

Aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri*'nin Yeniden Silolama Öncesi Mısır Silajına İlavésinin, Silajların Ham Besin Maddeleri İçeriği, *in Vitro* Sindirilebilirliği ve Aerobik Stabilitesi Üzerindeki Etkileri

Kadir Erten¹ , Fisun Koç¹ 

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü

Geliş Tarihi / Received Date: 10.05.2023

Kabul Tarihi / Accepted Date: 19.12.2023

Öz

Bu çalışmada, ikinci ürün mısır silajına aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri* ilavesinin yeniden silolama üzerine etkisi incelenmiştir. Fermantasyonun 150. gününde açılan mısır silajları kontrol (K), *Lactobacillus buchneri* (LB) ve aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri* (aLB)) ilaveli olmak üzere 3 muamele grubu oluşturulmuştur. Oluşturulan bu muamele grupları 6,12 ve 24 saat süreyle havaya maruz bırakıldıktan sonra yeniden silolanmıştır. Yeniden silolanan mısır silajları 60 günlük fermantasyona bırakılmıştır. Yeniden silolama öncesi ve sonrası silajlarda mikrobiyolojik ve kimyasal analizler yapılmıştır. Silajların *in vitro* gaz üretimi (İVGÜ) ve *in vitro* metan (CH₄) üretim miktarları belirlenmiştir. Elde edilen İVGÜ miktarları ile organik madde sindirilebilirlik (OMS), metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NEL) değerleri hesaplanmıştır. Silolamanın 60. gününde açılan mısır silajlarına 7 günlük aerobik stabilite testi uygulanmıştır. Çalışmada aLB ilavesinin mısır silajlarının nötral çözücülerde çözünmeyen lif (NDF), asit çözücülerde çözünmeyen lif (ADF), asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL) değerlerini düşürdüğü, ham yağ (HY), İVGÜ ve CH₄ miktarı ile OMS, ME ve NEL miktarını arttırdığı belirlenmiştir. Havaya maruz kalma süresine bağlı olarak artış gösteren karbondioksit (CO₂) miktarı aLB grubunda doğrusal olarak düşmüştür. *Lactobacillus buchneri* ilavesi ise mısır silajlarının ham protein (HP), ham selüloz (HS), NDF, ADF, ADL, asetik asit (AA) ve propiyonik asit (PA) miktarlarını artırmıştır. Silajlara LB ve aLB ilavesi, kontrol grubuna göre kuru madde (KM) kaybının daha az olmasını sağlamıştır. Araştırma sonucunda, 24 saat boyunca havaya maruz kalan silajların aLB katkısı ile yeniden silolanabileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: mısır silajı, yeniden silolama, aktifleştirme, *Lactobacillus buchneri*, *in vitro* gaz üretimi

Effects of Addition of Activated *Lactobacillus buchneri* to Corn Silage Before Re-Ensiling on Crude Nutrient Content, *In Vitro* Digestibility and Aerobic Stability of Silages

Abstract

In this study, the effect of activated *Lactobacillus buchneri* additive to second crop corn silage on re-ensilage was investigated. Corn silages opened on the 150th day of fermentation was divided into 3 treatment groups (control (C), *Lactobacillus buchneri* (LB) and activated *Lactobacillus buchneri* (aLB)) and re-ensiled after exposure to air (6, 12 and 24 hours). Re-ensiled corn silages was subjected to 60 days of fermentation. Microbiological and chemical analyzes were performed on silages before and after re-ensilage. *In vitro* gas production (GP) and *in vitro* methane (CH₄) production amounts of silages were determined. Organic matter digestibility (OMD), metabolic energy (ME) and net energy lactation (NEL) values were calculated with the obtained *in vitro* GP amounts. A 7-day aerobic stability test was applied to corn silages opened on the 60th day of ensiling. In the study, it was determined that the addition of aLB decreased neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre; (ADF), acid detergent lignin (ADL) values, and increased the amount of ether extract (EE), GP amount *in vitro*, OMD, ME, NEL and CH₄ amount of corn silages. The amount of carbon dioxide (CO₂), which increased depending on the exposure time to air, decreased linearly in aLB group. The addition of LB increased the crude protein (CP), crude fiber (CF), NDF, ADF, ADL, acetic acid (AA) and propionic acid (PA) amounts of corn silages. Addition of LB and aLB to silages resulted in less dry matter (DM) loss compared to the control group. As a result of the research, it was determined that silages exposed to air for 24 hours could be re-ensiled with the addition of aLB.

Keywords: corn silage, re-ensilage, activation, *Lactobacillus buchneri*, *in vitro* gas production

Giriş

Silaj üretimindeki artış ve buna paralel olarak silaj yapımındaki teknolojik ilerlemeler, özellikle paket silaj yapımı, silajın ticari mal olarak değerlendirilmesine olanak sunmuştur. Büyük çiftliklerde üretilen silajlar, nakledildiği çiftliklerde yeniden silolanmaktadır. Uygulamada, genellikle toprak üstü beton silolarda silolanan materyaller ya balya silaj haline getirilmekte ya da yeniden toprak üstü beton silolarda silolanmaktadır. Silajın açılarak yeniden silolanmasına kadar ki süreç ise, silajın bir süre oksijene maruz kalmasına neden olmaktadır. Yeniden silolama ile ilgili olarak, son zamanlarda İsrail, Brezilya ve dünyanın diğer ülkelerinde uygulamalar yapılmaktadır (Dos Anjos vd., 2018; Faria vd., 2020; Medeiros vd., 2022). Yeniden silolama, ekim ve hasat için makineleri olmayan veya ekim için uygun bir alanı olmayan üreticiler için avantajlıdır. Ayrıca, yeniden silolama sayesinde, verimli arazilere sahip üreticiler ve sulama olanağına sahip kişiler, silaj satışını bir iş stratejisine dönüştürebilmektedirler (Lima vd., 2016). Yeniden silolamanın, yapılan silajın kalitesi üzerine etkilerini inceleyen sınırlı sayıda çalışma bulunmakta olup, bu çalışmalarda yeniden silolamanın, yem kalitesi üzerine olumsuz etki göstermediği belirtilmiştir (Dos Anjos vd., 2018; Erten vd., 2022; Faria vd., 2020; Michel vd., 2017).

Mısır silajı en yaygın kullanılan kaba yem kaynaklarından birisidir. Türkiye'de 2022 yılında üretilen 28.50 milyon ton silajlık mısırın yaklaşık %40'lık bölümünü ikinci ürün mısır oluşturmaktadır (Anonim, 2022). Özellikle ikinci ürün mısır silajlarının bir kısmı toprak üstü silolardan silolandıktan sonra işletmenin ihtiyacından fazla olması durumunda kamyonlara yüklenerek ya başka bir siloda yeniden silolanmakta ya da balya silaj haline getirilmektedir. Silajlar, yeniden silolanana kadar da ortalama 1-2 gün havaya maruz kalmaktadır. İkinci ürün olarak yetiştirilecek mısırın ekim zamanı, ana ürünün tarladan çıkma zamanına ve bölgeye bağlıdır. Genellikle silajlık mısır, buğday hasadından sonra Temmuz ayında ekilir ve Ekim sonu veya Kasım ayının ilk haftalarında biçilir. Yağışların yüksek olduğu bu hasat döneminde silajlar genellikle %23-25 kuru madde ile hasat edilmekte ve silolanmaktadır (Okumuş, 2021). Bu durumda silajların besin madde içerikleri ve aerobik stabilitesi olumsuz etkilenebilmektedir. Besin madde kaybının önüne geçmek, özellikle ikinci ürün mısır silajlarında yeniden silolama yapıldığında daha da zordur (Okumuş, 2021).

