

## Mısır Silajına Katılan Farklı Düzeylerdeki İnulinin Gaz Üretimi ve Sindirilebilir Organik Madde Üzerine Etkisi

Buğra Genç<sup>1</sup>, Mustafa Salman<sup>2</sup>, Nurcan Çetinkaya<sup>2</sup>, Zehra Selçuk<sup>2</sup>, Mustafa Açıcı<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Laboratuvar Hayvanları A.D Samsun Türkiye.

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları A.D Samsun Türkiye

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Parazitoloji A.D Samsun Türkiye

Geliş Tarihi / Received: 20.06.2018, Kabul Tarihi / Accepted: 02.10.2019

**Özet:** Bu araştırmada, mısır silajına farklı düzeylerde ilave edilen inulinin rumen fermantasyonu üzerine olan etkileri *in vitro* gaz üretim yöntemi ile araştırılmıştır. *In vitro* gaz üretim sistemi için çalışma dizaynı; kontrol grubu %0 ve deneme grupları %0.4 ve %0.8 düzeyinde inulin farklı modül Őişelerine ilave edilecek şekilde oluşturulmuştur. Gruplar dörder tekrarlı olacak şekilde planlanmıştır. Meydana gelen gaz miktarı inkübasyonun 3, 6, 12, 24, 48, 72. ve 96. saatlerinde kaydedilmiştir. İnulinin mısır silajına %0.4 ve %0.8 oranlarında katılması ile inkübasyon sonunda gruplar arasında kümülatif gaz üretimi, sindirilebilir organik madde düzeyi (%SOM) ve metabolize olabilir enerji değerleri (ME<sub>GP</sub>) istatistikî anlamda farklılık (P<0.05) göstermiştir. Araştırma sonucu olarak; mısır silajına değişen oranlarda inulin katkısının gaz üretimi, %SOM ve ME<sub>GP</sub> değerleri üzerine önemli bir etkisi olduğu belirlenmiş, ancak inulinin bu etkilerinin *in vivo* etkilerinin de araştırılması gerektiği kanısına varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** *In vitro* gaz üretimi, inulin, , mısır silajı, sindirilebilirlik

### Effects of Inulin Addition on Gas Production and Digestible Organic Matter at Different Levels of Corn Silage

**Abstract:** The aim of this study was to investigate the effects on rumen fermentation of addition of inulin to corn silage with *in vitro* gas production methods. Study design for *in vitro* gas production system; corn silage (CS), respectively, the control group, 0% and the experimental group 0.4% and 0.8% at the level of inulin to each jar was formed so as to be added. Each group was planned to be four replications. *In vitro* gas production was recorded at 3, 6, 12, 24, 48, 72, 84 and 96 h of incubation. *In vitro* cumulative gas production, digestible organic matter level (DOM, %) and metabolizable energy values (ME<sub>GP</sub>) for corn silage of the inulin addition in 0.4% and 0.8% levels at the end of the incubation period were statistically significant in comparison with control groups (P<0.05). In conclusion, our result showed that inulin addition at different levels were a significant impact on the amount of gas production, digestible organic matter level and metabolizable energy value. However, further studies are required to investigate the effects of inulin constituents on *in vivo*.

**Key words:** Corn silage, digestibility, *in vitro* gas production, inulin

### Giriş

Ruminant besleme alanında kaliteli kaba yem temini oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu alanda yemlerin kalitelerinin artırılması, yem katkı maddeleri ile muamelelerinde yeni alternatif kaynakların arayışı, rumen ekosistemi üzerine yapılan modifikasyonlar [35] son zamanlarda araştırmalarda sıkça yer almaktadır. Bu doğrultuda prebiyotik ve probiyotiklerin kullanımı antibiyotiklerin büyümeyi geliştirici faktör olarak kullanılmalarının yasaklanmasının ardından birçok araştırmada dikkati çekmektedir.

