



Özgün Araştırma/Original Article

Alkalilerle işlemenin mısır samanının besin madde bileşimi, *in vitro* gaz üretimi ve yem değeri üzerine etkisi

Effect of alkali treatment on nutrient composition, *in vitro* gas production and feed value of corn straw

Önder Canbolat*

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, BURSA, TÜRKİYE

ORCID ID: 0000-0001-7139-1334, Doç. Dr.

*Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author: canbolat@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 22.11.2021

Kabul Tarihi: 12.01.2022

Özet

Amaç: Bu çalışma, farklı alkalilerle işlemenin mısır samanının yem değeri üzerine olan etkilerini saptamayı amaçlamıştır.

Materyal ve yöntem: Araştırmanın yem materyalini hasat sonrası elde edilen mısır samanı oluşturmuştur. Mısır samanı kuru maddesi %50 olacak şekilde sulandırılmış ve sırasıyla; %0 (kontrol), %3 sodyum hidroksit (NaOH), %3 kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), %3 potasyum hidroksit (KOH) ve %3 kalsiyum oksit (CaO) gibi alkaliler ilave edilmiştir. Alkaliler ile işlenmiş mısır samanı 21 gün sonunda açılmış ve besin madde bileşimleri saptanmıştır. Mısır samanlarının *in vitro* gaz üretimleri, metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirimleri (OMS) *in vitro* gaz üretim tekniği ile saptanmıştır. Gerçek kuru madde sindirimi (GKMS) ile nötr deterjan lif sindirimi (NDFS) ise Daisy inkübatör tekniği ile saptanmıştır. Ayrıca mısır samanlarının nispi yem değeri (NYD) hesaplanmıştır.

Bulgular ve sonuç: Farklı alkalilerle işleme mısır samanının besin madde bileşimini önemli düzeyde etkilemiştir. En yüksek NYD (98,60), %3 NaOH ile işlenmiş mısır samanında bulunmuştur. Sonuç olarak, mısır samanının alkalilerle işlenmesi hem besin madde bileşimini hem de besin maddeleri sindirimini geliştirmiştir. Aynı zamanda *in vitro* gaz üretimi ve NYD özelliklerini de olumlu yönde etkilemiştir. En etkili alkali işleme yönteminin ise %3 NaOH olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: mısır samanı, kimyasal işleme, besin madde bileşimi, sindirilebilirlik, *in vitro* gaz üretimi

Abstract

Objective: This study aimed to determine the effects of treatment with different alkalis on the feed value of corn straw.

Material and method: The feed material of the study consisted of corn straw obtained after harvest. Corn straw was diluted to 50% dry matter and respectively; alkalis such as 0% (control), 3% sodium hydroxide (NaOH), 3% calcium hydroxide ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 3% potassium hydroxide (KOH) and 3% calcium oxide (CaO) were added. Corn straw treated with alkali was opened after 21 days and nutrient compositions were determined. *In vitro* gas production, metabolic energy (ME) and organic matter digestion (OMS) of corn straw were determined by *in vitro* gas production technique. True dry matter digestion (GKMS) and neutral detergent fiber digestion (NDFS) were determined by the Daisy incubator technique. In addition, the relative feed value (RFV) properties of corn straw were calculated.

Results and conclusion: Treatment with different alkalis significantly affected the nutrient composition of corn straw. The highest NYD (98.60) was found in corn straw treated with 3% NaOH. As a result, treatment of maize straw with alkalis improved both nutrient composition and nutrient digestion. It also positively affected *in vitro* gas production and relative feed value (NRV). It was concluded that the most effective alkali treatment method was 3% sodium hydroxide (NaOH).

Keywords: corn straw, chemical processing, nutrient composition, digestibility, *in vitro* gas production

1. Giriş

Ruminantların beslenmesinde kaliteli kaba yem kaynaklarının (yem bitkileri, çayır-mer'alar vb.) yetersiz olması (Mohamoud Abdi ve Kılıç, 2018), yeni yem kaynaklarının kullanımını gündeme getirmektedir. Bu yem kaynaklarından birisini de dane hasadı sonrası tarlada kalan mısır sapsarı (mısır samanı) oluşturmaktadır (Gao vd., 2019; He vd., 2019).

