

Buhar ve Asitle İşlemenin Mercimek Samanının Yem Değeri Üzerine Etkisi*

Hatice KALKAN, Ali KARABULUT
Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Bursa - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 21.06.2002

Özet: Bu çalışma buhar ve asitle işleme yöntemi ile mercimek samanının yem değerini artırma olanaklarını araştırmak üzere düzenlenmiştir.

Araştırmada yem materyali olarak yeşil mercimek samanı (*Lens culinaris* M.), hayvan materyali olarak ise yaklaşık üç yaşlı, rumen kanülü takılı, 3 baş Kıvrıkcık koç kullanılmıştır. Yeşil mercimek samanına farklı yoğunluklarda H₂SO₄ çözeltileri emdirilerek, otoklavda farklı sürelerde buharla işlenmiştir. Bu uygulamalardan sonra farklı işlemlerden geçirilmiş yeşil mercimek samanlarının besin madde içerikleri ve hücre duvarı bileşenleri bulunmuş, Naylon Kese Yöntemi ve Gaz Üretim Tekniği ile rumende parçalanabilirlik özellikleri saptanmıştır.

Sonuç olarak buhar ve asitle işleme yöntemi ile daha yüksek hücre duvarı yararlanılabilirliğine ulaşılmıştır. Bununla beraber asit uygulanmaksızın yalnız 5 saat süre ile otoklavda 121 °C'de buharla işlenmiş yeşil mercimek samanının sellüloz, hemisellüloz parçalanabilirlikleri ve gaz üretimlerinde dikkate değer bir artış gözlenmiştir (P < 0,05).

Anahtar Sözcükler: Mercimek samanı, buharla işleme, asitle işleme, in situ, in vitro gaz üretimi, parçalanabilirlik

Effect of Steam and Acid Treatment on the Feed Value of Lentil Straw

Abstract: This research was carried out to determine the possibilities of improving the feed value of lentil straw with steam and acid treatment.

Lentil straw (*Lens culinaris* M.) was used as feed material and three 3-year-old, Kıvrıkcık rams fitted with rumen cannula were used as the animal material. Lentil straw was impregnated with different concentrated H₂SO₄ solutions, and then autoclaved at different periods and temperatures. After these treatments, the nutrient contents and cell wall components of the lentil straw were determined, and rumen degradability characteristics were determined with the nylon bag technique and gas production technique.

In conclusion, higher cell wall utilization rates were achieved with steam and acid treatment. However, after steam treatment at 121 °C temperature for 5 h reaction time without acid application, considerable increases (P < 0.05) were observed in cellulose and hemicellulose degradation as well as the gas production of treated lentil straw.

Key Words: Lentil straw, steam treatment, acid treatment, in situ, in vitro gas production, degradability

Giriş

Mercimek (*Lens culinaris* M.) ülkemizde çok eski yıllardan beri tanınan ve geniş ölçüde insan beslenmesinde kullanılan dikotiledon bir bitkidir. Türkiye'de 2000 yılında 1.316.487 ton olan toplam baklagil dane üretimi içerisinde, mercimek danesi üretimi 2. sırada yer almaktadır. Dünyada ise 2000 yılı mercimek dane üretimi 3.366.439 ton olup, Türkiye 353.000 ton ile 3. sırada yer almaktadır (1). Hasat şekline bağlı olarak

mercimekten dane üretiminin yaklaşık olarak 1,5 katı kadar mercimek samanı elde edilmektedir.

Hayvan beslemede çoğunluğunu buğdaygil ile baklagil sap ve samanlarının oluşturduğu bitkisel üretim artıklarının (lignosellülozik materyaller) kullanımındaki en önemli biyolojik kısıtlama, hücre duvarı polisakkaritlerinin rumen mikroorganizmaları ve serbest enzimler tarafından düşük düzeyde değerlendirilebilirliği ile ilişkilidir. Bu durumun kesin nedenleri tam olarak anlaşılacakla

* Hatice Kalkan'ın yüksek lisans tez özettir.

birlikte, lignin ve hemisellüloz arasında yüksek düzeyde ligninleşmiş doku ve bağların varlığının lignosellülozik materyallerdeki hücre duvarı polisakaritlerinden yararlanmayı düşürdüğünü gösteren belirtiler bulunmaktadır. Bu yüzden hayvanların bu yemleri fazla miktarda tüketebilmeleri ve yeterli performansı gösterebilmeleri için bu bağları yıkacak bir ön işlem gerekmektedir (2).

Günümüze kadar yürütülen çalışmalar, büyük ölçüde odunlaşmış (lignifikasyon) organik ürünler grubuna giren buğdaygil ve baklagil samanlarının hücre duvarı yapısı bakımından bazı farklılıklar gösterdiklerini ortaya koymuştur. Hücre duvarındaki hemisellülozların bileşimi ile ilgili çalışmalar baklagillerdeki hemisellülozların daha karmaşık yapıya sahip olmaları nedeniyle kimyasal işlemlere yeterli düzeyde cevap vermediklerini, buğdaygillerde ise hemisellülozları oluşturan grupların alkali ekstraksiyonuna daha yüksek oranda cevap verdiklerini göstermiştir (3). Bu durum, fiziksel işleme yöntemlerinin kimyasal işleme yöntemlerine alternatif olabileceği olgusunu gündeme getirmiştir.

