

Farklı Bölgelerde Yetişen Söğüt Yapraklarının Potansiyel Besleme Değerlerinin ve Anti-Metanojenik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tuğba CENGİZ¹, Adem KAMALAK^{2*}

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0003-2185-7137>, ²<https://orcid.org/0000-0003-0967-4821>

✉: akamalak@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, yetiştirme bölgesinin söğüt yapraklarının kimyasal kompozisyonuna, *in vitro* gaz üretimine, metan (CH₄) üretimi, metabolik enerji (ME), organik madde sindirim derecesi (OMSD), gerçek sindirim derecesi (GSD), gerçek sindirilebilir kuru madde miktarı (GSKM), taksimat faktörü (PF), mikrobiyal protein üretimi (MPÜ) ve mikrobiyal protein sentezleme etkinliği (MPSE) üzerine olan etkilerini belirlemektir. Bu çalışmada *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılmıştır. Söğüt yapraklarının kompozisyonu, *in vitro* gaz üretimi, metan üretimi, ME, GSD, OMSD, GSD, MPÜ ve MPSE düzeyleri yetiştirme bölgelerine göre önemli değişimler göstermiştir (P<0.05). Söğüt yapraklarının ham protein (HP), kondense tanen (KT) içeriği, metan üretimi, ME ve OMSD, GSD ve GSKM, PF, MPÜ ve MPSE değerleri sırasıyla; %9.26 ile 14.78, %2.07 ile 5.75, %10.10 ile 11.93, 6.91 ile 8.18 MJ/kg KM, %53.46 ile 55.25, %60.40 ile 84.46 ve 305.17 ile 472.26 mg, 4.04 ile 4.69, 146.11 ile 227.06 mg, %46.86 ile 54.45 arasında değişmiştir. Bu çalışmaya konu olan söğüt yapraklarının ruminantlara besin maddesi sağlamanın yanında, fermantasyon sırasında açığa çıkan metanı azaltma potansiyeli olduğu saptanmıştır. Yemlerin sadece *in vitro* gaz üretimlerine göre değil, gerçek sindirim derecesi ve mikrobiyal protein üretimi gibi diğer fermantasyon parametreleri de göz önüne alınarak yapılacak seçimlerde daha isabetli kararlar verilmesi mümkündür. Bundan sonra yapılacak *in vivo* çalışmalarla *in vitro* çalışmalarda elde edilen sonuçlar test edilmelidir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 24.01.2020

Kabul Tarihi : 13.03.2020

Anahtar Kelimeler

Söğüt

in vitro gaz

Metan üretimi

Mikrobiyal protein

Sindirim derecesi

Determination of Potential Nutritive Values and Anti-Methanogenic Characteristics of *Salix babylonica* Leaves Grown in Different Sites

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of growing sites on the chemical composition, *in vitro* gas production, methane production, metabolisable energy, organic matter digestibility, true digestibility, microbial protein production and efficiency of microbial protein synthesis of *Salix babylonica* leaves by *in vitro* gas production technique. The chemical composition, *in vitro* gas production, methane production, metabolisable energy, organic matter digestibility, true digestibility, microbial protein production and efficiency of microbial protein synthesis of *Salix babylonica* leaves ranged with growing site. Crude protein, condensed tannin, methane production, metabolisable energy, organic matter digestibility, true digestibility, true digestible dry matter, partitioning factor, microbial protein production and efficiency of microbial protein synthesis ranged from 9.26 to 14.78%, 2.07 to 5.75%, 10.10 to 11.93%, 6.91 to 8.18 MJ/kg KM, 53.46 to 55.25%, 60.40 to 84.46% and 305.17 to 472.26 mg, 4.04 to 4.69, 146.11 to 227.06 mg, 46.86 to 54.45%, respectively. It was found that *Salix babylonica* leaves studied not only provide with nutrients for ruminant but also have potential for mitigating of enteric methane produced during fermentation. Selection of feedstuffs should

Research Article

Article History

Received : 24.01.2020

Accepted : 13.03.2020

Keywords

Salix babylonica

in vitro gas

Methane production

Microbial protein

Digestibility

be conducted not only using gas production data but also fermentation parameters such as true digestibility, microbial protein production etc., which make it possible to make a sound decision about feedstuffs. Further *in vivo* studies are needed to test the results obtained from such experiments.

To Cite : Cengiz T, Kamalak A 2020. Farklı Bölgelerde Yetişen Söğüt Yapraklarının Potansiyel Besleme Değerlerinin ve Anti-Metanojenik Özelliklerinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 23 (5): 1351-1358. DOI: 10.18016/ksutarimdog.a.vi.679689.

