44.58 ⁱ	46.17 ⁱ
Kekik yağı	0	19.67 ^a	37.33 ^a	51.83 ^a	61.50 ^a	69.67 ^a	74.67 ^a	77.17 ^a
	200	15.50 ^{cd}	28.25 ^{bc}	36.00 ^{ef}	46.58 ^{de}	59.33 ^c	66.25 ^{cd}	68.00 ^d
	400	14.31 ^{de}	25.68 ^{de}	33.59 ^g	42.94 ^{gh}	56.73 ^d	60.58 ^e	63.10 ^e
	800	12.75 ^{ef}	24.25 ^e	32.33 ^g	39.83 ⁱ	51.58 ^f	57.42 ^f	59.17 ^f
	1200	9.50 ^g	17.25 ^g	23.00 ⁱ	28.25 ^k	41.50 ^h	48.25 ^h	49.75 ^h
Portakal yağı	0	19.67 ^a	37.33 ^a	51.83 ^a	61.50 ^a	69.67 ^a	74.67 ^a	77.17 ^a
	200	19.17 ^a	37.00 ^a	49.00 ^b	63.33 ^a	68.33 ^a	72.83 ^{ab}	74.50 ^b
	400	18.50 ^{ab}	36.00 ^a	48.33 ^b	63.00 ^a	68.33 ^a	72.17 ^b	73.83 ^b
	800	15.67 ^{cd}	29.17 ^b	38.17 ^{de}	50.17 ^c	56.67 ^d	61.50 ^e	62.00 ^e
	1200	14.31 ^{de}	28.68 ^b	36.59 ^{ef}	47.94 ^{cd}	57.06 ^d	60.58 ^e	63.10 ^e
SH	0.478	0.632	0.626	0.599	0.588	0.584	0.545	
		**	**	**	**	**	**	**

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.01**). SH: Standart hata ortalaması

Tüm esansiyel yağ ve dozları ile interaksiyon etkileri tüm inkübasyon süreleri boyunca önemli bulunmuştur ($P<0.01$). 96 saat inkübasyon süresince esansiyel yağlar için *in vitro* gaz üretim değerleri 61.87 ile 70.12 mL arasında değişmiştir. Gaz üretimi üzerine esansiyel yağların etkisi incelendiğinde 70.12 mL ile en yüksek gaz üretimi portakal yağında saptanmış, bunu sırasıyla; sarımsak, kekik ve nane yağı izlemiştir. Sarımsak ve kekik yağının *in vitro* gaz üretim değerleri arasında ise herhangi bir farklılık görülmemiştir ($P>0.05$). *In vitro* gaz üretiminde dozun artmasıyla birlikte azalma gerçekleşmiş ve en yüksek gaz üretimi 77.17 mL ile kontrol grubunda saptanmıştır. Gaz üretiminde en etkili doz 1200 mg L⁻¹ RS bulunmuştur (53.11 mL).

Esansiyel yağ ve dozlarının *in vitro* gaz üretimine etkisi incelendiğinde genel bağlamda kontrol grubuna göre inkübasyon süresi ve doz artışına bağlı olarak *in vitro* gaz üretim miktarında düşüş saptanmıştır ($P<0.01$). 96 saat sonunda *in vitro* gaz üretim değerleri 46.17 mL ile 77.17 mL arasında değişmiştir. İnteraksiyonun etkisi kontrol grubu ile karşılaştırıldığında *in vitro* gaz üretiminde azalma gerçekleşmiştir ($P<0.01$). Bu azalma kontrol grubuna göre (77.17 mL) sarımsak yağında 53.42 mL, kekik yağında 49.75 mL, portakal yağında 63.10 mL, nane yağında 46.17 mL olarak bulunmuştur. Sonuç olarak diğer yağlar ile karşılaştırıldığında en düşük gaz üretimi nane yağının 1200 mg L⁻¹ RS dozundan elde edilmiştir (46.17 mL).

Araştırmada kullanılan sarımsak, nane, kekik ve portakal yağının rumen sıvısına ilave edilmesi sonucunda *in vitro* gaz üretimini düşürmesinin esansiyel yağların yapısında bulunan bileşenlerin antimikrobiyel etki göstermesinden kaynaklandığı söylenebilir (Evans ve Martin 2000; Benchaar ve ark., 2007a; Calsamiglia ve ark., 2007; Benchaar ve Greathead 2011). Bununla birlikte esansiyel yağların yapısında bulunan bileşenlerin antimikrobiyel etkisi rumen mikroorganizmalarını baskı altına alarak sayılarının azalmasına yol açtığı bildirilmiştir (Newbold ve ark., 2004). Esansiyel yağların *in vitro* gaz üretiminde azaltıcı rol oynadığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Benchaar ve ark., 2007a; Benchaar ve ark., 2007b; Agarwal ve ark., 2009; Canbolat ve ark., 2011; Kamalak ve ark., 2011; Uzatıcı ve Canbolat 2019). Bu çalışmada elde edilen bulgular söz konusu araştırmacıların bulgularıyla uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Bazı Esansiyel Yağ ve Dozların Rumen Fermantasyonu Üzerine Etkileri

Bazı esansiyel yağların rumen fermantasyonu üzerine etkileri saptanmış ve Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Esansiyel yağ ve dozlarının *in vitro* rumen fermantasyonundaki uçucu yağ asidi miktarları