Yeniden silolama sürecindeki kayıpları en aza indirmek için katkı maddesi kullanılmaktadır (Erten vd., 2022; Faria vd., 2020; Medeiros vd., 2022; Michel vd., 2017). Bu amaçla laktik asit bakteri inokulantlarının katkı olarak kullanımı alternatif bir seçenektir. Silo yemleri için kullanılan laktik asit bakterileri homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (McDonald vd., 2002; Muck, 2010). Bunlardan homofermantatif olanların glikolitik yolla glikoz ve diğer 6 karbonlu şekerleri laktik aside fermente (>%85) ettikleri (McDonald vd., 1991; Muck, 2018), heterofermantatif laktik asit bakterilerinin ise heksoz şekerleri (glikoz vb.) laktik asidin yanı sıra asetik asit, etanol ve karbondioksit (CO₂) gibi ürünlere fermente ettikleri bildirilmektedir (Lynch vd., 2015; McDonald vd., 1991). Araştırmacılar kuru madde içeriği düşük silajlarda genellikle heterofermantatif laktik asit bakteri inokulantlarını önermekte ve bu bakterilerin siloda laktik asidin yanı sıra asetik asit de ürettikleri için silajlarda maya ve küf gelişimini önleyerek silajların aerobik stabiliteğini geliştirdiklerini bildirmektedirler (Bağcı vd., 2023; Koç vd., 2017; Muck vd., 2018).

Bu araştırmada aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri*'nin yeniden silolama öncesi mısır silajına ilavesinin, silajların ham besin maddeleri içeriği, *in vitro* sindirilebilirliği ve aerobik stabilitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmanın bitkisel materyalini Tekirdağ ili Osmanlı köyünde ikinci ürün olarak yetiştirilmiş (DKC6777) ve 150 gün süre ile silolanmış mısır silajı oluşturmuştur. Fermantasyonun 150. gününde bank tipi silodan alınan 120 kg silaj laboratuvar ortamına getirilmiştir. Silajlık materyal temiz bir örtü üzerine yayılarak ve 3 muamele grubuna ayrılmıştır. Muamele gruplarını, Kontrol (K), *Lactobacillus buchneri* (LB) ve aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri* (aLB) oluşturmuştur. Katkı maddesi ilavesinden sonra

her muamele grubunda ki silajlar 6., 12. ve 24 saat olmak üzere oksijene maruz bırakılmıştır. Bu sürelerin ardından her muamele grubundan 5 tekerrür olmak üzere 500 g'lık paketler halinde 60 gün süre ile yeniden silolanmıştır. Silajların paketlenmesinde CAS CVP 260 PD marka vakum makinesi kullanılmıştır.

Katkı maddeleri;

1. LB: Heterofermantatif laktik asit bakteri inokulantı (NCIMB 40788-CNCM I-4323; Lalsil AS, Lallemand Inc., Canada).
2. aLB: İnokulant çalışmadan 24 saat önce %10 yağsız sütte 2 g kesme şeker ilave edilerek bekletilmiş ve bu şekilde kullanılmıştır (Santos vd., 2008).

Firma önerisi doğrultusunda kullanılan inokulant (LB ve aLB), mısır silajlarına 3×10^8 kob/g olacak şekilde ilave edilmiştir.

Kimyasal ve Mikrobiyolojik Analizler

Silaj örnekleri, yeniden silolamadan önce ve silolandıktan 60 gün sonra açılarak kimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Yemlerde, pH analizi Chen vd. (1994) tarafından bildirilen yöntemle yapılmıştır. Kuru madde (KM), ham protein (HP), ham yağ (HY) ve ham selüloz (HS) analizleri Akyıldız (1984) tarafından bildirilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Mısır silajlarında Laktik asit (LA) değerleri Koç ve Coşkuntuna (2003) tarafından bildirilen spektrofotometrik yöntemle saptanmıştır. Silajların asetik asit (AA), bütirik asit (BA) ve propiyonik asit (PA) değerleri Supelco (1998) tarafından bildirilen yöntemle saptanmıştır. Amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) içerikleri AOAC (2005)'nin bildirişine göre saptanmış ve sonuçlar toplam silaj azotunun %'si olarak verilmiştir. Nötral çözücülerde çözünmeyen lif (NDF), asit çözücülerde çözünmeyen lif (ADF) ve asit çözücülerde çözünmeyen lignin (ADL) Van Soest vd. (1991) tarafından geliştirilen analiz yöntemine göre yapılmıştır. Mısır silajlarının, laktik asit bakterileri (LAB), maya ve küf sayımları Seale vd. (1990) tarafından bildirilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Silaj örneklerinin aerobik stabilite testlerinde Ashbell vd. (1991) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Silolamanın 60. gününde açılan mısır silajları 7 gün süre ile aerobik stabilite testine tabi tutulmuştur. Aerobik stabilitenin 7. günündeki silaj örneklerinin pH'ları ölçülmüş, CO_2 üretimleri saptanmış ve silajların içerdiği maya ve küf popülasyonları belirlenmiştir.

In Vitro Gaz Üretimi Değerinin Saptanması

In vitro gaz üretim değerlerinin belirlenmesinde Menke ve Steingass (1988) tarafından bildirilen Gaz Üretim Tekniği kullanılmıştır. Kesimhanede kesilen rumen gelişimini tamamlamış 2 yaşında Holstein ırkı süt sığırından alınan rumen sıvısı, sıcaklığı 38-40 °C arasında sabit tutularak hızlı bir şekilde laboratuvara getirilmiştir. Rumen sıvısı içerisinde kalan katı kısım süzülerek ayrılmış ve sıvı kısım daha önce hazırlanan tampon çözelti ile karıştırılarak çalışmada kullanılmıştır. Gaz üretiminin belirlenmesinde kullanılan 100 ml hacimli cam enjektörlere yaklaşık 200 mg KM yem örneği koyularak, her bir enjektöre 30 ml rumen sıvısı/tampon çözelti (1 kısım rumen sıvısı, 2 kısım tampon çözeltisi) eklenmiştir. Hazırlanan tüm enjektörler 39 °C'de inkübasyon dolabında 48 saat süre ile bekletilmiş ve yemlerin 3, 6, 12, 24 ve 48. saatlerdeki oluşan gaz değerleri ölçülmüştür. İnkübasyonun 24. saatlerinde tüpler içerisinde üretilen gaz miktarları enjektör ile alınarak metan üretimi "Sensors Europe Analysentechnik GmbH, Erkath, Germany" cihazıyla ölçülmüştür. Yemlerin, sindirilebilir organik madde derecesi (OMS) Menke vd. (1979), metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NE_L) değerleri ise Blümmel ve Ørskov (1993) tarafından geliştirilen yöntemlere göre ve aşağıda belirtilen eşitliklerden faydalanılarak belirlenmiştir.

$$\text{OMS} = 14.88 + 0.8893 \times \text{GÜ} + 0.0448 \times \text{HP} + 0.0651 \times \text{HK}$$

$$\text{ME} = 2.2 + 0.1357 \times \text{GÜ} + 0.0057 \times \text{HP} + 0.0002859 \times \text{HY}^2$$

$$\text{NE}_L = 0.1149 \times \text{GÜ} + 0.0054 \times \text{HP} + 0.0139 \times \text{HY} - 0.0054 \times \text{HK} - 0.36$$

GÜ: 24 saatte üretilen gaz üretim miktarı (ml/200 mg KM); HP: Yem örneklerindeki ham protein (%); HK: Yem örneklerindeki ham kül içeriği (%). HY: Yem örneklerindeki ham yağ (%); OMS: *In vitro* organik madde sindirimi (g/100g, KM), ME; Metabolik enerji (MJ/kg, KM), NE_L: Net enerji laktasyon (MJ/kg, KM).

İstatistiksel Analizler

Elde edilen verileri istatistiksel olarak değerlendirilmesinde için 3 x 3 x 5 faktöriyel deneme deseni kullanılmıştır. Muamele (K, LB, aLB) ve yeniden silolama süresinin (6, 12, 24) değerlendirildiği bu çalışmada, her grup için 5 paket olacak şekilde toplam 45 adet silaj yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistik analizleri SPSS 22 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin istatistiksel değerlendirmesi için tek yönlü varyans analizi ve gruplar arası farklılığı belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Ayrıca, parametreler arasındaki ilişkiyi incelemek için korelasyon analiz testi uygulanmıştır (Soysal, 2000).