Mısır hem dünyada hem de Türkiye'de üretimi yapılan ve hayvan beslemede kullanılan önemli yemlerin başında gelmektedir (Abera vd., 2018; Gao vd., 2019; You vd., 2019). Türkiye'de dane mısır ekim alanı 6.916.324 dekar olup, yaklaşık 6,5 milyon ton mısır elde edilmektedir (TÜİK, 2021). Koçanları alınmış mısırın yaklaşık %61-73'ü atık olarak kalmaktadır (Fritz vd., 2001). Buna göre yaklaşık 16-24 milyon ton mısır sapı kaldığı hesaplanabilir. Bu miktar mısır sapı özellikle ruminant hayvan beslemede önemli bir yem kaynağı olma potansiyeline sahiptir (Fritz vd., 2001; Mustafa vd., 2004; Canbolat vd., 2016; He vd., 2019).

Mısır samanı düşük protein ve enerji içeriğine sahip olup, yüksek düzeyde selüloz ve hücre duvarı bileşenleri içermektedir (nötr deterjan lif: NDF yaklaşık %70) (Li vd., 2014; Abera vd., 2018; Gao vd., 2019). Mısır samanı yüksek ligno-selülozik madde içerdiği için düşük sindirilebilirliğe sahip olduğu bildirilmektedir (Wilkinson vd., 1979; Gao vd., 2019). Bu tip yemlerin hem sindirim hem de yem değerini artırmak için hayvan sağlığı açısından risk taşımayan sodyum hidroksit (NaOH), kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂), potasyum hidroksit (KOH), kalsiyum oksit (CaO) ve üre (CH₄N₂O) gibi kimyasallardan yararlanılmaktadır (Chaudhry, 2000; Shreck vd., 2011; Taddess vd., 2016; Casperson vd., 2017; Abera vd., 2018; You vd., 2019).

Alkali karakterli NaOH, Ca(OH)₂, KOH ve CaO ile işlenen kaba yemlerin hücre duvarında yer alan asetik asit, fenolik asitler, selüloz ve hemiselüloz gibi bileşikler ile lignin arasındaki ester bağlarının sabunlaşma etkisi ile kırıldıkları bildirilmektedir (Fahey vd., 1993; Harada vd., 2001; Canbolat vd., 2007; Shreck vd., 2011; You vd., 2019). Böylece bitki hücre duvarında bir kabarma ortaya çıkararak sindirim ve mikrobiyal enzimlere daha açık hale gelecekleri vurgulanmaktadır (Canbolat vd., 2007; Shreck vd., 2011; Karabulut ve Filya 2016; You vd., 2019). Bu yolla selüloz, NDF ve hemiselülözün sindirilme derecesinin arttığı bildirilmektedir (Arisoy, 1998; Canbolat vd., 2007; Watson vd., 2015; Donnelly vd., 2018; You vd., 2019).

Bu çalışmada, mısır samanını NaOH, Ca(OH)₂, KOH ve CaO ile işlemenin besin maddeleri içeriği, *in vitro* gaz üretimi, sindirim derecesi ile nispi yem değeri (NYD) üzerine olan etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Yem ve rumen sıvısı materyali

Yem materyalini Bursa ili Karacabey ilçesinde üretimi yapılan birinci ürün dane mısırın hasat sonunda arta kalan ve güneş altında kuruyan mısır sapı oluşturmuştur. Mısır sapı denemede kullanılmadan önce parçalanarak mısır samanı haline getirilmiş ve bu hali ile kullanılmıştır. *In vitro* gaz üretim tekniğinin uygulanması için gereken rumen sıvısı (RS), mezbahada kesilmiş 3 baş Karacabey Merinosu koçtan temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Deneme yemlerinin hazırlanması

Hasat sonrası güneş altında kurumuş olan mısır sapı, makinede parçalanarak saman haline dönüştürülmüştür. Mısır samanları 10 kg'lık 5 eşit parçaya ayrılmıştır. Daha sonra kuru maddesi (KM) %50 olacak şekilde sulandırılmıştır. %50 oranında sulandırma işlemi Shreck vd., (2011)'nin önerileri doğrultusunda belirlenmiştir. Bu oranda sulandırma esas alınarak mısır samanları sırasıyla; %0 (kontrol: su), %3 NaOH, %3 Ca(OH)₂, %3 KOH ve %3 CaO ilave edilerek işlenmişlerdir. Kimyasal uygulama sonunda her bir uygulama grubu (3 tekrarlı olacak şekilde) 1,5 L'lik cam kavanozda silolanmıştır. Kavanozlar silolanmanın 21. gününde açılmıştır. Açılan örnekler 65°C'de kurutulup 1,0 mm çapında elek genişliğine sahip değirmende öğütülerek kimyasal analizlerde, *in vitro* gaz üretiminde ve sindirim analizlerinde kullanılmıştır.