GİRİŞ

Türkiye’de ağaç yaprakları küçükbaş hayvanların besin madde ihtiyacını karşılamak için kullanılan önemli bir kaba yem kaynağıdır. Ayrıca ağaç yaprakları besin maddelerinin yanı sıra kondense tanin, saponin ve esansiyel yağ gibi ikincil bileşikler de içermektedirler. Son zamanlarda yapılan çalışmalarla, bu ikincil bileşiklerin ruminantlarda anti-proteolitik ve anti-metanojenik özellikleri ortaya konmaya başlanmıştır (Sallama ve ark., 2011; Jayanegara ve ark., 2011; Jayanegara ve ark., 2014; Denek ve ark., 2017). Metan, karbondioksitten sonra en önemli sera gazı olup, ruminant hayvanlar tarafından önemli miktarda üretilmekte ve küresel ısınmaya neden olmaktadır (Carlin, 2006). Ayrıca ruminantlar tarafından alınan sindirilebilir enerjinin yaklaşık %2-12’sinin enterik metan üretimi yoluyla kaybolduğu bildirilmektedir (Johnson ve Johnson, 1995). Yüksek miktarda enerjinin kullanılmadan atılması ruminantlarda enerjinin kullanım etkinliğini azaltmaktadır. Ruminant hayvanlar protein ihtiyaçlarını bypass protein ve mikrobiyal protein olmak üzere iki kaynaktan sağlamaktadır. Mikrobiyal protein rumende yemlerin fermantasyonu sonucu sentezlenmektedir. Rumende sentezlenen mikrobiyal protein ve mikrobiyal protein sentezleme etkinliği, ruminant hayvanlar için önem arz etmektedir (Leng, 1993). Ruminant beslemede kullanılan besleme sistemlerinin çoğu (NRC, 2001) hayvanların performansını belirlerken mikrobiyal protein sentezleme düzeyi ve miktarını kullanmaktadır. Bununla birlikte yemlerin mikrobiyal protein sentezleme etkinliğini belirlemede pratikte rutin olarak *in vitro* gaz üretim tekniğinden yararlanılmaktadır (Vercoe ve ark., 2010). Son yıllarda yemler *in vitro* gaz üretim tekniğiyle (Jayanegara ve ark., 2014; Kara, 2015; Denek ve ark., 2017; Kilic ve ark., 2019) fermantasyona tabi tutularak gaz üretim değerleri; fermantasyon sonunda kalan yem artıkları NDF çözeltisi ile muameleye tabi tutularak yemlerin gerçek sindirilebilir besin madde miktarları belirlenmektedir (Goering ve Van Soest, 1970; Blümmel, 2000). Gaz ölçümleri yemin ne kadarının gaz ve uçucu yağ asitlerine dönüştüğünü yansıtırken, sindirilebilirlik ölçümleri ise yemin ne kadarının mikrobiyal proteine, gaza ve uçucu yağ asitlerine dönüştüğü göstermektedir. Ayrıca yemlerin mikrobiyal protein sentezleme etkinliği

belirlenebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, farklı bölgelerde yetişen söğüt yapraklarının kimyasal kompozisyonu, *in vitro* gaz üretimi, metan üretimi, ME, OMSD, GSD ve MPÜ ve MPSE değerlerine ne düzeyde etki ettiğini saptamaktır.

MATERYAL ve METOT

Yaprak Materyali ve Kimyasal Analizler

Söğüt yaprakları Kayseri, Erzurum, Tunceli, Yozgat, Kahramanmaraş ve Iğdır gibi altı farklı ilden ve beş farklı ağaçtan olmak üzere Ekim 2017 yılında toplanmış ve laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda 105°C’de etüvde 24 saat süreyle kurutularak analizlerde kullanılmıştır. Kurutma işlemi sonrası yapraklar 1 mm elekli değirmenle öğütülmüştür. Söğüt yapraklarının kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY içerikleri) AOAC (1990)’a göre belirlenmiştir. Söğüt yapraklarının kondense tanen içerikleri Makkar ve ark. (1995)’nin bildirdiği yöntemle yapılmıştır. Söğüt yaprağının asit deterjan fiber (ADF) ve nötr deterjan fiber (NDF) içeriği Van Soest (1991)’in bildirdiği yöntemle yapılmıştır.

In Vitro Gaz ve Metan Üretiminin Belirlenmesi

Söğüt yapraklarının *in vitro* gaz üretimi Menke ve ark. (1979)’nın bildirdikleri tekniğe göre yapılmıştır. Yaklaşık 0.5 g söğüt yaprağı 100 ml cam şırıngalarda 40 ml tamponlanmış rumen sıvısıyla 24 saatlik inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonunda açığa çıkan gazın metan içerikleri Infrared metan analiz cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Goel ve ark., 2008). Daha sonra fermente olan kuru madde miktarını belirlemek için cam şırıngalardaki kalıntı beher içerisinde NDF çözeltisiyle kaynatılmış ve gooch por 1 krozelerden geçirilerek süzölmüştür (Blümmel ve ark., 1997).

Söğüt yapraklarının ME ve OMSD değerleri Menke ve Steingass (1988)’in önerdiği aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır. Eşitliklerde kullanılan HP, HY, HK içerikleri % olarak kullanılmıştır.

$$ME = 2.2 + 0.1357 \times GÜ + 0.057 \times HP + 0.002859 \times HY^2 \quad (1)$$

$$OMD = 14.88 + 0.8893 \times GÜ + 0.448 \times HP + 0.651 \times HK \quad (2)$$

Söğüt yapraklarının GSKM; GSD; PF; MPÜ ve MPSE değerleri Blümmel ve ark. (1997) ve Vercoe ve ark. (2010)’nın aşağıda bildirdiği formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$GSKM = \text{İnkübe edilen kuru madde (mg)} - \text{Kalan kuru madde (mg)}$ (3)

