



Bakteriyal İnokulant ve Organik Asit Kullanımının Düşük Kuru Maddeli Küçük Balya Mısır Silajlarının Aerobik Stabilite ve Yem Değeri Üzerine Etkisi[#]

Erdinç Altınçekiç, İsmail Filya*

Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü 1609 Bursa, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

[#]Bu makale Erdinç Altınçekiç'in yüksek lisans tezinin bir kısmıdır.

Araştırma Makalesi

Geliş 25 Şubat 2018
Kabul 22 Haziran 2018

Anahtar Kelimeler:

Mısır
Silaj
Katkı maddesi
Aerobik stabilite
Yem değeri

*Sorumlu Yazar:

E-mail: ifilya@uludag.edu.tr

Ö Z

Bu araştırma, bir homofermantatif laktik asit bakterisi (LAB) inokulantının ve formik asit temeline dayalı bir koruyucunun (FAT) düşük kuru maddeli (KM) küçük balya mısır (*Zea mays* L.) silajının aerobik stabilite ve yem değeri üzerine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Mısır süt olum döneminde hasat edilmiş (%26,4 KM) ve yaklaşık 2,0 cm boyutunda parçalanmıştır. Araştırmada LAB inokulantı olarak Pioneer 1132 H/M F, FAT olarak KemiSile 2000 adlı ticari ürünler kullanılmıştır. Katkı maddeleri mısıra sırasıyla, LAB 10⁶ cfu/g; FAT 3, 4 ve 5 g/kg; LAB+FAT 10⁶ cfu/g+3 g/kg, 10⁶ cfu/g+4 g/kg, 10⁶ cfu/g+5 g/kg düzeyinde katılmıştır. Kontrol ve katkı maddeleri ile muamele edilen mısır her uygulama için 3'er tekrar olmak üzere 30 kg kapasiteli plastik torbalara silolanmıştır. Silolamadan 60 gün sonra açılan silajlarda kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmış, silajlara 5 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulanmış ve ayrıca silajların *in vitro* organik madde (OM) sindirilebilirlikleri ve metabolik enerji (ME) değerleri saptanmıştır. Sonuç olarak, homofermantatif LAB inokulantı, FAT ve LAB+FAT kombinasyonu düşük KM'li mısır silajlarının aerobik stabilitelelerini etkilemezken, *in vitro* OM sindirilebilirliklerini ve ME değerlerini düşürmüştür.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(7): 887-892, 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

ARTICLE INFO

Research Article

Received 25 February 2018
Accepted 22 June 2018

Keywords:

Maize
Silage
Additives
Aerobic stability
Feed value

*Corresponding Author:

E-mail: ifilya@uludag.edu.tr

ABSTRACT

This research was carried out to determine the effect of a homofermentative lactic acid bacterial (LAB) inoculant and formic acid-based preservative (FAP) on the aerobic stability and feed value of low dry matter (DM) small bale maize (*Zea mays* L.) silage. Maize was harvested at milk stage (26.4 % DM) and chopped about 2.0 cm. Commercial products Pioneer 1132 H/M F and KemiSile 2000 were used as LAB inoculant and FAP in this research. Additives were applied to maize LAB 10⁶ cfu/g; FAP 3, 4 and 5 g/kg; LAB+FAP 10⁶ cfu/g+3 g/kg, 10⁶ cfu/g+4 g/kg, 10⁶ cfu/g+5 g/kg, respectively. Control and additives applied maize ensiled in 30 kg capacity plastic bag as 3 replicates for each treatment. Silages were sampled for chemical and microbiological analyses on day 60 after ensiling and subjected to aerobic stability test for 5 days. In addition *in vitro* organic matter (OM) digestibility's and metabolic energy (ME) values of silages were determined. As a result, the homofermentative LAB inoculant, FAP and combination of LAB+FAP did not affect aerobic stabilities and decreased *in vitro* OM digestibility's and ME values of low DM maize silages.

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i7.887-892.1873>

Giriş

Silaj fermantasyonunda katkı maddeleri kullanımı yaygın bir uygulama olup bu amaçla kullanılan çok sayıda biyolojik ve kimyasal kökenli ürün bulunmaktadır. Söz konusu ürünler genel olarak fermantasyon etkinliği ve aerobik stabiliteyi geliştirmek, hijyenik riskleri en aza indirmek için kullanılırlar.

Silaj fermantasyonunda yaygın olarak kullanılan bakteriyel inokulantlardan homofermantatif laktik asit bakterisi (LAB) inokulantları büyük bir hızla laktik asit üreterek ortam pH'sını düşürürler. Bu sayede de silaj fermantasyonunu kontrol altına alarak fermantasyon etkinliğini geliştirirler (Weinberg ve Muck, 1996). Nitekim bu konuda yapılan çalışmalarda homofermantatif LAB inokulantlarının fermantasyon etkinliğini geliştirdiği belirlenmiştir (Filya ve Sucu, 2010; Koç ve ark., 2017). Ancak söz konusu inokulantların aerobik stabilite üzerindeki etkileri ise değişken olmuştur. Ranjit ve Kung (2000) homofermantatif LAB inokulantlarının silajların aerobik stabilitesini geliştirdiğini bildirirken, Hu ve ark. (2009) etkilemediğini, Muck (2004) ise düşürdüğünü bildirmiştir.