2.2.2. *In vitro* gaz üretim tekniğinin uygulanması

Mısır samanlarının *in vitro* gaz üretimi, organik madde sindirimi (OMS) ve metabolik enerji (ME) düzeyinin saptanmasında Menke ve Steingass (1988) tarafından bildirilen "*in vitro* gaz üretim tekniği" kullanılmıştır. Mısır samanları 3 paralel olacak şekilde özel cam şiringalara (Model Fortuna, Häberle Labortechnik, Lonsee-Ettleschie, Germany) yaklaşık 200±15 mg olacak şekilde konmuş ve daha sonra üzerine RS ve tampon çözeltisinden 30 ml ilave edilmiştir (Menke vd., 1979). Bu şekilde hazırlanan cam şiringalar 3, 6, 12, 24, 48, 72 ve 96 saat süreyle 39°C'de su banyosunda inkübasyona alınarak üretilen gaz miktarları ölçülmüştür.

Mısır samanlarının OMS ve ME içerikleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır (Menke ve Steingass, 1988).

$$\text{OMS (\%)} = 15,38 + 0,8453 \times \text{GÜ} + 0,0595 \times \text{HP} + 0,0675 \times \text{HK}$$

$$\text{ME (MJ/kg KM)} = 2,20 + 0,1357 \times \text{GÜ} + 0,0057 \times \text{HP} + 0,0002859 \times \text{HY}^2$$

GÜ: 200 mg yem örneğinin 24 saate ürettiği net gaz miktarı

HP (g/kg KM): Ham protein

HY (g/kg KM): Ham yağ

HK (g/kg KM): Ham kül

2.2.3. Daisy inkübatör tekniğinin uygulanması

Mısır samanlarının gerçek kuru madde sindirimi (GKMS) ve nötr deterjan lif sindirimi (NDFS) Ankom Daisy^{II} inkübatörü kullanılarak saptanmıştır (ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA, 2008). Öğütülmüş olan mısır samanları her biri 3 paralel olacak şekilde tekniğe özel torbalara (F57) 0,5 g tartılarak ağzı mühürlenmiştir. Daha sonra tekniğe özel cam kavanoza konmuş ve üzerine 2 L'lik inkübasyon sıvısı (1.600 mL tampon çözeltisi + 400 mL rumen sıvısı) CO₂ gazı eşliğinde ilave edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan cam kavanozlar 48 saat süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi dolunca tüm torbalar kavanozlardan çıkartılıp çeşme suyu altında yıkandıktan sonra 105°C'deki etüvde 4 saat kurutulmuşlardır. Etüvden çıkartılan torbalar tartıldıktan sonra KM bazında GKMS ile NDF analizine tabi tutularak NDFS lif sindirimi hesaplanmıştır.

2.2.4. Nispi yem değerinin saptanması

Mısır samanının NYD indeksi Rohweder vd. (1978) tarafından bildirilen ve aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır.

KMS (Kuru madde sindirilebilirliği) (%) = 88,9 - (0,779 × %ADF)

KMT (Kuru madde tüketimi) (% Canlı ağırlık: CA) = 120 / %NDF

NYD (Nispi yem değeri) = KMS × KMT / 1,29

Çizelge 1. Farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının besin madde bileşimi (%)

Besin unsurları (%)	Kontrol	NaOH	Ca(OH) ₂	KOH	CaO	SH*
Organik madde (OM)	93,09 ^a	92,79 ^{bc}	92,74 ^c	92,81 ^b	92,82 ^b	0,028
Ham kül (HK)	6,90 ^c	7,21 ^{ab}	7,26 ^a	7,19 ^b	7,18 ^b	0,028
Ham protein (HP)	4,21 ^a	4,18 ^b	4,18 ^b	4,17 ^b	4,17 ^b	0,011
Ham yağ (HY)	1,22 ^a	1,21 ^a	1,21 ^a	1,22 ^a	1,21 ^a	0,015
Nötr deterjan lif (NDF)	73,41 ^a	59,79 ^d	63,27 ^c	60,90 ^d	64,94 ^b	0,648
Asit deterjan lif (ADF)	42,86 ^a	32,78 ^c	35,13 ^c	34,11 ^d	36,96 ^b	0,474
Asit deterjan lignin (ADL)	6,87 ^a	5,51 ^d	6,12 ^c	6,22 ^c	6,35 ^b	0,059
Sellüloz (S)	35,99 ^a	27,28 ^d	29,01 ^c	27,89 ^d	30,60 ^b	0,442
Hemisellüloz (HS)	30,55 ^a	27,01 ^d	28,15 ^c	26,79 ^d	27,98 ^b	0,762

NaOH: Sodyum hidroksit; Ca(OH)₂: Kalsiyum hidroksit; KOH: Potasyum hidroksit; CaO: Kalsiyum oksit; *Standart hata. Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (p<0,05)

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Alkalilerle işlenmiş mısır samanının besin madde bileşimi

İşlenmemiş ve farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının ham besin madde bileşimleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Nispi yem değeri yemlerin bileşiminde %41 ADF ve %53 NDF olduğunda 100 olarak standart kabul edilir (Rohweder vd., 1978). Bu değer 100'den büyük olması yemin kalitesinin yüksek olmasına, düşük olması ise yemin kalitesinin düşük olduğunun bir göstergesi olarak kullanılmaktadır.

