

Silaj Fermantasyonunda Organik Asit Kullanımı Üzerinde Araştırmalar

1. Formik asit temeline dayalı bir koruyucunun laboratuvar koşullarında yapılan mısır silajlarının fermantasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkisi

İsmail FİLYA¹

Ekin SUCU¹

Geliş Tarihi: 30.09.2004

Öz: Bu araştırma, formik asit temeline dayalı bir koruyucunun (FAT) laboratuvar koşullarında yapılan mısır (*Zea mays* L.) silajlarının fermantasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerindeki etkilerinin saptanması amacı ile düzenlenmiştir. Araştırmada kullanılan mısır süt olum döneminde hasat edilmiştir. Yaklaşık 1.5-2.0 cm boyutunda parçalanmış taze materyale 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılmıştır. Taze materyaller yalnızca gaz çıkışına olanak tanıyan 1.5 litrelik anaerobik kavanozlara silolanmıştır. Kavanozlar laboratuvar koşullarında 26±2 °C' de tutulmuştur. Silolamadan 90 gün sonra açılan silajlarda kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapılmış, silajlara 5 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulanmış ve ayrıca silajların *in situ* rumen kuru madde ve organik maddeler parçalanabilirlikleri saptanmıştır. Sonuç olarak, mısıra katılan FAT silajlardaki laktik, asetik ve bütirik asit konsantrasyonlarını düşürürken, proteolizi de önlemiştir. Ayrıca silajlarda yüksek düzeyde bir antimikrobiyal aktivite göstererek maya, küf, enterobacteria ve clostridia gelişimini engellemiştir. Genel olarak, FAT mısır silajlarının aerobik stabilitesini geliştirirken, *in situ* rumen kuru madde ve organik maddeler parçalanabilirliğini de artırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Silaj, mısır, organik asit, fermantasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite, *in situ* rumen parçalanabilirliği

Investigations on Using Organic Acids in the Silage Fermentation

1. The effect of formic acid-based preservative on the fermentation, microbial flora, aerobic stability and *in situ* rumen degradability characteristics of maize silage in laboratory conditions

Abstract: This research was carried out to determine the effects of formic acid-based preservative (FAB) on the fermentation, microbial flora, aerobic stability and *in situ* rumen degradability characteristics of maize (*Zea mays* L.) silages in laboratory conditions. Maize was harvested at milk stage of maturity. Formic acid-based preservative was applied at 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg levels to about 1.5-2.0 cm chopped fresh material. Fresh materials were ensiled in 1.5 liter anaerobic jars equipped with a lid that enabled gas release only. The jars were stored at 26±2 °C in laboratory conditions. Silages were sampled for chemical and microbiological analyses on day 90 after ensiling and subjected to aerobic stability test for 5 days. In addition *in situ* rumen dry and organic matters degradabilities were found of the silages. As a result, FAB that applied to maize decreased lactic, acetic and butyric acid concentrations and prevented proteolysis in the silages. However, FAB showed a high antimicrobial activity on the silages and prevented yeast, mould, enterobacteria and clostridia growth in the silages. Generally, FAB improved aerobic stability and increased *in situ* rumen dry and organic matters degradability of maize silages.

Key Words: Silage, maize, organic acid, fermentation, microbial flora, aerobic stability, *in situ* rumen degradability

Giriş

Silaj fermantasyonunda kullanılmak üzere çok sayıda katkı maddesi geliştirilmiştir. Bu katkı maddelerinin bazıları silajların fermantasyon özelliklerini olumlu yönde etkilerken, bazıları silajları aerobik olarak stabil hale getirmekte bazıları ise probiyotik etki göstererek silajların hayvanlar tarafından değerlendirilme düzeylerini artırmaktadır (Filya 2000). Başta sıcak ülkeler olmak üzere silaj yapılan tüm ülkelerde karşılaşılan en önemli sorunların başında fermantasyon sonucunda elde edilen silajların aerobik olarak stabil olmayışları gelir. Bu tür

silajlar maya, küf, enterobacteria ve clostridia sporları gibi silajlarda bozulmaya neden olan başlıca mikroorganizma popülasyonlarını hem çok yüksek düzeylerde içerirler hem de bu mikroorganizma popülasyonlarının gelişerek çoğalmalarına çok elverişli bir ortam oluştururlar. Silaj açıldıktan sonra söz konusu mikroorganizma popülasyonları faaliyete geçerek ortamdaki şekerleri ve fermantasyon son ürünlerini tüketerek silajların ısınmasına yol açarlar. Bu tür silajlar aerobik olarak stabil değildir ve kısa bir süre içerisinde bozulur.