Lignosellülozik materyalin rumen mikroorganizmaları ve serbest enzimler tarafından biyolojik yararlanılabilirliğini artırmak için alternatif bir yol buhar ve basınçla işlemedir.

Buhar ve basınçla işlemenin tek başına ya da kimyasal işlemlerle birlikte lignosellülozik materyalin hücre duvarını parçaladığı bildirilmektedir (4,5). Buhar ve basıncın (oto-hidroliz) tek başına uygulandığı işlemlerde, yeterli düzeyde bozulmayı sağlamak için şiddetli işleme koşulları (örneğin 190 °C'den yüksek sıcaklıklar) gerekmektedir. Söz konusu şiddetli işleme koşulları, rumen mikroorganizmaları (6) ve serbest enzimlerin aktivitelerini engelleyen yüksek düzeyde furfural (7) ve eriyebilir fenolik bileşiklerinin üretimi (5) ile sonuçlanmaktadır. Düşük sıcaklıkların asidik katalizörlerle birlikte kullanımı ise yüksek sıcaklıkta oto-hidroliz ya da asit hidroliziyle karşılaştırılabilecek miktarda hücre duvarı parçalanması (4) sağladığı gibi toksik bileşiklerin daha az miktarda üretimini de (8) sağlamaktadır.

Araştırmacılar çeşitli buharlama süresi ve sıcaklık dereceleri üzerinde farklı substratlar kullanarak çalışmışlardır. Bu çalışmaların çoğunda amaç; sellülozik fraksiyonun enzimsel hidrolizini hemisellüloz türevli şekerlere bağlı olmaksızın kolaylaştırmaktır. Buharla işlemenin etkileri basınç, süre ve nem gibi farklı koşullara

bağlı olmaktadır. Buharla işlemeden önce lignosellülozik materyallere kimyasal maddeler (H_2SO_4) emdirildiği zaman mikro yapının (gözenek dağılımı) açılması ve enzimsel hidroliz bakımından en iyi sonuç elde edilmiştir (5).

Buharla işlemeden önce sert odunsu materyallere H_2SO_4 emdirilmesi işleminin ardından şeker geri kazanımının, suda yıkanarak ön işlemde geçirilmiş substratın enzimatik sindiriminin arttığı ve düşük sıcaklıkta kısa sürede işlemeye olanak sağladığı bilinmektedir (9).

Bu çalışmada lignosellülozik materyalin besleme değerini yükseltmek için fiziko-kimyasal işleme yöntemi üzerinde durulması amaçlanmıştır. Lignosellülozik materyal örneği olarak yeşil mercimek samanı kullanılarak, asit hidrolizi ve buharla işleme temeline dayanan fiziko-kimyasal işleme ile yeşil mercimek samanının yem değerini artırma olanakları araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırmanın yem materyalini yeşil mercimek (*Lens culinaris* M.) samanı, hayvan materyalini ise yaklaşık üç yaşlı, rumen kanülü takılı, 3 baş Kıvırcık koç oluşturmuştur. Rumen kanüllü koçlar % 72 buğday, % 26 ATK, % 1,4 mermer tozu, % 0,5 tuz % 0,1 vitamin+mineral karışımı içeren yoğun yem karması ve yonca kuru otundan oluşan rasyonla yaşama paylarının % 25 fazlası düzeyinde beslenmişlerdir. Koçların bu rasyonu düzenli olarak günde 2 öğünde tüketmelerine özen gösterilmiştir.

Metot

Buhar ve asitle işleme: Yeşil mercimek samanına asit emdirilmesi işlemi Castro ve ark. (10) tarafından bildirilen yönteme göre yapılmıştır. Buna göre % 91,47 KM içeriğine sahip yeşil mercimek samanına, yaklaşık % 20 KM içeriği sağlanacak şekilde % 0, 2 ve 3 H_2SO_4 yoğunluğuna sahip, H_2SO_4 çözeltisi emdirilmiştir. Çözelti emdirilen yeşil mercimek samanlarının bir kısmı otoklavda tutulmamış (0 °C), diğer kısmı da 121 °C'de sırasıyla 0, 1, 3 ve 5'er saat otoklavda tutularak buharla işlenmiştir. İşlemeden sonra örnekler etüvde 105 °C'de tutularak kurutulmuş ve daha sonra yapılacak kimyasal ve biyolojik analizler için saklanmıştır.