2.3. Kimyasal analizler

Mısır samanları 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülerek analizlerde kullanılmıştır. Mısır samanlarının analizleri her bir grup için 4 tekerrür olarak yapılmıştır. Mısır samanlarının KM içerikleri 105°C'de 4 saat etüvde kurutulmuş. HK içeriği ise 550°C'de 4 saat kül fırınında yakılarak saptanmıştır. Azot (N) içeriğinin saptanmasında Kjeldahl metodundan yararlanılmıştır. HP ise N×6,25 formülü ile hesaplanmış ve HY analizi yapılmıştır (AOAC 2000). Mısır samanlarının hücre duvarı bileşenlerini oluşturan NDF, asit deterjan lif (ADF) ve asit deterjan lignin (ADL) içerikleri ise Van Soest ve Robertson (1991) tarafından bildirilen yöntemlere göre ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA) cihazı kullanılarak analiz edilmiştir.

2.4. İstatistiksel analizler

Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde ortalamalar arasındaki farklılıkların saptanmasında varyans analizinden (General Linear Model) (Minitab, 1996) ve görülen farklılıkların önem seviyelerinin belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır (Snedecor ve Cochran, 1967).

Araştırmada kullanılan mısır samanına alkali ilavesi HK içeriğini artırırken, OM içeriğini önemli düzeyde düşürmüştür (p<0,05). En yüksek HK %7,26 ile %3 Ca(OH)₂ ile işlenmiş mısır samanında saptanmıştır. Mısır samanının alkali ile işlenmesi HP içeriğini düşürmüştür. En yüksek HP %4,21 ile kontrol mısır silajında bulunmuştur (p<0,05). Mısır samanının HP içeriği Li vd., (2014)'nin (%4,05) bildirdikleri sonuçlarla benzer. Gao vd., (2019)'nin bildirdikleri değerlerden (%5,01-9,01) ise düşük olarak saptanmıştır.

Mısır samanının alkali ile işlenmesi hücre duvarı (NDF, ADF, ADL, HS ve S) bileşenlerini önemli düzeyde etkilemiş ve düşürmüştür ($p<0,05$). Mısır samanının NDF, ADF ve S içeriği sırasıyla; %59,79-73,41, %32,78-42,86 ve %27,28-35,99 arasında saptanmıştır. En düşük NDF, ADF ve S içeriği %59,79, %32,78 ve %27,28 ile %3 NaOH ile işlenmiş mısır samanı grubunda bulunmuştur. Kaba yemleri alkalilerle işleme ile yemlerin hücre duvarında yer alan asetik asit, fenolik asitler, selüloz ve hemiselüloz gibi bileşikler ile lignin arasındaki ester bağlarının (ligno-selülozik) sabunlaşma etkisiyle kırılması (Harada vd., 2001; Canbolat vd., 2007; Huntley vd., 2015; Karabulut ve Filya, 2016; Casperson vd., 2018;

You vd., 2019) sonucu, hücre duvarı bileşenlerinin düştüğünü bildiren çalışmalar mevcuttur (Casperson vd., 2018; Abera vd., 2018; You vd., 2019). Casperson vd. (2018) mısır samanında $Ca(OH)_2$ ile yaptıkları çalışmada hücre duvarı bileşenlerinden NDF ve ADF içeriğini önemli düzeyde düşürdüğünü bildirmişlerdir.

3.2. Alkalilerle işlenmiş mısır samanının *in vitro* gaz üretimi

İşlenmemiş ve farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının *in vitro* gaz üretimi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının *in vitro* gaz üretimi (mL/200 mg KM)

İnkübasyon süresi (saat)	Kontrol	NaOH	Ca(OH) ₂	KOH	CaO	SH*
3	8,75 ^d	13,04 ^a	11,75 ^b	12,14 ^{ab}	10,24 ^c	0,524
6	19,27 ^d	26,27 ^a	23,27 ^b	24,77 ^{ab}	21,27 ^c	1,027
12	33,65 ^e	41,88 ^a	37,85 ^c	39,98 ^b	35,75 ^d	0,883
24	43,52 ^e	53,35 ^a	47,91 ^c	50,55 ^b	45,72 ^d	0,412
48	49,06 ^e	58,77 ^a	53,86 ^c	56,97 ^b	51,46 ^d	0,610
72	53,06 ^e	62,09 ^a	57,26 ^c	60,19 ^b	55,16 ^d	0,703
96	54,37 ^e	63,35 ^a	58,97 ^c	61,35 ^b	56,67 ^d	0,748