¹Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Bölümü-Bursa

Silolanacak materyalin içerdiği aerobik mikroorganizma sayısı, materyalin hava ile temas ettiği sürenin uzunluğu, fermantasyon özellikleri, silonun doldurulma ve kapatılma süresi, yüzey kayıpları ve çevre sıcaklığı silajların aerobik stabiliteyi etkileyen en önemli faktörlerdir (Filya 2001). Ashbell ve ark. (2002) mısır ve buğday silajlarında 30 °C' de yoğun bir aerobik bozulma olduğunu ve aerobik bozulmaya karşı mısırın buğdaya göre daha hassas olduğunu belirlemişlerdir. Söz konusu sıcaklık değerinin ülkemizde silajın yapıldığı dönemlerde hemen hemen tüm bölgelerimizde görülebilecek bir sıcaklık değeri ve yapılan silajların yaklaşık % 80' i nin mısır silajı (Filya ve Sucu 2003) olduğu düşünülürse konunun ülkemiz açısından taşıdığı önem daha iyi anlaşılacaktır.

Farklı silajların kimyasal ve mikrobiyolojik yapıları ile aerobik bozulma arasındaki ilişki günümüze kadar saptanamamıştır. Bugün; için yalnızca asetik, propiyonik ve bütrik asit gibi kısa zincirli uçucu yağ asitlerinin silajlarda özellikle maya ve küf gelişimini baskı altına alarak silajlardaki aerobik bozulmayı önlediği bilinmektedir (McDonald ve ark. 1991). Son yıllarda silajlarda maya ve küf gelişimini önlemek ve aerobik stabiliteyi artırmak için organik asit temeline dayalı koruyucu özellikteki katkı maddeleri geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Özellikle formik asit ve formik asit temeline dayalı koruyucular katıldıkları silajların pH' larını çok kısa bir sürede düşürerek fermantasyonu sınırlandırmakta ve silajlarda aerobik bozulmaya neden olan maya, küf, enterobacteria ve clostridia gelişimini önleyerek silajların aerobik stabiliteyi geliştirmektedir (Lindgren ve ark. 1983, Driehuis ve Van Wixselaar 1996, Filya 2003, Filya ve Sucu 2003). Bu koruyucular ayrıca fermantasyon sırasında ve sonrasında silajların ısınmasını engelleyerek silajlardaki proteolizisi de (protein parçalanmasını) önlemektedir. Dolayısıyla bu tür silajlarda daha az amonyak azotuna (NH₃-N) rastlanmaktadır (Rooke ve ark. 1988, Polan ve ark. 1998, Winters ve ark. 2001, Filya ve Sucu 2003). Diğer yandan söz konusu koruyucuların ruminantların kuru madde (KM) tüketimini artırarak performanslarını olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir (McDonald ve ark. 1991).

Bu çalışmada, erken dönemde (süt olum) hasat edilen düşük KM içeriğine (% 21.8±0.48) sahip mısır bitkisine değişik oranlarda katılan formik asit temeline dayalı koruyucu özellikteki bir katkı maddesinin (FAT) laboratuvar koşullarında yapılan silajların fermantasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine olan etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Silaj materyali ve silolar: Araştırmada silaj materyali olarak Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi' nde yetiştirilen TTM-815 çeşidi mısır (*Zea mays* L.) kullanılmış ve bitkiler yalnızca gaz çıkışına olanak tanıyan 1.5 litrelik laboratuvar tipi anaerobik kavanozlara (Le Parfait, France) silolanmıştır.