Bulgular ve Tartışma

Besin Madde Değerlerine İlişkin Bulgular

Mısır silajının yeniden silolama öncesi ve sonrası ham besin madde içerikleri, hücre çeperi bileşenlerine ilişkin analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Mısır silajının yeniden silolanma öncesi KM değeri % 24.22 olarak tespit edilmiş ve yeniden silolama süresi sonunda silajların KM değerleri % 20.86-26.53 arasında değişmiştir. En yüksek KM değeri 24 saat havaya maruz kalmış LB grubunda tespit edilirken, en düşük KM değeri 12 saat havaya maruz kalmış kontrol grubunda bulunmuştur (P<0.001). Havaya maruz kalma süresine bağlı olarak, LB muamele grubunun K ve aLB gruplarına göre daha yüksek KM değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (K grubu 24. saat hariç) (P<0.01). Bu konuda yapılan çalışmalarda, LB katkısının, mısır silajlarında KM kaybına neden olduğunu bildirilmiştir (Hu vd., 2009; Kleinschmit ve Kung, 2006; Nishino vd., 2003).

Tablo 1. Mısır Silajlarının Yeniden Silolama Öncesi ve Sonrası Ham Besin Maddeleri ve Hücre Çeperi Bileşenleri, %KM

Par.	B	Muameleler									SH	P		
		K			LB			aLB				M	S	M*S
		6 saat	12 saat	24 saat	6 saat	12 saat	24 saat	6 saat	12 saat	24 saat				
KM	24.22	23.33 ^b	20.86 ^c	25.05 ^{ab}	23.51 ^{bc}	24.75 ^{ab}	26.53 ^a	23.28 ^{bc}	22.50 ^{bc}	22.32 ^{bc}	0.352	***	**	**
HP	6.78	6.75 ^b	6.77 ^b	6.78 ^b	7.20 ^a	7.17 ^a	7.19 ^a	6.77 ^b	6.78 ^b	6.78 ^b	0.043	***	Ö.D	Ö.D
HY	3.23	3.41 ^{abc}	3.08 ^{bc}	2.77 ^c	3.28 ^{bc}	3.05 ^{bc}	2.79 ^c	4.14 ^a	3.79 ^{ab}	4.14 ^a	0.108	***	*	Ö.D
HS	20.37	20.55 ^c	20.69 ^{bc}	22.25 ^{abc}	22.04 ^{abc}	22.49 ^{abc}	23.63 ^a	20.91 ^{bc}	21.80 ^{abc}	22.88 ^{ab}	0.231	**	***	Ö.D
NDF	44.49	51.27 ^{bc}	51.19 ^c	50.70 ^c	51.67 ^{bc}	53.01 ^{ab}	54.26 ^a	42.50 ^f	46.27 ^d	44.38 ^e	0.760	***	***	***
ADF	24.73	29.23 ^a	25.94 ^{cd}	25.88 ^{cd}	29.23 ^a	29.00 ^{ab}	27.81 ^{abc}	24.16 ^d	26.26 ^{bcd}	25.32 ^{cd}	0.381	***	Ö.D	**
ADL	2.53	3.30 ^b	3.12 ^b	3.31 ^b	4.05 ^a	3.39 ^b	3.41 ^b	2.47 ^c	3.40 ^b	2.93 ^{bc}	0.084	***	Ö.D	***

^{a-f}: Aynı satırdaki farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. Par: Parametreler, M: Muamele, S: Süre, B: Başlangıç, K: Kontrol, LB: *Lactobacillus buchneri*, aLB: Aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri*, KM: Kuru madde, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HS: Ham selüloz, NDF: Nötral çözücülerde çözünmeyen lif, ADF: Asit çözücülerde çözünmeyen lif, ADL: Asit çözücülerde çözünmeyen lignin, SH: Standart hata.

Mısır silajının yeniden silolama öncesi ve yeniden silolama sonrası HP değeri sırasıyla %6.78 ve %6.75-7.20 olarak belirlenmiştir. Mısır silajlarına yeniden silolama öncesi LB ilavesi, silajın HP değerlerini diğer gruplara göre önemli düzeyde artırmıştır (p<0.001). *Lactobacillus buchneri* muamele grubunun K ve aLB gruplarına göre daha yüksek KM değerine sahip olmasına bağlı olarak bu gruptaki silajların HP değerleri daha yüksek tespit edilmiştir. Bu konuyla ilgili benzer araştırmalar sorgum ve mısır silajlarında yeniden silolanmanın silajların HP içeriğini etkilemediğini göstermiştir (Lima vd., 2016; Medeiros vd., 2022).

Mısır silajının yeniden silolama öncesi HY değeri %3.23 iken, yeniden silolama sonrası HY değerleri %2.77-4.14 arasında değişmiştir. Mısır silajlarına yeniden silolama öncesi aLB ilavesi, silajın HY

değerlerini diğer gruplara göre önemli düzeyde artırmıştır ($p<0.001$). Silajların havaya maruz kaldığı süreye bağlı olarak (aLB 24 saat hariç) HY değerleri düşmüştür ($p<0.05$). Medeiros vd. (2022) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, inokulant ilavesinin yeniden silolama sonrası HY içeriğini artırdığı bildirilmektedir. Araştırmacılar, inokulant uygulanan silajlarda HY değerinin yüksek olmasının fermantasyon süreci açısından bir öneminin olmadığını bildirmişlerdir.

Mısır silajının yeniden silolanmadan önceki HS değeri %20.37 olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile HS değerleri %20.55-23.63 arasında değişmiştir. En yüksek HS değeri 24 saat havaya maruz kalmış LB grubunda tespit edilirken, en düşük HS değeri ise yine 6 saat havaya maruz kalmış kontrol grubunda belirlenmiş ve muameleler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.01$).

Yeniden silolanma öncesi NDF değeri %44.49 olarak belirlenen mısır silajının, yeniden silolama sonrası NDF içeriği %42.50-54.26 arasında değişmiştir. En düşük NDF değeri 6 saat havaya maruz kalmış aLB grubu silajlarda tespit edilirken, en yüksek NDF değeri 24 saat havaya maruz kalmış LB grubunda belirlenmiştir ($p<0.001$).

Yeniden silolama öncesi ADF içeriğinin %24.73 olarak belirlendiği silajların, yeniden silolama sonrası ADF içerikleri %24.16-29.23 arasında değişmiştir. En yüksek ADF değeri 6 saat havaya maruz kalmış K ve LB gruplarında tespit edilirken, en düşük ADF değeri 6 saat havaya maruz kalmış aLB grubunda bulunmuştur. Silajlara aLB ilavesi ADF değerini düşürmüştür ($p<0.001$).

Mısır silajının yeniden silolanmadan önceki ADL değeri %2.53 olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile ADL değerleri %2.47-4.05 arasında değişmiştir. En yüksek ADL değeri 6 saat havaya maruz kalmış LB grubunda tespit edilirken, en düşük ADL değeri 6 saat havaya maruz kalmış aLB grubunda bulunmuştur.

Hücre duvarı bileşenleri (NDF, ADF ve ADL) yemin sindirilebilirliğinin azalmasına, hayvanın fiziksel olarak tokluk hissetmesine ve yem tüketiminin sınırlandırılmasına neden olur (Van Soest, 1994). Çalışmada yeniden silolama öncesine göre hücre çeperi bileşenlerinde artış söz konusu olmuştur. Bu artış mısır silajının KM içeriğinin düşük olması nedeni ile oluşan KM kayıplarına bağlanabilir. Çünkü silaj da oluşan KM kayıpları hücre duvarı bileşenlerini oransal olarak arttırabilmektedir (Filya, 2007; Pahlow vd., 2003). Benzer bulgular, Altınçekiç ve Filya (2018)'nin yaptığı çalışmalarda da elde edilmiştir. Araştırmada en düşük NDF, ADF ve ADL değerleri aLB grubu silajlarda tespit edilmiştir. Nitekim yeniden silolama sonrası en düşük KM bu gruptaki silajlarda tespit edilmiştir. Bu sonuç hücre çeperi fraksiyonlarındaki artışın sebebinin destekler niteliktedir.