NaOH: Sodyum hidroksit; Ca(OH)₂: Kalsiyum hidroksit; KOH: Potasyum hidroksit; CaO: Kalsiyum oksit; *Standart hata. Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0,05$)

Mısır samanı ve farklı alkalilerle işlemlerden geçirilmiş mısır samanlarının *in vitro* gaz üretimini tüm inkübasyon süreleri önemli düzeyde artırmıştır ($p<0,05$). Alkalilerle işlemde geçirilmiş mısır samanının 96 saatlik *in vitro* gaz üretimi 54,37 ile 63,35 mL/200 mg KM arasında değişmiştir. En yüksek gaz üretimi 63,35 mL ile %3 NaOH'li mısır samanı grubunda, en düşük ise 54,37 mL ile kontrol mısır samanı grubunda saptanmıştır. Bunları sırasıyla; KOH, Ca(OH)₂ ve CaO ile işleme izlemiştir.

Alkali uygulamaların mısır samanının *in vitro* gaz üretimini artırması alkali uygulamaların hücre duvarında bulunan ligno-selülozik bağları parçalayarak selüloz sindirimini artırmasının bir sonucu olarak gaz üretimin artması ile açıklanabilmektedir (Ben Salem ve Smith, 2008; Mokhtarpour ve Jahantigh, 2018; Canbolat, 2020). Alkalilerle işleme mısır samanının hücre duvarında yer alan selüloz ve hemiselüloz gibi bileşikler ile lignin arasındaki ester bağlarını kırarak (Harada vd., 2001; Chaudhry, 2000; Canbolat vd., 2007; Shreck vd., 2011; Karabulut ve Filya, 2016; Taddess vd.,

2016; Casperson vd., 2018; Abera vd., 2018; You vd., 2019), besinleri mikroorganizmalara ve bunların üretmiş oldukları enzimlere açık hale getirmesi ile açıklanabilir (Arısoy, 1997; Shreck vd., 2011; Karabulut ve Filya, 2016). Canbolat vd. (2007) buğday samanını farklı dozlarda NaOH ile işlemişler ve NaOH dozunun artışına bağlı olarak *in vitro* gaz üretimi arttığını ortaya koymuşlardır. Liu vd. (2002) de pirinç samanına NaOH uygulamışlar ve NaOH uygulamasının *in vitro* gaz üretimini artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca Canbolat (2020), yürüttüğü bir diğer çalışmada saz bitkisini %3 NaOH ile işlemiş ve NaOH ile işlemenin *in vitro* gaz üretimini önemli düzeyde ($p<0,05$) artırdığını bildirmiştir. Bu çalışmanın sonuçları literatürle uyum içerisinde bulunmuştur.

3.3. Alkalilerle işlenmiş mısır samanının metabolik enerji ve sindirimi

İşlenmemiş ve farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının ME, GKMS, OMS ve NDFS içerikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının metabolik enerji ve *in vitro* sindirim özellikleri

Parametreler	Kontrol	NaOH	Ca(OH) ₂	KOH	CaO	SH*
Metabolik enerji (MJ/kg KM)	8,38 ^e	9,58 ^a	8,98 ^c	9,33 ^b	8,68 ^d	0,055
Gerçek kuru madde sindirimi (%)	53,47 ^d	58,10 ^a	57,32 ^{bc}	56,38 ^{ab}	55,38 ^c	0,583
Organik madde sindirimi (%)	52,80 ^d	60,37 ^a	56,62 ^c	58,84 ^b	56,76 ^c	0,535
Nötr deterjan lif sindirimi (%)	49,11 ^d	58,87 ^a	57,32 ^b	58,01 ^b	52,26 ^c	0,447

ME: Metabolik enerji; GKMS: Gerçek kuru madde sindirimi; OMS: Organik madde sindirimi; NDFS: Nötr deterjan lif sindirimi; NaOH: Sodyum hidroksit; Ca(OH)₂: Kalsiyum hidroksit; KOH: Potasyum hidroksit; CaO: Kalsiyum oksit; *Standart hata. Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0,05$)

İşlenmemiş ve farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının ME içerikleri 8,38-9,58 MJ/kg KM arasında değişmiş ve alkali uygulama ME düzeyini önemli derecede etkilemiştir ($p<0,05$). Metabolik enerji en yüksek 9,58 MJ/kg KM ile %3 NaOH'lı mısır samanı grubunda saptanmıştır. Bunu sırasıyla; %3 KOH, %3 Ca(OH)₂, %3 CaO ve kontrol mısır samanı izlemiştir. Alkali uygulamaları mısır samanının ME içeriğini geliştirmiştir. Araştırmada mısır samanı ME düzeyi Gao vd. (2019)'nin bildirdiği sonuçlar (6,46-9,66 MJ/kg KM) ile benzerlik göstermiştir.