Katkı maddesi: Araştırmada silaj fermantasyonunda kullanılmak üzere üretilen koruyucu özellikteki bir katkı

maddesi olan KemiSile® 2000 (KemiSile®, Kemira Oyj – Industrial Chemicals, Finland) kullanılmıştır. KemiSile® 2000 formik asit temeline dayalı bir koruyucu olup, %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 (% 21.8±0.48 KM) hasat edilmiştir. Silaj makinesinde yaklaşık 1.5-2.0 cm boyutlarında parçalanmış mısır materyali FAT ile muamele edilmiştir. FAT mısır 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde katılmıştır. Taze materyale FAT uygulaması sırasında her defasında 3 kg taze mısır temiz bir plastik bir örtü üzerine yayılarak üzerine FAT pülverize edilmiş ve homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra anaerobik kavanozlara silolanmıştır. Kavanozlar 90 gün boyunca laboratuvar koşullarında (26±2 °C) tutulmuştur. Silolama dönemi sonunda (90. gün) açılan silajların kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile aerobik stabiliteyi ve *in situ* rumen KM ve organik maddeler (OM) parçalanabilirlikleri saptanmıştır.

Kimyasal ve mikrobiyolojik analizler: Gerek taze materyal ve gerekse 90 günlük silolama dönemi sonunda açılan silajların KM ve NH₃-N içerikleri Anonymous (1990)' a göre; silajların laktik, asetik ve bütrik asit içerikleri Lepper yöntemi ile (Akyıldız 1984), suda çözünbilir karbonhidrat (SÇK) içerikleri fenol sülfürik asit yöntemi ile (Dubois ve ark. 1956), etanol içerikleri Anonim (1983)' e göre belirlenmiştir. Silajlarda aerobik stabilitenin belirlenmesinde Ashbell ve ark. (1991) tarafından geliştirilen yöntem kullanılırken, silajlardaki görsel küflenmenin belirlenmesinde Filya ve ark. (2000) tarafından geliştirilen değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada taze materyal ve silajların içerdiği lactobacilli, maya, küf, enterobacteria ve clostridia sporları Filya (2002) tarafından bildirilen mikrobiyolojik yöntemler ile belirlenmiştir.

Rumen parçalanabilirlik özellikleri: Mısır silajlarının rumende KM ve OM parçalanabilirlikleri Mehrez ve Ørskov (1977) tarafından geliştirilen *in situ* naylon kese yöntemi ile saptanmıştır. Elde edilen veriler Ørskov ve McDonald (1979) tarafından geliştirilen $P = a + b(1 - e^{-ct})$ eksponensiyel denkleminde uyarlanarak Neway bilgisayar programında değerlendirilmiştir.

İstatistik analizler: Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde varyans analizi, ortalamalar arasındaki farklılıkların önem seviyelerinin kontrol edilmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır (Anonymous 1988).

Bulgular

Taze ve silolanmış mısır a ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1' de verilmiştir. Araştırmada değişik düzeylerde kullanılan FAT 90 günlük silolama dönemi sonunda mısır silajlarının pH' larını kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürürken ($P < 0.05$), KM ve SÇK düzeylerini etkilememiştir. Silajların NH₃-N

Çizelge 1. Taze mısır ve mısır silajlarının kimyasal analiz sonuçları ($\bar{x} \pm S_x$)

