



Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 3 - Sayı 1: 56-60 / Ocak 2020

(Volume 3 - Issue 1: 56-60 / January 2020)

RUMİNANT HAYVAN BESLEMEDE KULLANILAN BAZI KABA VE KESİF YEMLERİN İN VİTRO GAZ ÜRETİMİNİN, METAN ÜRETİMİNİN, SİNDİRİM DERECESİNİN VE MİKROBİYAL PROTEİN ÜRETİMİNİN BELİRLENMESİ

Çağrı Özgür ÖZKAN^{1*}, Tugba CENGİZ¹, Mehmet YANIK¹, Salih EVLİCE¹, Bilal SELÇUK¹, Büşra CEREN¹, Adem KAMALAK¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 46100, Kahramanmaraş, Türkiye

Gönderi: 08 Kasım 2019; **Kabul:** 22 Kasım 2019; **Yayınlanma:** 01 Ocak 2020

(Received: November 08, 2019; **Accepted:** November 22, 2019; **Published:** January 01, 2020)

Özet

Bu çalışmanın amacı ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı kaba ve kesif yemlerin in vitro gaz üretimlerinin, metan üretimlerini, gerçek sindirim derecelerini (GSD) ve mikrobiyal protein(MP) üretimlerini belirlemektir. Yemlerin gaz üretim değerleri 68,2 ile 137,9 ml arasında değişmiş olup en yüksek gaz üretim değerine arpa danesinde en düşük değere buğday samanında rastlanmıştır. Yemlerin metan üretim değerleri 10,9 ile 20,9 ml arasında değişmiş olup en yüksek metan üretim değerine soya fasulyesi küspesi (SFK), buğday ve arpa danelerinde en düşük değere ise buğday samanında rastlanmıştır. Yemlerin gerçek sindirilebilir kuru madde miktarları (GSKM) 187,0 ile 431,4 mg arasında değişmiş olup en yüksek değere SFK en düşük değere ise buğday samanında rastlanmıştır. Yemlerin GSD değerleri % 39,6 ile 92,1 arasında değişmiş olup en yüksek değere buğdaygil daneleri ve SFK düşük değere ise buğday samanı sahip olmuştur. Yemlerin taksimat faktörü (PF) değerleri 2,7 ile 4,0 arasında değişmiş olup en yüksek PF değerine SFK en düşük değere ise buğday samanı sahip olmuştur. Yemlerin MP değerleri 36,9 ile 197,8 mg arasında değişmiş olup en yüksek değere SFK en düşük değere ise buğday samanı sahip olmuştur. Yemlerin mikrobiyal protein sentezleme etkinliği(MPSE) değerleri %19,7 ile 47,2 arasında değişmiş olup en yüksek değere küspeler sahip olurken en düşük değere ise buğday samanı sahip olmuştur. Yemlerin hücre duvarını oluşturan unsurlar (NDF ve ADF) ile gaz üretimi, metan (ml), GSKM ve GSD arasında negatif ilişki bulunmuştur. Hücre duvarını oluşturan unsurlar artmasıyla birlikte gaz üretimi, metan üretimi (ml), GSKM ve GSD azalmıştır. Diğer taraftan yemlerin ham protein içeriği ile metan üretimi (%), PF, MP ve MPSE arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Yem, Gaz üretimi, Metan, Sindirim derecesi, Mikrobiyal protein


Determination of In Vitro Gas Production, Methane Production, Digestibility and Microbial Protein Production of Some Forages and Concentrates Used in Ruminant Animal