İşlenmemiş ve farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının *in vitro* koşullarda GKMS, OMS ve NDFS düzeyleri ele alındığında kontrol grubuna göre önemli miktarda artış görülmüştür ($p<0,05$). Mısır samanı ve farklı alkalilerle işleminden geçirilmiş mısır samanlarının GKMS, OMS ve NDFS içerikleri sırasıyla; %53,47-58,10, %52,80-60,37 ve %49,11-58,87 arasında değişmiştir. Mısır samanının GKMS, OMS ve NDFS değerleri üzerine en etkili muamele %3'lük NaOH uygulaması ile olmuştur. Bunu sırasıyla; %3 KOH, %3 Ca(OH)₂, %3 CaO ve kontrol mısır samanı izlemiştir. Mısır samanını alkalilerle işleme, samanın yapısında bulunan hücre

duvarındaki ligno-selülozik bağları kırarak mısır samanının mikroorganizmalara ve enzimlere açık hale getirmesi ile sindirimi artırdığı söylenebilir (Arisoy, 1997; Harada vd., 2001; Chaudhry, 2000; Liu vd., 2002; Canbolat vd., 2007; Shreck vd., 2011; Karabulut ve Filya, 2016; Canbolat, 2020). Mısır samanının GKMS değerleri Methu vd. (2001), Shreck vd. (2011) ile Gao vd. (2019)'nin bildirdikleri sonuçlarla; NDFS değerleri de Li vd. (2014)'nin sonuçları ile benzer bulunmuştur. Öte yandan OMS değerleri Avcı vd. (2013)'nin mısır sapında saptamış oldukları %49,83'den daha yüksek bulunmuştur.

3.4. Alkalilerle işlenmiş mısır samanının nispi yem değeri

İşlenmemiş ve farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının yem değeri özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir. Farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının KMS, KMT ve NYD'yi kimyasal işlemekten önemli düzeyde etkilenmiştir ($p<0,05$). Mısır samanının alkalilerle işlenmesi KMS, KMT ve NYD'yi olumlu yönde etkileyerek geliştirmiştir. Mısır samanı ve alkalilerden geçirilmiş mısır samanının KMS, KMT ve NYD içerikleri sırasıyla; %55,51-63,36; 1,63-2,01 ve 70,34-98,60 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4. Farklı alkalilerle işlenmiş mısır samanının nispi yem değeri özellikleri

Parametreler	Kontrol	NaOH	Ca(OH) ₂	KOH	CaO	SH*
Kurum madde sindirim (KMS). %	55,51 ^e	63,36 ^a	61,53 ^c	62,32 ^b	60,11 ^d	0,349
Kuru madde tüketimi (KMT, CA%)	1,63 ^e	2,01 ^a	1,89 ^c	1,97 ^b	1,85 ^d	0,019
Nispi yem değeri (NYD)	70,34 ^e	98,60 ^a	90,47 ^c	95,19 ^b	86,11 ^d	1,132

NaOH: Sodyum hidroksit; Ca(OH)₂: Kalsiyum hidroksit; KOH: Potasyum hidroksit; CaO: Kalsiyum oksit; *Standart hata. Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0,05$)

Mısır samanının KMS, KMT ve NYD üzerine en etkili kimyasal işleme %3 NaOH ile işleme olmuştur. En düşük ise kontrol grubunda saptanmıştır. Bunu sırasıyla; %3 KOH, %3 Ca(OH)₂ ve %3 CaO grupları izlemiştir. Özellikle alkalilerle muamele NYD açısından değerlendirildiğinde %3 NaOH grubunda 98,60 değeri 100'e en yakın değer olmuştur. Bu değer 100'e yakın olması yemin memnuniyet verici düzeyde kaliteli olduğunu göstermektedir (Rohweder vd., 1978). Mısır samanını alkalilerle işlemenin hücre duvarındaki ligno-selülozik bağları kırması (Arisoy, 1997; Harada vd., 2001; Chaudhry, 2000; Liu vd., 2002; Casperson vd., 2018; You vd., 2019; Canbolat, 2020) ve NDF ile ADF düzeylerinin azalmasının bir sonucu olarak NYD'nin arttığı söylenebilir. Araştırmada mısır samanında saptanan KMS, KMT ve NYD değerleri %3 NaOH ile işlenmiş saz bitkisi ile çalışan Canbolat (2020)'nin bildirdiği değerlerden ve koçansız mısır silajı ile çalışan Canbolat vd. (2016)'nin bildirdikleri değerlerden daha düşük olduğu saptanmıştır. Bu farklılığın mısır silajının biçim zamanından kaynaklanmış olabileceği söylenebilir.