$PF = (GSKM / \text{Gaz Üretimi})$ (4)

$MPÜ = (GSKM - (2.2 \times \text{Gaz Üretimi}))$ (5)

$MPSE = (((GSKM - (2.2 \times \text{Gaz Üretimi})) / GSKM) \times 100)$ (6)

İstatistiksel Analizler

Büyüme yerinin söğüt yaprağının besin madde kompozisyonuna ve fermentasyon parametrelerine etkisini belirlemek için elde edilen veriler tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş olup,

ortalamalar arasındaki farklar Tukey çoklu karşılaştırma testiyle saptanmıştır. Çalışmanın yapılabilmesi için KSÜ Hayvan Deneyleri Etik Kurulu'ndan (29.09.2019 tarih ve 2019/6 sayılı toplantı) izin alınmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yetiştirme Bölgesinin Söğüt Yapraklarının Kompozisyonuna Etkisi

Fraklı illerde yetişen söğütlerden elde edilen yaprakların kompozisyonu Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı illerde yetişen söğütlerden elde edilen yaprakların kompozisyonu

Table 1. Chemical compositions of Salix leaves grown at different sites

Şehirler (City)	KM (DM)	HK (CA)	HY (EE)	HP (CP)	NDF	ADF	KT (CT)
Kayseri	35.70 ^b	13.27 ^a	2.76	13.45 ^a	45.43 ^a	27.77 ^a	4.27 ^{ab}
Erzurum	34.24 ^{cd}	10.45 ^c	2.85	9.26 ^b	40.26 ^{bc}	22.37 ^b	5.22 ^a
Tunceli	35.18 ^{bc}	12.45 ^{ab}	2.76	13.96 ^a	45.93 ^a	19.17 ^b	2.07 ^b
Yozgat	38.24 ^a	11.76 ^b	2.97	13.27 ^a	42.68 ^{ab}	19.74 ^b	5.75 ^a
K.Maraş	33.36 ^d	12.88 ^a	2.32	14.78 ^a	36.99 ^c	20.64 ^b	2.70 ^b
Iğdır	34.23 ^{cd}	11.86 ^b	2.37	12.82 ^a	43.84 ^{ab}	22.43 ^b	3.60 ^{ab}
Ö.S	***	***	Ö.D.	***	***	***	***
SHO	0.368	0.255	0.221	0.636	1.293	1.175	0.683

a,b,c,d,e,f Aynı sütunda yer alan farklı simgeye sahip ortalamalar birbirinden farklıdır. ***: P<0.001

SHO = Standart hata ortalaması, ÖS = Önem seviyesi, ÖD: Önemli değil, KM: Kuru madde, HK: Ham kül, HP: Ham protein, NDF: Nötr deterjan fiber, ADF: Asit deterjan fiber, KT: Kondense tanen

Yetiştirme bölgesi söğüt yapraklarının kompozisyonunu önemli derecede etkilemiştir ($P < 0.001$). Söğüt yapraklarının kuru madde içeriği %33.36 ile 38.24 arasında değişmiştir. En yüksek kuru madde içeriğine Yozgat ilinde yetişen söğüt yaprakları, en düşük kuru madde içeriğine ise Kahramanmaraş ilinde yetişen söğüt yaprakları sahip olmuştur. Bu çalışmada elde edilen KM içerikleri Luske ve ark. (2017)'nin bildirdiği değerlerle benzerlik göstermiştir. Luske ve ark. (2017) KM içeriğinin %36 ile %41 arasında değiştiğini bildirmiştir. Ham kül içerikleri ise %10.45 ile %13.27 arasında değişmiş olup, en yüksek HK değerine Kayseri ve Kahramanmaraş illerinde yetişen söğüt yaprakları sahip olurken, en düşük HK içeriğine ise Erzurum ilinde yetişen söğüt yaprağı sahip olmuştur. Bu çalışmada elde edilen HK içerikleri Luske ve ark. (2017)'nin bildirdiği değerlerle uyumlu bulunmuştur. Luske ve ark. (2017)'nin hazırladıkları tabloda KT içeriklerinin %5 ile %11 arasında olduğu görülmektedir.

Söğüt yapraklarının HP içerikleri %9.26 ile %14.78 arasında değişmiş olup, Erzurum ilinde yetişen söğüt yapraklarının HP içeriği diğer bölgelerde yetişen söğüt yapraklarından önemli derecede düşük bulunmuştur. Roder (1981)'in yaptığı çalışmada hasat zamanına bağlı olarak söğüt yaprağının HP içeriğinin %11.3 ile %24.8 arasında değiştiğini ve hasat zamanının ilerlemesiyle birlikte HP içeriğinin azaldığını bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen HP içeriği Roder (1981)'in bildirdiği sınırlar içerisinde kalmıştır. Ayrıca bu çalışmada elde edilen HP içeriklerinin Luske ve ark. (2017)'nin bildirdiği değerlerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Luske ve ark. (2017) söğüt yaprağının HP içeriklerinin %11 ile %19 arasında değiştiğini bildirmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda söğüt yapraklarının HP içeriklerinde önemli varyasyon olduğu, bununla beraber hasat zamanının olduğu bildirilmiştir (Roder, 1981; Luske ve ark., 2017). Bu çalışmada söğüt ağacının yetiştirme bölgesinin HP içeriğinin farklı olmasına neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca hayvan beslemede kullanılacak söğüt yaprakları bazen taze sürgünlerle birlikte toplanmakta ve analiz edilmektedir. Taze sürgünlerin HP içerikleri yapraklara oranla daha düşük olduğundan elde edilen materyalin HP içeriği düşebilir. Bu yüzden hasat şeklindeki farklılıkların da HP içeriğindeki varyasyona neden olabileceği düşünülmektedir.