Abstract: The aim of the current experiment was to determine in vitro gas production, methane production, digestibility and microbial protein production of some forage and concentrate used in ruminant animal. Gas production of feedstuffs ranged from 68.2 to 137.9 ml with barley grain having the highest gas production and wheat straw having the lowest gas production. Methane production of feedstuffs ranged from 10.9 to 20.9 ml with soybean meal, wheat and barley grain having the highest methane production and wheat straw having the lowest methane production. True digestible dry matter ranged from 187.0 to 431.4 mg with soybean meal having the highest value and wheat straw having the lowest value. True dry matter digestibilities of feedstuffs ranged from 39.6 to 92.1 % with cereal grain and soybean meal having the highest value and wheat straw having the lowest value. Partitioning factors of feedstuffs ranged from 2.7 to 4.0 and with soybean meal having the highest value and wheat straw having the lowest value. Microbial protein production of feedstuffs ranged from 36.9 to 197.8 mg with soybean meal having the highest value and wheat straw having the lowest value. Microbial protein production efficiencies of feedstuffs ranged from 19.7 to 47.2 % with protein sources having the highest value and wheat straw having the lowest value. Cell wall contents of feedstuffs were negatively correlated with gas production and methane production (ml), true digestible dry matter and true digestibility of dry matter. Gas production and methane production, true digestible dry matter and true digestibility of dry matter were decreased with increasing of cell wall contents. On the other hand, crude protein contents of feedstuffs were positively correlated with partitioning factor, microbial protein and microbial protein production efficiency.


Keywords: Feedstuffs, Gas production, Methane, Digestibility, Microbial protein


*Corresponding author: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 46100, Kahramanmaraş, Türkiye


E mail: cagri@ksu.edu.tr (Ç.Ö. ÖZKAN)


Çağrı Özgür ÖZKAN  <https://orcid.org/0000-0003-1752-8293>


Tugba CENGİZ  <https://orcid.org/0000-0003-2185-7137>

Mehmet YANIK  <https://orcid.org/0000-0002-9196-1143>

Salih EVLİÇE  <https://orcid.org/0000-0002-1699-5044>

Bilal SELÇUK  <https://orcid.org/0000-0001-9136-5707>

Büşra CEREN  <https://orcid.org/0000-0002-6553-5757>

Adem KAMALAK  <https://orcid.org/0000-0003-0967-4821>

Cite as: Özkan ÇÖ, Cengiz T, Yanık M, Evlice S, Selçuk B, Ceren B, Kamalak A. 2020. Determination of in vitro gas production, methane production, digestibility and microbial protein production of some forages and concentrates used in ruminant animal. *BSJ Agri*, 3(1): 56-60.

1. Giriş

İn vitro gaz üretim tekniği son yıllarda, yemlerin metabolik enerjilerinin, organik madde sindirim derecelerinin, belirlenmesinin yanında yemlerin metan üretim potansiyeli, mikrobiyal protein üretim potansiyeli ve gerçek sindirim derecesini belirlemek için kullanılan oldukça ucuz ve kolay bir yöntem haline gelmiştir (Canbolat, 2012; Guven, 2012; Kamalak ve ark., 2011; Kaplan ve ark., 2014; Jayanegara ve ark., 2009; Jayanegara ve ark., 2011; Lin ve ark., 2013; Thang ve ark., 2012). İn vitro gaz üretim testi kullanılarak yapılan çalışmalarda yemler genel olarak gaz üretimine göre değerlendirilmektedir. Bir yemden ne kadar gaz fazla gaz üretiliyorsa o yemin o kadar iyi olduğu düşünülmektedir. Fakat son zamanlarda yapılan çalışmalar sadece gaz üretim değerine göre yapılan seçimlerin çok da doğru olmadığı bildirilmiştir. Çünkü yem içerisinde bulunan bazı besin maddeleri gaz üretimine katkısı olmamakta fakat mikrobiyal protein yapımında kullanılmaktadır. Bu durumda gaz üretimi yüksek olan bir yem mikrobiyal protein üretiminde düşük bir seviyede olabilir. Bundan dolayı in vitro gaz üretim tekniğinde gaz üretim verilerinin yanında yemlerin gerçek sindirim değerinin ve

mikrobiyal protein değerlerinin belirlenmesi yemlerin seçiminde daha doğru karar vermemize yardımcı olacaktır (Blümmel ve ark., 1997). Blümmel ve Lebzien (2001) Bundan dolayı, bu çalışmanın amacı ülkemizde ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı kaba ve kesif yemlerin in vitro gaz üretim tekniği kullanılarak gaz üretim potansiyellerini, metan üretimlerini, gerçek sindirim derecelerini ve mikrobiyal protein üretimlerini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Yemlerin Öğütülmesi ve Kompozisyonların Belirlenmesi

Bu çalışmada ruminant hayvan beslemede yoğun bir şekilde kullanılan kaba yemlerden buğday samanı ve yonca; enerji yemi olarak yulaf buğday, mısır ve arpa; protein yemi olarak ayçiçeği tohumu küspesi (ATK), soya fasulyesi küspesi (SFK) ve pamuk tohumu küspesi (PTK) kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan yemler 1 mm elekten geçecek şekilde öğütülmüş ve plastik torbalarda kimyasal analizler için saklanmıştır. Yemlerin kuru madde (KM), ham kül (HK), ham yağ (HY) ve ham protein (HP) içerikleri AOAC (1995) metoduna göre, NDF ve ADF

içerikleri ise Van Soest (1991) yöntemine göre yapılmıştır.