Esansiyel yağ		pH	NH ₃ -N	TUYA	AA	PA	BA	DUYA	AA/PA
Sarımsak yağı		6.06 ^{ab}	370.2	118.21 ^a	57.04 ^a	28.49 ^a	23.34 ^a	3.11 ^{ab}	2.00 ^b
Nane yağı		6.08 ^a	383.9	115.58 ^a	54.45 ^a	29.25 ^a	20.35 ^a	3.85 ^a	1.85 ^b
Kekik yağı		5.90 ^c	380.7	83.38 ^b	45.04 ^b	19.07 ^b	12.54 ^b	2.24 ^b	2.59 ^a
Portakal yağı		5.95 ^{bc}	394.4	125.12 ^a	60.23 ^a	30.15 ^a	22.36 ^a	4.13 ^a	1.97 ^b
SH		0.314	7.51	3.710	1.530	1.030	0.762	0.326	0.962
		**	ÖD	**	**	**	**	**	**
Doz	0	5.75 ^d	506.3 ^a	157.01 ^a	79.61 ^a	36.32 ^a	25.19 ^a	5.29 ^a	2.22
	200	5.93 ^c	401.1 ^b	127.70 ^b	62.67 ^b	30.02 ^b	22.34 ^a	4.23 ^{ab}	2.09
	400	6.02 ^{bc}	380.9 ^b	99.04 ^c	48.95 ^c	24.35 ^{bc}	17.85 ^b	2.63 ^{bc}	2.12
	800	6.16 ^a	316.1 ^c	90.59 ^{cd}	43.61 ^{cd}	23.13 ^c	17.58 ^b	2.09 ^c	2.04
	1200	6.13 ^{ab}	307.1 ^c	78.53 ^d	36.11 ^d	19.88 ^c	15.29 ^b	2.42 ^c	2.04
SH		0.351	8.40	4.150	1.710	1.160	0.852	0.365	0.108
		**	**	**	**	**	**	**	ÖD
Esansiyel yağ x doz									
Sarımsak yağı	0	5.75 ^{ef}	506.3	157.01 ^a	79.61 ^a	36.32 ^a	25.19 ^a	5.29	2.22 ^{abc}
	200	5.98 ^{cde}	355.8	131.27 ^{abc}	61.81 ^{abc}	32.13 ^{ab}	22.86 ^a	4.82	1.92 ^{abc}
	400	6.18 ^{abc}	368.8	105.93 ^{abc}	50.06 ^{cdef}	26.60 ^{abc}	22.63 ^a	2.22	1.88 ^{abc}
	800	6.21 ^{abc}	312.1	103.92 ^{bcd}	49.53 ^{cdef}	25.26 ^{abcd}	23.94 ^a	1.73	1.96 ^{abc}
	1200	6.16 ^{bc}	308.0	92.92 ^{bcde}	44.17 ^{cdefg}	22.13 ^{abcde}	22.11 ^a	1.50	2.00 ^{abc}
Nane yağı	0	5.75 ^{ef}	506.3	157.01 ^a	79.61 ^a	36.32 ^a	25.19 ^a	5.29	2.22 ^{abc}
	200	5.87 ^{def}	410.4	122.10 ^{abc}	60.14 ^{abc}	28.54 ^{ab}	22.99 ^a	3.48	2.11 ^{abc}
	400	5.99 ^{cde}	392.5	107.35 ^{abc}	51.24 ^{cde}	26.34 ^{abc}	20.28 ^a	3.17	1.95 ^{abc}
	800	6.35 ^{ab}	313.9	100.29 ^{bcd}	42.57 ^{cdefg}	28.51 ^{ab}	18.10 ^a	3.70	1.49 ^{bc}
	1200	6.45 ^a	296.5	91.15 ^{cde}	38.67 ^{defg}	26.55 ^{abc}	15.18 ^{ab}	3.58	1.46 ^c
Kekik yağı	0	5.75 ^{ef}	506.3	157.01 ^a	79.61 ^a	36.32 ^a	25.19 ^a	5.29	2.22 ^{abc}
	200	6.09 ^{bcd}	436.1	113.77 ^{abc}	55.79 ^{bcd}	26.41 ^{abc}	21.63 ^a	3.31	2.11 ^{abc}
	400	6.01 ^{cde}	346.9	53.35 ^{de}	33.11 ^{efg}	12.38 ^{cde}	5.72 ^b	0.71	2.73 ^{abc}
	800	5.96 ^{cdef}	306.2	48.34 ^c	29.91 ^{fg}	11.09 ^{de}	5.07 ^b	0.76	2.79 ^{ab}
	1200	5.70 ^f	307.8	44.45 ^e	26.79 ^g	9.14 ^e	5.08 ^b	1.14	3.08 ^a
Portakal yağı	0	5.75 ^{ef}	506.3	157.01 ^a	79.61 ^a	36.32 ^a	25.19 ^a	5.29	2.22 ^{abc}
	200	5.78 ^{ef}	402.0	143.67 ^{ab}	72.95 ^{ab}	32.99 ^{ab}	21.85 ^a	5.29	2.22 ^{abc}
	400	5.89 ^{def}	415.3	129.54 ^{abc}	61.41 ^{abc}	32.08 ^{ab}	22.78 ^a	4.43	1.91 ^{abc}
	800	6.12 ^{bcd}	332.3	109.80 ^{abc}	52.41 ^{bcd}	27.67 ^{ab}	23.20 ^a	2.17	1.90 ^{abc}
	1200	6.20 ^{abc}	316.2	85.60 ^{cde}	34.80 ^{defg}	21.69 ^{bcde}	18.80 ^a	3.44	1.61 ^{bc}
SH		0.702	16.80	8.290	3.420	2.310	1.700	0.730	0.215
		**	ÖD	**	**	**	**	ÖD	*

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.01**; P<0.05*). ÖD: Ortalamalar arasındaki farklılık önemli değildir. SH: Standart hata ortalaması. NH₃-N: Amonyak azotu (mg N L⁻¹) TUYA: Toplam uçucu yağ asitleri (mmol L⁻¹); AA: Asetik asit (mmol L⁻¹); PA: Propiyonik asit (mmol L⁻¹); BA: Bütirik asit (mmol L⁻¹); DUYA: Diğer uçucu yağ asitleri (mmol L⁻¹); AA/PA: Asetik asit/propiyonik asit