Prebiyotiklerin etki mekanizmaları *in vitro* ve *in vivo* yöntemlerle, insan, laboratuvar hayvanları,

karnivor ve ruminantlarla yapılan birçok çalışmada halen ortaya konmaya çalışılmaktadır [27]. Bu etkileri ortaya koymak adına prebiyotiklerin, trofi, immun modülasyon, mukus, lipid metabolizması, intestinal flora, mineral metabolizması ve karsinogenezis üzerine olan etkileri en çok çalışılan araştırma konularını oluşturmaktadır.

Araştırmalarda en çok incelenen ve kullanılan prebiyotikler inulin tip fruktanlar ve galaktooligosakkaritlerdir [36]. İnulinler metabolizmada hidrolizasyon sonucunda fruktoza ve sonrasında fruktozaya dönüşürler. Kolay eriyebilen inulinler iyi bir fruktoz kaynağı olarak da bilinir [8]. Prebiyotik

maddeler içinde inulin en uzun fermentasyon süresine sahiptir. Buna neden olarak da uzun zincir yapısında olması gösterilmektedir. İnulin tipi fruktanlar, bitkilerden ekstrakte edilebildiği gibi, inülinin kısmi hidrolizinden üretilen veya sükrozdan enzimatik sentez yoluyla elde edilebilmektedir [36]. İnulinler takriben 36.000 bitki türünde depo karbonhidrat ürünü ve fruktan zincir karması olarak teşkil eden ve  $\beta$ -(2→1) fruktosil-fruktoz bağları içeren [34] kimyasal bir yapıya sahiptir. Ekonomik anlamda avantajlı ticari inulin eldesi için doğal kaynak olarak en çok hindiba bitkisinin kökü [9] kullanılmakta olup kimyasal polimerizasyon dereceleri 11-65 ve 3-10 değerlerinde fruktan ve oligofruktoz zincirleri bulundurmaktadır [17].

Ruminant beslenmesinde kullanılan kaba yemlerin besleme değerinin belirlenmesinde; yemin bileşimi, sindirim derecesi ve yemin hayvan tarafından tüketilmesi en önemli unsurları oluşturur. Yemlerin kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi, o yemin potansiyel besleme değerini belirlemeye yönelik çalışmalar olup, yemin gerçek besleme değeri hakkında yeterince bilgi vermez. Yemlerin sindirim derecesi ve yem tüketimi klasik *in vivo* sindirim deneme yöntemleri ile belirlenmektedir. Bir yemin gerçek sindirim derecesini belirlemede kullanılan en doğru metod olmasına rağmen bu yöntemin iş gücü gereksiniminin fazla ve pahalı olması, ayrıca pratikte karşılaşılan bütün koşullarda uygulanmasının zor olması gibi sebeplerden dolayı *in-vivo* yöntemlere alternatif olarak *in vitro* ve *in situ* yöntemler geliştirilmiştir. Araştırmamızda kullandığımız gaz üretim tekniği yemlerde *in vitro* parçalanma miktar ve hızı, %SOM ve  $ME_{GU}$  tespitleri için diğer bazı araştırmalarda [19, 20] da kullanılmıştır. Bu teknik fermentasyon sonucu meydana gelen  $CO_2$  gazı ölçümünü esas alan indirekt bir yöntemdir. Açığa çıkan  $CO_2$  gazı miktarına dayalı parametreler ile hayvan performansı, yem tüketimi [3], mikrobiyal protein sindirimi [14] ve yemlerin *in vivo* sindirim derecesi [13] arasında önemli ve yüksek bir korelasyon bulunmuştur.

Fermentasyon sonucunda kısa zincirli uçucu yağ asitleri,  $CO_2$  ve  $CH_4$  gazı açığa çıkar. Temel olarak gaz üretimi, karbonhidratların asetik, propiyonik ve butirik aside fermente olmasıyla gerçekleşir. Proteinlerin fermentasyonu sonucu açığa çıkan gaz

miktarı, karbonhidratların fermentasyonu sonucu açığa çıkan gaz miktarından daha azdır. Yemlerde bulunan yağlar ise gaz üretimine neden olmamaktadır [37]. Bir mol uçucu yağ asidinin ürettiği  $CO_2$  miktarı 0.8–1.0 mmol arasında değişmekte olup [2,3] üretilen gaz miktarı ile uçucu yağ asitleri arasında pozitif bir ilişki olduğu gösterilmiştir [3,18].