2.2. Yemlerin in vitro gaz üretimleri ve gerçek sindirim derecelerinin belirlenmesi

Yaklaşık 0,5 gram yem örnekleri 30 ml çözeltiyle (10 ml rumen sıvısı + 20 ml yapay tükürük) 100 ml'lik cam şırıngalar içerisinde 24 saat 39 °C'de inkübasyona bırakılmıştır (Menke ve ark., 1979). Rumen sıvısı üç adet kanüllü koçtan alınmıştır. Koçlara % 60 yonca kuru otu ve % 40 kesif yemden oluşmuş rasyon verilmiştir. Toplam üretilen gaz içerisindeki metan miktarı (%) 24 saatlik fermantasyonun ardından Infrared Metan Analiz cihazıyla (Sensor Europe GmbH, Erkrath, Germany) belirlenmiştir (Goel et al., 2008).

24 saatlik inkübasyonun tamamlanmasından sonra şırıngalarda kalan artık materyal beher içerisine transfer edilerek üzerine 50 ml NDF çözeltisine ilave edilerek bir saat kaynamaya bırakılmıştır. Daha sonra 2 numaralı kroze kullanılarak süzme işi tamamlanmıştır. Gerçek sindirilmiş kuru madde miktarı, taksimat faktörü, mikrobiyal protein üretimi ve sentezleme etkinliği Blümmel ve ark. (1997)'nin bildirdiği metoda göre yapılmıştır.

$$GSKM(mg) = \text{İnkübe edilen KM}(mg) - \text{Kalan KM}(mg)$$

$$KMGS = (GSKM / \text{İnkübe edilen KM}) (\%)$$

Taksimat Faktörü (PF) : GSKM/GÜ

Mikrobiyal Protein (MP) (mg/g KM) = GSKM - (GÜ X 2,2 mg/ml),

Mikrobiyal Protein Sentezleme Etkinliği (MPSE) = (TDS - (GÜ X 2,2 mg/ml))/GSKM.

2.3 İstatistik Analiz

Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklar Tukey çoklu karşılaştırma testleri ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ruminant Hayvan Beslemede Kullanılan Bazı Yemlerin Kompozisyonları

Türkiye'de ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı kaba ve kesif yemlerin kompozisyonları Tablo 1'de verilmiştir. Yemlerin kompozisyonları bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Kaba yemlerin NDF ve ADF içeriklerikesif yemlere göre oldukça yüksek bulunmuştur. Protein yemi olarak kullanılan küspelerin protein içerikleri kaba yemler ve diğer enerji yemlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Yemlerin ham protein içeriği %4,1 ile 45,5 arasında değişmiştir. Yemlerin NDF ve ADF içerikleri sırasıyla % 8,7 ile 74,3 ve 3,2 ile 49,2 arasında değişmiştir.

Tablo 1. Ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı yemlerin kompozisyonları.

Yemler	KM	HK	EE	HP	NDF	ADF
Saman	92,9b	4,4e	1,3c	4,1h	74,3a	49,2a
Yonca	92,7b	9,5a	1,2ef	16,6d	46,7b	30,7c
Yulaf	91,5c	1,4g	4,1b	8,7e	43,2c	22,0d
Buğday	90,0e	1,3g	1,2ef	7,8f	11,7g	3,3h
Mısır	88,8g	1,1h	2,8c	6,5g	8,7h	3,2h
Arpa	90,9d	2,2f	1,7d	8,7e	27,5e	7,1g
ATK	89,1g	5,7d	0,8g	26,7b	46,0b	38,3b
SFK	89,5f	6,2c	1,0f	45,5a	19,1f	8,1f
PTK	93,7a	6,6b	7,1a	21,4c	38,0d	13,7e
SHO	0,100	0,038	0,049	0,070	0,378	0,203
Ö.S.	***	***	***	***	***	***

^{a,b,c,d,e,f,h} Aynı sütunda yer alan farklı simgeye sahip ortalamalar birbirinden farklıdır.