Naylon Kese Yönteminin Uygulanması: Yeşil mercimek samanı örneklerinin rumende parçalanabilirlik özelliklerinin değerlendirilmesinde Mehrez ve Ørskov (11) tarafından bildirilen ve in situ bir yöntem olan Naylon Kese Yöntemi kullanılmıştır. Gözenek çapı 40-60 µ ve ebatları 9 x 14 cm olan özel dakron kumaştan imal edilmiş naylon keseler numaralandırılarak ağırlıkları alınmış ve içerisine 2,5 mm boyutunda öğütülmüş yeşil mercimek samanından 3 g tartılmıştır. Naylon keseler 25-30 cm uzunluğunda plastik bir hortuma eşit aralıklarla paket lastiği kullanılarak içerisinden yem sızdırmayacak şekilde bağlanmış ve düzenli olarak beslenen rumen kanüllü 3 koçun rumenine sarkıtılarak inkübasyona bırakılmışlardır. Sırasıyla 4, 8, 16, 24, 48, 72 ve 96 saat süren inkübasyon süreleri sonunda hortumlara bağlı naylon keseler, koçların rumenlerinden çıkarılmıştır. Yeşil mercimek samanı örneklerinin rumende parçalanabilirlik özellikleri Ørskov ve McDonald (12) tarafından geliştirilen $P = a + b(1 - e^{-ct})$ exponensiyal denkleme göre, Neway bilgisayar programından yararlanılarak saptanmıştır.

Gaz Üretim Tekniğinin Uygulanması: Yeşil mercimek samanı örneklerinin in vitro koşullarda rumen sıvısında parçalanabilirlik özelliklerinin değerlendirilmesinde Menke ve Steingass (13) tarafından bildirilen Gaz Üretim Tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte yemlerin gaz üretimini saptayabilmek için uçlarına silikon hortum parçası ve hortum kısıncı takılan 100 ml hacimli özel cam şiringalar (Model Fortuna, Häberle Labortechnik, Lonsee-Ettlenschieß, Germany) kullanılmıştır. 1 mm boyutunda öğütülmüş yeşil mercimek samanı örneğinden 200 mg tartılarak cam şiringaya yerleştirilmiş, şiringanın sadece piston kısmına gaz üretildiği zaman kolay hareket edebilmesi için vazelin sürülmüştür. Her bir yem örneği için 3 paralel hazırlanmıştır. Kötür deneme (sadece rumen sıvısı: yapay tükrük karışımı içerecek cam şiringalar) için 4 paralel hazırlanarak şiringalar numaralandırılmış ve 1 gece öncesinden etüvde 39 °C sıcaklıkta tutulmuştur. Bunun yanısıra yapay tükrük çözeltisi hazırlanmış, bir yandan da rumen kanüllü 3 koçtan rumen sıvısı alınmıştır. Hazırlanan rumen sıvısı:yapay tükrük karışımından (1:2) yarı otomatik bir pipet yardımıyla 1 gece öncesinden hazırlanmış cam şiringalara 30 ml çekilmiş, hortum kısıncı kapatılarak 39 °C su sıcaklığına sahip termostatlı su banyosunun içerisine cam şiringanın piston kısmı yukarıda kalacak şekilde dik olarak yerleştirilmiş ve bu şekilde gaz üretimi için inkübasyon başlatılmıştır. Cam

şiringalarda oluşan gaz hacmi 3, 6, 12, 24, 48, 72 ve 96 saatlik inkübasyon süreleri sonunda kaydedilmiştir. Yeşil mercimek samanı örneklerinin rumen sıvısında parçalanabilirlik özellikleri Ørskov ve McDonald (12) tarafından geliştirilen $P = a + b(1 - e^{-ct})$ exponensiyal denkleme uyarlanmış GP = $a + b(1 - e^{-ct})$ exponensiyal denkleme göre Neway Bilgisayar programından yararlanılarak saptanmıştır.

Kimyasal Analizler: araştırmada kullanılan yeşil mercimek samanı örneklerinin besin maddeleri içerikleri AOAC (14) tarafından bildirilen yöntemlere göre, toplam şeker analizi Akyıldız (15) tarafından bildirilen yöntemlere göre, hücre duvarı bileşenleri ise Van Soest (16) tarafından bildirilen yöntemlere göre saptanmıştır.

İstatistik Analizler: Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistik olarak değerlendirilmesinde varyans analizi, ortalamalar arasında görülen farklılıkların önem seviyesinin kontrol edilmesinde ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi'nden yararlanılmıştır (17).

Bulgular

İşlenmemiş ve farklı koşullarda işlenmiş yeşil mercimek samanlarının besin maddeleri içerikleri Tablo 1'de, hücre duvarı bileşenleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde farklı işleme koşulları arasındaki etkileşimler hemen hemen bütün kimyasal analiz parametrelerinde gözlenmektedir. Toplam şeker içeriği bakımından kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde % 2 ve % 3 asit uygulamalarından sonra 5 saat süre ile buharla işleme, toplam şeker içeriğinde bir artışa neden olmuştur ($P < 0,05$).

Tablo 2 incelendiğinde işlenmemiş yeşil mercimek samanının NDF içeriği yalnızca % 3 asit uygulamasından sonra 5 saat süre ile buharla işlenmiş grupta, diğer gruplara ve kontrol grubuna göre daha düşük olmuştur. Yeşil mercimek samanının hemisellüloz içeriği, en şiddetli işleme koşulunu oluşturan % 3 asit uygulamasından sonra 5 saat süreyle buharla işlenmiş grupta daha düşük olmuştur ($P < 0,05$). İşleme koşullarının yem materyalinin sellüloz içeriğine etkisi incelendiğinde, işlenmemiş yem materyalinin sellüloz içeriğinin % 2 asit uygulamasından sonra 1 saat süre ile buharla işlenmiş olan grupta ve % 3 asit uygulamasından sonra 5 saat süre ile buharla işlenmiş grupta düşüş gösterdiği görülmektedir ($P < 0,05$).