Fermantasyon Parametrelerine İlişkin Bulgular

Mısır silajının yeniden silolama öncesi ve sonrası fermantasyon parametrelerine ilişkin analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Mısır silajının yeniden silolanmadan önceki pH değeri 3.73 olarak tespit edilmiştir. Silajların pH'sı deneme gruplarına göre 3.58 ile 3.63 arasında değişmiştir. Yeniden silolama silajların pH değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Ancak silajların pH değeri üzerine katkı maddesi ilavesi ve havaya maruz kalma süresinin bir etkisi tespit edilmemiştir ($P>0.001$). Katkı maddesi olarak *L. buchnerinin* kullanıldığı birçok çalışma da silaj pH seviyesini düşürdüğü belirtilmiştir. Araştırmacılar bu durumu silajlara LB ilavesinin silo ortamında LA, AA ve PA üretimini artırarak silo yemlerinin pH'larının düşmesinden kaynaklandığını belirtmiştir (Hu vd., 2009; Kleinschmit ve Kung, 2006; Kristensen vd., 2010; Ranjit ve Kung, 2000).

Mısır silajının yeniden silolama önceki $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değeri 54.79 g/kg KM olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değerleri 59.94-81.70 g/kg KM arasında değişmiştir. En yüksek $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değeri 24 saat havaya maruz kalmış aLB grubunda tespit edilirken, en düşük $\text{NH}_3\text{-N/TN}$ değeri 12 saat havaya maruz kalmış aLB grubunda bulunmuştur. Silajlık bitkinin hasat edilmesinden sonra gerçekleşen proteolisis silaj kalitesi açısından istenmeyen bir olaydır. Bu olayda bitki içeriğindeki proteinler proteaz tarafından başlıca aminoasitler ve amonyak olmak üzere peptid ve amidlere parçalanır (Filya, 2001). Silajda $\text{NH}_3\text{-N}$ birkaç gün içerisinde oluşur ve silaj pH'sı 6'dan 4'e

ininceye kadar protein parçalanması devam eder. Dolayısıyla silajda NH₃-N içeriği protein parçalanma düzeyini gösteren önemli bir parametredir. Silajların yeniden silolanması başlangıç değerlerine göre NH₃-N /TN değerinin artmasına sebep olmuştur. Ancak, silaj örneklerinin NH₃-N/TN içerikleri, silaj kalite değerlendirmesinde 'çok iyi' kalite sınıfı için bildirilen <100 g/kg TN düzeyinin altında yer almıştır (Denen ve Basmacıoğlu Malayoğlu, 2022).

Çalışmada, deneme gruplarına ait silaj örneklerinin LA içerikleri 45.69-53.53 g/kg KM arasında değişmiştir. Literatürde kaliteli silajlarda LA içeriğinin %2'nin veya 20 g/kg KM değerinin üzerinde olması gerektiği bildirilmektedir (Campbell, 2014; Seglar, 2003). Silaj fermantasyonu açısından AA istenmeyen asittir. Ancak AA silajlarda maya ve küf gelişimini önleyerek silajların aerobik stabilitelelerini artırmaktadır. Yeniden silolanan silajların LA (kontrol grubu 24 saat hariç), AA ve PA değerleri yükselmiştir (P<0.001). *Lactobacillus buchneri*'nin inokulant olarak kullanıldığı çalışmalarda AA değerleri daha yüksek tespit edilmiştir (Bağcı vd., 2023; Koc vd., 2017; Muck vd., 2018). Medeiros vd. (2022)'nin yaptıkları benzer bir çalışmada yeniden silolamanın, mısır silajlarının LA içeriğini düşürdüğü, AA değerini ise artırdığı yönündedir.

Tablo 2. Mısır Silajlarının Yeniden Silolama Öncesi ve Sonrası Fermantasyon Parametrelerine İlişkin Bulgular

Par.	B	Muameleler									SH	P		
		K			LB			aLB				M	S	M*S
		6 saat	12 saat	24 saat	6 saat	12 saat	24 saat	6 saat	12 saat	24 saat				
pH	3.73	3.59	3.61	3.60	3.61	3.61	3.59	3.63	3.58	3.60	0.006	Ö.D	Ö.D	Ö.D
NH ₃ -N/TN	54.79	62.99 ^{ab}	73.84 ^{ab}	64.98 ^{ab}	61.73 ^{ab}	73.33 ^{ab}	65.56 ^{ab}	65.60 ^{ab}	59.94 ^b	81.70 ^a	1.733	Ö.D	Ö.D	**
LA	47.38	49.02 ^{cd}	55.00 ^a	45.69 ^d	48.49 ^{cd}	48.50 ^{cd}	48.62 ^{cd}	47.98 ^{cd}	50.80 ^{bc}	53.53 ^{ab}	0.576	**	***	***
AA	1.70	6.12 ^b	7.17 ^b	3.84 ^b	22.69 ^a	21.96 ^a	21.15 ^a	6.79 ^b	6.17 ^b	6.75 ^b	1.495	***	Ö.D	Ö.D
PA	0.08	0.67 ^{bcd}	0.43 ^{cd}	0.78 ^{abcd}	1.85 ^a	1.39 ^{abc}	1.65 ^{ab}	0.23 ^d	0.28 ^d	0.45 ^{bcd}	0.129	***	Ö.D	Ö.D
BA	0.000	0.000 ^b	0.001 ^b	0.000 ^b	0.035 ^a	0.003 ^{ab}	0.000 ^b	0.003 ^b	0.011 ^{ab}	0.004 ^{ab}	0.003	Ö.D	Ö.D	*
LAB	4.14	6.38 ^{ab}	5.93 ^{ab}	6.05 ^{ab}	6.11 ^{ab}	6.63 ^a	6.00 ^{ab}	6.57 ^{ab}	5.93 ^{ab}	5.89 ^b	0.066	Ö.D	*	**
Maya	4.78	5.81 ^{abc}	5.78 ^{abc}	5.44 ^{bc}	6.06 ^{ab}	6.23 ^{ab}	5.10 ^c	6.54 ^a	6.17 ^{ab}	6.40 ^a	0.099	***	**	*

^{a-f}: Aynı satırdaki farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. Par: Parametreler, M: Muamele, S: Süre, B: Başlangıç, K: Kontrol, LB: *Lactobacillus buchneri*, aLB Aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri*, NH₃-N/TN: Amonyak azotu/TN: Toplam nitrojen oranı (g/kg KM), LA: Laktik asit (g/kg KM), AA: Asetik asit (g/kg KM), PA: Propiyonik asit (g/kg KM), BA: Bütirik asit (g/kg KM), LAB: Laktik asit bakterisi (kob/g KM), Maya: (kob/g KM), ÖD: Önemli değil, SH: Standart hata.

Mısır silajının yeniden silolanmadan önceki PA değeri 0.08 g/kg KM olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile PA değerleri 0.23-1.85 g/kg KM arasında değişmiştir. Mısır silajlarına yeniden silolama öncesi aLB ilavesi silajların PA değerlerini önemli düzeyde düşürmüştür (P<0.001).