Uygulama	pH	KM	SÇK	NH ₃ -N	Laktik asit	Asetik asit	Bütrik asit	Etanol
Taze mısır	5.5±0.03	21.8±0.48	6.0±0.33	11.1±1.91	0.4±0	0	0	0
Mısır silajı								
Kontrol	4.1±0.53 ^a	21.6±0.38	2.2±0.18	8.8±2.01 ^a	6.3±0.47 ^a	4.0±0.38 ^a	2.7±0.34 ^a	1.3±0.18 ^g
1.0 g/kg FAT	3.8±0.17 ^b	21.6±0.45	2.1±0.20	8.2±1.73 ^{ab}	4.1±0.31 ^b	2.3±0.27 ^b	2.1±0.27 ^b	1.9±0.23 ^f
1.5 g/kg FAT	3.7±0.02 ^b	21.1±0.99	2.1±0.17	5.1±1.02 ^{bc}	4.0±0.35 ^b	2.0±0.30 ^c	2.0±0.24 ^b	2.0±0.25 ^f
2.0 g/kg FAT	3.7±0.23 ^b	21.6±0.49	2.0±0.15	4.8±0.17 ^{bc}	3.7±0.28 ^c	1.8±0.24 ^c	1.6±0.19 ^c	2.4±0.30 ^e
2.5 g/kg FAT	3.4±0.10 ^c	21.8±0.69	2.0±0.21	4.6±0.30 ^{bc}	3.6±0.19 ^c	1.4±0.21 ^d	1.6±0.22 ^c	2.8±0.28 ^d
3.0 g/kg FAT	3.2±0.14 ^{cd}	21.9±0.57	1.8±0.19	4.8±0.62 ^{bc}	3.2±0.23 ^d	1.1±0.19 ^e	1.2±0.20 ^d	3.2±0.33 ^c
3.5 g/kg FAT	3.1±0.05 ^d	21.7±0.35	1.6±0.20	4.9±0.76 ^{bc}	3.0±0.22 ^d	0.9±0.11 ^e	0.7±0.09 ^e	3.7±0.31 ^b
4.0 g/kg FAT	3.1±0.05 ^d	22.2±1.01	1.5±0.24	2.9±0.55 ^c	2.7±0.20 ^e	0.4±0.07 ^f	0.3±0.04 ^f	4.4±0.43 ^a

KM, kuru madde; SÇK, suda çözünür karbonhidrat; NH₃-N, amonyak azotu; FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu. SÇK, laktik asit, asetik asit, bütrik asit ve etanol KM' de %; NH₃-N toplam N' in %' si olarak verilmiştir. ^{a-b-c-d-e-f-g} Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P < 0.05$).

konsantrasyonları, FAT kullanımına bağlı olarak düşüş göstermiş olup özellikle 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajlar ile kontrol silajı arasında NH₃-N konsantrasyonları bakımından görülen farklılıklar önemli düzeyde bulunmuştur ($P < 0.05$). Diğer yandan FAT kullanımı mısır silajlarının fermentasyon son ürünleri olan laktik, asetik ve bütrik asit konsantrasyonlarını kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürürken ($P < 0.05$), etanol konsantrasyonlarını ise önemli düzeyde artırmıştır ($P < 0.05$).

Taze ve silolanmış mısıra ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 2' de verilmiştir. Mısır silajlarında FAT kullanımı silajların lactobacilli, maya, küf, enterobacteria ve clostridia sayılarını kontrol silajına göre önemli düzeyde düşürmüştür ($P < 0.05$). Söz konusu mikroorganizma sayılarındaki düşüş, kullanılan FAT düzeyindeki artış ile bir paralellik göstermiş olup FAT düzeyinin artışına bağlı olarak bu mikroorganizma sayılarında bir azalma görülmüştür.

Silolama dönemi sonunda (90. gün) açılan silajlara 5 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 3' de verilmiştir. Beş gün boyunca doğrudan hava

ile temas eden tüm silajların ölçülen pH değerlerinde bir miktar yükselme görülmüş; ancak FAT katılan silajların pH değerleri yine de kontrol silajından önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P < 0.05$). Beş günlük bu dönem sonunda özellikle 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajlarda daha düşük bir CO₂ üretimi görülmüş olup bu silajlar ile diğer silajlar arasında görülen farklılıklar önemli düzeyde bulunmuştur ($P < 0.05$). Diğer yandan aerobik stabilite testi sonunda 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajların maya sayıları diğer silajlara göre önemli düzeyde düşerken ($P < 0.05$), 1.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajların haricindeki tüm silajların küf popülasyonları da kontrol silajından önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($P < 0.05$).