Çizelge 3’de görüldüğü gibi bazı esansiyel yağ ve dozlarının rumen pH’sı, TUYA ve AA/PA oranı üzerine olan etkileri önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Kullanılan esansiyel yağ ve interaksiyon $\text{NH}_3\text{-N}$ üretimi üzerine ise herhangi bir etkisi olmamıştır ($P>0.05$). Esansiyel yağ ve dozlarının rumen pH’sına etkisi 5.70 ile 6.45 arasında değişmiş olup rumen pH’sı kekik yağında azalırken kekik yağı dışındaki yağlarda artmıştır. En yüksek pH nane yağının 1200 mg L^{-1} RS dozunda (6.45) saptanırken, en düşük pH ise kekik yağının 1200 mg L^{-1} RS dozunda (5.70) saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre araştırmada kullanılan esansiyel yağ çeşidi ve dozlarına bağlı olarak rumen pH’sında artış görülmesi bazı araştırmacılar tarafından esansiyel yağ bileşenlerinin (karvakrol, timol, mentol, organik sülfürlü bileşikler vb.) antimikrobiyal etki göstermesi ile UYA miktarlarındaki azalma ile ilişkili olduğu bunun sonucunda da yemlerin sindirimini düşmesi ile açıklanmıştır (Busquet ve ark., 2006; Castillejos ve ark., 2006; Acamovic ve Brooker 2005; Fraser ve ark., 2007; Cobellis ve ark., 2016b; Joch ve ark., 2019; Uzatici ve Canbolat, 2019).

Esansiyel yağ ve dozlar arasında TUYA, AA, PA, BA, DUYA miktarları ve AA/PA üzerine olan etkiler istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.01$), buna karşılık esansiyel yağ dozlarının AA/PA üzerine etkiler arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir ($P>0.05$). Esansiyel yağların TUYA miktarlarına etkisi $44.35 \text{ mmol L}^{-1}$ ile $157.01 \text{ mmol L}^{-1}$ arasında, AA miktarı üzerine etkisi $26.79 \text{ mmol L}^{-1}$ ile $79.61 \text{ mmol L}^{-1}$ arasında, PA miktarı üzerine etkisi 9.14 mmol L^{-1} ile $36.32 \text{ mmol L}^{-1}$ arasında ve BA miktarı üzerine etkisi 5.07 mmol L^{-1} ile $25.19 \text{ mmol L}^{-1}$ değerleri arasında değişmiştir. Çizelge 3’e bakıldığında kekik esansiyel yağının 1200 mg L^{-1} RS dozunun uçucu yağ asidi miktarındaki azalma üzerine en etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Esansiyel yağların rumendeki AA/PA üzerine etkisi 1.46 ile 3.08 arasında değişmiştir.

Çizelge 3’e göre interaksiyonun rumen sıvısındaki AA/PA üzerine etkisi kontrol grubu (2.22) ile karşılaştırıldığında nane ve portakal yağları için azaltıcı, kekik yağı için artırıcı etki gösterirken ($P<0.05$), sarımsak yağı için kullanılan dozlar AA/PA üzerine herhangi bir değişim göstermemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonun AA/PA üzerine etkisi açısından en düşük değere nane yağının 1200 mg L^{-1} RS dozunda (1.46) saptanırken, en yüksek değer ise kekik yağının 1200 mg L^{-1} RS dozunda (3.08) saptanmıştır.

Esansiyel yağların ruminant beslemede kullanımı ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda rumen sıvısı parametrelerinden TUYA, AA, PA, BA ve DUYA’leri esansiyel yağ ve dozlarına bağlı olarak azalması, esansiyel yağların antimikrobiyal özellik göstererek rumen mikroorganizma popülasyonunun etkinliğinin sınırlanmasından kaynaklandığı söylenebilir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, Evans ve Martin (2000), Canbolat (2006), Castillejos ve ark., (2006), Koyuncu ve Canbolat (2010) ile Cobellis ve ark., (2016b)’nın yapmış olduğu çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

Esansiyel Yağ ve Dozlarının Karbondioksit (CO_2) ve Metan (CH_4) Üretimi Üzerine Etkisi

Bazı esansiyel yağların CO_2 ve CH_4 üretimine etkisi saptanmış ve Çizelge 4’te verilmiştir. CO_2 üretimi $23.31 \text{ mmol L}^{-1}$ ile $86.67 \text{ mmol L}^{-1}$ arasında değişmiştir. Kullanılan esansiyel yağ ve doz miktarının miktarına bağlı olarak CO_2 üretimi önemli düzeyde azalmıştır ($P<0.01$). En düşük CO_2 üretimi $23.31 \text{ mmol L}^{-1}$ değeri ile kekik yağının 1200 mg L^{-1} RS dozunda görülmüştür. Esansiyel yağ ve dozlara bağlı olarak CH_4 üretimi $13.65 \text{ mmol L}^{-1}$