Metan rumende bulunan anaerobik mikrobiyal komünitenin bir parçası olan metanojenik arkeler tarafından oluşturulur. Bu canlılar ruminal bakterilerden daha az olmasına rağmen, metan sentezleme yeteneklerinden dolayı araştırmalarda büyük ilgi kaynağı olmuşlardır [30]. Rumende oluşan metanogenez, bilinen üç metabolik yolla meydana gelebilir, ancak  $H_2$ 'in  $CO_2$  ile hidrojenotrofik indirgenmesi yolu en baskın olanıdır [4]. Ruminantlarda metan oluşumu hayvanın enerji kaybına neden olabileceği gibi [5] 3.6 milyar evcil büyük ruminant ve 1.1 milyar küçükbaş ruminant hayvandan emisyonu gerçekleşen metan salınımı insan ve hayvan hareketleriyle gerçekleşen sera gazı emisyonundaki artışta büyük rol oynamaktadır [21]. Ruminal fonksiyon neticesinde oluşan metan, hayvanların bireysel üretim miktarları bakımından oldukça az olup bir süt ineği başına yıllık değeri 80-110 kg arasında değişmektedir [22] ancak dünyada ruminant sayısının yaklaşık 1 milyarı bulması [6] nedeniyle yüksek metan emisyonu tablosu ortaya çıkmaktadır. Kötü kaliteli kaba yeme bağlı olarak yapılan yanlış besleme uygulamaları besin madde miktarı ve dengesini bozar ve enterik metan üretimini artıran bir etki gösterir. Buna bağlı olarak ruminantlarda sindirilebilir enerji kaybı görülür.

Suni rumen kullanılarak sindirilme derecesinin tespit edilmesi Czerkawski ve Breckendridge [6] tarafından tanımlanmıştır. Laboratuvar şartlarında rumen ortamı oluşturularak yemlerin sindirilme derecesi belirlenmektedir. Bu metodun kullanılmasının kolay olması ve yöntemde alışılmış ruminant yemlerinin kullanılması bu tekniğin en önemli avantajını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, küresel anlamda ruminant besleme alanında yaygın olarak tercih edilen mısır silajının, inulin ile muamele edilerek rumen fermentasyonu üzerine etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

## Gereç ve Yöntem

Araştırmada ruminant besleme alanında yoğun olarak tercih edilen kaba yemlerden biri olan mısır silajı kullanılmıştır. Silajı yapılacak mısır hasatları, ½ süt çizgisinin olduğu dönemde yapılmıştır. Hasat edilen materyal 1 litre hacimli (V) cam kavanozlara her bir grup için 5 kavanoz olacak şekilde sıkıştırılarak konulmuş ve ışık almayan bir ortamda muhafaza edilmiştir. Hazırlanan silaj materyali 60 gün sonra açılarak analizlerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir. Analizler için kullanılan rumen sıvısı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme Ünitesinde bulunan rumen kanüllü 3 adet Karayaka ırkı koçtan alınmıştır. Rumen sıvısı sabah yemlemesinden önce toplanmıştır. Hayvanlara günlük olarak 650 g yonca kuru otu (2320 kcal/kg metabolik enerji; %18.9 ham protein) ve 350 g konsantre yem (2500 kcal/kg metabolik enerji; %13 ham protein) içeren rasyon verilmiştir. Hayvanlara su taze ve *ad-libitum* olarak sağlanmıştır. Yemlerin kimyasal kompozisyonunun belirlenmesi için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarındaki mevcut cihazlardan faydalanılmıştır. Yemlerin *in vitro* gaz üretim değerlerinin belirlenmesi için Ankom Gaz Üretim sistemi (Ankom<sup>RF</sup> Gas Production System, Ankom Technology, NY, USA) kullanılmıştır.