Tablo 1. İşlenmemiş ve farklı koşullarda işlenmiş yeşil mercimek samanlarının besin maddeleri içerikleri (KM'de %)

H ₂ SO ₄ (% KM)	Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	HY ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	TŞ ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	HP ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	HK ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	OM ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)
0	0	0	1,68 ± 0,026 ^g	2,14 ± 0,103 ^d	6,92 ± 0,029 ^e	14,75 ± 0,579 ^d	82,25 ± 0,579 ^g
	121	1	1,42 ± 0,171 ⁱ	2,29 ± 0,217 ^d	7,01 ± 0,037 ^d	14,08 ± 0,240 ^f	85,92 ± 0,240 ^e
	121	3	1,55 ± 0,024 ^h	2,50 ± 0,177 ^c	6,88 ± 0,041 ^{ef}	12,36 ± 0,199 ^h	87,63 ± 0,199 ^c
	121	5	1,67 ± 0,147 ^g	2,16 ± 0,130 ^d	6,92 ± 0,041 ^e	12,22 ± 0,243 ^h	87,77 ± 0,243 ^c
2	0	0	2,65 ± 0,174 ^a	1,36 ± 0,397 ^g	9,37 ± 0,040 ^a	7,77 ± 0,015 ^j	92,23 ± 0,015 ^a
	121	1	1,95 ± 0,032 ^e	1,63 ± 0,194 ^f	6,86 ± 0,081 ^f	16,96 ± 0,397 ^a	83,03 ± 0,397 ^j
	121	3	2,32 ± 0,026 ^b	1,92 ± 0,318 ^e	6,71 ± 0,689 ^h	13,17 ± 0,489 ^g	86,83 ± 0,489 ^d
	121	5	2,26 ± 0,009 ^{bc}	2,98 ± 0,072 ^{ab}	6,90 ± 0,067 ^{ef}	15,01 ± 0,052 ^c	84,98 ± 0,052 ^h
3	0	0	2,21 ± 0,055 ^c	2,81 ± 0,045 ^b	9,17 ± 0,120 ^b	8,05 ± 0,219 ⁱ	91,95 ± 0,219 ^b
	121	1	2,05 ± 0,032 ^d	2,32 ± 0,027 ^d	6,99 ± 0,049 ^d	16,58 ± 0,195 ^b	83,42 ± 0,195 ⁱ
	121	3	1,78 ± 0,064 ^f	1,72 ± 0,136 ^f	6,79 ± 0,047 ^g	14,31 ± 0,118 ^{ef}	85,68 ± 0,118 ^{ef}
	121	5	2,10 ± 0,095 ^d	3,08 ± 0,254 ^a	8,06 ± 0,062 ^c	14,48 ± 0,205 ^e	85,51 ± 0,205 ^f

HY, ham yağ; TŞ, toplam şeker; HP, ham protein; HK, ham kül; OM, organik maddeler.
Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P < 0,05).

Tablo 2. İşlenmemiş ve farklı koşullarda işlenmiş yeşil mercimek samanlarının hücre duvarı bileşenleri (KM'de %)

H ₂ SO ₄ (% KM)	Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	NDF ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	ADF ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	ADL ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	HS ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	S ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)
0	0	0	52,63 ± 0,439 ^g	38,64 ± 0,336 ^f	11,17 ± 0,167 ^f	13,99 ± 0,251 ^h	27,45 ± 0,328 ^e
	121	1	59,85 ± 0,337 ^a	39,80 ± 0,557 ^e	12,88 ± 0,536 ^e	20,05 ± 0,821 ^b	26,92 ± 0,830 ^f
	121	3	58,92 ± 0,668 ^b	44,42 ± 0,797 ^a	13,69 ± 0,485 ^d	14,49 ± 1,084 ^{gh}	30,73 ± 0,812 ^a
	121	5	57,26 ± 0,583 ^d	42,57 ± 0,534 ^b	14,76 ± 0,384 ^a	14,70 ± 0,807 ^{fg}	27,81 ± 0,863 ^{cde}
2	0	0	59,84 ± 1,199 ^a	37,15 ± 0,321 ^g	9,19 ± 0,403 ^h	22,69 ± 0,881 ^a	27,60 ± 0,332 ^{de}
	121	1	56,42 ± 0,699 ^e	40,47 ± 0,194 ^{cd}	14,45 ± 0,110 ^{ab}	15,96 ± 0,886 ^d	26,01 ± 0,132 ^g
	121	3	59,63 ± 0,471 ^a	39,09 ± 0,341 ^f	10,77 ± 0,169 ^g	20,65 ± 0,724 ^b	28,21 ± 0,423 ^c
	121	5	53,37 ± 0,278 ^f	40,85 ± 0,102 ^c	14,36 ± 0,165 ^{bc}	12,53 ± 0,359 ⁱ	26,48 ± 0,075 ^{fg}
3	0	0	59,74 ± 0,153 ^a	40,33 ± 0,257 ^d	11,37 ± 0,145 ^f	19,41 ± 0,228 ^c	28,96 ± 0,358 ^b
	121	1	56,31 ± 0,392 ^e	40,80 ± 1,112 ^{cd}	14,39 ± 0,184 ^b	15,52 ± 0,796 ^{de}	26,41 ± 1,097 ^{fg}
	121	3	57,80 ± 0,303 ^c	42,58 ± 0,899 ^b	14,19 ± 0,728 ^{bc}	15,22 ± 0,623 ^{ef}	28,02 ± 0,785 ^{cd}
	121	5	51,01 ± 0,234 ^h	39,84 ± 0,394 ^e	14,03 ± 0,537 ^c	11,03 ± 0,605 ^j	25,95 ± 0,161 ^g