Başta tahıl silajları olmak üzere tüm silajlar aerobik bozulmaya karşı hassastırlar (Ashbell ve ark., 2002). Söz konusu silajların aerobik stabiliteyi geliştirmek için kullanılan katkı maddelerinden birisi de kimyasal kökenli katkı maddeleridir. Bu tür ürünler ortamı hızla asitleştirip mikrobiyal büyümeyi önleyerek aerobik stabiliteyi geliştirirler (Woolford, 1984). Nitekim Driehuis ve Van Wixselar (1996) ile Salawu ve ark. (2001) formik asidin silajların aerobik stabilitesini geliştirdiğini belirlemişlerdir. Bununla birlikte formik asit temelinde dayalı bir koruyucu (FAT) ile yapılan çalışmaların bazılarında aerobik stabilitenin artarken (Filya ve Sucu, 2007a,b) bazılarında ise etkilenmediği (özellikle 2 g/kg ve altındaki dozlarda) görülmüştür (Filya ve ark., 2004, 2005).

Gerek homofermantatif LAB inokulantları gerekse organik asitlerin silajların yem değeri üzerine olan etkilerinin araştırıldığı çalışma sayısı hala sınırlı olup yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak silajların kuru madde (KM), organik madde (OM) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) parçalanabilirliği ve/veya sindirilebilirliği üzerine olmuştur. Meeske ve ark. (1993) homofermantatif LAB inokulantlarının silajların *in vitro* OM parçalanabilirliğini etkilemediğini belirlemiştir. Homofermantatif LAB inokulantlarının silajların yem değeri üzerine yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmış olup, söz konusu inokulantlar silajların *in situ* KM ve OM parçalanabilirliklerini (Filya, 2003) *in vitro* KM sindirilebilirliğini (Filya ve ark., 2007), *in vitro* KM, OM ve NDF sindirilebilirliği ile metabolik enerji (ME) değerini (Filya ve Sucu, 2010) etkilememiştir.

Diğer yandan formik asidin silajların yem değeri üzerine olan etkileri konusunda yapılmış araştırma sayısı çok sınırlı olup Polan ve ark. (1998) ile Filya ve Sucu (2007b) formik asidin silajların *in vitro* OM sindirilebilirliğini etkilemediğini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada, bir homofermantatif LAB inokulantı ve bir FAT kullanılmıştır. Söz konusu katkı maddelerinin ayrı ayrı ve çeşitli düzeylerdeki kombinasyonlarının (LAB+FAT) özellikle düşük KM'li küçük balya mısır silajlarının aerobik stabilitesi ve yem değeri üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Silaj Materyali ve Silolar

Araştırmanın silaj materyalini Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi (UÜZF) Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yetiştirilen C-955 mısır (*Zea mays* L.) çeşidi oluşturmuştur. Silo olarak ise yaklaşık 30 kg kapasiteli 60 × 90 cm boyutlarında ve 0.3 mm kalınlığında özel hava geçirmez plastik torbalar kullanılmıştır.

Katkı Maddeleri

Araştırmada katkı maddesi olarak bir homofermantatif LAB inokulantı (Pioneer 1132 H/M F, Pioneer®, Hi Bred International Inc., Des Moines, IA, USA) ve FAT (KemiSile 2000, KemiSile®, Kemira Oyj – Industrial Chemicals, Finland) kullanılmıştır. Katkı maddesinin ticari kullanım bilgilerine göre inokulant *Lactobacillus plantarum* ve *Enterococcus faecium* içermekte olup Rogosa agar üzerinde sayılan mikroorganizma sayısı 1.25×10^{11} cfu/g'dır. Diğer FAT ise %55 formik asit, %24 amonyum format, %5 propiyonik asit, %1 benzoik asit, %1 benzoik asit esteri ve %14 su içermektedir.

Silajların Hazırlanması

Araştırmada kullanılan mısır süt olum döneminde (%26,4 KM) hasat edilmiş ve silaj makinesinde yaklaşık 2,0 cm boyutunda parçalanmıştır. Parçalanmış materyale LAB inokulantı 1×10^6 cfu/g düzeyinde, FAT ise 3,0, 4,0 ve 5,0 g/kg düzeyinde katılmıştır. Ayrıca her iki katkı maddesinin kombinasyonu da kullanılmıştır. Araştırmada 720 kg mısır kullanılmış ve her birisi 30'ar kg olan 24 küçük plastik balya mısır silajı yapılmıştır. Araştırmada kontrol, 1 LAB inokulantı uygulaması, 3 FAT uygulaması (3,0, 4,0 ve 5,0 g/kg) ve 3 LAB + FAT uygulaması şeklinde toplam 8 uygulama ve her uygulama için 3 tekrerrü öngörülmüştür. İnokulantın uygulaması sırasında 0,24 g inokulant tartılarak çeşme suyunda çözülmüş ve temiz bir plastik örtü üzerine yayılan 30 kg mısıra homojen bir şekilde püskürtülerek iyice karıştırılırken, FAT de her seferinde 30 kg mısıra 3,0, 4,0 ve 5,0 g/kg düzeyinde (sırasıyla 90, 120 ve 150 g) homojen bir şekilde püskürtülerek karıştırılmıştır. Ayrıca her iki katkı maddesinin de aynı oranlarda birlikte yer aldığı ve aynı şekilde hazırlandığı kombinasyonlara da yer verilmiştir.