### Yemlerin Kimyasal Analizleri

Kavanozlara yerleştirildikten 60 gün sonra açılan silajlar 65 °C'de 48 saat kurutma dolabında sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Kurutulan silajın doğal haldeki kuru madde (KM) miktarı %28.4 olarak tespit edilmiştir. Daha sonra silaj örnekleri 1 mm çaplı gözlerle sahip değirmende öğütülmüştür. Örnekler KM tayini için 105°C'de 4 saat etüvde kurutulmuştur. Ham kül (HK) içeriği 550°C'de 4 saat kül fırınında yakılarak belirlenmiştir. Azot (N) miktarı Kjeldahl metodu ile saptanmış, ham yağ analizi AOAC [1] de bildirilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Nötr deterjan lif (NDF), asit deterjan lif (ADF) ve asit deterjan lignin (ADL) miktarı tespiti için Van Soest ve ark. [33] tarafından bildirilen yöntemlere göre ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM Technology Corp. Fairport, NY, USA) cihazı kullanılmıştır.

### *In Vitro* Gaz Üretim Miktarının Belirlenmesi

Gruplardaki ham maddelerin *in vitro* koşullardaki sindirilebilirlik özellikleri Menke ve Steingass [20] tarafından bildirilen Gaz Üretim Tekniği ile saptanmıştır. Yaklaşık 1 g kuru yem örnekleri dört tekerürlü olarak 250 ml hacimli modüller cam şişeler içerisine konulmuştur. Kontrol grubuna inulin katılmazken MS\_04 ve MS\_08 gruplarına yem örneğinin kuru maddesi esas alınarak sırasıyla %0.4 ve %0.8 oranında inulin (Sigma-Aldrich) rumen sıvısı ve çözeltilerin bulunduğu cam şişelere ilave edilmiştir. Gaz oluşumu ve devamlılığı için Goering ve Van Soest [10]'e göre çözeltiler hazırlanıp rumen sıvısıyla birlikte tüplere konularak 39°C'deki su banyosunda inkübasyona bırakılmıştır. Fermantasyon etkisiyle oluşan gazların 3, 6, 12, 24, 48, 72 ve 96. saatlerde ölçümleri kaydedilmiş ve üretilen gaz miktarlarından yararlanılarak Menke ve Steingass [20] tarafından önerilen eşitlikler kullanılarak mısır silajının metabolize olabilir enerji değeri (ME) ve organik madde sindirilebilirliği (SOM) hesaplanmıştır.

#### Formül:

$$ME \text{ (MJ/kg KM)} = 2.2 + 0.136 \text{ GÜ (ml/1 g KM)} + 0.057 \text{ HP (g/kg KM)} + 0.0029 \text{ HY (g/kg KM)}$$

$$SOM \text{ (\%)} = 57.2 + 0.365 \text{ GÜ} + 0.304 \text{ HP} - 1.98 \text{ ADL}$$

GÜ: Gaz üretimi, KM: Kuru madde, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, ADL: Asit Deterjan Lignin

#### İstatistik Analiz

Araştırma sonunda elde edilen verilerde Kolmogorov-Smirnov Testi sonuçlarına göre tüm değişkenler normal dağılım göstermiştir. Varyans homojenliği testi için Levene Testi yapılmıştır. Tüm değişkenlerde varyansların homojen olduğu belirlenmiştir. Grupların karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi, gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için de Duncan Testi kullanılmıştır. Tanıtıcı istatistiklerden ortalama ve standart hatalar hesaplanmıştır. Bu amaçlar için SAS [29] istatistik paket programı kullanılmıştır.

### Bulgular

Mısır silajına farklı seviyelerde inulin ilavesinin *in vitro* gaz oluşumu üzerine etkileri Tablo 1'de verilmiştir. Gaz üretim miktarları, inkübasyon periyodunun 96. saatinde kontrol (MS\_K) ve deneme (MS\_04

ve MS\_08) gruplarında sırasıyla 174.06±1.80 ml, 256.75±17.89 ml ve 326.02±10.38 ml olarak bulunmuştur (Tablo 1). İnulinin artan düzeylerde kullanımının gaz üretim miktarını istatistiki olarak önemli düzeyde artırdığı görülmektedir (P<0.05). İnulinin her iki düzeydeki kullanımı gaz üretim miktarını 6. saatten sonra önemli düzeyde artırmıştır (P<0.05).