Doksan günlük silolama dönemi sonunda açılan mısır silajlarının 48 saatlik inkübasyon sonucundaki *in situ* rumen KM ve OM parçalanabilirlikleri Çizelge 4' de verilmiştir. Özellikle 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde katılan FAT mısır silajlarının KM ve OM parçalanabilirlikleri üzerinde daha etkili olmuş ve silajına KM ile OM parçalanabilirliklerini kontrol silajlarına göre önemli düzeyde artırmıştır ($P > 0.05$).

Çizelge 2. Taze mısır ve mısır silajlarının mikrobiyolojik analiz sonuçları ($\bar{x} \pm S_x$; log₁₀ koloniform ünite (CFU)/g)

Uygulama	Lactobacilli	Maya	Küf	Enterobacteria	Clostridia
Taze mısır	4.5±0.28	5.2±0.33	6.0±0.54	3.3±0.22	0.5±0.07
Mısır silajı					
Kontrol	7.6±0.37 ^a	6.3±0.40 ^a	7.3±0.67 ^a	4.8±0.30 ^a	4.1±0.27 ^a
1.0 g/kg FAT	6.1±0.30 ^b	3.1±0.24 ^b	4.1±0.54 ^b	3.1±0.21 ^b	2.2±0.16 ^b
1.5 g/kg FAT	5.7±0.33 ^{bc}	3.1±0.29 ^b	3.7±0.45 ^{bc}	2.7±0.25 ^{bc}	2.1±0.18 ^b
2.0 g/kg FAT	5.5±0.29 ^{bcd}	3.0±0.21 ^b	3.5±0.37 ^{bc}	2.5±0.23 ^{bc}	1.7±0.15 ^{bc}
2.5 g/kg FAT	5.4±0.25 ^{bcd}	2.9±0.23 ^b	3.0±0.26 ^{cd}	2.4±0.28 ^{bc}	1.4±0.19 ^{bcd}
3.0 g/kg FAT	4.8±0.19 ^{cde}	2.4±0.19 ^{bc}	2.6±0.31 ^{de}	2.0±0.20 ^{cd}	1.2±0.15 ^{cd}
3.5 g/kg FAT	4.5±0.31 ^{de}	2.3±0.22 ^{bc}	2.1±0.35 ^{ef}	1.4±0.18 ^{de}	0.8±0.10 ^{de}
4.0 g/kg FAT	4.0±0.15 ^e	1.8±0.20 ^c	1.5±0.23 ^f	0.9±0.15 ^e	0.3±0.08 ^e

FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu.

^{a-b-c-d-e-f} Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P < 0.05$).

Çizelge 3. Mısır silajlarının aerobik stabilite test sonuçları ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

Uygulama	pH	CO ₂	Maya*	Küf*	Görsel küflenme**
Kontrol	4.4±0.11 ^a	6.9±0.49 ^a	4.0±0.29 ^a	4.7±0.33 ^a	0
1.0 g/kg FAT	4.1±0.10 ^{bc}	7.0±0.22 ^a	3.9±0.24 ^a	3.9±0.31 ^{ab}	0
1.5 g/kg FAT	4.0±0.09 ^{bcd}	7.1±0.43 ^a	3.9±0.20 ^a	3.2±0.28 ^{bc}	0
2.0 g/kg FAT	3.9±0.10 ^{cd}	7.0±0.20 ^a	3.8±0.27 ^a	2.5±0.24 ^{cd}	0
2.5 g/kg FAT	3.8±0.08 ^{de}	5.6±0.03 ^b	2.0±0.18 ^b	1.8±0.27 ^{def}	0
3.0 g/kg FAT	3.6±0.07 ^{ef}	4.7±0.39 ^b	1.6±0.20 ^b	1.5±0.25 ^{ef}	0
3.5 g/kg FAT	3.5±0 ^f	4.7±0.30 ^b	1.8±0.15 ^b	1.1±0.18 ^{fg}	0
4.0 g/kg FAT	3.4±0 ^f	4.6±0.35 ^b	1.6±0.13 ^b	0.5±0.16 ^g	0

CO₂, karbondioksit (g/kg KM); FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu.