Kimyasal ve Mikrobiyolojik Analizler

Taze ve 60 günlük silolama dönemi sonunda açılan mısır silajlarının KM, amonyak azotu (NH₃-N), ham protein (HP) ve ham kül (HK) içerikleri AOAC (1990)'a göre, suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) içerikleri fenol sülfürik asit yöntemine göre (Dubois ve ark., 1956), NDF, ADF ve ADL içerikleri Van Soest ve ark. (1991)'na göre belirlenirken, hemisellüloz ve sellüloz içerikleri hesap yolu ile (hemisellüloz = NDF-ADF, sellüloz = ADF-ADL) belirlenmiştir. Diğer yandan silajlarda aerobik stabilite belirlenmesinde Ashbell ve ark. (1991) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Silajların maya ve küf içeriği ise pH 4.0'e kadar asitleştirilmiş malt ekstrakt agar (Difco, Detroit, MI, USA) kullanılarak, 30°C'de 3 gün süre ile inkübe edilmesiyle belirlenmiştir.

In Vitro Gaz Üretim Özellikleri

Silajların *in vitro* koşullardaki gaz üretimi, ME değeri ve OM sindirilebilirliği *in vitro* gaz üretim tekniği ile belirlenmiştir (Menke ve Steingass, 1988). Yöntemde

öncelikle silajların, rumen sıvısı ve yapay tükrük çözeltisi karışımındaki 3, 6, 12, 24, 48, 72 ve 96 saatlik inkübasyonlar sonucundaki gaz hacimleri ölçülmüştür. Daha sonra bu veriler Ørskov ve McDonald (1979) tarafından geliştirilen matematik modele göre hesaplanarak silajların gaz üretim değerleri belirlenmiştir. Diğer yandan silajların ME içerikleri ve *in vitro* OM sindirilebilirlikleri Menke ve ark. (1979) tarafından kaba yemler için bildirilen eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır.

İstatistik Analizler

Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde varyans analizi (SAS, 1988), ortalamalar arası farklılıkların önem seviyelerinin kontrol edilmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır (Snedecor ve Cochran, 1980). Maya ve küf analizinde her seferinde üç tekrerrü karıştırılıp bir örnek olarak analiz edildiği için istatistiki değerlendirme yapılamamıştır.

Bulgular

Taze ve silolanmış mısıra ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Silajlarda en düşük pH kontrol ve LAB inokulantı kullanılan grupta belirlenmiş, inokulant uygulaması FAT ve LAB+FAT uygulamasına göre silajların pH’sını daha fazla düşürmüştür ($P<0,05$). Bununla birlikte FAT ve FAT+LAB uygulamaları arasında ise herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır ($P>0,05$). Diğer yandan araştırmada kullanılan tüm katkı maddesi ve kombinasyonları silajların NH_3 -N konsantrasyonlarını kontrol grubuna göre düşürmüştür

($P<0,05$). Ancak FAT ve LAB+FAT kullanılan gruplardaki düşüş kontrol ve LAB inokulantı kullanılan gruplara göre daha yüksek olmuştur ($P<0,05$)

Altmış günlük silolama dönemi sonunda açılan silajlara uygulanan 5 günlük aerobik stabilite testine ait bulgular Tablo 2’de verilmiştir. Gerek LAB gerekse FAT ve LAB+FAT uygulamaları mısır silajlarının hava ile temas ettiği bu 5 günlük süre boyunca pH ve CO_2 üretimlerini etkilememiştir. Her ne kadar LAB inokulantı uygulaması kontrole göre sayısal olarak silajların CO_2 üretimini artırırken, FAT uygulaması düşürse de söz konusu artış ve düşüşler önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Ayrıca katkı maddesi uygulanan tüm gruplardaki maya ve küf (LAB+ 5 g/kg FAT hariç) miktarı sayısal olarak kontrol grubundan daha düşük bulunmuştur.

Taze mısır ve silajlara ait hücre duvarı bileşenleri Tablo 3’de verilmiştir. Tüm katkı maddesi uygulamaları kontrol grubuna göre silajların NDF içeriklerini artırırken, FAT ve LAB+FAT kullanılan gruplardaki artışlar önemli olmuştur ($P<0,05$). Diğer yandan yalnızca LAB uygulaması kontrole göre silajların ADF içeriklerini düşürürken ($P>0,05$), diğer tüm katkı maddesi uygulamaları artırmış ancak sadece LAB+3 g/kg FAT ve LAB+4 g/kg FAT uygulanan gruplar ile kontrol ve LAB uygulanan grup arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Araştırmada kullanılan katkı maddeleri ve kombinasyonları silajların ADL içeriklerini etkilememiştir. Bununla birlikte yalnızca LAB+4 g/kg FAT ve LAB+5 g/kg FAT uygulanan gruplar kontrol grubuna göre silajların hemisellüloz içeriklerini artırırken ($P<0,05$), katkı maddesi uygulamaları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında silajların sellüloz içeriğini etkilememiştir.