Mısır silajına farklı seviyelerde inulin ilavesinin sindirilebilir organik madde (SOM,%) ve metabolik enerji (ME<sub>GU</sub>, kcal /kg KM) üzerine etkileri ise Tablo 2’de verilmiştir. Sindirilebilir organik madde miktarları inkubasyon periyodunun

96. saatinde kontrol (MS\_K) ve deneme (MS\_04 ve MS\_08) gruplarında sırasıyla %65.66±0.16, %73.20±1.63 ve %78.50±1.08 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Metabolik enerji değerleri inkubasyon periyodunun 96. saatinde kontrol (MS\_K) ve deneme (MS\_04 ve MS\_08) gruplarında sırasıyla 8.64±0.06 kcal/kg, 11.46±0.60 kcal/kg ve 13.81±0.35 kcal/kg olarak tespit edilmiştir. İnulinin artan düzeylerdeki kullanımı inkubasyon periyodunun 12, 24, 48, 72 ve 96. saatlerinde SOM ve ME değerlerini istatistiki olarak önemli düzeyde artırmıştır (P<0.05).

**Tablo 1.** Mısır silajına değişen seviyelerde inulin katkısının *in vitro* gaz oluşumu üzerine etkileri (ml).

İnkübasyon (saat)	MS_K	MS_04	MS_08	P
3	3.08±0.28	9.05±0.42	10.61±0.86	ÖS
6	19.48±0.64b	37.32±5.07b	68.99±2.25a	*
12	64.17±1.25c	123.16±6.39b	200.94±1.85a	*
24	120.11±2.00c	181.57±10.26b	269.67±3.33a	*
48	161.65±5.42c	236.02±15.95b	306.08±7.58a	*
72	166.44±3.41c	249.09±17.13b	318.92±8.54a	*
96	174.06±1.80c	256.75±17.89b	326.02±10.38a	*

\* Aynı satırda farklı harf taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir (P<0.05); ÖS:Önemsiz

**Tablo 2.** Mısır silajına değişen seviyelerde inulin katkısının sindirilebilir organik madde (SOM,%) ve metabolik enerji (ME<sub>GU</sub>,kcal /kg KM)üzerine etkileri

	İnkübasyon (saat)	MS_K	MS_04	MS_08	P
SOM	12	55.63±0.11c	61.92±1.10b	67.08±1.02a	*
	24	60.73±0.18c	67.21±1.40b	73.36±1.06a	*
	48	64.52±0.49c	71.31±1.45b	76.68±0.98a	*
	72	64.96±0.31c	72.50±1.56b	77.85±0.98a	*
	96	65.66±0.16c	73.20±1.63b	78.50±1.08a	*
ME <sub>GU</sub>	12	4.91±0.04c	7.25±0.41b	9.56±0.06a	*
	24	6.81±0.06c	9.22±0.52b	11.90±0.11a	*
	48	8.22±0.18c	10.75±0.54b	13.13±0.25a	*
	72	8.39±0.11c	11.20±0.58b	13.57±0.29a	*
	96	8.64±0.06c	11.46±0.60b	13.81±0.35a	*

\* Aynı satırda farklı harf taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir (P<0.05); ÖS:Önemsiz

## Tartışma ve Sonuç

Mısır silajına farklı seviyelerde (%0.4 ve %0.8) katılan inulinin, inkübasyon süresinin 6, 12, 24, 48, 72 ve 96. saatlerde *in vitro* gaz oluşumu üzerine önemli bir etkisi olmuştur. İnkübasyon periyodunun sonunda MS\_K, MS\_04 ve MS\_08 gruplarında *in vitro* gaz üretim miktarları sırasıyla 174.06 ± 1.80 ml,

256.75 ± 17.89 ml ve 326.02 ± 10.38 ml olarak bulunmuştur. Umucalılar ve ark. [32] rumen fermentasyonu üzerine inulinin potansiyel rolünü ortaya çıkarmak amacıyla yaptıkları çalışmada yem materyali olarak kaba konsantre yem karması kullanmışlardır. İnulin miktarı (%0, %2 ve %4) ile uçucu yağ asitleri oluşumunun doğru orantılı olduğu, yine inu-

linin gaz oluşumunu önemli derecede artırdığını ve inulinin düzeyi ile birlikte sindirilen organik madde miktarının da arttığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar sunulan çalışma ile benzerlik göstermektedir.