El-Shatnawi ve Mohawesh (2000) yaptığı çalışmada laktasyondaki koyunların yaşama ve verim payını karşılamak için HP içeriğinin en az, sırasıyla; %7-9 ve %10-12 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Çizelge 1'den görüldüğü gibi Erzurum ili dışındaki illerden elde edilen söğüt yapraklarının HP içerikleri laktasyondaki koyunların yaşama ve verim payını karşılayacak seviyede bulunmuştur. Erzurum ilinden elde edilen söğüt yaprağı ancak koyunlarda yaşama

payını karşılayacak seviyede bulunmuştur. Fakat proteinlerin kullanımını sınırlayan en önemli unsurun kondense tanen olduğu unutulmamalıdır. Kondense tanen proteinlerle birleşerek sindirimi zor kompleksler oluşturmaktadır (Kumar ve Singh, 1984). Ayrıca kondense tanenler sindirim enzimleriyle de birleşik oluşturarak enzim aktivitelerini azaltabilmektedirler (Kumar ve Singh, 1984; Singleton, 1981; Lohan ve ark., 1983; Barry ve Duncan, 1984; Makkar ve ark., 1989).

Söğüt yapraklarının NDF ve ADF içerikleri sırasıyla %36.99 ile %45.93 ve %19.17 ile %27.77 arasında değişmiştir. Nötr deterjan fiber içeriği en yüksek Kayseri, Tunceli, Yozgat ve Iğdır illerinde yetişen söğüt yapraklarında bulunurken en düşük NDF içeriğine ise Kahramanmaraş ilinde yetişen söğüt yapraklarında bulunmuştur. Kayseri ilinde yetişen söğüt yapraklarının ADF içeriği diğer illerde yetişen söğüt yapraklarından daha yüksek bulunmuştur. Söğüt yapraklarının NDF ve ADF içeriklerinin Luske ve ark. (2017)'nin bildirdiği değerlerle benzerlik gösterdiği ve sırasıyla %29 ile %55 ve %24 ile %47 arasında olduğu bilinmektedir. Sürgünler hücre duvarını oluşturan unsurlar bakımından zengin olduğundan yapraklarla birlikte analiz edilmesi durumunda NDF ve ADF içeriklerinin arttığı bildirilmiştir (Luske ve ark., 2017).

Söğüt yapraklarının KT içerikleri ise %2.07 ile %5.75 arasında değişmiş olup en yüksek KT içeriğine Erzurum ve Yozgat ilinde yetişen söğüt yapraklarında rastlanmıştır. Kondense tanen içeriklerinin farklı olmasının sebebinin yetiştirme bölgesindeki iklimsel şartlar ve toprakların farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada elde edilen KT içerikleri Luske ve ark. (2017)'nin bildirdiği değerlerle uyumlu bulunmuştur. Luske ve ark. (2017) KT içeriklerinin %2 ile %6 arasında değiştiğini bildirmiştir. Söğüt yapraklarında düşük miktarda bulunan KT proteinlerle bileşik oluşturarak rumende aşırı parçalanmayı engelleyebilir. Bundan dolayı düşük miktarda kondense tanenin yararlı olacağı kanısındayız. Barry (1987) yaptığı çalışmada düşük seviyede (%2-3) kondense tanenin bypass proteini artırdığını bildirmiştir. Fakat yüksek miktarda kondense tanen içeriğinin proteinlerin sindirimini azaltabileceği ifade edilmiştir (Kumar ve Singh 1984). Diğer taraftan Frutos ve ark. (2002)'nin yaptığı çalışmada %6.51'den daha düşük kondense tanen içeriğinin yemlerin sindirimini negatif yönde etkilemeyeceğini bildirmiştir.

Yetiştirme bölgesinin söğüt yapraklarının fermantasyon parametrelerine ve sindirim derecesine etkisi

Farklı illerde yetişen söğütlerden elde edilen yaprakların gaz, metan üretimleri, ME, OMSD, GSD, GSKM, PF, MPÜ ve MPSE değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Yetiştirme bölgesi söğüt yapraklarının *in*

vitro gaz, metan üretimlerini, ME ve OMSD'lerini önemli derecede etkilemiştir (P<0.001). Söğüt yapraklarının gaz üretim değerleri yetiştirme bölgelerine göre farklılık göstermiş olup 72.30 ml ile 94.40 ml arasında değişmiştir. En yüksek gaz üretim değerine Erzurum ve Kahramanmaraş illerinde yetişen söğüt yaprakları sahip olurken en düşük gaz üretim değerine ise Kayseri ilinde yetişen söğüt yaprağı sahip olmuştur. Fermantasyon sırasında açığa çıkan gaz,

direkt ve endirekt olmak üzere iki şekilde oluşmakta olup; açığa çıkan gaz miktarının fermente olan besin madde miktarına bağlı olduğu bilinmektedir. Yemin içerisinde ne kadar fazla fermente olabilen madde varsa o kadar fazla gaz üretimi olmaktadır. Gaz üretimine göre bir tercih yapılacak olursa Erzurum ve Kahramanmaraş ilinden elde edilen söğüt yaprakları seçilecektir.