Silaj fermantasyonu sırasında anaerob bakterilerden sakkarolitik clostridialar SÇK'ları yıkımlayarak BA'e, proteolitik clostridialar ise aminoasitleri parçalayarak AA, PA ve BA ile aminlere dönüştürürler (Basmacıoğlu ve Ergül, 2002). Silaj pH değerinin 3.80-4.20 olması durumunda ortamda LA bakterileri baskın olur ve BA üreten bakteriler gelişim gösteremez. Mevcut çalışmada, silaj örneklerinin pH değeri 3.59-3.61 arasında değişim göstermiştir. Silaj örneklerinin BA içerikleri oldukça düşük düzeyde (0.000– 0.035 g/kg KM) saptanmış olup, silajların BA içeriklerinin kabul edilebilir sınırlar (<%0,5) içerisinde olması silaj fermantasyonunda bir sorunun olmadığını göstermektedir.

Mikrobiyolojik Parametrelerine İlişkin Bulgular

Araştırmanın muamele gruplarına ilişkin LAB ve maya sayıları Tablo 2'de gösterilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanmadan önceki LAB sayıları 4.14 kob/g KM olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile LAB sayıları 5.89-6.63 kob/g KM arasında değişmiştir. En yüksek LAB değeri 12 saat havaya maruz kalmış LB grubunda (6.63 kob/g KM) tespit edilirken, en düşük LAB değeri 24 saat havaya maruz kalmış aLB katkılı (5.89 kob/g KM) mısır silajlarında tespit edilmiştir. Araştırmada

silajların LAB ve LA değerleri arasında bir paralellik söz konusu olmamıştır. En yüksek LA düzeyi ve en düşük LAB sayısı 24 saat aLB grubunda tespit edilmiştir.

Yeniden silolama öncesi maya değeri 4.78 kob/g KM olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile maya sayıları artmıştır. En yüksek maya değeri 6 saat havaya maruz kalmış aLB grubunda (6.54 kob/g KM) tespit edilirken, en düşük maya değeri 24 saat havaya maruz kalmış LB grubunda (5.10 kob/g KM) tespit edilmiştir. Havaya maruz kalma süresi uzadıkça, kontrol grubunda maya sayıları düşmüştür ($P < 0.01$). Araştırmada LB ile muamele edilmiş silajların maya sayıları daha yüksek tespit edilmiştir ($P < 0.001$). Bu konuda *L. buchneri* inokulantının kullanıldığı çalışmalarda maya sayısında azalma tespit edilmiştir (Hu vd., 2009; Kleinschmit ve Kung, 2006; Schmidt ve Kung, 2010; Tabacco vd., 2011). Mayalarda aerobik stabilite üzerinde etkili olan mikroorganizmalardır (Pahlow vd., 2003). Silajlarda 5 log₁₀ cfu/g üzerindeki maya sayısının, silajın aerobik stabilitesinde azalma ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Wilkinson ve Davies, 2013).

Aerobik Stabilite Parametrelerine İlişkin Bulgular

Yeniden silolanmış mısır silajlarının 7 günlük aerobik stabilite parametrelerine ilişkin analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Araştırmada, kullanılan katkı maddeleri silajların aerobik stabilitesini önemli ölçüde etkilemiştir ($P < 0.001$). Havaya maruz kalma süresine bağlı olarak LB ilavesinin silajların aerobik stabilitesini üzerine farklı etkileri olmuştur. Silajların en düşük pH değerleri havaya maruz kalma süresinin 6. saatinde (LB) grubunda tespit edilmiş, ancak oksijene maruz kalma süresinin uzaması kontrol grubuna oranla silajların (LB ve aLB grubu) pH değerlerinin yükselmesine neden olmuştur ($P < 0.001$). Silajlara katkı maddesi ilavesi oksijene maruz kaldıkları sürenin 12. saatinde etkili olmuş ve maya değerlerini düşürmüştür ($P < 0.001$). LB ilavesi silajların CO₂ içeriğinin düşmesine neden olmuş, ancak maya değerleri ile bir paralellik göstermemiştir ($P < 0.001$). Bu konuda *L. buchneri* nin inokulant olarak kullanıldığı çalışmalarda LB'nin AA üretme yeteneği nedeniyle aerobik stabiliteyi iyileştirmek ve silo açıldıktan sonra bozulmaya neden olan mikroorganizmaların yayılmasını önlemek için en yaygın heterofermentatif LAB kullanımının olduğunu göstermiştir (Bai vd., 2020; Gallo vd., 2018; Muck vd., 2018; Zhang vd., 2019). Çalışmaya ait sonuçlar, LB'nin silajların aerobik stabilitesi üzerindeki etkisini inceleyen önceki çalışmaların sonuçlarını kısmen yansıtmaktadır.

Tablo 3. Mısır Silajının Yeniden Silolama Sonrası 7. Günlük Aerobik Stabilite Değerleri

Par.	Muameleler									SH	P		
	K			LB			aLB				M	S	M*S
	6 saat	12 saat	24 saat	6 saat	12 saat	24 saat	6 saat	12 saat	24 saat				
KM	23.17 ^c	24.58 ^b	25.01 ^b	22.50 ^c	22.71 ^c	25.15 ^b	20.77 ^d	21.96 ^{cd}	30.29 ^a	0.517	***	***	***
pH	6.85 ^{abc}	6.64 ^{cd}	6.62 ^{cd}	6.53 ^d	6.88 ^{abc}	6.64 ^{cd}	6.76 ^{bcd}	7.10 ^a	7.05 ^{ab}	0.040	***	**	***
Maya	7.39 ^c	7.61 ^b	7.43 ^c	7.45 ^{bc}	6.86 ^e	7.24 ^d	7.84 ^a	7.30 ^{cd}	7.90 ^a	0.059	***	***	***
CO ₂	46.66 ^{abc}	52.99 ^a	47.23 ^{abc}	42.19 ^c	48.91 ^{ab}	40.84 ^c	49.5 ^{ab}	49.03 ^{ab}	45.00 ^{bc}	0.789	***	***	Ö.D

^{a-d}: Aynı satırdaki farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. Par: Parametreler, M: Muamele, S: Süre, K: Kontrol, LB: *Lactobacillus buchneri*, aLB Aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri*, KM: Kuru madde, Maya: kob/g KM, CO₂: Karbondioksit (g/kg KM), Ö.D: Önemli değil, SH: Standart hata.

İn Vitro Gaz Üretim Parametrelerine İlişkin Bulgular

Mısır silajının yeniden silolama öncesi ve sonrası *in vitro* gaz üretim (GÜ) parametrelerine ilişkin analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Mısır Silajının Yeniden Silolama Öncesi ve Sonrası *In Vitro* Gaz Üretim Parametreleri

Süre	B	Muameleler									SH	P		
		K			LB			aLB				M	S	M*S
		6	12	24	6	12	24	6	12	24				
3	13.17	10.17 ^{abc}	10.33 ^{ab}	7.67 ^c	11.00 ^{ab}	10.33 ^{ab}	8.67 ^{bc}	11.33 ^a	11.00 ^{ab}	10.00 ^{abc}	0.264	*	***	Ö.D
6	21.83	17.33 ^{ab}	19.66 ^a	14.83 ^b	18.66 ^{ab}	18.66 ^{ab}	18.33 ^{ab}	20.00 ^a	19.00 ^a	19.50 ^a	0.370	*	Ö.D	*
12	32.50	25.00 ^{ab}	28.66 ^a	21.50 ^b	26.32 ^{ab}	26.00 ^{ab}	26.00 ^{ab}	26.66 ^{ab}	25.99 ^{ab}	26.33 ^{ab}	0.506	Ö.D	Ö.D	*
24	46.66	33.33 ^c	41.90 ^{ab}	34.76 ^{bc}	42.32 ^{ab}	38.99 ^{abc}	41.00 ^{abc}	47.09 ^a	46.15 ^a	45.92 ^a	1.016	***	Ö.D	*
48	58.00	44.00 ^b	54.00 ^{ab}	48.00 ^{ab}	53.32 ^{ab}	48.66 ^{ab}	52.50 ^{ab}	55.75 ^a	53.15 ^{ab}	48.39 ^{ab}	0.958	Ö.D	Ö.D	*
CH ₄	7.67	4.60 ^b	6.47 ^a	5.94 ^{ab}	6.62 ^a	6.73 ^a	6.99 ^a	7.01 ^a	6.62 ^a	6.82 ^a	0.168	***	Ö.D	*
OMS	59.66	47.82 ^c	55.44 ^{ab}	49.10 ^{bc}	56.07 ^{ab}	53.09 ^{abc}	54.84 ^{abc}	60.06 ^a	59.23 ^a	59.02 ^a	0.904	***	Ö.D	*
ME	8.59	6.77 ^c	7.94 ^{ab}	6.96 ^{bc}	8.00 ^{ab}	7.54 ^{abc}	7.81 ^{abc}	8.64 ^a	8.52 ^a	8.48 ^a	0.138	***	Ö.D	*
NE _L	5.44	4.08 ^c	4.93 ^{abc}	4.18 ^{bc}	5.01 ^{ab}	4.64 ^{abc}	4.82 ^{abc}	5.45 ^a	5.47 ^a	5.44 ^a	0.108	***	Ö.D	*