İnulinin gaz üretimine etkisinin araştırıldığı farklı materyallerde yapılan çalışmalarda da [11, 16, 24] diğer prebiyotiklerden, pektin ve arabinoksilanlardan daha fazla gaz üretimine neden olduğu bildirilmiş olup bu etkiye neden olarak da inulinin çok daha iyi çözünebilir bir yapıya sahip olması gösterilmiştir. Bu araştırmalarda da 24 saatlik inkübasyonda inulin katkısının yüksek gaz oluşumuna neden olması mevcut araştırmamızla uyum içerisindedir.

Gaz üretim tekniğindeki temel işleyiş, anaerobik mikrobiyal sindirim yoluyla karbonhidratlardan uçucu yağ asiti ve gaz çıkışıdır. Bu gazlar başlıca CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> olarak görülmektedir [15]. Çavdar, buğday ve yulaf kepeği gibi konsantre yemlerin inulinin polisakkaritlerinin gaz üretimi üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada [11] inulin kullanılan grupta daha hızlı pH düşmesi, daha fazla propilenik asit ve daha az propiyonik asit üretimi görüldüğü ve bunun inulinin çok daha hızlı tüketilmesi ile doğru orantılı olduğu saptanmıştır. Benzer bulgular Umucalılar ve ark.[32]'nin çalışmasında da bildirilirken inulinin diğer rumen parametreleri üzerine önemli bir etki göstermediğine dikkat çekilmiştir. İnulinin gaz üretimine etkisi fekal materyal kullanılan bir çalışmada [31] da vurgulanmaktadır. Araştırmada inulin, buğday dekstrini ve psyllium kullanılmış olup ilk 4 saat üretilen gaz değerleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Ancak 8, 12, 24. saatlerdeki gaz üretimindeki artış inulin kullanılan grupta önemli derecede yüksek bulunmuştur. Ölçülen gaz değerlerinde ise H<sub>2</sub> gazının tüm saatlerde inulin kullanılan grupta en fazla üretilen gaz olduğu görülmüştür. İnulin kullanılan bir başka araştırmada da [12] aynı saatler için benzer bulgulara rastlanmıştır.

Sindirilebilir organik madde (%) ve metabolik enerji (MJ/kg KM) değerleri inkübasyon periyodunun sonunda sırasıyla MS\_K grubu için; 65.66±0.16, 8.64±0.06; MS\_04 grubu için 73.20±1.63, 11.46±0.60, ve MS\_08 grubu için 78.50±1.08 ve 13.81±0.35 olarak belirlenmiştir.

Mısır silajı üzerinde *in vitro* yapılan bir çalışmada [7] sindirilebilir organik madde ve metabolik enerji değerleri sırasıyla %70.02 ve 10.57 MJ/kgKM olarak belirlenmiştir. Sunulan çalışma ile karşılaştırıldığında sindirilebilir organik madde ve metabolik enerji değerleri MS\_K grubuna göre yüksek, MS\_04 ve MS\_08 inulin kullanılan gruba göre ise düşük belirlenmiş olup bu farklılığın inulin etkinliği ile ortaya çıktığı düşünülmektedir. Yine inulinin rumen metabolizması üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada [23] inulin kaynağı olarak *Helianthus tuberosus L.* kullanılmış olup rumen pH, uçucu yağ asit üretimi ve organik madde sindirimi üzerine önemli bir etkinin olmadığı sadece rumen amonyak konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür. Bu etkiye neden olarak polimerik fruktanların fruktoza mikrobiyal yıkımlarının yavaş olması gösterilmiştir. Kullanılan inulinin saflaştırılmamış olması, metabolize olma sürecini uzatmada etkili olabileceği ve bu nedenle etkisinin azalabileceği düşünülmektedir. İnulin gibi prebiyotik özellikteki maddelerin etkinliklerini göstermeleri için saf olarak kullanılmasının etkileri daha farklı olabilir.