SHO= standart hata ortalaması, ÖS= önem seviyesi, KM= kuru madde, HK= ham kül, HP= ham protein, ADF= asit deterjan fiber, NDF= nötral deterjan fiber, HY= ham Yağ

***= p<0,001

3.2. Ruminant Hayvan Beslemede Kullanılan Bazı Yemlerin Gaz Üretimleri, Mikrobiyal Protein Üretimleri ve Gerçek Sindirim Dereceleri

Ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı yemlerin gaz üretimleri, mikrobiyal protein üretimleri ve gerçek sindirim dereceleri Tablo 2'de verilmiştir. Yemlerin gaz üretim değerleri 68,2 ile 137,9 ml arasında değişmiş olup en yüksek gaz üretim değerine arpa danesinde en düşük değere ise buğday samanında rastlanmıştır. Fermantasyon sırasında açığa çıkan gaz miktarı fermente olabilen karbonhidrat miktarıyla ilişkilidir. Fermente olabilen karbonhidrat miktarı ne kadar fazla ise o kadar fazla gaz üretimi olmaktadır. İn vitro gaz tekniğiyle ölçülen toplam gaz direkt ve endirekt gazların toplamından oluşmaktadır. Fermantasyon sırasında açığa

çıkan uçucu yağ asitleri tampon çözeltiyle reaksiyona girerek endirekt gaz oluşumuna neden olmaktadır. Yapılan çalışmaların çoğunda: yemlerin toplam gaz üretimine göre seçildiği görülmektedir. Oysa gaz üretimine göre yemlerin seçimin tek başına yeterli olmadığı yemlerin fermente olan kısmının da fermantasyon sonunda belirlenmesi gerekmektedir. Fermantasyon sırasında açığa çıkan diğer önemli bir gaz ise metandır. Bu çalışmaya konu olan yemlerin metan üretim değerleri 10,9 ile 20,9 ml arasında değişmiş olup en yüksek metan üretim değerine SFK, buğday ve arpa danelerinde en düşük değere ise buğday samanında rastlanmıştır. Gaz üretiminde olduğu gibi metan üretimi de fermente olabilen karbonhidrat miktarıyla ilişkilidir. Yemlerin metan üretim değerleri % 12,5 ile 19,7 arasında

değişmiş olup en yüksek metan üretim değerine SFK ve ATK en düşük değere ise buğdaygil danelerinde rastlanmıştır. Buğdaygil danelerinde bulunan karbonhidratlar nişasta gibi depo karbonhidratları olup fermentasyon sonunda daha fazla propiyonik asit daha az asetik ve butirik asit sentezlemesine neden olmaktadır. Propiyonik asit üretimi sırasında daha fazla H₂ kullanıldığından metan üretiminin azalmış olabileceği düşünülmektedir. Yemlerin GSKM miktarları 187,0 ile 431,4 mg arasında değişmiş olup en yüksek değere SFK en düşük değere ise buğday samanında rastlanmıştır. Yemlerin GSD değerleri 39,6 ile 92,1 arasında değişmiş olup en yüksek değere buğdaygil daneleri ve SFK en düşük değere ise buğday samanı sahip olmuştur. GSKM veya GSD değerleri yemlerin içerisinde bulunan ve fermente olabilecek besin madde miktarını belirlemektedir. Yemlerde fermente olabilen besin maddeleri gaz üretiminde, uçucu yağ asidi ve mikrobiyal protein sentezinde kullanılmaktadır. Yemlerde fermente olabilen besin maddelerinin büyük bir kısmının uçucu yağ asidi ve gaz üretiminde kullanılması durumunda mikrobiyal protein sentezinde kullanılan kısım azalacağından dolayı mikrobiyal protein sentezi azalacaktır. Dolayısıyla sadece gaz üretimi baz alınarak yapılan seçim mikrobiyal proteinin aleyhine bir seçim olacaktır. Çünkü mikrobiyal protein sentezi ile uçucu yağ