¹ ile 43.32 mmol L⁻¹ arasında değişmiştir. Buna göre CH₄ üretimi kontrol grubu ile karşılaştırıldığında önemli derecede azaldığı görülmektedir (P<0.05). Metan üretiminde azalma en düşük kekik yağının 1200 mg L⁻¹ RS dozunda (13.65 mmol L⁻¹) saptanırken, bunu sırasıyla nane (20.29 mmol L⁻¹), portakal (21.38 mmol L⁻¹) ve sarımsak (27.61 mmol L⁻¹) yağları izlemiştir. Bu bulgulara göre CH₄ üretimi üzerine en azaltıcı etkiyi kekik yağının 1200 mg L⁻¹ RS dozu göstermiştir. Busquet ve ark., (2006) ile Benchaar ve Greathead (2011) gibi araştırmacılar metanojenik bakterilerin yemlerin rumende fermentasyonu sonucu oluşan UYA ve H⁺ iyonlarını kullanarak rumende CO₂ ve CH₄ gazı ürettiğini bildirmişlerdir. Araştırmada esansiyel yağ ve farklı dozları CO₂ ve CH₄ üretimini azaltmıştır. Esansiyel yağların bu parametreleri azaltması Busquet ve ark., (2006) ile Benchaar ve Greathead (2011)'in bildirdikleri gibi esansiyel yağların antimikrobiyel özelliklerinden dolayı rumende metanojenik bakterileri baskılaması ile açıklanabilir. Metan üretimindeki azalma kontrol grubu ile karşılaştırıldığında (43.32 mmol L⁻¹) en fazla kekik yağında (13.65 mmol L⁻¹) olmuş, bunu nane, portakal ve sarımsak yağları izlemiştir. Bunun sonucunda rumen sıvısında UYA ile birlikte CO₂ ve CH₄ gazı üretimi de azalmıştır. Bu araştırma bulguları daha önce esansiyel yağlar ile çalışan Benchaar ve Greathead (2011), Canbolat (2012), Cobellis ve ark., (2016b) ve Joch ve ark., (2019) ile uyum içerisinde bulunmuştur.

Çizelge 4. Bazı Esansiyel yağların karbondioksit (CO₂) ve Metan (CH₄) üretimine etkisi, mmol L⁻¹

Esansiyel yağ		CO ₂	CH ₄	
Sarımsak yağı		70.66 ^a	33.07 ^a	
		65.06 ^a	30.08 ^a	
		46.10 ^b	24.02 ^b	
		71.20 ^a	33.76 ^a	
		2.030	0.864	
	<i>SH</i>	**	**	
Doz	0	86.67 ^a	43.32 ^a	
	200	72.34 ^b	35.00 ^b	
	400	57.34 ^c	27.32 ^c	
	800	53.95 ^{cd}	24.81 ^{cd}	
	1200	45.96 ^d	20.73 ^d	
		<i>SH</i>	2.270	0.966
		**	**	
Esansiyel yağ x doz				
	Sarımsak yağı	0	86.67 ^a	43.32 ^a
		200	73.23 ^{abc}	34.31 ^{abc}
		400	65.62 ^{abc}	29.69 ^{bcd}
		800	66.99 ^{abc}	30.42 ^{bcd}
		1200	60.78 ^{abc}	27.61 ^{bcd}
Nane yağı		0	86.67 ^a	43.32 ^a
		200	71.69 ^{abc}	34.43 ^{abc}
		400	62.62 ^{abc}	29.17 ^{bcd}
		800	55.56 ^{bcd}	23.21 ^{cdef}
		1200	48.74 ^{cde}	20.29 ^{def}
Kekik yağı		0	86.67 ^a	43.32 ^a
		200	66.95 ^{abc}	32.11 ^{abcd}
		400	28.23 ^{de}	16.32 ^{ef}
		800	25.34 ^e	14.72 ^f
		1200	23.31 ^e	13.65 ^f
Portakal yağı		0	86.67 ^a	43.32 ^a
		200	77.50 ^{ab}	39.15 ^{ab}
		400	72.89 ^{abc}	34.08 ^{abc}
		800	67.92 ^{abc}	30.88 ^{bcd}
		1200	51.02 ^{bcd}	21.38 ^{def}
		<i>SH</i>	4.540	1.930
		**	*	

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.01**, P<0.05*). SH: Standart hata ortalaması. CO₂: Karbondioksit; CH₄: Metan

Ruminantların beslenmesinde CH₄ üretimini azaltması yemin enerjisinden yararlanmak için önemli bir unsurdur. Araştırmacılar ruminantların yemden sağladıkları enerjinin yaklaşık %2 ile %12 arasındaki kaybın CH₄ gazından kaynaklandığını ortaya koymuşlardır (Johnson ve Johnson 1995; Boadi ve ark., 2004). Buna ek olarak bu gazlar küresel ısınmanın oluşumuna da neden olmaktadır (Benchaar ve Greathead, 2011). Tüm CH₄ salınımının % 18'inin ruminant hayvanlar tarafından kaynaklandığı bildirilmiştir (Hu ve ark., 2005; Steinfeld ve ark., 2006). Buna göre küresel ısınmaya etkisi açısından ruminant hayvanlardan kaynaklanan bu oranı biraz daha indirmek amacıyla esansiyel yağlardan yararlanmak doğru bir tercih olabilir. Çalışmada CH₄ üretiminin azalmasında tüm esansiyel yağ ve dozları (200, 400, 800 mg L⁻¹ RS) etkili olmuş, bunlar arasında ise en etkili dozun 1200 mg L⁻¹ RS olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar daha önce kekik yağıyla çalışan Evans ve Martin (2000) ve Macheboeuf ve ark., (2008), sarımsak yağı ile çalışan Busquet ve ark., (2005), Benchaar ve Greathead (2011) ve Uzaticı ve Canbolat (2019) araştırmacıları ile uyum içerisinde bulunmuştur. Chaves ve ark., (2008) ise sarımsak yağının 100 ve 250 mg L⁻¹ RS dozunun *in vitro* CH₄ üretimini UYA üretimini etkilemeden azalttığını bildirmişlerdir.

Bazı Esansiyel Yağların Yonca Kuru Otunun Metabolik Enerji, Organik Madde Sindirim Derecesi, Kuru Madde Sindirim Derecesi ve Ham Protein Sindirim Derecesine Etkisi

Bazı esansiyel yağların yonca kuru otunun ME, OMSD, KMSD ve HPSD'ne etkileri saptanmış ve Çizelge 5'de verilmiştir.