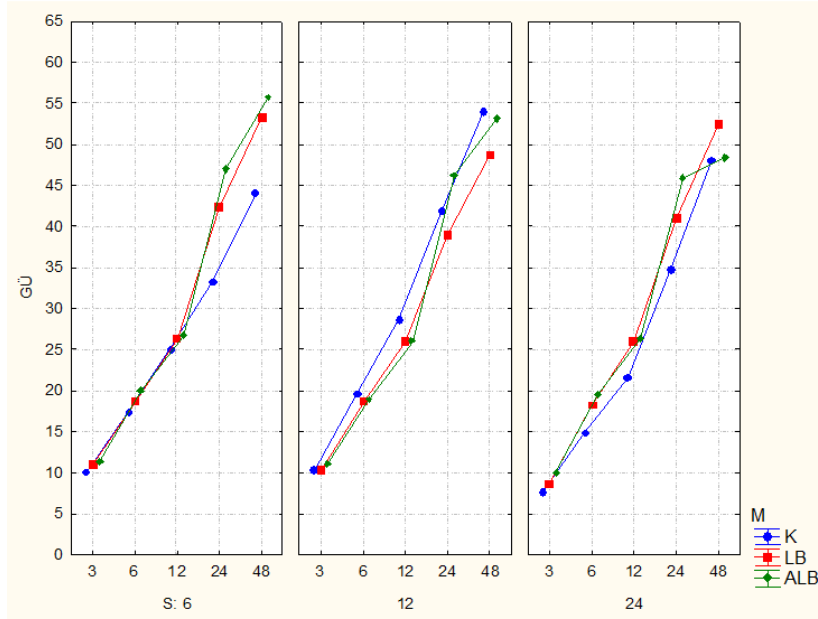
^{a-c}: Aynı satırdaki farklı harf içeren gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. B: Başlangıç, K: Kontrol, LB: *Lactobacillus buchneri*, aLB Aktifleştirilmiş *Lactobacillus buchneri*, GÜ: Gaz üretimi (ml), CH₄: Metan (ml), OMS: Organik madde sindirilebilirliği (g/100g KM), ME: Metabolik enerji (MJ/kg KM), NE_L: Net enerji laktasyon (MJ/kg KM), ÖD: Önemli değil, SH: Standart hata.

Mısır silajının yeniden silolanmadan önceki *in vitro* GÜ₂₄ miktarı 46.66 ml olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile GÜ₂₄ miktarı 33.33-47.09 ml arasında değişmiştir (Şekil 1). En yüksek GÜ₂₄ miktarı 6 saat havaya maruz kalmış aLB grubunda tespit edilirken, en düşük GÜ₂₄ miktarı 6 saat havaya maruz kalmış kontrol grubunda tespit edilmiştir (p<0.001). İnkübasyon süresinin 48 saatine kadar en yüksek GÜ miktarı, havaya maruz kalma süresinin 6. saatindeki aLB grubu silajlarda tespit edilmiştir. Bu artışın sebebi, aLB grubu silajların NDF, ADF ve ADL değerlerinin daha düşük olmasına bağlanabilir. Bu konuda yapılan çalışmalarda benzer bulgular bulunmuştur (Erten vd., 2022; Kızılımşek vd., 2016;).

Mısır silajının yeniden silolamadan önceki *in vitro* CH₄ üretimi 7.67 ml olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile CH₄ üretimi 4.60-7.01 ml arasında değişmiştir. En yüksek CH₄ üretimi 6 saat havaya maruz kalmış aLB grubunda tespit edilirken, en düşük CH₄ üretimi 6 saat havaya maruz kalmış kontrol grubunda bulunmuştur (p<0.001). Mısır silajında havaya maruz kalma süresinin *in vitro* CH₄ üretimi üzerine bir etkisi olmamıştır (p>0.05).

Mısır silajının yeniden silolanmadan önceki OMS değeri 59.66 g/100g KM olarak tespit edilmiştir. En yüksek OMS değeri 6 saat havaya maruz kalmış aLB grubunda (60.06 g/100g KM) tespit edilirken, en düşük OMS değeri 6 saat havaya maruz kalmış kontrol grubunda (47.82 g/100g KM) bulunmuştur. Mısır silajında havaya maruz kalma süresinin OMS değeri üzerine bir etkisi olmamıştır (p>0.05).

Mısır silajının yeniden silolama öncesi ME ve NE_L değerleri sırasıyla 8.59 ve 5.44 MJ/kg, KM olarak tespit edilmiştir. Mısır silajının yeniden silolanması ile aLB grubunun ME ve NE_L değerleri kontrol ve LB gruplarına göre daha yüksek tespit edilmiştir (p<0.001).



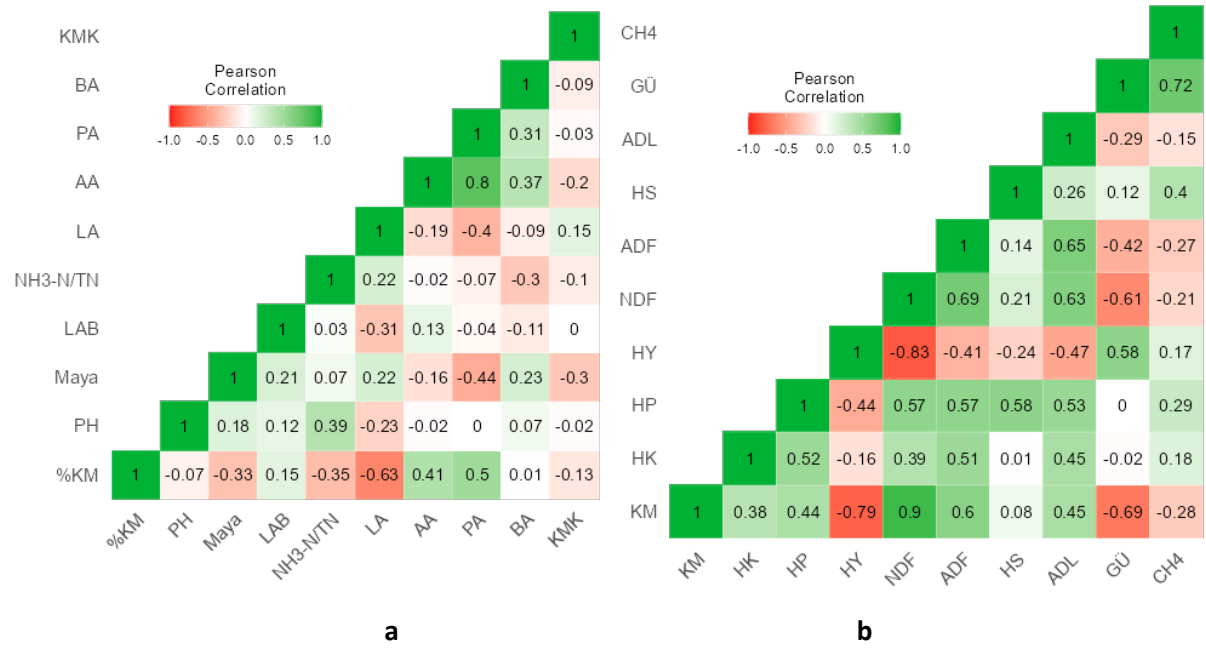
Şekil 1. Mısır Silajının Yeniden Silolama Sonrası *In Vitro* Gaz Üretim Miktarları (ml)

Korelasyon Analizine İlişkin Bulgular

Mısır silajının besin madde değerleri ile *in vitro* GÜ parametreleri ve fermantasyon parametrelerinin korelasyon analiz sonuçları Şekil 1’de verilmiştir.