Çizelge 2. Yetiştirme bölgesinin söğüt yaprakların gaz üretimine, metan üretimine, metabolik enerji ve organik madde sindirim derecelerine, gerçek sindirim derecesine, mikrobiyal protein üretimi ve mikrobiyal protein sentezleme etkinliğine etkisi

Table 2. Gas production, methane production, metabolisable energy, organic matter digestibility, true digestibility, microbial protein production, efficiency of microbial protein of *Salix* leaves grown at different sites

	Gaz(ml)	CH ₄ (ml)	CH ₄ (%)	ME	OMSD
Kayseri	72.30 ^d	8.62 ^b	11.93 ^a	6.91 ^d	55.26 ^e
Erzurum	94.40 ^a	10.23 ^a	10.84 ^b	7.87 ^b	59.41 ^c
Tunceli	91.00 ^b	9.66 ^a	10.62 ^{bc}	7.93 ^b	61.61 ^b
Yozgat	89.40 ^b	9.03 ^b	10.10 ^c	7.83 ^b	60.28 ^c
K.Maraş	94.40 ^a	10.06 ^a	10.65 ^{bc}	8.18 ^a	63.46 ^a
Iğdır	82.80 ^c	8.57 ^b	10.35 ^{bc}	7.44 ^c	57.79 ^d
SHO	1.041	0.195	0.189	0.056	0.370
O.S.	***	***	***	***	***

	GSD	GSKM	PF	MPÜ	MPSE
Kayseri	60.40 ^d	305.17 ^d	4.22 ^b	146.11 ^c	52.26 ^{ab}
Erzurum	79.69 ^{ab}	403.86 ^{ab}	4.27 ^{ab}	196.18 ^{ab}	51.43 ^{abc}
Tunceli	84.46 ^a	427.26 ^a	4.69 ^a	227.06 ^a	46.86 ^c
Yozgat	79.08 ^{ab}	398.38 ^{ab}	4.46 ^{ab}	201.70 ^{ab}	49.49 ^{bc}
K.Maraş	75.60 ^{bc}	382.08 ^{bc}	4.04 ^b	174.40 ^{bc}	54.45 ^a
Iğdır	72.84 ^c	366.72 ^c	4.42 ^{ab}	184.56 ^b	49.74 ^{abc}
SHO	2.016	9.996	0.144	10.817	1.655
O.S.	***	***	***	***	***

a,b,c,d,e: Aynı sütunda yer alan farklı simgeye sahip ortalamalar birbirinden farklıdır. ***: P<0.001. SHO: Standart hata ortalaması, ME: Metabolik enerji, OMSD: Organik madde sindirim derecesi, GSKM: Gerçek sindirilen kuru madde (mg), PF: Taksimat faktörü, MPÜ: Mikrobiyal protein üretimi (mg), MPSE: Mikrobiyal protein sentezleme etkinliği (%), GSD: Gerçek sindirim derecesi (%), ÖS: Önem seviyesi.

Söğüt yapraklarının metan (ml) üretim değerleri, yetiştirme bölgelerine göre farklılık göstermiş olup 8.57 ml ile 10.23 ml arasında değişmiştir. En yüksek metan (ml) üretim değerine Erzurum, Kahramanmaraş ve Tunceli illerinde yetişen söğüt yaprakları sahip olurken en düşük metan (ml) üretim değerine ise Kayseri, Yozgat ve Iğdır illerinde yetişen söğüt yaprakları sahip olmuştur.

Söğüt yapraklarının metan (%) üretim değerleri yetiştirme bölgelerine göre farklılık göstermiş olup %10.10 ile %11.93 arasında değişmiştir. En yüksek metan (%) üretim değerine Kayseri ilinde yetişen söğüt yaprakları sahip olmuştur. Bu çalışmaya konu olan bütün söğüt yapraklarının Lopez ve ark (2010)'nın yaptığı sınıflamaya göre düşük seviye anti-metanojenik özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Çünkü söğütlerin metan (%) içerikleri düşük potansiyele sahip yemlerin aralığı olan >11 ile ≤14 arasında bulunmuştur. Söğüt yapraklarının anti-

metanojenik özelliğe sahip olması hayvan besleme ve çevre açısından önemlidir. Çünkü fermantasyon sırasında açığa çıkan enterik metan hem küresel ısınmaya hem de yemin enerji kaybına neden olmasından dolayı hem çevreciler ve hem de beslemeciler tarafından arzu edilmemektedir. Metan gazı karbondioksit gazından sonra küresel ısınmaya neden olan ikinci gazdır. Toplam salınan metan miktarı az olmasına rağmen güneşten gelen ısıyı karbondioksit göre 23 kat daha fazla tutmaktadır. Ruminant hayvanlar tarafından alınan sindirilebilir enerjinin %2-12'si enterik metan üretiminde harcanarak kaybedilmektedir (Getachew ve ark., 2005; Johnson ve Johnson, 1995). Son yıllarda ağaç yapraklarından özellikle tanen, esansiyel yağ ve saponin içerenler enterik metan üretimini azalmak için beslemecilerin ilgisini çekmiş olup bu konuda oldukça önemli sonuçlar bulunmuştur (Getachew ve ark., 2005; Blümmel ve ark., 2005; Bhatta ve ark.,

2007; Meale ve ark., 2012).