asidi arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Yemlerin PF değerleri 2,7 ile 4,0 arasında değişmiştir. En yüksek PF değerine SFK en düşük değere ise buğday samanı sahip olmuştur. Yemlerin PF değerleri mikrobiyal protein sentezleme etkinliğini belirleyen en önemli unsur olduğu ve yemlerin teorik PF değerlerinin 2,75 ile 4,41 arasında olabileceği ve PF değeri yüksek olan yemlerin mikrobiyal protein sentezleme etkinliğinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Blümmel ve Lebzien, 2001). Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş olup PF değeri yüksek olan yemlerin mikrobiyal protein sentezleme etkinliğinin yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca bu çalışmada elde edilen PF değerlerinin teorik değerler aralığında olduğu bulunmuştur. Her yemin kendine özgün bir PF değeri olup yemin kimyasal kompozisyonu ile ilişkili olmak zorunda değildir. Bununla birlikte bu çalışmada sadece yemlerin PF ile HP değerleri arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Blümmel ve ark. (1997) yüksek PF değerine sahip kaba yemlerin sindirim derecesinin ve yem tüketiminin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yemlerin MP değerleri 36,9 ile 197,8 arasında değişmiş olup en yüksek MP değere SFK en düşük değere ise buğday samanı sahip olmuştur. Yemlerin MPSE değerleri 19,7 ile 47,2 arasında değişmiş olup en yüksek değere küspeler sahip olurken en düşük değere ise buğday samanı sahip olmuştur.

Tablo 2. Ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı yemlerin gaz üretimi, mikrobiyal protein üretimi ve gerçek sindirim derecesi.

Yemler	Gaz	Metan(ml)	Metan(%)	GSKM	PF	MP	MPSE	GSD
Saman	68,2e	10,9e	16,1c	187,0f	2,7d	36,9d	19,7d	39,6f
Yonca	97,9d	17,2c	17,6b	336,9c	3,4b	126,4b	35,9b	70,6c
Yulaf	102,9d	13,3d	12,9de	341,3c	3,3bc	114,8b	33,6bc	72,1c
Buğday	146,5a	19,6ab	13,3de	415,5ab	2,8cd	93,1c	22,4d	88,4ab
Mısır	132,4b	16,6c	12,5e	417,3ab	3,1bcd	125,9b	30,2c	90,8a
Arpa	137,9b	19,2b	13,9d	390,2b	2,8d	86,7c	22,2d	83,3b
ATK	59,5f	11,3e	19,0a	236,1e	3,9a	119,4b	47,2a	49,97e
SFK	106,2c	20,9a	19,7a	431,4a	4,0a	197,8a	45,8a	92,1a
PTK	70,5e	11,3e	16,1c	279,0d	3,9a	123,8b	44,3a	59,3d
SHO	2,116	0,432	0,348	9,236	0,142	5,486	1,591	1,915
Ö.S.	***	***	***	***	***	***	***	***

^{a,b,c,d,e,f} Aynı sütunda yer alan farklı simgeye sahip ortalamalar birbirinden farklıdır.

SHO= standart hata ortalaması, ÖS= önem seviyesi, ÜNG= üretilen net gaz, GSKM= gerçek sindirilen kuru madde (mg), PF= taksimat faktörü, MP= mikrobiyal Protein (mg), MPSE= mikrobiyal protein sentezleme etkinliği (%), GSD= gerçek sindirim derecesi (%).

***= p<0,001

Ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı yemlerin kompozisyonları ile: az üretimi, mikrobiyal protein üretimi ve gerçek sindirim derecesi arasındaki ilişki Tablo 3'de verilmiştir.

Yemlerin hücre duvarını oluşturan unsurlar (NDF ve ADF) ile gaz üretimi, metan (ml), GSKM ve GSD arasında negatif ilişki bulunmuştur. Hücre duvarını oluşturan unsurların

artmasıyla birlikte gaz üretimi, metan üretimi (ml), GSKM ve GSD azalmıştır. Yemlerin HP içeriği ile metan üretimi (%), PF, MP ve MPSE arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Başka bir ifadeyle HP içeriği arttıkça yemlerin metan üretimi (%), PF, MP ve MPSE değerleri yükselmiştir.