NDF, nötr deterjanda çözünmeyen lif; ADF, asit deterjanda çözünmeyen lif; ADL, asit deterjanda çözünmeyen lignin; HS, hemisellüloz; S, sellüloz.
Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P < 0,05).

İşlenmemiş ve farklı koşullarda işlenmiş yeşil mercimek samanlarının Naylon Kесе Yöntemi ile rumende 96. saat sonunda belirlenmiş olan KM, OM, NDF, ADF, ADL, HS ve S parçalanabilirlik sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3 incelendiğinde, 96 saatlik inkübasyon süresi sonunda en yüksek KM, OM, NDF, ADF, HS ve S parçalanabilirlik değerleri asit uygulanmadan yalnızca 5 saat süre ile buharla işlenmiş gruptan elde edilirken, en yüksek ADL parçalanabilirlik değerine sahip olan grup, işlenmemiş mercimek samanı olmuştur (P < 0,05).

Tablo 3. İşlenmemiş ve farklı koşullarda işlenmiş yeşil mercimek samanlarının Naylo Kese Yöntemi ile rumende 96. saat sonunda belirlenmiş olan KM, OM, NDF, ADF, ADL, HS ve S parçalanabilirlikleri (%)

İşleme			Parçalanabilirlik						
H ₂ SO ₄ (% KM)	Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	KM ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	OM ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	NDF ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	ADF ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	ADL ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	HS ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	S ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)
0	0	0	69,77 ± 0,358 ^f	68,53 ± 0,670 ^{de}	48,62 ± 0,731 ^g	52,72 ± 0,733 ^{fg}	59,52 ± 1,946 ^a	37,15 ± 2,332 ^l	49,28 ± 0,681 ^j
	121	1	69,95 ± 0,531 ^{ef}	68,86 ± 0,548 ^{cd}	58,07 ± 0,618 ^c	53,46 ± 2,448 ^{ef}	34,31 ± 0,803 ^f	72,95 ± 0,514 ^b	60,18 ± 0,375 ^h
	121	3	72,51 ± 0,421 ^b	71,98 ± 0,404 ^b	59,62 ± 0,606 ^b	60,68 ± 0,808 ^a	41,67 ± 1,311 ^b	57,02 ± 1,432 ^d	69,96 ± 0,889 ^b
	121	5	74,33 ± 0,445 ^a	74,71 ± 0,312 ^a	63,60 ± 0,647 ^a	61,36 ± 0,242 ^a	29,06 ± 0,699 ^g	76,07 ± 2,789 ^a	80,49 ± 0,000 ^a
2	0	0	66,37 ± 0,543 ^g	64,58 ± 0,520 ^f	49,34 ± 0,803 ^g	42,96 ± 1,010 ^h	21,43 ± 0,000 ^l	65,54 ± 1,218 ^c	53,70 ± 1,363 ^l
	121	1	69,71 ± 0,831 ^f	68,36 ± 1,033 ^e	53,51 ± 1,484 ^f	52,07 ± 1,484 ^g	36,84 ± 2,148 ^e	56,35 ± 1,293 ^{de}	61,27 ± 0,803 ^{fg}
	121	3	71,47 ± 1,178 ^c	71,96 ± 0,312 ^b	59,92 ± 0,456 ^b	54,17 ± 0,941 ^{de}	25,29 ± 0,000 ^l	71,52 ± 0,987 ^b	66,67 ± 0,629 ^c
	121	5	70,80 ± 0,098 ^d	70,40 ± 0,214 ^{bcd}	55,00 ± 0,000 ^e	54,83 ± 0,254 ^{cd}	36,84 ± 1,241 ^e	54,55 ± 1,426 ^{fg}	64,25 ± 0,393 ^e
3	0	0	62,98 ± 0,450 ^h	61,99 ± 0,416 ^g	44,88 ± 0,641 ^h	41,43 ± 0,953 ^l	27,59 ± 1,628 ^h	53,33 ± 0,543 ^g	49,10 ± 0,733 ^j
	121	1	70,29 ± 0,387 ^e	69,09 ± 0,745 ^{cd}	55,18 ± 0,733 ^e	54,01 ± 0,664 ^{de}	41,23 ± 0,716 ^{bc}	55,00 ± 0,000 ^{ef}	61,91 ± 1,028 ^f
	121	3	71,24 ± 0,254 ^{cd}	71,13 ± 0,323 ^{bcd}	56,51 ± 0,479 ^d	56,76 ± 0,733 ^b	39,87 ± 1,241 ^{cd}	55,83 ± 0,681 ^{def}	65,75 ± 0,647 ^d
	121	5	72,50 ± 0,335 ^b	71,41 ± 0,242 ^{bc}	54,23 ± 0,404 ^f	55,87 ± 0,687 ^{bc}	38,74 ± 0,733 ^d	50,57 ± 0,941 ^h	61,02 ± 0,797 ^d

KM, kuru madde; OM, organik maddeler; NDF, nötr deterjanda çözünmeyen lif; ADF, asit deterjanda çözünmeyen lif; ADL, asit deterjanda çözünmeyen lignin; HS, hemisellüloz; S, sellüloz.