Esansiyel yağlar yonca kuru otunun ME ve OMSD üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.01). Esansiyel yağ ve dozlarının YKO'nun ME ve OMSD'ne etkisi incelendiğinde kontrol grubuna göre incelenen parametrelerde azalma gözlenmiştir. Bu azalma OMSD üzerine portakal yağında %57.65, sarımsak yağında %51.99, nane yağında %46.21 ve kekik yağında %41.00 şeklinde, ME değerleri ise portakal yağında 8.83 MJ kg⁻¹ KM, sarımsak yağında 7.92 MJ kg⁻¹ KM, nane yağında 6.99 MJ kg⁻¹ KM ve kekik yağında 6.15 MJ kg⁻¹ KM şeklinde gerçekleşmiştir. Esansiyel yağlar arasında portakal yağının 200 mg L⁻¹ RS ve 400 mg L⁻¹ RS dozları kontrol grubuyla ME ve OMSD üzerine aynı etkiyi vermiştir. Bu esansiyel yağlardan kekik yağı ME ve OMSD'ni en fazla olumsuz etkileyen yağ olmuştur.

Araştırma sonucunda elde edilen ME ve OMSD düzeyinin kullanılan esansiyel yağ çeşidi ve dozlarına bağlı olarak düştüğü belirlenmiştir. Bu düşüşün nedeninin, esansiyel yağların rumendeki mikroorganizmaların işlevini azaltması sonucu rumen fermantasyonunu baskılamasından dolayı olduğu söylenebilir. Nitekim Benchaar ve ark., (2007a), Calsamiglia ve ark., (2007), Garcia ve ark., (2007), Benchaar ve Greathead (2011) ve Canbolat ve ark., (2011)'in bulguları bu sonuçları desteklemektedir. Friedman ve ark., (2002), Agarwal ve ark., (2009), Benchaar ve Greathead, (2011), Canbolat ve ark., (2011) ve Uzaticı ve Canbolat (2019) esansiyel yağ asitlerinin anti mikrobiyal özellik göstererek rumen ortamını değiştirdiğini ve rumende oluşan UYA ile gaz üretimini düşürdüğünü bildirmişlerdir. *In vitro* gaz üretimi sonuçlarında olduğu gibi, *in vitro* gaz üretimi verileri kullanılarak saptanan ME ve OMSD'nin azalmasına yol açmıştır. Çizelge 5 incelendiğinde kekik yağının diğer

esansiyel yağ çeşitlerine göre yonca kuru otunun ME ve OMSD'ni daha fazla azalttığı sonucuna varılmıştır. Dozlar karşılaştırıldığında en etkili doz 1200 mg L⁻¹ RS olmuştur.

Çizelge 5'e göre esansiyel yağ ve dozlarının KMSD üzerine etkileri ise % 49.95 ile % 73.25 değerleri arasında değişmiştir. Kullanılan esansiyel yağ ve farklı dozlarına bağlı olarak KMSD kontrol grubuna (% 64.15) göre önemli düzeyde azalmıştır (P<0.01). Ancak bu durum nane, sarımsak ve portakal yağlarının 200 mg L⁻¹ RS dozları için kontrol grubuna (% 64.15) göre KMSD'ni artırıcı olmuştur. Bu artış en yüksek % 73.25 ile nane yağında saptanmış, bunu sırasıyla % 70.55 ile portakal yağı ve % 67.01 ile sarımsak yağı izlemiştir. Buna karşılık kekik yağının bütün dozları KMSD'ni azaltmıştır. Esansiyel yağ ve dozlarının HPSD üzerine etkileri % 62.39 ile % 85.36 arasında değişmiştir. Kullanılan esansiyel yağ ve farklı dozlarına bağlı olarak HPSD kontrol grubuna (% 85.30) göre önemli düzeyde azalmıştır (P<0.01). Portakal yağının 400 mg L⁻¹ RS dozu ise % 85.36 ile kontrol grubu ile aynı etkide bulunmuştur (P>0.05). Esansiyel yağ ve dozları içerisinde nane yağı % 62.39 ile HPSD düzeyini en olumsuz etkileyen yağ olmuştur.

Çizelge 5. Esansiyel yağ ve dozların ME (MJ kg⁻¹ KM), OMSD (%), KMSD (%) ve HPSD (%) sindirimi içerikleri.

Esansiyel yağ		ME	OMSD	KMSD	HPSD	
Sarımsak yağı		8.83 ^b	57.68 ^b	60.59 ^b	73.12 ^c	
	Nane yağı	8.70 ^b	56.86 ^b	66.93 ^a	74.32 ^c	
	Kekik yağı	8.27 ^c	54.16 ^c	55.59 ^c	78.79 ^b	
	Portakal yağı	10.08 ^a	65.46 ^a	65.24 ^a	83.16 ^a	
	SH	0.363	0.227	0.533	0.805	
		**	**	**	**	
Doz	0	10.67 ^a	69.11 ^a	64.15 ^b	85.30 ^a	
	200	9.53 ^b	62.01 ^b	66.68 ^a	79.69 ^b	
	400	8.97 ^c	58.55 ^c	64.51 ^{ab}	78.15 ^b	
	800	8.22 ^d	53.84 ^d	58.15 ^c	78.83 ^c	
	1200	7.47 ^e	49.21 ^e	56.94 ^c	70.78 ^c	
	SH	0.405	0.253	0.596	0.900	
		**	**	**	**	
Esansiyel yağ x doz	Sarımsak yağı	0	10.67 ^a	69.11 ^a	64.15 ^{de}	85.30 ^a
		200	8.67 ^d	56.71 ^d	67.01 ^{bcd}	76.39 ^{cd}
		400	8.54 ^{def}	55.87 ^{def}	60.49 ^{efgh}	70.69 ^{de}
		800	8.36 ^{efg}	54.74 ^{efg}	56.36 ^{fghi}	68.43 ^{ef}
		1200	7.92 ^{hi}	51.99 ^{hi}	54.96 ^{hij}	64.81 ^{ef}
	Nane yağı	0	10.67 ^a	69.11 ^a	64.15 ^{de}	85.30 ^a
		200	9.88 ^b	64.18 ^b	73.25 ^a	80.36 ^{abc}
		400	8.32 ^{fg}	54.53 ^{fg}	71.32 ^{ab}	78.01 ^{bc}
		800	7.65 ⁱ	50.30 ⁱ	64.82 ^{cde}	65.54 ^{ef}
		1200	6.99 ^j	46.21 ^j	61.10 ^{defg}	62.39 ^f