Tablo 1 Taze mısır ve mısır silajlarına ait kimyasal analiz sonuçları ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Table 1 Results of chemical analysis of fresh maize and silages ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Uygulama	KM	pH	SÇK	NH_3 -N	HP	HK
Taze mısır	26,4±0,11	5,83±0,13	15,6±0,08	-	7,2±0,17	6,0±0,12
Kontrol	25,7±0,11 ^a	3,68±0,01 ^{bc}	1,7±0,03 ^f	15,6±0,72 ^a	7,1±0,16 ^{cd}	7,5±0,08 ^{abc}
LAB	25,6±0,27 ^a	3,65±0,00 ^c	2,2±0,06 ^{ef}	13,8±0,77 ^b	7,1±0,09 ^{bcd}	7,0±0,20 ^d
3 g/kg FAT	24,5±0,17 ^a	3,76±0,01 ^{ab}	4,0±0,00 ^{cd}	10,1±0,15 ^{cd}	6,7±0,21 ^d	7,3±0,07 ^{bcd}
4 g/kg FAT	25,0±0,14 ^a	3,77±0,04 ^{ab}	3,7±0,02 ^d	7,0±0,44 ^f	8,2±0,21 ^a	7,8±0,03 ^a
5 g/kg FAT	24,6±0,09 ^a	3,85±0,06 ^a	7,5±0,55 ^b	3,7±0,14 ^g	7,2±0,07 ^{bcd}	7,7±0,06 ^{ab}
LAB+3 g/kg FAT	23,5±0,31 ^a	3,82±0,01 ^a	2,8±0,15 ^e	11,1±0,67 ^c	7,4±0,05 ^{bc}	7,4±0,05 ^{bcd}
LAB+4 g/kg FAT	23,9±0,19 ^a	3,82±0,03 ^a	4,5±0,23 ^c	9,3±0,21 ^{de}	7,0±0,27 ^{cd}	7,6±0,28 ^{abc}
LAB+5 g/kg FAT	24,4±0,18 ^a	3,80±0,01 ^a	8,8±0,28 ^a	8,0±0,03 ^{ef}	7,7±0,14 ^{ab}	7,2±0,03 ^{cd}

KM, kuru madde; SÇK, suda çözünebilir karbonhidrat; NH_3 -N, amonyak azotu; HP, ham protein; HK, ham kül, LAB, laktik asit bakterisi inokulantı; FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu, pH, KM ve NH_3 -N dışındaki parametreler KM^2 de %, NH_3 -N ise toplam N’ in %’si olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0,05$).

Tablo 2 Mısır silajlarına ait aerobik stabilite test sonuçları ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Table 2 Results of aerobic stability of maize silages ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Uygulama	pH	CO_2 (g/kg KM)	Maya* (log cfu/g KM)	Küf* (log cfu/g KM)
Kontrol	5,3±0,29 ^a	119,3±25,74 ^a	8,0	7,8
LAB	5,1±0,58 ^a	145,8±27,29 ^a	7,2	7,0
3 g/kg FAT	4,4±0,42 ^a	68,4±19,44 ^a	4,6	7,1
4 g/kg FAT	4,0±0,10 ^a	83,2±39,25 ^a	6,6	7,3
5 g/kg FAT	4,2±0,25 ^a	78,9±37,55 ^a	6,5	7,6
LAB+3g/kg FAT	4,1±0,15 ^a	92,3±21,73 ^a	4,6	7,2
LAB+4g/kg FAT	4,8±0,48 ^a	111,6±40,58 ^a	7,2	7,5
LAB+5g/kg FAT	4,9±0,49 ^a	141,4±32,59 ^a	7,7	7,9

CO_2 , karbondioksit; KM, kuru madde; log cfu, logaritma koloniform ünite; LAB, laktik asit bakterisi inokulantı; FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu, Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0,05$). *Maya ve küf analizleri her seferinde bir örnek üzerinde yapıldığı için istatistik analiz yapılamamıştır.

Tablo 3 Taze mısır ve mısır silajlarının hücre duvarı bileşenleri ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, %KM)Table 3 Cell wall components of fresh maize and silages ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, DM%)

Uygulama	NDF	ADF	ADL	Hemisellüloz*	Sellüloz*
Taze mısır	62,7±0,69	29,7±0,56	2,2±0,35	33,0±0,23	27,5±0,58
Kontrol	56,8±0,81 ^d	34,1±0,23 ^{bc}	4,0±0,40 ^a	22,7±0,87 ^b	30,1±0,35 ^{ab}
LAB	57,5±0,29 ^{cd}	33,6±0,92 ^c	5,6±0,29 ^a	24,0±1,27 ^{ab}	28,0±1,04 ^b
3 g/kg FAT	61,2±0,87 ^{bc}	36,0±0,81 ^{abc}	6,9±1,10 ^a	25,2±0,29 ^{ab}	29,1±0,46 ^{ab}
4 g/kg FAT	62,0±0,40 ^{ab}	36,3±1,04 ^{abc}	5,1±0,87 ^a	25,7±0,92 ^{ab}	31,2±1,16 ^{ab}
5 g/kg FAT	62,7±0,69 ^{ab}	37,8±0,58 ^{ab}	6,2±1,27 ^a	24,9±0,92 ^{ab}	31,5±1,10 ^{ab}
LAB+3 g/kg FAT	63,8±0,35 ^{ab}	38,7±0,35 ^a	5,9±0,46 ^a	25,0±0,69 ^{ab}	32,9±0,58 ^a
LAB+4 g/kg FAT	65,8±0,75 ^a	38,6±0,29 ^a	6,7±1,91 ^a	27,2±1,98 ^a	31,8±1,68 ^{ab}
LAB+5 g/kg FAT	62,5±0,46 ^{ab}	35,3±0,35 ^{abc}	4,8±0,52 ^a	27,2±0,81 ^a	30,5±0,46 ^{ab}