Tablo 3. Ruminant hayvan beslemede kullanılan bazı yemlerin kompozisyonları ile gaz üretimi, mikrobiyal protein üretimi ve gerçek sindirim derecesi arasındaki ilişki

Parametreler	KM	HK	EE	HP	NDF	ADF
Gaz	-0,428	-0,605	-0,205	-0,301	-0,776*	-0,794*
CH ₄ (ml)	-0,446	-0,151	-0,433	0,219	-0,728*	-0,703*
CH ₄ (%)	0,026	0,823**	-0,306	0,822**	0,320	0,429
GSKM	-0,521	-0,354	-0,118	0,146	-0,903**	-0,893**
PF	-0,075	0,592	0,270	0,860**	-0,053	0,010
MP	-0,387	0,323	0,057	0,827**	-0,530	-0,454
MPSE	-0,117	0,577	0,249	0,823**	0,054	0,032
GSD	-0,536	-0,371	-0,113	0,138	-0,912**	-0,899**

**= p<0,01; **= p<0,05

4. SONUÇ

Yemlerin kompozisyonları ile fermentasyon parametreleri arasında önemli farklar bulunmuştur. İn vitro gaz üretim tekniğinde gaz üretiminin ölçülmesinin yanında sindirim derecesinin belirlenmesi yemler hakkında daha fazla bilgi elde edilmesine imkan tanımaktadır. Yemlerin sadece gaz üretim değerlerine göre değil de diğer fermentasyon parametreleri de göz önüne alınarak yapılan seçimlerde daha isabetli olunacağı kanısındayız.

Çıkar İlişkisi

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed., pp.66-88. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Blümmel M, Steingass H, Becker K. 1997. The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and N-15 incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. *Brit J Nutr*, 77: 911-921.
- Blümmel M, Lebzien P. 2001. Predicting ruminal microbial efficiencies of dairy rations by in vitro techniques. *Liv Prod Sci*, 68(2-3): 107-117.
- Canbolat O. 2012. Potential nutritive value of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L) hay harvested at three different maturity stages. *J Kafkas Univ Vet Fak*, 18(2): 331-335.
- Goel G, Makkar HPS, Becker K. 2008. Effect of *Sesbania sesban* and *Carduus pycnocephalus* leaves and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L) seeds and their extract on partitioning of nutrients from roughage-and concentrate-based feeds to methane. *Anim Feed Sci Technol*, 147(1-3): 72-89.
- Güven I. 2012. Effect of species on nutritive value of mulberry leaves. *J Kafkas Univ Vet Fak*, 18(5): 865-869.

- Jayanegara A, Togtokhbayar N, Makkar HPS, Becker K. 2009. Tannins determined by various methods as predictors of methane production reduction rumen potential of plants by an in vitro rumen fermentation system. *Anim Feed Sci Technol*, 150(3- 4): 230-237.
- Jayanegara A, Wina E, Soliva CR, Kreuzer M, Leiber F. 2011. Dependence of forage quality and methanogenic potential of tropical plants on their phenolic fractions as determined by principal component analysis. *Anim Feed Sci Technol*, 163(2-4): 231-243.
- Kamalak A, Atalay AI, Ozkan CO, Kaya E, Tatliyer A. 2011. Determination of potential nutritive value of *Trigonella kotschi* Fenzl hay harvested at three different maturity stages. *J Kafkas Univ Vet Fak*, 17(4): 635-640.
- Kaplan M, Kamalak A, Kasra AA, Güven I. 2014. Effect of maturity stages on potential nutritive value, methane production and condensed tannin content of *Sanguisorba minor* hay. *J Kafkas Univ Vet Fak*, 20(3): 445- 449.
- Lin B, Wang JH, Lu Y, Liang Q, Liu JX. 2013. In vitro rumen fermentation and methane production are influenced by active components of essential oils combined with fumarate. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 97(1): 1-9.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W. 1979. The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they incubated with rumen liquor in vitro. *J Agric Sci*, 92: 217-222.
- Thang CM, Winding S, Hang LT. 2012. Effects of different foliages and drying methods on mitigation methane production based on cassava root meal using in vitro gas production. *J Anim Sci Technol*, 34: 40- 50.
- Van Soest PJ, Robertson JD, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fibre, and neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animals nutrition. *J Dairy Sci*, 74: 3583-3597.