4. Sonuç ve öneriler

Bu araştırmada, farklı alkalilerle (%0 kontrol (su), %3 NaOH, %3 Ca(OH)₂, %3 KOH ve %3 CaO) işlenmiş mısır samanının besleme değerleri ortaya konulmuştur. Mısır samanının alkalilerle işlenmesi başta besin maddeleri olmak üzere *in vitro* gaz üretimi, besin madde sindirimi, metabolik enerji ve nispi yem değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir ve geliştirmiştir ($p<0,05$). Yukarıda sıralanan parametreler üzerine en etkili kimyasal işlem %3 NaOH ile işleme olmuş; bunu %3 KOH, %3 Ca(OH)₂, %3 CaO ve kontrol grubu izlemiştir. Hayvan beslemede mısır samanı kullanımı sırasında NaOH başta olmak üzere KOH, Ca(OH)₂ ve CaO ile işlemenin önemli yararlar sağlayacağı söylenebilir. Ruminant beslemede mısır samanının kullanımına yönelik sınırlı çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar, genellikle *in vitro* tekniklere dayanmaktadır. Durum bu açıdan değerlendirildiğinde mısır samanının (mısır sapı) hayvan beslemede kullanılmasına yönelik *in vitro* ve *in vivo* çalışmaların yapılmasına gerek olduğu söylenebilir.

5. Kaynaklar

Abera, F., Urge, M. and Animut G. (2018). Feeding value of maize stover treated with urea or urea molasses for hararghe highland sheep. *The Open Agriculture Journal*, 12(1), 84-94.

DOI:10.2174/1874331501812010084

AOAC. (2000). Official methods of analysis. 17th ed. 5th rev. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA. 930-954.

Arisoy, M. (1998). The effect of sodium hydroxide treatment on chemical composition and digestibility of straw. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 22,165-170.

Avcı M., Kaplan O. ve Denek N. (2013). Değişik katkılarla hazırlanan mısır sapı haylal kalitesinin belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2(1) 32-35.

Ben Salem, H. and T. Smith. (2008). Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research*, 77(2-3), 174-194.

Canbolat, Ö., Karasu, A., Bayram, G., Filya, İ. ve Kamalak, A. (2016). Farklı ekim yoğunluğunun koçansız şeker mısırı silajlarının besleme değeri, silaj kalite özellikleri ve besin madde verimi üzerine etkisi. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1), 101-112.

Canbolat, O., Ozgur, C.O. and Kamalak, A. (2007). Effects of NaOH treatment on condensed tannin contents and gas production kinetics of tree leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 138 (2), 189-194. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2007.06.024

Canbolat, Ö. (2020). Farklı kimyasal işlemlerin saz bitkisinin besin madde bileşimi ve yem değeri üzerine etkisi. 4th International Congress On Agriculture, Animal Science and Rural Development. 12-14 June 2020, 144-158. Ankara, Turkey. (Sözlü Bildiri-Tam Metin).

Casperson, B.A., Wertz-Lutz, A.E., Dunn, J.L. and Donkin, S.S. (2018). Inclusion of calcium hydroxide-treated corn stover as a partial forage replacement in diets for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2027-2036. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13180>

Chaudhry, A.S. (2000). Rumen degradation *in sacco* in sheep of wheat straw treated with calcium oxide, sodium hydroxide and sodium hydroxide plus hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*, 83, 313-323. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(99\)00134-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(99)00134-0) Donnelly, D. M., de Resende, L. C., Cook, D. E., Atalla, R. H. and Combs D. K. (2018). Technical note: A comparison of alkali treatment methods to

improve neutral detergent fiber digestibility of corn stover. *Journal of Dairy Science*, 101, 9058-9064. DOI: 10.3168/jds.2017-14317

Fahey, G.C., Bourquin, L.D., Titgemeyer, E.C. and Atwell, D.G. (1993). Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve the nutritive value. P.715-766 in Forage Cell Wall Structure and Digestibility. H.G. Jung, D.R. Buxton, R.D. Hatfield, and J. Ralph, ed. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.