KM, kuru madde; NDF, nötr deterjanda çözünmeyen lif; ADF, asit deterjanda çözünmeyen lif; ADL, asit deterjanda çözünmeyen lignin; LAB, laktik asit bakteri inokulantı; FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu. *Hesap yolu ile belirlenmiştir. Hemisellüloz = NDF-ADF, Sellüloz = ADF-ADL Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Tablo 4 Mısır silajlarının *in vitro* gaz üretimleri ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, ml)Table 4 *In vitro* gas productions of maize silages ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, ml)

Uygulama	İnkübasyon zamanları (saat)						
	3	6	12	24	48	72	96
Kontrol	20,8±0,68 ^a	26,2±0,83 ^a	37,0±1,21 ^a	47,7±5,20 ^a	55,5±1,89 ^a	63,0±3,73 ^a	65,2±3,70 ^a
LAB	15,5±0,24 ^c	19,2±0,36 ^d	24,5±0,36 ^{cd}	30,7±0,44 ^c	35,8±0,54 ^b	37,3±0,81 ^b	38,8±0,81 ^b
3 g/kg FAT	17,8±0,14 ^b	23,2±0,14 ^b	30,3±1,18 ^b	36,8±1,88 ^b	44,0±2,24 ^b	46,8±2,72 ^b	48,8±2,72 ^b
4 g/kg FAT	17,0±0,47 ^b	21,8±0,85 ^{bc}	28,8±1,11 ^{bc}	37,0±1,61 ^{bc}	42,0±2,06 ^b	42,4±1,59 ^b	46,3±2,32 ^b
5 g/kg FAT	15,0±0,00 ^c	19,7±0,27 ^{cd}	27,3±0,54 ^{bcd}	34,3±0,33 ^{bc}	41,3±0,27 ^b	44,2±0,36 ^b	45,8±0,41 ^b
LAB+3 g/kg FAT	15,3±0,14 ^c	19,8±0,24 ^{cd}	27,2±0,47 ^{bcd}	35,0±0,50 ^{bc}	42,5±0,95 ^b	46,0±1,18 ^b	48,2±1,06 ^b
LAB+4 g/kg FAT	13,5±0,24 ^d	17,3±0,94 ^d	23,0±1,66 ^d	29,8±2,75 ^c	37,3±3,07 ^b	41,3±4,13 ^b	42,7±4,01 ^b
LAB+5 g/kg FAT	15,5±0,24 ^c	19,3±0,94 ^{cd}	25,8±1,67 ^{bcd}	32,7±2,89 ^{bc}	38,7±3,19 ^b	41,2±3,65 ^b	42,5±3,42 ^b

LAB, laktik asit bakteri inokulantı; FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu, Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Tablo 5 Mısır silajlarının metabolik enerji ve *in vitro* organik madde sindirilebilirlikleri ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)Table 5 Metabolic energy and *in vitro* organic matter digestibilities of maize silages ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Uygulama	ME (Kcal/kg)	In vitro OMS (%)
Kontrol	2172±169,0 ^a	57,6±4,87 ^a
LAB	1620±13,2 ^b	42,7±0,36 ^b
3 g/kg FAT	1815±58,4 ^b	48,1±1,77 ^b
4 g/kg FAT	1840±49,3 ^b	48,3±1,55 ^b
5 g/kg FAT	1740±10,9 ^b	45,9±0,23 ^b
LAB+3 g/kg FAT	1764±16,1 ^b	46,5±0,42 ^b
LAB+4 g/kg FAT	1590±87,9 ^b	41,9±2,33 ^b
LAB+5 g/kg FAT	1692±95,1 ^b	44,5±2,47 ^b

ME, metabolik enerji; OMS, organik madde sindirilebilirliği; LAB, laktik asit bakteri inokulantı; FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu. Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Silajların 3-96 saat arasında belirli zamanlarda ölçülen gaz üretimleri Tablo 4'de verilmiştir. Tüm katkı maddesi uygulamaları daha ilk saatlerden itibaren silajların *in vitro* gaz üretimlerini kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürmüştür ve bu trend 96. saate kadar devam etmiştir (P<0,05). Diğer yandan LAB, FAT ve LAB+FAT uygulamaları arasında inkübasyonun ilk saatlerinde bazı farklılıklar gözlemlense de özellikle 24. saatten sonra herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır (P>0,05).