Çizelge 5. devamı

Kekik yağı	0	10.67 ^a	69.11 ^a	64.15 ^{de}	85.30 ^a
	200	8.64 ^{de}	56.50 ^{de}	55.92 ^{fighj}	77.65 ^{bc}
	400	8.15 ^{gh}	53.42 ^{gh}	55.37 ^{ghj}	78.52 ^{abc}
	800	7.73 ⁱ	50.79 ⁱ	52.54 ^{ij}	76.52 ^{cd}
	1200	6.15 ^k	41.00 ^k	49.95 ^j	75.93 ^{cd}
Portakal yağı	0	10.67 ^a	69.11 ^a	64.15 ^{de}	85.30 ^a
	200	10.91 ^a	70.66 ^a	70.55 ^{abc}	84.34 ^{ab}
	400	10.87 ^a	70.38 ^a	70.86 ^{abc}	85.36 ^a
	800	9.13 ^c	59.52 ^c	58.87 ^{efgh}	80.85 ^{abc}
	1200	8.83 ^{cd}	57.65 ^{cd}	61.76 ^{def}	79.96 ^{abc}
	SH	0.811	0.507	1.190	1.800
		**	**	**	**

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0.01^{**}$). SH: Standart Hata Ortalaması.

ME: Metabolik enerji; OMSD: Organik madde sindirilme derecesi; KMSD: Kuru madde sindirilme derecesi; HPSD: Ham protein sindirilme derecesi

Bu araştırmadan elde edilen bulgular kekik yağı haricindeki esansiyel yağların düşük dozlarının (200 ve 400 mg L⁻¹ RS) kullanılması şartıyla yemlerin KMSD ve HPSD üzerine olumlu etkide bulunduğunu göstermiştir. Reuter ve ark., (1996), Busquet ve ark., (2006) ve Bodas ve ark., (2008) esansiyel yağ çeşitlerinin yüksek dozlarda kullanımının antimikrobiyal aktiviteleri sebebiyle rumende mikrobiyal fermantasyonun değişmesine neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum esansiyel yağ bileşenlerinin antimikrobiyal etkisinin rumendeki mikroorganizmalara etki ederek yemlerin enerji ve sindirim değerlerini düşürmesi ile açıklanmıştır (Kamel 2000, Cardozo ve ark., 2005; Busquet ve ark., 2004; Busquet ve ark., 2006). Bu araştırmanın sonuçları doğrultusunda sarımsak, nane ve portakal yağlarının yüksek dozlarının (800 ve 1200 mg L⁻¹ RS) yemlerin KMSD ve HPSD düşürdüğü belirlenmiştir. Bulgular kekik yağı ve kullanılan bütün dozları için yemlerin sindirimini düşürdüğünü ortaya çıkarmıştır. Bunun nedeninin kekik esansiyel yağının ana bileşenlerini oluşturan Timol ve Karvakrolün (Dorman ve Deans 2000) diğer esansiyel yağ bileşenlerine kıyasla rumen mikroorganizmalarına daha fazla antimikrobiyal etki göstermesi (Helander ve ark., 1998; Dorman ve Deans 2000; Walsh ve ark., 2003) sonucunda daha düşük sindirilebilirliğe yol açması ile açıklanabilir.

Sonuç

Sonuç olarak, rumen sıvısına artan dozlarda sarımsak, nane, kekik ve portakal yağı ilavesi başta *in vitro* gaz üretimini, yemlerin OMSD, KMSD ve HPSD, ME düzeylerini önemli düzeyde azaltmıştır ($P<0.01$). Gözlenen bu durum, rumen pH'sı dışında rumen sıvısı metabolitleri ve fermantasyon ürünlerini azaltıcı yönde etkilemiştir. Araştırmada incelenen bütün parametrelerdeki azalma üzerine en etkili olan esansiyel yağların kekik ve nane olduğu, bunları sırasıyla sarımsak ve portakal yağlarının izlediği saptanmıştır. Esansiyel yağ dozlarından en

etkilisi ise 1200 mg L⁻¹ RS olmuştur. Araştırmadan elde edilen bulgular, bu konuyla ilgili diğer araştırmacıların yapmış oldukları bulgular ile beraber değerlendirildiğinde, esansiyel yağ dozlarının düşük miktarda kullanılması koşuluyla ruminant hayvanlardaki verim performansını olumsuz yönde etkilemeyeceği sonucuna varılmıştır. Esansiyel yağların ruminant beslemede kullanımıyla ilgili çalışmalarda son yıllarda artış olmasına rağmen, konu halen yeterince aydınlatılamamıştır. Bu konudaki çalışmaların çoğunun *in vitro* koşullarda yürütülmüş olmasından dolayı konunun aydınlatılabilmesi adına daha çok sayıda *in vitro* ve *in vivo* çalışmalara gereksinim vardır.