Fritz, V.A., Randall, G.W. and Rosen. C.J. (2001). Characterization and utilization of nitrogen contained in sweet corn silage waste. *Agronomy Journal*, 93, 627-633.

Gao, J.L., Wang, P., Zhou, C.H., Li, P., Tang, H.Y., Zhang, J.B., and Cai, Y. (2019). Chemical composition and *in vitro* digestibility of corn stover during field exposure and their fermentation characteristics of silage prepared with microbial additives. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(12), 1854-1863. Advance online publication. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0886>

Harada, C., Saito., Y., Nakamura, Y. and Minato, H. (2001). The Effect of sodium hydroxide treatment of rice straw on *in situ* disappearance of hemicellulose and lignin in its cell Wall. *Animal Science Journal*, 72 (1), 19-25. DOI:10.2508/chikusan.72.19

He, Y., Cone, J.W., Hendriks, W.H and Dijkstra, J. (2019). Relationships between chemical composition and *in vitro* gas production parameters of maize leaves and stems. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104, 12-21. <https://doi.org/10.1111/jpn.13221>

Karabulut, A., ve Filya, İ. (2016). Yemler Bilgisi ve Yem Teknolojisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, Genişletilmiş 6. Baskı, No: 67.

Li, H.Y., Xu, L., Liu, W.J., Fang, M.Q. and Wang, N. (2014). Assessment of the nutritive value of whole corn stover and its morphological fractions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(2), 194-200. doi:10.5713/ajas.2013.13446

Liu, J.X., Susenbeth, A. and Südekum, K.H. (2002). *In vitro* gas production measurements to evaluate interaction between untreated and chemically treated rice straws, grass hay, and mulberry leaves. *Journal of Animal Science*, 80, 517-524. DOI: 10.2527/2002.802517x

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, 7-55.

Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., and Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of

ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>

Methu, J.N., Owen, E., Abate, A.L. and Tanner, J.C. (2001). Botanical and nutritional composition of maize stover, intakes and feed selection by dairy cattle. *Livestock Production Science*, 71, 87-96. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00212-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00212-3)

Mohamoud Abdi, A. and Kılıç, Ü. (2018). Farklı samanlarda lignin peroksidaz enzimi kullanımının yem değeri üzerine etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(3), 374-384. DOI:10.18016/ksudobil.346585

Mokhtarpour, A., and Jahantigh, M. (2018). Effect of supplementing common reed (*Phragmites australis*) with urea on intake, apparent digestibility and blood metabolites of Baluchi sheep. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8(4), 623-628.

Mustafa, A.F., Hassanat, F. and Berthiaume, R.R. (2004). *In situ* forestomach and intestinal nutrient digestibilities of sweet corn residues. *Animal Feed Science and Technology*, 114(1-4), 287-293. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.08.013>

Rohweder, D.A., Barnes, R.F. and N. Jorgensen. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 47(3), 747-759.

Shreck, A.L., Buckner, C.D. Erickson, G.E. and Klopfenstein, T.J. (2011). Digestibility of crop residues after chemical treatment and anaerobic storage. Nebraska Beef Cattle Report. MP94: 35-36.

Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. (1967). Statistical Methods. Iowa State University Press, Ames.

Statistica, (1996). Minitab Inc: Minitab for Windows, Release 11.1. Minitab Inc., State College, 3081 Enterprise Drive, PA 16801-3008, USA.

Taddess, D., Urge, M., Goshu G. and Goraga, Z. (2016). Evaluation of chemical composition and *in vitro* dry matter digestibility of sorghum stover ensiled with urea and effective microorganisms (EM) in West Hararghe Zone, Eastern Ethiopia. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 16 (8), 1473 - 1483. DOI:10.5829/idosi.ajeaes.2016.16.8.105102

TÜİK. (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. (Erişim tarihi: 22.11.2021)

Van Soest, P.J.J., Robertson, J.B. and Lewis. B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

Watson, A.K., MacDonald, J.C., Erickson, G.E. Kononoff, P.J. and Klopfenstein, T.J. (2015). Forages and pastures symposium: Optimizing the use of fibrous residues in beef and dairy diets. *Journal of Animal Science*, 93, 2616 - 2625. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8780>.

Wilkinson, J.M. and Phipps, R.H. (1979). The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize: 2. The effect of genotype, plant density and date of harvest on the composition of maize silage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 485-491. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063024>

You, Z., Zhang, S., Kim, H., Chiang, P.C., Sun, Y., Guo, Z. and Xu, H. (2019). Effects of corn stover pretreated with NaOH and CaO on anaerobic co-digestion of swine manure and corn stover. *Applied Sciences*, 9(1), 123. <https://doi.org/10.3390/app9010123>