Silajlara ait ME ve *in vitro* OM sindirilebilirlikleri Tablo 5'de verilmiştir. Araştırmadaki tüm katkı maddesi uygulamaları kontrol grubuna göre silajların ME ve *in vitro* OM sindirilebilirliklerini düşürmüştür (P<0,05). Ayrıca söz konusu parametreler açısından katkı maddeleri ve kombinasyonları arasında da herhangi bir farklılık görülmemiştir (P>0,05).

Tartışma

Altmış günlük silolama dönemi sonunda açılan, gerek kontrol gerekse katkı maddesi kullanılmış tüm silajların pH'ları düşmüştür. Mısır bitkisinin silaj fermantasyonu için yeterli SÇK içeriğine sahip olması pH düşüşü üzerinde etkili olmuştur. Özellikle LAB'nin SÇK'ları kullanarak asidik bir ortam oluşturması pH düşüşünü hızlandırmıştır. Bu durum özellikle LAB inokulantı kullanılan grupta açıkça görülmüştür. Nitekim Weinberg ve ark. (2002) buğday ve mısır, Filya ve Sucu (2010) buğday, mısır ve sorgumda kullanılan homofermantatif LAB inokulantlarının hızlı bir fermantasyona yol açarak laktik asit üretim hızını artırdığını ve bunun da silajların pH'larını düşürdüğünü belirlemişlerdir. Bunun yanı sıra araştırmacılar söz konusu inokulantların silajlardaki protein parçalanmasını da azaltarak silajların NH₃-N konsantrasyonlarının da düştüğünü bildirmişlerdir. Diğer

yandan araştırmadaki tüm katkı maddesi uygulamaları kontrol grubuna göre silajların $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonlarını düşürmüştür ($P<0,05$). Özellikle FAT uygulamasının silajlardaki fermantasyonu sınırlandırması sonucu FAT ve FAT+LAB kullanılan gruplardaki $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonları, hem kontrol hem de yalnızca LAB kullanılan gruplardakinden daha düşük olmuştur ($P<0,05$). Benzer şekilde Rooke ve ark. (1988) ve Winters ve ark. (2001) formik asidin İngiliz ve İtalyan çimi silajlarındaki $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunu düşürdüğünü belirlerken, Filya ve Sucu (2007a,b) FAT uygulamasının buğday, mısır ve sorgum silajlarında proteolisisi önleyerek silajların $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunu düşürdüğünü belirlemişlerdir.

Altmış günlük silolama dönemi sonunda silajlara 5 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulanmıştır. Silajların doğrudan hava ile etkileşime bırakıldığı bu periyod sonucunda kontrol ve katkı maddesi uygulanan silajlar arasında pH ve CO_2 üretimi bakımından herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır ($P>0,05$). Dolayısıyla gerek LAB ve FAT gerekse LAB+FAT kombinasyonu düşük KM'li mısır silajlarının aerobik stabilitesini etkilememiştir. Özellikle araştırmada kullanılan mısırın düşük bir KM içeriğine sahip olması ve bunun sonucunda silajlarda görülen yüksek su aktivitesi burada önemli rol oynamıştır. Ranjit ve Kung (2000) mısır, Filya (2003) buğday, mısır ve sorgumda kullanılan homofermantatif LAB inokulantlarının silajların aerobik stabilitesini düşürdüğünü belirlerken, Filya ve ark. (2000) söz konusu inokulantların soldurulmamış buğday, Hu ve ark. (2009) ise mısır silajlarının aerobik stabilitesini etkilemediğini belirlemişlerdir. Weinberg ve ark. (2002) silajların hava ile temas ettikleri bu aerobik dönemde silajlardaki laktatların bazı mayalar tarafından tüketilmesi sonucu ortamdaki maya sayısının artış gösterdiğini ve bunun da CO_2 üretimini artırarak silajların aerobik stabilitesini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Araştırmada kullanılan homofermantatif LAB inokulantı kontrol grubuna göre silajların CO_2 üretimini sayısal olarak artırmış ancak bu artış önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Diğer yandan FAT uygulaması silo içerisinde asidik bir ortam yaratarak fermantasyonu sınırlandırmış ve antimikrobiyal özelliği sayesinde de maya ve küf gelişimini baskı altına almıştır. Bunun sonucunda FAT katılan silajlardaki CO_2 üretimi hem kontrol hem de LAB+FAT katılan gruplardan daha düşük olmuş ancak bu düşüş önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Bu konu ile ilgili olarak buğday, mısır ve sorgum silajları ile yapılan çok sayıda çalışmada da farklı sonuçlar alınmıştır. Bazı çalışmalarda FAT silajlardaki maya ve küf sayısını azaltıp, CO_2 üretimini düşürerek silajların aerobik stabilitesini artırırken (Filya ve Sucu, 2007a,b) bazı çalışmalarda ise (özellikle 2 g/kg ve altındaki dozlarda) etkilememiştir (Filya ve ark., 2004, 2005).