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P < 0,05).

İşlenmemiş ve farklı koşullarda işlenmiş yeşil mercimek samanlarının yapay rumen ortamında Gaz Üretim Tekniği ile belirlenmiş 96. saat sonundaki gaz üretimleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. İşlenmemiş ve farklı koşullarda işlenmiş yeşil mercimek samanlarının Gaz Üretim Tekniği ile yapay rumen ortamında 96. saat sonunda belirlenmiş olan gaz üretimleri (ml)

İşleme			
H ₂ SO ₄ (% KM)	Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	Parçalanabilirlik ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)
0	0	0	34,13 ± 0,231 ^g
	121	1	31,93 ± 0,843 ^h
	121	3	39,47 ± 0,589 ^c
	121	5	43,62 ± 1,328 ^a
2	0	0	36,00 ± 1,028 ^{ef}
	121	1	40,76 ± 2,009 ^b
	121	3	35,96 ± 1,744 ^{ef}
	121	5	33,05 ± 3,158 ^{gh}
3	0	0	35,48 ± 0,248 ^f
	121	1	30,16 ± 1,709 ^l
	121	3	37,63 ± 0,629 ^d
	121	5	37,20 ± 1,132 ^{de}

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P < 0,05).

Tablo 4 incelendiğinde 96 saatlik inkübasyon süresi sonunda en yüksek gaz üretim değerinin asit uygulanmadan yalnızca 5 saat süre ile buharla işlenmiş gruptan elde edildiği görülmektedir (P < 0,05).

Tartışma

Araştırmada üzerinde çalışılan asit yoğunluğu, sıcaklık ve işleme süresi gibi tüm işleme koşullarının, araştırılan kimyasal ve biyolojik parametreler üzerindeki etkileri farklı olmuştur. İşleme koşullarının yeşil mercimek samanının toplam şeker içeriğine etkisi dikkate alındığında % 2 ve % 3 yoğunluklarında asit uygulandıktan sonra 5 saat süre ile buharla işlenmiş gruplarda en yüksek değerlerin elde edilmesinin, buhar ve asitin ortak etkisi ile hücre duvarı bileşenlerinden hemisellülozun çözünebilir şekerlere hidrolizinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir (P < 0,05; Tablo 1).

İşleme koşullarının yeşil mercimek samanının NDF içeriğine etkisi dikkate alındığında, asit uygulanmadan ve % 2 ile % 3 yoğunluklarında asit uygulandıktan sonra buharla işlenen gruplarda NDF içeriğinde artış görülmektedir. Fakat % 2 asit uygulandıktan sonra 5 saat süre ile buharla işlenmiş grupta bu artış diğer gruplara göre daha düşük olmuştur. Aynı zamanda yalnızca % 3 asit uygulamasından sonra 5 saat süre ile buharla işlenmiş

grubun diğer gruplara ve kontrol grubuna göre daha düşük NDF içeriğine sahip olduğu saptanmıştır ($P < 0,05$; Tablo 2). Bu durum yalnız asit uygulamasının ya da yalnız buharla işlemenin, NDF'yi oluşturan hücre duvarı bileşenlerinin çözünmesi üzerinde negatif bir etkide bulunarak NDF içeriğinin oransal olarak artmasına, asit uygulaması ile birleştirilmiş buharla işlemenin bu etkiyi diğerlerine göre daha az göstermesine ve artan asit yoğunluğu ile işleme süresinin, hemisellülozun çözünürlüğünü artırarak NDF içeriğinin düşmesine neden olmasıyla açıklanabilmektedir. NDF içeriğinde gerçekleşen düşüş, diğer bazı araştırmacıların bulguları ile de doğrulanmaktadır (10,18,19).

İşleme koşullarının yeşil mercimek samanının hemisellüloz içeriğine etkisi incelendiğinde en şiddetli işleme koşulunu oluşturan % 3 asit uygulamasıyla birleştirilmiş 5 saatlik buharla işleme süresi sonunda en düşük hemisellüloz içeriğinin elde edildiği anlaşılmaktadır ($P < 0,05$; Tablo 2). Bu düşüş, kontrol grubuna göre % 21,16'lık çözünmeyi ifade etmektedir. Hemisellüloz içeriğinde gerçekleşen düşüş, diğer bazı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (2,19-21).