Elde edilen verilere göre, silaj % KM değerinin pH, AA ve PA ile pozitif ilişkisi olduğu belirlenirken; LA ile negatif ilişkisi tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak LA değerinin PA ile negatif ilişkisi bulunmaktadır. Ayrıca pH değerinin NH₃-N/TN ile pozitif ilişkisi belirlenmiştir. *L. buchneri*’nin LA’i fermente etmesiyle AA ürettiğini, AA’in ise aerobik süreçte bozulmayı sağlayan maya ve küflerin çoğalmasını engelleyip, silajların aerobik stabilitelelerini artırdığı belirlenmiştir (Elferink vd., 1999; Muck, 1996). Elferink vd. (1999), bu durumu LA değerinin AA ile negatif olarak ilişkilendirilmesiyle açıklamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre AA değerinin PA ile pozitif ilişkisi ve maya değerleri ile olan negatif ilişkisi bu duruma bağlanabilir.

Besin madde değerleri bakımından, KM ve HK değerlerinin HP, NDF, ADF ve ADL ile pozitif ilişkisi bulunmuştur. Ayrıca KM değeri HY ve GÜ₂₄ ile negatif olarak ilişkilendirilmiştir. Ham protein değeri HS, NDF, ADF ve ADL ile pozitif olarak ilişkilendirilirken; HY ile negatif olarak ilişkisi tespit edilmiştir. Bu durum HY değerinin HS, NDF, ADF ve ADL ile negatif olarak ilişkilendirilmesine neden olmuştur. Ham selüloz değerinin CH₄ ile pozitif ilişkisi belirlenmiştir. Hücre çeperi bileşenleri olan NDF, ADF ve ADL arasında pozitif ilişki bulunurken, GÜ ile negatif ilişkileri tespit edilmiştir. Hücre duvarı bileşenleri (NDF, ADF ve ADL) içeriğinin artması yemin sindirilebilirliğinin azalmasına neden olmakta buna paralel olarak, GÜ miktarı düşmektedir. Silajların besin madde içerikleri (HK, HP, HY ve HS) ve GÜ miktarına bağlı olarak da CH₄ miktarı pozitif yönde etkilenmektedir (Erten vd., 2022).



Şekil 2. Besin Madde İçeriği ile Fermantasyon Parametreleri Arasındaki Korelasyon (a), Besin Madde İçeriği ile *In Vitro* GÜ Parametreleri Arasındaki Korelasyonu (b)

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, ikinci ürün olan mısır silajına *L. buchneri* katkısının yeniden silolama üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada aLB ilavesinin mısır silajlarının NDF, ADF ve ADL miktarlarını düşürdüğü HY, *in vitro* GÜ miktarı, OMS, ME, NE_L ve CH₄ miktarını artırdığı belirlenmiştir. Havaya maruz kalma süresine bağlı olarak artış gösteren CO₂ miktarı bu grupta doğrusal olarak düşmüştür. *L. buchneri* grubunda HP, HS, NDF, ADF, ADL, AA ve PA değerleri artmıştır. Silajlara LB ve aLB ilavesi, kontrol grubuna göre KM kaybının daha az olmasına neden olmuştur. Bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında; hayvancılık işletmeleri besin madde kayıplarını göz önünde bulundurarak yeniden silolanmış mısır silajı satın alırken daha dikkatli davranmalıdır. Yeniden silolama işlemi uygulanan silajlarda besin madde kayıplarını azaltmak için, siloyu açma ve yeniden silolama arasındaki süre mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Katkı maddesi olarak aLB ilavesi ile 24 saat boyunca havaya maruz kalan silajların yeniden silolanabileceği belirlenmiştir.

Yazar Katkısı

Kadir Erten, verilerin toplanması ve istatistiksel analizleri gerçekleştirdi. *Fisun Koç*, deneysel ortamını hazırladı ve deneysel süreci takip etti. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Kadir Erten  <https://orcid.org/0000-0002-6307-1573>

Fisun Koç  <https://orcid.org/0000-0002-5978-9232>

Kaynaklar

- Akyıldız, A.R. (1984). *Yemler bilgisi laboratuvar kılavuzu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Altınçekiç, E. ve Filya, İ. (2018). Effect of using bacterial inoculant and organic acid on the aerobic stability and feed value of small bale maize silages containing low dry matter. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(7), 887-892. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i7.887-892.1873>
- Anonim (2022). Yem bitkisi istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> adresinden 19 Ağustos 2022 tarihinde alınmıştır.
- AOAC (2005). *Association official analytical chemist*. Official methods of analysis (18. Baskı). AOAC International.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Azrieli, A., Hen, Y. ve Horev, B. (1991). A simple system to study the aerobic determination of silages. *Canadian Agricultural Engineering*, 34, 171-175. https://library.csbe-scgab.ca/docs/journal/33/33_2_391_raw.pdf
- Bağcık C., Okuyucu B. ve Koç F. (2023). Effects of inoculation preactivated lactobacillus buchneri and urea on fermentation and aerobic stability characteristics of corn silage. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 11(3), 431-438. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i3.431-438.5272>
- Bai, J., Xu, D., Xie, D., Wang, M., Li, Z. ve Guo, X. (2020). Effects of antibacterial peptide-producing *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus buchneri* on fermentation, aerobic stability, and microbial community of alfalfa silage. *Bioresource Technology*, 315, 123881. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123881>
- Basmacıoğlu, H. ve Ergül, M. (2002). Silaj mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim*, 43(1), 12-24. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/85181>
- Blümmel, M. ve Ørskov, E.R. (1993). Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting of food intake in cattle. *Anim Feed Sci Technol*, 40(2-3), 109-119. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90150-I](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90150-I)
- Campbell, B., (2014). Small-scale silage production: A resource for smallholder farmers. https://www.academia.edu/11444994/SmallScale_Silage_Production_A_Resource_for_Smallholder_Farmers adresinden Temmuz 2019 tarihinde alınmıştır.
- Chen, J., Stokes, M.R. ve Wallace, C.R. (1994). Effects of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of haycrop and corn silages. *Journal of Dairy Science*, 77(2), 501-512. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76978-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76978-2)
- Denen, M., & Basmacıoğlu Malayoğlu, H. (2022). Ot tipi yem şalgamı (*Brassica rapa L.*) silajında soldurmanın ve farklı katkıların fermantasyon ve aerobik stabilite üzerine etkileri. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 59(2), 297-312. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.963959>
- Dos Anjos, G. V. S., Gonçalves L. C., Rodrigues, J. A. S., Keller, K. M., Coelho, M. M., Michel, P. H. F., Ottoni, D. ve Jayme, D. G. (2018). Effect of re-ensiling on the quality of sorghum silage. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 6047-6054. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13687>
- Elferink, S. O., Driehuis, F., Krooneman, J., Gottschal, J. C. ve Spoelstra, S. F. (1999). *Lactobacillus buchneri* can improve the aerobic stability of silage via a novel fermentation pathway: the anaerobic degradation of lactic acid to acetic acid and 1, 2-propanediol. In *Proceedings of the 12th international silage conference/Eds. T. Pauly [et al.]-Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences* (pp. 266-267).
- Erten, K., Kaya, A. ve Koç, F. (2022). Bakteriyel inokulant ve organik asit ilavesi ile yeniden silolamanın mısır silajının aerobik stabilitesi ve *in vitro* gaz üretim parametreleri üzerine olan etkileri. *Journal*