Araştırmada kullanılan LAB inokulantı kontrol grubu ile karşılaştırıldığında mısır silajlarının hücre duvarı bileşenlerini etkilememiştir. Diğer yandan FAT uygulaması kontrol grubuna göre silajların NDF içeriğini artırırken ($P<0,05$), ADF, ADL, hemisellüloz ve sellüloz (3g/kg FAT hariç) içeriğini de sayısal olarak artırmış ancak söz konusu bu artışlar önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Ranjit ve Kung (2000) ile Filya ve Sucu (2010) homofermantatif LAB' nin mısır silajlarının hücre duvarı

bileşenlerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte Filya ve Sucu (2007b) 2 g/kg düzeyindeki FAT uygulamasının buğday silajlarının hücre duvarı bileşenlerini etkilemediğini ancak 4 g/kg düzeyindeki uygulamanın ise silajların NDF, ADF, ADL ve sellüloz içeriklerini düşürürken, hemisellüloz içeriğini artırdığını belirlemişlerdir. Diğer yandan araştırmada kullanılan tüm katkı maddesi ve kombinasyonları mısır silajlarının daha ilk saatlerden itibaren *in vitro* gaz üretimlerini düşürmüş ve bu düşüş inkübasyon döneminin sonuna kadar devam etmiştir. Özellikle 48. saatten sonra katkı maddeleri arasında görülen farklılıklar da ortadan kalkmış ve gerek LAB ve FAT gerekse LAB+FAT katılan tüm gruplar ile kontrol grubu arasındaki farklılıklar önemli düzeyde bulunmuştur ($P<0,05$). Silajların *in vitro* gaz üretimlerindeki bu düşüş, silajların ME ve *in vitro* OM sindirilebilirliğine de yansımıştır. Buna bağlı olarak katkı maddesi kullanılan tüm grupların ME ve *in vitro* OM sindirilebilirlikleri kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşüş göstermiştir ($P<0,05$). Bu sonuçlar LAB ve FAT uygulamalarının özellikle rumen içi koşullar üzerinde olumsuz bir etkiye yol açmış olabileceğini düşündürmektedir. Homofermantatif LAB inokulantlarının mısır silajlarının yem değeri üzerine etkileri ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda Polat ve ark. (2005) *in situ* OM parçalanabilirliğinin, Filya ve Sucu (2010) *in vitro* KM, OM ve NDF sindirilebilirliği ile ME değerinin etkilenmediğini belirlemişlerdir. Diğer yandan Kennedy (1990) homofermantatif LAB inokulantlarının silajların OM sindirilebilirliğini düşürdüğünü bildirirken, Polan ve ark. (1998) ile Filya ve Sucu (2007b) formik asitin silajların *in vitro* OM sindirilebilirliğini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Araştırma sonucunda gerek homofermantatif LAB gerekse FAT kullanımının düşük KM'li mısır silajlarının aerobik stabilitesini etkilemediği ve *in vitro* OM sindirilebilirliği ile ME değerini düşürdüğü belirlenmiştir. Dolayısıyla araştırmada kullanılan gerek biyolojik gerekse organik asit temelli katkı maddeleri düşük KM'li mısır silajlarının gerek aerobik stabilitesini gerekse yem değerini geliştirmede yetersiz kalmışlardır. Araştırmada kullanılan FAT her ne kadar silajlardaki aerobik bozulmanın başlıca sorumlusu olan maya sayısını azaltıp CO_2 üretimlerini düşürerek silajların aerobik stabilitesini geliştirse de bu önemsiz düzeyde kalmıştır ($P>0,05$). Burada mısırın düşük KM'ye, dolayısıyla yüksek bir su aktivitesine sahip olması etkili olmuştur. Diğer yandan her iki katkı maddesi de rumen mikroorganizmalarının faaliyetini olumsuz yönde etkileyerek daha az *in vitro* gaz üretmelerine yol açmış ve bunun sonucunda silajların *in vitro* OM sindirilebilirliği ve ME değeri düşmüştür. Bu çalışmada da tartışıldığı gibi katkı maddelerinin silajların yem değeri üzerindeki etkileri çok farklı olup, olumlu, olumsuz ve nötr sonuçlar söz konusudur. Bu konu üzerinde uzun yıllardır çalışılmakta ve farklı sonuçlar almaya devam edilmektedir. Nitekim Filya ve ark. (2007) ile Muck ve ark. (2007) kullandıkları çok sayıda homofermantatif ve heterofermantatif LAB inokulantının iki farklı KM içeriğine sahip yonca silajlarının *in vitro* gaz üretimi, uçucu yağ asitleri kompozisyonu ve yem değerini etkilemediğini belirlemişler ve özellikle olumlu sonuçlar alınan çalışmalarda görülen artışların sindirilebilirlik veya başka faktörlerden de kaynaklanabileceğini

bildirmişlerdir. Dolayısıyla bu konu ile ilgili olarak daha ayrıntılı değerlendirmeler yapabilmek için çok daha geniş bir bilgi birikimine ve bilimsel çalışmaya gereksinim duyulduğu çok açıktır.