İşleme koşullarının yeşil mercimek samanının rumende parçalanabilirlik sonuçlarına etkisi incelendiğinde; KM, OM, NDF, ADF, HS ve S parçalanabilirliklerinde artış göze çarpmaktadır. Söz konusu besin maddelerinin parçalanabilirliklerinde en yüksek artış, asit uygulanmadan yalnız 5 saat süre ile buharla işlenen grupta gerçekleşmiştir ($P < 0,05$; Tablo 3). Yalnızca % 3 asit ile işlenmiş grupta asit yoğunluğunun artışına bağlı olarak KM, OM, NDF, ADF, HS ve S parçalanabilirliklerinde dikkate değer bir azalma görülmektedir. Bu durumun yeşil mercimek samanının yalnızca asit ile işlenmesinin yem bünyesinde kalan kalıntı asitin rumen mikroorganizmalarının aktivitelerini olumsuz yönde etkilemesinin ve kısmen de sadece asitle işleme ile suda çözünebilir bileşiklerin bir kısmının büyük moleküllü bileşiklerle reaksiyona girerek suda çözünemez hale gelmelerinin bir sonucu olduğu söylenebilir. KM parçalanabilirliğinde gerçekleşen artış, bazı araştırmacıların (18,19,22) benzer çalışmaları ile uyumlu bulunurken diğer bazı araştırmacılar (23) tarafından bildirilen sonuçlarla uyumsuz olmuştur.

ADF, HS ve S parçalanabilirliğindeki artışlar bazı araştırmacıların (18,20) çalışmaları ile uyumlu bulunduğu halde, diğer bazı araştırmacılar (19,24) ADF parçalanabilirliğinde düşüş bildirmişlerdir. NDF

parçalanabilirliğindeki artışlar bazı araştırmacılar (18,20,25) tarafından doğrulanırken, bir kısım araştırmacılar (19,24) NDF parçalanabilirliğinde düşüş olduğunu ifade etmişlerdir. OM parçalanabilirliğinde görülen artış da bazı araştırmacılar (24,25) tarafından saptanan bulgularla paralellik göstermektedir.

ADL parçalanabilirliğinde diğer parçalanabilirliklerin tersine düşüş görülmektedir ($P < 0,05$; Tablo 3). Yalnızca % 2 ve % 3 asit ile işlenmiş gruplarda asit yoğunluğunun artışına bağlı olarak ADL parçalanabilirliği dikkate değer bir azalma göstermiştir. Bu durumun yeşil mercimek samanının yalnızca asit ile işlenmesi sonucunda yem bünyesinde kalan kalıntı asitin rumen mikroorganizmalarının aktivitelerini olumsuz yönde etkilemesinin neden olduğu söylenebilir. Rangnekar ve ark. (20) tarafından ADL parçalanabilirliğinde artış bildirilirken, ADL parçalanabilirliğinde görülen düşüş ile ilgili olarak herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

İşleme koşullarının yeşil mercimek samanının gaz üretim sonuçlarına etkisi incelendiğinde, en yüksek artışın asit uygulanmadan yalnız 5 saat süre ile buharla işlenen grupta gerçekleştiği görülmektedir ($P < 0,05$; Tablo 4). Gaz Üretim Tekniği ile elde edilen KM parçalanabilirlik sonuçları, Naylon Kесе Yöntemi ile saptanan KM parçalanabilirlik sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Gaz üretim sonuçları bazı araştırmacılar (10,26) tarafından bildirilen sonuçlarla benzer, Williams ve ark. (27) tarafından bildirilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur.

Biyolojik değerlendirmelerden Gaz Üretim Tekniği ve Naylon Kесе Yöntemi ile elde edilen KM parçalanabilirlik sonuçları karşılaştırıldığında, her iki yöntemde de en yüksek sonuçlar asit uygulanmadan yalnızca 5 saat süre ile buharla işlenmiş gruptan elde edilmiştir. Kimyasal analizler dikkate alındığında ise, yüksek sıcaklıkta buharla işleme en uzun reaksiyon süresi ve en yüksek asit yoğunluğu ile birleştirildiğinde daha yüksek hücre duvarı yararlanılabilirliğinin sağlandığı görülmüştür. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre buharla işleme ile yeşil mercimek samanının ruminantlar için yem değerini artırılabilceği ancak önemli sayılabilecek miktarlarda H_2SO_4 ilavesinin gerekli olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, buhar ve asitle işleme yöntemiyle mercimek samanının yem değerinin artırılabilceğinin saptanmış olması, hayvan besleme açısından orijinal nitelikte bir araştırma konusu oluşturmaktadır. Hayvancılıkta en az masrafla en fazla kar amaçlandığı için

gelecekte sözkonusu yöntemler kullanılarak, mercimek samanının yem değerinin artırılmasını konu alacak

çalışmalarda ekonomik analizin de yapılması önerilmektedir.