Kaynakça

- Agarwal, N., Shekhar, C., Kumar, R., Chaudhary, L.C. and Kamra, D.N. 2009. Effect of peppermint (*Mentha piperita*) oil on *in vitro* methanogenesis and fermentation of feed with buffalo rumen liquor. *Animal Feed Science and Technology*, 148: 321-327.
- Anonim, 2019. *In vitro* true digestibility using the Daisy incubator. <https://www.ankom.com/product-catalog/daisy-incubator>. (01.12.2019).
- AOAC, 1990. Official methods of analysis. 16th. ed. Arlington, VA. U.S.A.
- Benchaar, C. and Greathead, H. 2011. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 166–167: 338-355.
- Benchaar, C., Chaves, A.V., Fraser, G.R., Wang, Y., Beauchemin, K.A. and McAllister, T.A. 2007b. Effects of essential oils and their components on *in vitro* rumen microbial fermentation. *Canadian Journal of Animal Science*, 87: 413-419.
- Benchaar, C., Petit, H.V., Berthiaume, R., Ouellet D.R., Chiquette, J. and Chouinard, P.Y. 2007a. Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. *Journal of Dairy Science*, 90: 886–897.
- Blümmel, M., Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1997. In Vitro Gas Production- A Technique Revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 77: 24-34.
- Blümmel, M., Makkar, H.P.S. and Becker, K. 1998. The *in vitro* gas production characteristics of whole roughage versus extracted neutral-detergent fibre and their implications for analysing the fermentation of cell solubles by a differential approach: *In vitro* techniques for measuring nutrient supply to ruminants, Eds.: Deaville, E.R., Owen, E., Adesogan, A.T., Rymer, C., Huntington, J.A., Lawrence, T.L.J., BSAS No. 22, Edingburgh, pp: 85-88.
- Boadi, D., Benchaar, C., Chiquette, J. and Masse, D. 2004. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. *Canadian Journal of Animal Science*, 84: 319-335.

- Bodas, R., Lopez, S., Fernandez, M., Garcia-Gonzalez, R., Rodriguez, A.B., Wallace, R. J. and Gonzalez, J.S. 2008. In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 145: 245-258.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A. and Kamel, C. 2004. Effects of different doses of plant extracts on rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 87(1): 213.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A. and Kamel, C. 2006. Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 89(2): 761-771.
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Carro, M.D. and Kamel, C. 2005. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 88: 4393-4404.
- Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P.W., Castillejos, L. and Ferret, A. 2007. Essential oils for modifying rumen fermentation. *A review. Journal of Dairy Science*, 90: 2580-2595.
- Calsamiglia, S., Castillejos, L. and Busquet, M. 2006. Alternatives to antimicrobial growth promoters in cattle: Recent Advances in Animal Nutrition, Eds.: Garnsworthy, P.C., Wiseman, J., Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp: 129-167.
- Canbolat Ö. 2012. Bazı esansiyel yağların in vitro sindirim, rumen fermantasyonu ve metan gazı üretimi üzerine etkileri. *Iğdir University Journal of the Institute of Science & Techology*, 2(1): 91-98.
- Canbolat, Ö. 2006. Seçmeli yemlemenin kuzularda besi performansı, karkas özellikleri, bazı rumen sıvısı ve kan parametreleri üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, Uludağ Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni Anabilim Dalı, Bursa.
- Canbolat, Ö., Kalkan, H., Karaman, Ş. ve Filya İ. 2011. Esansiyel yağların sindirim, rumen fermantasyonu ve mikrobiyal protein üretimi üzerine etkileri. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 17 (4): 557-565.
- Canbolat, Ö., Kara, H. ve Filya, İ. 2013. Bazı Baklagil Kaba Yemlerinin *in Vitro* Gaz Üretimi, Metabolik Enerji, Organik Madde Sindirimi ve Mikrobiyal Protein Üretimlerinin Karşılaştırılması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 71-81.
- Cardozo, P.W., Calsamiglia, S., Ferret, A. ve Kamel C. 2005. Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on in vitro rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. *Journal of Animal Science*, 83: 2572- 2579.
- Castillejos, L., Calsamiglia, S. and Ferret, A. 2006. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *Journal of Dairy Science*, 89: 2649-2658.
- Castillejos, L., Calsamiglia, S. and Ferret, A. 2006. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *Journal of Dairy Science*, 89: 2649-2658.
- Castillejos, L., Calsamiglia, S., Ferret, A. and Losa, R. 2005. Effects of a specific blend of essential oil compounds and the type of diet on rumen microbial fermentation and nutrient flow from a continuous culture system. *Animal Feed Science and Technology*, 119: 29-41.