- of the Institute of Science and Technology, 12(4), 2568-2580. <https://doi.org/10.21597/jist.1138835>
- Faria, E .F. S., da Silva, T. C., Pina D. D. S., Santos, E. M., de Araujo, M. L. G. M. L., da Silva, L. O. ve Carvalho, G. G. P. (2020). Do re-ensiling time and application of *Lactobacillus buchneri* alter the characteristics of sugarcane silage? *The Journal of Agricultural Science*, 158(5), 438-446. <https://doi.org/10.1017/S0021859620000751>
- Filya İ. (2001). Silaj fermantasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 87-93. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/34482>
- Filya, İ. (2007). Ülkemizde silaj yapımı ve silaj kalitesinin artırılma yolları. *Yem Magazin*, 37-44.
- Gallo, A., Bernardes, T. F., Copani, G., Fortunati, P., Giuberti, G., Bruschi, S. ve Masoero, F. (2018). Effect of inoculation with *lactobacillus buchneri* LB1819 and *lactococcus lactis* O224 on fermentation and mycotoxin production in maize silage compacted at different densities. *Animal Feed Science and Technology*, 246, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.09.009>
- Hu, W., Schmidt, R. J., McDonell, E. E., Klingerman, C. M. ve Kung, Jr. L. (2009). The effect of *lactobacillus buchneri* 40788 or *lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3907-3914. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1788>
- Kızılşimşek, M., Mokhtari, N. E. P., Adem, E. R. O. L., Öztürk, Ç. ve Gürkan, L. (2016). Laktik asit üretme yeteneklerinin yüksek olduğu bilinen izolatların mısır silajının *in vitro* gaz üretim değerleri ve yem kalitesi özelliklerine etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı-2), 285-288. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/264756>
- Kleinschmit, D. H. ve Kung Jr. L. (2006). A meta-analysis of the effects of *lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 4005- 4013. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72444-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72444-4)
- Koc, F., Ozturk Aksoy, S., Agha Okur, A., Celikyurt, G., Korucu, D. ve Ozduven, M.L. (2017). Effect of pre-fermented juice, *lactobacillus plantarum* and *lactobacillus buchneri* on the fermentation charecteristics and aerobic stability of high dry matter alfalfa bale silage. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 27(5), 1426-1431. <http://www.thejaps.org.pk/docs/v-27-06/04.pdf>
- Koç, F. ve Coşkuntuna, L. (2003). Silo yemlerinde organik asit belirlemede iki farklı metodun karşılaştırması. *Hayvansal Üretim*, 44(2), 37-46. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/85152>
- Kristensen, N.B., Sloth, K.H., Højberg, O., Spliid, N.H., Jensen, C. ve Thøgersen, R. (2010). Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3764-3774. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3136>
- Lima, E.M.D., Gonçalves, L.C., Keller, K.M., Rodrigues, J.A.D.S., Santos, F.P.C., Michel, P.H.F., Raposo, V.S. ve Jayme, D.G. (2016). Re-ensiling and its effects on chemical composition, *in vitro* digestibility, and quality of corn silage after different lengths of exposure to air. *Canadian Journal of Animal Science*, 97(2), 250-257. <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0005>
- Lynch, J. P., Baah, J. ve Beauchemin, K. A. (2015). Conservation, fiber digestibility, and nutritive value of corn harvested at 2 cutting heights and ensiled with fibrolytic enzymes, either alone or with a ferulic acid esterase-producing inoculant. *Journal of Dairy Science*, 98, 1214- 1224. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8768>
- McDonald, P., Edwards, R.A. ve Greenhalgh, J. F. D. (2002). *Animal nutrition* (6. Baskı). Longman, London and New York.

- McDonald, P., Henderson, A. R. ve Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (2. Baskı). Chalcombe Publications.
- Medeiros, P. H. A. de Figueiredo, O. A., Lima, E. M., Gonçalves, L. C., dos Santos Rodrigues, J. A., Keller, K. M., da Glória, J. R., Borges AL da, C. C., Lana, Â. M. Q. ve Jayme, D. G. (2022). Re-ensiling and microbial inoculant use effects on the quality of maize silages exposed to air. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, 12(1), 19-28. <https://doi.org/10.21206/rbas.v12i1.13683>
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D. ve Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>
- Menke, K.H. ve 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. <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferencelD=604471>
- Michel, P. H. F., Gonçalves, L. C., Rodrigues, J.A.S., Keller, K. M., Raposo, V. S., Lima, E. M., Santos, F. P. C. ve Jayme, D. G. (2017). Re-ensiling and inoculant application with *lactobacillus plantarum* and *propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. *Grass and Forage Science*, 72(3), 432-440. <https://doi.org/10.1111/gfs.12253>
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183-191. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/ynGDV5rLyTQPPWMjHssmDM/?lang=en>
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C. ve Kung Jr, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3980-4000. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13839>
- Nishino, N., Yoshida, M., Shiota, H. ve Sakaguchi, E. (2003). Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *lactobacillus buchneri*. *Journal of Applied Microbiology*, 94(5), 800–807p. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.01810.x>
- Okumuş, A. (2021). *İkinci ürün mısır silajına fındık zurufu ilavesinin silaj fermantasyonu, aerobik stabilite ve in vitro gaz üretimi üzerine etkileri* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi.
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. O. ve Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of ensiling. *Silage Science and Technology*, 42, 31-93. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
- Ranjit, N. K. ve Kung Jr. L. (2000). The effect of *lactobacillus buchneri*, *lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 83(3), 526- 535. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74912-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74912-5)
- Santos, E. M., Zanine, A. M., Ferreira, D. J., Oliveira, J. S., Penteadó, D. C. S. ve Pereira, O. G. (2008). Inoculante ativado melhora a silagem de capim-tanzania ("panicum maximum"). *Archivos de zootecnia*, 57(217), 35-72. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2790571>
- Schmidt, R. J. ve Kung Jr, L. (2010). The effects of *Lactobacillus buchneri* with or without a homolactic bacterium on the fermentation and aerobic stability of corn silages made at different locations. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1616-1624. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2555>
- Seale, D. R., Pahlow, G., Spoelstra, S. F., Lindgren, S., Dellaglio, F. ve Lowe, J. F. (1990). *Methods for the microbiological analysis of silage*. Grovfoder.
- Seglar, W. J. (2003). Fermentation analysis and silage quality testing. *Proceedings of the Minnesota Dairy Health Conference* (pp. 119-135). University of Minnesota Digital Conservancy.

- Soysal, İ. (2000). *Biometrinin prensipleri (İstatistik I ve II ders notları)*. TÜ Tekirdağ Ziraat Fak. Yayınları.
- Supelco, (1998). *Solid phase microextraction: Solventless sample preparation for monitoring flavor compounds by capillary gas chromatography*. Bulletin 869A. <https://gcms.cz/labrulez-bucket-strap-h3hsga3/3d0431d0215646a69874d8960e2a198d/4524.pdf>
- Tabacco, E., Piano, S., Revello-Chion, A. ve Borreani, G. (2011). Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5589-5598. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4286>
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B. ve 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)
- Wilkinson, J. M. ve Davies, D. R. (2013). The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and forage Science*, 68(1), 1-19. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x>
- Zhang, Y. C., Li, D. X., Wang, X. K., Lin, Y. L., Zhang, Q., Chen, X. Y. ve Yang, F. Y. (2019). Fermentation quality and aerobic stability of mulberry silage prepared with lactic acid bacteria and propionic acid. *Animal Science Journal*, 90(4), 513-522. <https://doi.org/10.1111/asj.13181>