Söğüt yapraklarının ME ve OMSD değerleri yetiştirme bölgelerine göre farklılık göstermiş olup sırasıyla; 6.91 ile 8.18 MJ/kg KM ve %53.46 ile 55.25 arasında değişmiştir. En yüksek ME ve OMSD değerine Kahramanmaraş ilinde yetişen söğüt yaprağı sahip olurken, en düşük ME ve OMSD değerine ise Kayseri ilinde yetişen söğüt yaprağı sahip olmuştur. Metabolik enerji ve OMSD'si baz alınarak yapılan seçimde ise Kahramanmaraş ilinden elde edilen söğüt yaprakları öne çıkmaktadır.

Söğüt yapraklarının GSD ve GSKM değerleri yetiştirme bölgelerine göre farklılık göstermiş olup sırasıyla %60.40 ile %84.46 ve 305.17 mg ile 472.26 mg arasında değişmiştir. En yüksek GSD ve GSKM değerlerine Tunceli ilinde yetişen söğüt yaprakları sahip olurken, en düşük GSD ve GSKM değerlerine ise Kayseri ilinde yetişen söğüt yapraklarında bulunmuştur.

Söğüt yapraklarının PF değerleri yetiştirme bölgelerine göre farklılık göstermiş olup 4.04 ile 4.69 arasında değişmiştir. Tunceli ilinde yetişen söğüt yapraklarının PF değeri, Kayseri ve Kahramanmaraş illerinde yetişen yaprakların değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak ruminant beslemede kullanılan yemlerin teorik PF değerlerinin 2.75 ile 4.41 arasında olacağı ve bu değerlerin mikrobiyal proteinin sentezleme etkinliğini belirleyen en önemli unsur olduğu bildirilmiştir ((Blümmel ve ark., 1997; Blümmel ve Lebzien, 2001). Bir yemin PF değeri ne kadar yüksek ise o yemin mikrobiyal protein sentezleme etkinliğinin o kadar yüksek olacağı bildirilmiştir (Blümmel ve Lebzien, 2001). Ayrıca yüksek PF değerine sahip kaba yemlerin sindirim derecesinin ve yem tüketiminin yüksek olduğunu bildirilmiştir (Blümmel ve ark., 1997). Bu çalışmada Tunceli ilinde yetişen söğüt yapraklarının PF değeri teorik değerden daha yüksek bulunmuştur. Tanen içeren yemlerin PF değerinin teorik PF değerinden

yüksek olabileceği bazı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Yapraklarda bulunan tanen inkübasyon sırasında çözülüp süzmeyle ortamdan uzaklaşmakta fakat *in vitro* gaz üretimine pozitif katkısı olmadığından PF değeri tanen içeren yemlerde yüksek çıkabilmektedir (Makkar ve ark., 1995). Her yemin kendine has bir PF değeri mevcut olup yemin kimyasal kompozisyonuyla ilişkili olmak zorunda değildir. Taksimat faktörü (PF) değerinin yüksek olması kaba yemlerin sindirim derecesinin ve yem tüketiminin yüksek olmasından dolayı PF değeri yemleri değerlendirilirken kullanılabilirliği bildirilmiştir (Baba ve ark., 2002).

Söğüt yapraklarının MPÜ değerleri yetiştirme bölgelerine göre farklılık göstermiş olup 146.11 mg ile 227.06 mg arasında değişmiştir. En yüksek MPÜ değerine Tunceli ilinde yetişen söğüt yaprakları sahip olurken en düşük MPÜ değerine ise Kayseri ilinde yetişen söğüt yaprağı sahip olmuştur. Söğüt yapraklarının MPSE değerleri yetiştirme bölgelerine göre farklılık göstermiş olup %46.86 ile %54.45 arasında değişmiştir. En yüksek MPSE değerine Kahramanmaraş ilinde yetişen söğüt yaprakları sahip olurken en düşük MPSE değerine ise Tunceli ilinde yetişen söğüt yaprakları sahip olmuştur.

Genelde yemler üretilen gaz miktarlarına bakılarak değerlendirilmektedir. Aslında bu yaklaşım çok doğru olmayabilir. Fermente olabilen besin maddeleri gaza, uçucu yağ asitlerine ve mikrobiyal proteine dönüştürülmektedir. Gaz üretim değerleri baz alınarak yapılacak seçimde Erzurum ve Kahramanmaraş ilinde yetişen söğüt yaprağı tercih edilecektir. Oysa gerçek sindirim derecesi baz alındığında Tunceli ilinde yetişen söğüt yaprağı tercih edilecektir. Bundan dolayı yemlerin seçimi yapılırken birden fazla parametre baz alınarak yapılırsa daha isabetli karar vermeye neden olabilir.