Araştırmamızdaki organik madde sindiriminin inulin düzeyindeki artışla doğru orantılı oluşu inulin tip fruktooligosakkaritlerin rasyona %0.5 ve %1 düzeylerinde katılımıyla organik madde ve kuru madde sindirimini önemli düzeyde artırdığını bildiren bir çalışma [26] ile uyum içerisindedir. Bu farkın inulinin rumen metabolik profili üzerine yaptığı etkiden kaynaklandığı bildirilmiştir. Benzer şekilde bu etki prebiyotik katkılarının kuru madde tüketimini etkilememesine rağmen mikrobiyal protein sentezi üzerine olumlu etkileri nedeniyle nitrojen retensiyonunu artırıcı rol oynamaları [28] ile de açıklanabilir. Benzer şekilde *in vitro* yapılan bir başka çalışmada [25] da mısır silajına inulin ilavesinin kuru madde bazında gerçek organik madde sindirimi üzerine etkisinin olmadığı gösterilmiştir.

Sonuç olarak; bu araştırmada mısır silajına değişen düzeylerde inulin uygulanması ile gaz üretimi, sindirilebilir organik madde ve metabolize olabilir enerji değerlerinin önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Ancak, benzer etkilerin *in vivo* çalışmalarla, ruminal fermentasyon ve hayvan performansı üzerine de araştırılması gerektiği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- AOAC (2006): Official Methods of Analysis, 18th edn. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA.
- Beuvinck JMW, Spoelstra SF, Hogendorp RJ (1992): An automated method for measuring time-course of gas production of feedstuff incubated with buffered rumen fluid. *Neth. J. Agric. Sci.*, 40: 401-407.
- Blummel M, Ørskov ER (1993): Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting of food intake in cattle. *Animal Feed Science and Technology* 40: 109-119.
- Cavicchioli R (2011): Archaea - timeline of the third domain. *Nature Rev Microbiol* 9: 51-61.
- Czerkawski JW (1969): Methane production in ruminants and its significance. *World Rev Nutr Diet* 11: 240-282
- Czerkawski JW, Breckenridge G (1977): Design and development of long-term rumen simulation technique (RUSITEC). *Br J Nutr*, 38: 271-384.
- Denek N, Deniz S (2004): Ruminant Beslemede Yaygın Olarak Kullanılan Kimi Kaba Yemlerin Sindirilebilirlik ve Metabolik Enerji Düzeylerinin *in vitro* Metotlarla Belirlenmesi. *Turk J Vet Anim Sci* 28: 115-122.
- Ergün A (2014): Yem katkı maddeleri. In: *Yemler Yem Hijyeni ve Teknolojisi (Düzeltilmiş 2. baskı)*. Ed. Tuncer ŞD, Çolpan İ, Yalçın S, Yıldız G, Küçükersan K, Küçükersan S, Sehu A. Pozitif Matbaacılık. Ankara
- Flickinger EA, Van Loo J, Fahey GC (2003): Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 43 (1): 19-60, 2
- Goering HK, Van Soest PJ (1970): Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA Agricultural Handbook No. 379.
- Karppinen S, Luukkonen K, Aura AM, Forssell P, Poutanen K (2000): *In vitro* fermentation of polysaccharides of rye, wheat and oat brans and inulin by human faecal bacteria. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 1469-1476
- Khan KM, Edwards CA (2005): *In vitro* fermentation characteristics of a mixture of raffinose and guar gum by human faecal bacteria. *Eur J Nutr* 44:371-376.
- Khazaal K, Markantonatos X, Nastis A, Ørskov ER (1993): Changes with maturity in fibre composition and levels of extractable polyphenols in Greek browse: effect on *in vitro* gas production and in sacco dry matter degradation. *Journal of the science of Food and Agriculture*, 63: 237-244,
- Krishnamoorthy U, Soller H, Steingass H, Menke KH (1991): A comparative study on rumen fermentation of energy supplements *in vitro*. *J Anim Physiol and Anim Nutr*. 65 (1): 28-35
- Lanzas C, Fox DG, Pell AN (2007): Digestion kinetics of dried cereal grains. *Anim. Feed Sci. Technol.* 136: 265-280.