- Castillejos, L., Calsamiglia, S., Ferret, A. and Losa, R. 2007. Effects of dose and adaptation time of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. *Animal. Feed Science and Technology*, 132: 186-201.
- Chaves A.V., He, M.L., Yang ,W.Z., Hristov, A.N., McAllister, T.A. and Benchaar, C. 2008. Effects of essential oils on proteolytic, deaminative and methanogenic activities of mixed ruminal bacteria. *Canadian Journal of Animal Science*, 88: 117-122.
- Cobellis, G., Trabalza-Marinucci, M. and Yu Z. 2016b. Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: a review. *Sci. Total Environ.*, 545-546, 556-568.
- Cobellis, G., Trabalza-Marinucci, M., Marcotullio, M.C. and Yu, Z. 2016a. Evaluation of different essential oils in modulating methane and ammonia production, rumen fermentation and rumen bacteria in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 215: 25-36.
- Dorman, H.J.D. and Deans, S.G. 2000. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of Applied Microbiology*, 88: 308-316.
- Erwin, E.S., Marco, G.J. and Emery, E.M. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, 41: 1768-1770.
- Friedman, M., Henika, P.R. and Mandrell, R.E. 2002. Bactericidal activities of plant essential oils and some of their isolated constituents against *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella enterica*. *Journal of Food Protection*, 65: 1545-1560.
- Garcia, V., Catala-Gregori, P., Madrid, J., Hernandez, F., Megias, M.D. and Andrade-Montemayor, H.M., 2007. Potential of carvacrol to modify in vitro rumen fermentation as compared with monensin. *Animal*, 1(5): 675-680.
- Gershenzon, J. and Croteau, R. 1991. Terpenoids: Herbivores: Their interactions with secondary plant metabolites, Eds.: Rosenthal G.A., Berenbaum M. R., Vol. 1. Academic Press, San Diego, CA, pp: 165-219.
- Getachew, G., Makkar, H.P.S. and Becker, K. 2000. Stoichiometric relationship between short chain fatty acid and in vitro gas production in presence and absence of polyethylene glycol for tannin containing browses. EAAP Satellite Symposium, Gas production: fermentation kinetics for feed evaluation and to assess microbial activity, 18-19 August, Wageningen, The Netherlands.
- Helander, I.M., Alakomi, H., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E.J., Gorris, L.G.M. and Wright, A. 1998. Characterization of the action of selected essential oil components on gram negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 3590-3595.
- Hili, P., Evans, C.S. and Veness, R.G. 1997. Antimicrobial action of essential oils: The effect of dimethylsulphoxide on the activity of cinnamon oil. *Letters in Applied Microbiology*, 24: 269-275.
- Hu, W., Wu, Y., Liu, J., Guo, Y. and Ye, J., 2005. Tea saponins in vitro fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Journal of Zhejiang University Science B*, 6(8): 782-792.

- Joch M., V. Kudrnaa, V., Haklc, J., Bo žikd, M., Homolkaa, P., Illeka, J., Tyrolováa, T. and Výbornáa, A. 2019. *In vitro* and *in vivo* potential of a blend of essential oil compounds to improve rumen fermentation and performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 251. 176-186.
- Johnson, K.A. and Johnson, D.E. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73: 2483-2492.
- Kamalak, A., Atalay, A.I., Özkan, C.O., Tatlhyer, A. and Kaya, E. 2011. Effect of essential orange (*Citrus sinensis* L.) oil on rumen microbial fermentation using *in vitro* gas production technique. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(4): 764-769.
- Kamel, C. 2000. A novel look at a classic approach of plant extracts. *Feed Mix*, pp: 19-21.
- Kıvanç, M. and Akgül, A. 1986. Antibacterial activities of essential oils from Turkish spices and citrus. *Flavour and Fragrance Journal*, 1: 175-179.
- Koyuncu, M. and Canbolat, Ö. 2010. Effect of carvacrol on intake, rumen fermentation, growth performance and carcass characteristics of growing lambs. *Journal of Applied Animal Research*, 38: 245-248.
- Langhout, P. 2000. New additives for broiler chicks. *World Poultry-Elsevier*, (16):22-27.
- Lee, K.G. and Shibamoto, T. 2002. Determination of antioxidant potential of volatile extracts isolated from various herbs and spices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 4947-4952.
- Lee, K.W., Evertsad, H. and Beynen, A.C. 2004. Essential oils in broiler nutrition. *International Journal of Poultry Science*, 3(12): 738-752.
- Macheboeuf, D., Morgavi, D.P., Papon, Y., Mousset, J.L. and Arturo-Schaan, M. 2008. Dose–response effects of essential oils on *in vitro* fermentation activity of the rumen microbial population. *Animal Feed Science and Technology*, 145: 335-350.
- Makkar, H.P.S. 2005. *In vitro* gas methods for evaluation of feeds containing phytochemicals. *Animal Feed Science and Technology*, 123-124: 291-302.
- McIntosh, F.M., Newbold, C.J., Losa, R., Williams, P. and Wallace, R.J. 2000. Effects of essential oils on rumen fermentation. *Reproduction, Nutrition and Development*, 40: 221. (Abstract)
- Menke, K.H. and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28: 9-55.
- Newbold, C.J., McIntosh, F.M., Williams, P., Losa, R. and Wallace, R.J. 2004. Effect of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 114: 105-112.
- Paster, N., Menasherov, M., Ravid, U. and Juven, B. 1995. Antifungal activity of oregano and thyme essential oils applied as fumigants against fungi attacking stored grain. *Journal of Food Protection*, 58: 81-85.
- Reuter, H. D., Koch, J. P. and Lawson, L. 1996. Therapeutic effects and applications of garlic and its preparations: Garlic: The science and therapeutic application of *Allium sativum* L. and related species, Eds.: Koch, H.P., Lawson, L.D., Baltimore, MD, pp: 135-212.

- Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hras, A.R., Simonic, M. and Knez, Z. 2005. phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89: 191-198.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. and De Haan, C. 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Italy, Rome.
- Tassou, C., Koutsoumanis, K. and Nychas, G.J.E. 2000. Inhibition of *Salmonella enteritidis* and *Staphylococcus aureus* in nutrient broth by mint essential oil. *Food Research International*, 33: 273-280.
- Uzatici, A. ve Canbolat, Ö. 2019. Farklı sarımsak yağı dozlarının, korunga otunun *in vitro* gaz üretimi, rumen fermantasyonu ve metan üretimi üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 66, 289-296.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. D. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animals nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Wallace, R.J., McEwan, N.R., McIntosh, M., Teferedegne, B. and Newbold C. J. 2002. Natural products as manipulators of rumen fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(10): 1458–1468.
- Walsh, S.E., Maillard, J.Y., Russell, A.D., Catrenich, C.E., Charbonneau, D.L. and Bartolo, R.G. 2003. Activity and mechanisms of action of selected biocidal agents on gram positive and negative bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 94: 240–427.
- Wiedmeier, R.D., Arambell, M.J. and Walters, J.L. 1987. Effect of orally administered pilocarpine on ruminal characteristics and nutrient digestibility in cattle. *Journal of Dairy Science*, 70: 284-289.