Çizelge 3. Söğüt yapraklarının kompozisyonları ile gaz üretimi, metan üretimi mikrobiyal protein üretimi ve gerçek sindirim derecesi arasındaki korelasyon ilişki

Table 3. The relationship among the chemical composition, Gas production, methane production, metabolisable energy, organic matter digestibility, true digestibility, microbial protein production of *Salix* leaves

	KM	HK	HY	HP	NDF	ADF	KT
Gaz	-0.216	-0.469*	0.003	-0.181	-0.612**	-0.793**	-0.090
Metan (ml)	-0.408*	-0.318	0.024	-0.265	-0.598**	-0.403*	-0.153
Metan (%)	-0.188	0.364	0.055	0.055	0.182	0.775**	-0.054
ME	-0.190	-0.257	-0.092	0.064	-0.595**	-0.854**	-0.237
OMSD	0.202	0.015	-0.209	0.321	-0.565**	-0.822**	-0.406*
GSD	0.045	-0.458*	0.212	-0.135	-0.126	-0.859**	-0.137
GSKM	0.034	-0.461*	0.216	-0.145	-0.130	-0.855**	-0.141
PF	0.076	-0.111	0.312	0.015	0.565**	-0.313	-0.105
MPÜ	0.175	-0.363	0.298	-0.094	0.181	-0.717**	0.142
MPSE	0.321	0.145	-0.321	0.020	-0.548	-0.305	0.080

KM: Kuru madde, HK: Ham kül, HP: Ham protein, NDF: Nötr deterjan fiber, ADF: Asit deterjan fiber, KT: Kondense tanen, ME: Metabolik enerji, OMSD: Organik madde sindirim derecesi, GSKM: Gerçek sindirilen kuru madde (mg), PF: Taksimat faktörü, MPÜ: Mikrobiyal protein üretimi (mg), MPSE: Mikrobiyal protein sentezleme etkinliği (%), GSD: Gerçek sindirim derecesi (%), **: P<0.01, *: P<0.05.

Söğüt yapraklarının kompozisyonları ile gaz üretimi, metan üretimi, ME, OMSD, GSD, GSKM, PF, MPÜ ve MPSE arasındaki ilişki Çizelge 3'de verilmiştir. Söğütlerin NDF içeriği ile gaz üretimi, metan (ml), ME, OMSD ve MPSE arasında negatif ilişki bulunmuştur. Söğütlerin ADF içeriği ile gaz üretimi, metan (ml), ME, OMSD, GSD, GSKM ve MPÜ arasında negatif ilişkiler bulunmuştur.

Genel olarak bakıldığında hücre duvarını oluşturan unsurların özellikle ADF içeriğinin artması ölçülen parametrelerin çoğunluğunda azalmalara neden olmuştur. Diğer taraftan söğüt yapraklarının KT içeriği ile ölçülen parametreler arasında önemli bir ilişki bulunamamıştır. Benzer şekilde Frutos ve ark (2002)'nin yaptığı çalışmada %6.51'den daha düşük KT içeriğinin yemlerin sindirimini negatif yönde etkilemeyeceğini bildirmiştir.

SONUÇ

Yetiştirme bölgesi söğüt yapraklarının kompozisyonunu, gaz üretimini, metan üretimini, ME, OMSD, GSD, GSKM, PF, MPÜ ve MPSE değerlerini önemli derecede etkilemiştir ($P < 0.001$). Erzurum ilinin dışında yetişen bütün söğüt yapraklarının HP içeriği bakımından koyunların hem yaşama payı hem de verim payı ihtiyaçlarını karşılayacak seviyede protein içerdiği bulunmuştur. Ayrıca bütün illerde yetişen söğüt yaprakların düşük düzeyde anti-metanojenik etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Yemlerin sadece *in vitro* gaz üretimine göre değil gerçek sindirim derecesi ve mikrobiyal protein üretimi gibi diğer fermantasyon parametrelerine göre yapılacak seçimlerde daha isabetli kararlar vermek mümkün olacaktır. Bundan sonra yapılacak *in vivo* çalışmalarda *in vitro* çalışmalarda elde edilen sonuçların test edilmesine gerek vardır.

Teşekkür

Bu çalışma Tuğba CENGİZ'in yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir

Çıkar çatışması beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağladıklarını beyan ederler.

KAYNAKÇA

AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed., pp.66-88. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
Baba ASH, Castro FB, Orskov ER 2002. Portioning of energy and degradability of browse plants *in vitro* and the implications of blocking the effects of