Kaynaklar

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. Vol 1., 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Azrieli A, Hen Y, Horev B. 1991. A simple system to study the aerobic deterioration of silages. Canadian Agricultural Engineering. 33: 171-175.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Hen Y, Filya I. 2002. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology. 28: 261-263.
- Driehuis F, Van Wikselaar PG. 1996. Effects of formic, acetic or propionic acid to maize silage and low dry matter grass silage on the microbial flora and aerobic stability. Proceedings of the 11th International Silage Conference, Aberystwyth, Wales, pp. 256-257.
- Dubois M, Giles KA, Hamilton JK, Rebes PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. 28: 350-356.
- Filya I, Ashbell G, Hen Y, Weinberg ZG. 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. Animal Feed Science and Technology. 88: 39-46.
- Filya I. 2003. The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of wheat, sorghum, and maize silages. Journal of Applied Microbiology. 95: 1080-1086.
- Filya İ, Sucu E, Hanoğlu H. 2004. Biyolojik katkı maddeleri kullanılarak yapılan küçük plastik balya mısır silajlarını kalite özellikleri, yem değeri ve kuzu besisinde kullanımı üzerine bir araştırma. Tarım Bilimleri Dergisi, 10(2): 158-162.
- Filya İ, Sucu E, Canbolat Ö. 2005. Silaj yapımında ve süt ineklerinin beslenmesinde organik asit kullanımı üzerinde araştırmalar. 1. Formik asit temeline dayalı bir koruyucunun mısır silajlarının kalite özellikleri üzerine etkisi. GAP IV. Tarım Kongresi. Şanlıurfa. s. 1719-1722.
- Filya I, Muck RE, Contreras-Govea FE. 2007. Inoculant effects on alfalfa silage: fermentation products and nutritive value. Journal of Dairy Science. 90: 5108-5114.
- Filya İ, Sucu E. 2007a. The effect of bacterial inoculants and a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of whole-crop cereal silages. Asian-Australian Journal Animal Science. 20(3): 378-384.
- Filya İ, Sucu E. 2007b. Effect of a chemical preservative on fermentation, aerobic stability and nutritive value of whole-crop wheat silage. Journal of Applied Animal Research. 32: 133-138.
- Filya İ, Sucu E. 2010. The effects of lactic acid bacteria on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. Grass & Forage Science. 65: 446-455.
- Hu W, Schmidt RJ, McDonnell EE, Klingerman CM, 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: 3907-3914.
- Kennedy SJ. 1990. An evaluation of three bacterial inoculants and formic acid as additive for harvest grass. Grass & Forage Science. 45: 281-288.
- Koc F, Ozturk Aksoy S, Ağa Okur A, Celikyurt G, Korucu D, Özduven ML. 2017. Effect of pre-fermented juice, *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri* on the fermentation characteristics and aerobic stability of high dry matter alfalfa bale silage. The Journal of Animal & Plant Sciences. 27(5): 1426-1431.
- Meeske R, Assbell G, Weinberg ZG, Kipnis T. 1993. Ensiling forage sorghum at two stage of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. Animal Feed Science and Technology. 43: 165-175.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingess H, Fritz D, Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. The Journal of Agricultural Science. 93: 217-222.
- Menke KH, Steingass H. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research and Development. 28: 7-55.
- Muck RE. 2004. Effects of corn silage inoculants on aerobic stability. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 4: 1011-1016.
- Muck RE, Filya I, Contreras-Govea FE. 2007. Inoculant effects on alfalfa silage: In vitro gas and volatile fatty acid production. Journal of Dairy Science. 90: 5115-5125.
- Ørskov ER, McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage. The Journal of Agricultural Science. 92: 499-503.
- Polan CE, Stieve DE, Garrett JL. 1998. Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant. Journal of Dairy Science. 81: 765-776.
- Polat C, Koç F, Özduven ML. 2005. Mısır silajında laktik asit bakteri ve laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulantların fermenteasyon ve toklulara ham besin maddelerinin indirilme dereceleri üzerine etkileri. Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 2(1): 13-22.
- Ranjit NK, 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: 526-535.
- Rooke JA, Maya FM, Arnold JA, Armstrong DG. 1988. The chemical composition and nutritive value of grass silages prepared with no additive or with the application of additives containing either *Lactobacillus plantarum* or formic acid. Grass & Forage Science. 43: 87-95.
- SAS. 1988. SAS® User's Guide: Statistics, Version 6. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Salawu MB, Warren EH, Adesogan AT. 2001. Fermentation characteristics, aerobic stability and ruminal degradation of ensiled pea/wheat bi-crop forages treated with two microbial inoculants, formic acid or quebracho tannins. Journal of the Science of Food and Agriculture. 81: 1263-1268.
- Snedecor GW, Cochran WG. 1980. Statistical Methods. 6th ed. Iowa State Univ. press, Ames, IA, USA.
- Van Soest PH, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science. 74: 3583-3597.
- Weinberg ZG, Muck RE. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiology Reviews. 19: 53-68.
- Weinberg ZG, Ashbell G, Hen Y, Azrieli A, Szakacs G, Filya I. 2002. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 28: 7-11.
- Winters AI, Fycan R, Jones R. 2001. Effect of formic acid and a bacterial inoculant on the amino acid composition of grass silage and on animal performance. Grass & Forage Science. 56: 181-192.
- Woolford MK. 1984. The silage fermentation. Microbiology series, 14. Marcel Dekker Inc., New York, USA.