- Lee MRF, Merry RJ, Davies DR, Moorby JM, Humphreys MO, Theodorou MK, Macrae JC, Scollan ND (2003): Effect of increasing availability of water-soluble carbohydrates on *in vitro* rumen fermentation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 104: 59-70.
- Macfarlane S, Macfarlane GT, Cummings JH (2006): Review article: Prebiotics in the gastrointestinal tract. *Alim Pharmacol Ther*, 24 (5): 701-714.
- Makkar HPS, Blummel 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 vitro* techniques. *Brit. J. Nutr.*, 73: 897-913.
- Menke, KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W (1979): The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *Journal of Agricultural Science* 93: 217-222.
- Menke KH, Steingass H (1988): Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Devel. Separate Print*, 28: 7-55.
- Moss AR, Jouany JP, Newbold J (2000): Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Ann Zootech* 49: 231-253.
- O'Mara F (2004): Greenhouse gas production from dairying: reducing methane production. *Advances in Dairy Technology* 16:295-309.
- Öztürk H (2008): Effects of inulin on rumen metabolism *in vitro*. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.* 55: 79-82.
- Rycroft CE, Jones MR, Gibson GR, Rastall RA (2019): A comparative *in vitro* evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. *J. Appl. Microbiol.*, 9: 878-887.
- Salman M, Cetinkaya N, Selcuk Z, Genç B, Acici M (2017): Effects of various inulin levels on *in vitro* digestibility of corn silage, perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and common vetch (*Victoria sativa* L.) oat (*Avena sativa* L.) hay. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 47:5.
- Samanta AK, Senani S, Kolte AP, Sridhar Manpal Bhatta R, Jayapal Natasha (2012): Effect of prebiotic on digestibility of total mixed ration. *Indian Vet J* 89:41-42.
- Samanta AK, Jayapal N, Senani S, Kolte AP, Sridhar M (2013): Prebiotic inulin: Useful dietary adjuncts to manipulate the live-stock gut microflora. *Brazilian Journal of Microbiology* 44 (1): 1-14.
- Santoso B, Kume S, Nonaka K, Gamo Y, Kimura K, Takashi J (2003): Influence of beta galactooligosaccharide supplementation on nitrogen utilization, rumen fermentation, and microbial nitrogen supply in dairy cows fed silage. *Asia Austr J Anim Sci* 26:1137-1142
- SAS Statistical Software (2007): SAS Compusdrive, Carry, NC 27513, USA.
- Snelling TJ, Genç B, McKain N, Watson M, Waters SM, Creevey CJ, Wallace RJ (2014): Diversity and Community Composition of Methanogenic Archaea in the Rumen of Scottish Upland Sheep Assessed by Different Methods. *PLoS ONE* 9(9): e106491. doi:10.1371/journal.pone.0106491
- Timm DA, Stewart ML, Hospattankar A, Slavin JL (2010): Wheat dextrin, psyllium and inulin produce distinct fermentation patterns, gas volumes and short-chain fatty acids profiles *in vitro*. *J Med Food* 13 (4): 961-966.
- Umucalı HD, Gülşen N, Hayırlı A, Alataş MS (2010): Potential role of inulin in rumen fermentation, *Revue Méd. Vét.* 161: 3-9.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991): Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583.
- Waterhouse AL, Chatterton NJ (1993): Glossary of fructan terms. In: *Suzuki M, Chatterton NJ (Eds): Science and Technology of Fructans*. pp. 2-7. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Weimer PJ (1998): Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. *J. Anim. Sci.*, 76: 3114-3122.
- Wilson B, Whelan K (2017): Prebiotic inulin-type fructans and galacto-oligosaccharides: definition, specificity, function, and application in gastrointestinal disorders. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* 32 (1): 64-68
- Wolin MJ (1960): A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.*, 43: 1452- 1459.