Kaynaklar

1. FAO: FAOSTAT Agricultural Data. FAO. Accessed 27 May, 2003. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>.
2. Castro, F.B.: The Use of Steam Treatment to Upgrade Lignocellulosic Materials for Animal Feed. PhD Thesis, University of Aberdeen, Scotland, 1994.
3. Fincher, G.B., Stone, B.A., Clarke, A.E.: Arabinogalactan Proteins: Structure, Biosynthesis and Function. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1983; 34: 47-70.
4. Grohmann, K., Torget, R., Himmel, M.: Optimization of Dilute Acid Pretreatment of Biomass. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 1985; 15: 59-80.
5. Toussaint, B., Excoffier, G., Vignon, M.R.: Effect of Steam Explosion Treatment on the Physico-Chemical Characteristics and Enzymic Hydrolysis of Poplar Cell Wall Components. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1991; 32: 235-242.
6. Castro, F.B., Machado, P.F.: Digestive Process Evaluation of Steam and Pressure Treated Sugarcane Bagasse. *Bol. Ind. Anim.* 1989; 46: 213-217.
7. Brownell, H.H., Yu, E.K.C., Saddler, J.N.: Steam-Explosion Pretreatment of Wood: Effect of Chip Size, Acid, Moisture Content and Pressure Drop. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 1986; 28: 792-801.
8. Clausen, E.C., Gaddy, J.L.: Economic Analysis of Bioprocess to Produce Ethanol from Corn Stover. *Biotechnol. Bioeng. Symp.* 1983; 13: 495-510.
9. Filya, I., Asbel, G., Hen, Y., Weinberg, Z.G.: The Effect of Bacterial Inoculants on the Fermentation and Aerobic Stability of Whole Crop Wheat Silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2000; 88: 39-46.
10. Castro, F.B., Hotten, P.M., Ørskov, E.R.: The Potential of Dilute-Acid Hydrolysis as a Treatment for Improving Nutritional Quality of Industrial Lignocellulosic By-Products. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1993; 42: 39-53.
11. Mehrez, A.Z., Ørskov, E.R.: A Study of the Artificial Fibre Bag Technique for Determining the Digestibility of Feeds in the Rumen. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 1977; 88: 645-650.
12. Ørskov, E.R., McDonald, I.: The Estimation of Protein Degradability in the Rumen from Incubation Measurements Weighted According to the Rate of Passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 1979; 92: 499-503.
13. Menke, K.H., Steingass, H.: Estimation of the Energetic Feed Value Obtained from Chemical Analysis and in vitro Gas Production Using Rumen Fluid. *Anim. Res. Devel., Separate Print*, 1988; 28: 7-55.
14. A.O.A.C.: Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*, 15th (Ed.), Vol. 1. AOAC, Washington, DC, pp. 69-79, 1990.
15. Akyıldız, R.: *Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu*. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 895, Uygulama Kılavuzu, Ankara, s. 141-144, 1984.
16. Van Soest, P.J.: *Analytical Systems for Evaluation of Feeds*. In: *Nutritional Ecology of the Ruminants*. P.J. Van Soest (Ed.), Cornell University Press, Ithaca, NY, Chapter 6, pp. 75-94, 1982.
17. Turan, Z.M.: *Araştırma ve Deneme Metodları*. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Ders Notları, No: 62, Bursa, 1995.
18. Rai, S.N., Mudgal, V.D.: Associative Effect of NaOH and Steam Pressure Treatment on Chemical Composition of Rice Straw and Its Fibre Digestibility in Rumen. *Ind. J. Anim. Nut. Abst.* 1987; 4: 5.
19. Okamoto, M., Abe, H.: Effects of Ammonia Treatment, Steam Treatment and Ammoniation after Steam Treatment on Chemical Composition, Voluntary Intake and Digestibility of Rice Straw. *Japanese J. Zootech. Sci. Abst.* 1989; 60: 1117.
20. Rangnekar, D.V., Badve, V.C., Kharat, S.T., Sobale, B.N., Joshi, A.L.: Effect of High-Pressure Steam Treatment on Chemical Composition and Digestibility in vitro of Roughages. *Anim. Feed Sci. Technol. Abst.* 1982; 7: 61.
21. Filya, I.: Nutritive Value of Whole Crop Wheat Silage Harvested at Three Stages of Maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2003; 103: 85-95.
22. Filya, İ.: Laktik Asit Bakteri İnokulantlarının Mısır ve Sorgum Silajlarının Fermentasyon, Aerobik Stabilité ve İn situ Rumen Parçalanabilirlik Özellikleri Üzerine Etkileri. *Tr. J. Vet. Anim. Sci.* 2002; 26: 815-823.
23. Abe, H., Yamakawa, M.: Effect of Steam Treatment on Nutritive Value of Soyabean Straw and Small Red Bean Straw. *Bull. Hokkaido Prefec. Agricul. Exp. Sta. Abst.* 1997; 72: 17.
24. Oji, U.I., Mowat, D.N.: Nutritive Value of Steam Treated Corn Stover. *Can. J. Anim. Sci.* 1978; 58: 177-181.
25. Filya, İ.: Laktik Asit Bakteri ve Laktik Asit Bakteri + Enzim Karışımı Silaj İnokulantlarının Mısır Silajı Üzerine Etkileri. *Tr. J. Vet. Anim. Sci.* 2002; 26: 679-687.
26. Liu, J-X., Ørskov, E.R., Chen, X.B.: Optimization of Steam Treatment as a Method for Upgrading Rice Straw as a Feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1999; 76: 345-357.
27. Williams, B.A., Van Der Poel, A.F.B., Boer, H., Tamminga, S.: The Use of Cumulative Gas Production to Determine the Effect of Steam Explosion on the Fermentability of Two Substrates with Different Cell Wall Quality. *J. Sci. Food Agric.* 1995; 69: 33-39.