- tannin by addition of polyethylene glycol. *Animal Feed Science and Technology*, 95:93-104.
- Barry TN 1987. Secondary compounds of forages. In: *Nutrition of herbivores*. Hacker, J.B. and Ternouth, J.H. (eds.) A.P. Sydney pp. 91–120.
- Barry TN, Duncan SJ 1984. The role of condensed tannins in the nutritional-value of *Lotus pedunculatus* for sheep .1. Voluntary intake. *British Journal of Nutrition*, 51: 485 – 491.
- Bhatta R, Tajima K, Takusari N, Higuchi K, Enishi O, Kurihara M 2007. Comparison of *in vivo* and *in vitro* techniques for methane production from ruminant diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 20(7): 1049-1056.
- Blümmel M 2000. Predicting the partitioning of fermentation products by combined *in vitro* gas volume–substrate degradability measurements: opportunities and limitations. In: *Gas Production: Fermentation kinetics for feed evaluation and to assess microbial activity*. British Society of Animal Science, Penicuik, Midlothian, pp. 48–58
- Blümmel M, Givens DI, Moss AR 2005. Comparison of methane produced by straw fed sheep in open-circuit respiration with methane predicted by fermentation characteristics measured by an *in vitro* gas procedure. *Animal Feed Science and Technology*, 123-124:379-390.
- Blümmel M, Lebzien P 2001. Predicting ruminal microbial efficiencies of dairy rations by *in vitro* techniques. *Livestock Production Science*, 68(2-3): 107-117.
- 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. *British Journal of Nutrition*, 77:911-921.
- Carlin A. 2006. Working paper: Global climate control: Is there a better strategy than reducing greenhouse gas emissions? p.:1-65
- Denek N, Serkan S, Can A. 2017. The effects of dried pistachio (*Pistachio vera* L.) by-product addition on corn silage fermentation and *in vitro* methane production. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1):185-189.
- El-Shatnawi MK, Mohawesh YM, 2000. Seasonal chemical composition of saltbush in semiarid grassland of Jordan. *Journal of Range Management*, 53: 211-214.
- Frutos P, Hervas G, Ramos G, Giraldez FJ, Mantecon AR 2002. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Animal Feed Science Technology*, 95:215-226.
- Getachew G, Robinson PH, DePeters EJ, Taylor SJ, Gisi DD, Higginbotham GE, Riordan TJ

2005. Methane production from commercial dairy rations estimated using an *in vitro* gas technique. *Feed Science and Technology*, 123-124:391-402.
- 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. *Animal Feed Science Technology* 147(1-3): 72-89.
- Goering HK, Van Soest PJ 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications).In: *Agricultural Handbook No. 379*. USDA-ARS, Washington, DC, USA
- 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. *Animal Feed Science and Technology*, 163(2- 4): 231-243.
- Jayanegara A, Wina E, Takahashi J. 2014. Meta-analysis on methane mitigating properties of saponin-rich sources in the rumen: Influence of addition levels and plant sources. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 27(10):1426-1435.
- Johnson KA, Johnson DE 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73: 2483-2492.
- Kara K 2015. *In vitro* methane production and quality of corn silage treated with maleic acid. *Italian Journal of Animal Science*, 14:718-722.
- Kilic, U, Kurt D, Aytac S, Ayan AK. 2019. A study on the feed value, *in vitro* digestibilities and methane production of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) field waste. *Progress in Nutrition*, 21(2):449-452.
- Kumar R, Singh M 1984. Tannins: their adverse role in ruminant nutrition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32:447-453.
- Leng R.A. 1993. Quantitative ruminant nutrient-A gren science. *Australian Journal of. Agricultural Science*, 44: 363-380.
- Lohan OP, Lall D, Vaid J, Negi SS 1983. Utilization of oak tree fodder in cattle ration and fate of oak leaf tannins in the ruminant system. *Indian Journal of Animal Science*, 53: 1057-1063.
- Lopez S, Makkar HPS, Soliva CR 2010. Screening plants and plant products for methane inhibitors. In: Vercoe PE, Makkar HPS, Schlink A, (Eds): *In vitro* screening of plant resources for extra nutritional attributes in ruminants: Nuclear and related methodologies. London, New York, pp. 191-231.
- Luske B, Meir I, Kondylis A, Roelen S, Ekeren N 2017. Online fodder tree database for Europe. Louis Bolk Institute and Stitching Duinboeren, the Netherlands, <http://www.voederbomen.nl/nutritionalvalues/>
- Makkar HPS, Blümmel M, Becker K 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in *in vitro* techniques. *British Journal of Nutrition*, 73 (6): 897-913.
- Makkar HPS, Singh B, Negi SS 1989. Relationship of rumen degradability with microbial colonization, cell wall constituents and tannin levels in some tree leaves. *Animal Production*, 49: 299-303.
- Meale SJ, Chaves AV, Baah J, McAllister TA 2012. Methane production of different forages *in vitro* ruminal fermentation. *Australasian Journal of Animal Science*, 25(1): 86-91.
- 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 Development*, 28: 7-55.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science (Camb)*, 93:217-222..
- NRC 2001. National Research Council, Nutrient Requirements of Dairy Cattle, seventh ed. National Academy Press, Washington, DC, USA
- Roder W 1983. Willow (*Salix babylonica*).A fodder to rely on. *Bhutan Journal of Animal Husbandry*, 4:7-9.
- Sallama SMA, Abdelgaleilb SAM, Buenoc ICS, Nassera MEA, Araujod RC, Abdallac AL 2011. Effect of some essential oils on *in vitro* methane emission *Archives of Animal Nutrition*, 65(3): 203-214.
- Singleton VL 1981. Naturally occurring food toxicants: Phenolic substances of plant origin common in foods. *Advances in Food Research*, 27:149-242.
- Vercoe, P.E., Makkar, H.P.S. Schlink, A.C. 2010. *In vitro* screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: Nuclear and related methodologies. Springer Science + Business Media B.V. Springer, Dordrecht, p.247.