* Maya ve küf log₁₀ CFU/g olarak verilmiştir.

**Silajların küflenme durumlarının görsel olarak 1' den 5' e kadar olan sayılarla değerlendirilmesidir. 1: hiç küf içermeyen bir silaj, 2: noktalar halinde çok çok az düzeyde küf içeren bir silaj, 3: noktalar halinde yüzeye yayılmış bir şekilde küf içeren bir silaj, 4: yüzeyi kısmen küf ile kaplı, bölge bölge küflenmiş yüzeyleri olan bir silaj, 5: yüzeyi tamamen küf ile kaplı, ağır bir kokuya sahip ve partikülleri birbirine yapışmış bir silaj. Bu değerlendirmeler üç kişi tarafından yapılmakta ve daha sonra üçünün ortalaması alınmaktadır.

^{a-b-c-d-e-f-g} Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P < 0.05$).

Çizelge 4. Mısır silajların *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri ($\bar{x} \pm S \bar{x}$, %)

Uygulama	KM	OM
Kontrol	46.2±1.88 ^c	48.2±0.17 ^b
1.0 g/kg FAT	46.4±2.33 ^c	48.4±1.45 ^b
1.5 g/kg FAT	46.8±0.61 ^c	49.6±0.91 ^b
2.0 g/kg FAT	46.9±1.75 ^c	50.0±0.30 ^b
2.5 g/kg FAT	47.6±0.94 ^{bc}	50.4±1.23 ^b
3.0 g/kg FAT	47.9±0.41 ^{bc}	50.3±0.47 ^b
3.5 g/kg FAT	51.0±0.26 ^{ab}	53.0±0.31 ^a
4.0 g/kg FAT	53.7±3.34 ^a	54.0±2.01 ^a

KM, kuru madde; OM, organik maddeler; FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu.

^{a-b-c} Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P < 0.05$).

Tartışma

Silaj fermentasyonunda organik asit ve organik asit temeline dayalı koruyucu amaçlı kullanılan katkı maddelerinin en önemli özellikleri, silolanın taze materyalin pH' sını çok kısa bir süre içerisinde düşürerek ($pH \leq 4.0$) homolaktik fermentasyonu sınırlandırmaları ve fermentasyon sonucu oluşan son ürünlerin miktarını düşürmeleridir (Woolford 1984). Nitekim araştırmada FAT kullanımı sonucu mısır silajlarında homolaktik fermentasyon sınırlandırılarak ortam pH' sı düşmüş ve bunun bir sonucu olarak 90 günlük silolama dönemi sonunda silajların laktik, asetik ve bütirik asit konsantrasyonları kontrol silajına göre düşüş göstermiştir ($P < 0.05$). Diğer yandan homolaktik fermentasyonun yavaşlayarak uzaması sonucunda FAT katılan silajlarda daha fazla SÇK alkole parçalanmış ve dolayısıyla bu silajların etanol konsantrasyonları kontrol silajinkinden daha yüksek olmuştur ($P < 0.05$). Ayrıca FAT kullanımı silolama dönemi sonunda mısır silajlarında proteolizi önleyerek silajların NH₃-N konsantrasyonlarını düşürmüştür ($P < 0.05$). Driehus ve Van Wikselaar (1996) formik asidin mısır silajlarının; Filya (2003) ise buğday, mısır ve sorgum silajlarının laktik ve asetik asit konsantrasyonlarını

düşürdüğünü ($P < 0.05$), etanol konsantrasyonlarını artırdığını ($P < 0.05$) saptarlarken, Filya ve Sucu (2003) formik asit temeline dayalı bir koruyucunun mısır ve sorgum silajlarının laktik, asetik ve bütirik asit konsantrasyonları ile NH₃-N konsantrasyonunu düşürdüğünü ($P < 0.05$), etanol konsantrasyonlarını ise artırdığını ($P < 0.05$) saptamışlardır. Diğer yandan İngiliz, İtalyan ve İngiliz X İtalyan çimi melezlerinden yapılan silajlarda kullanılan formik asidin, silajların NH₃-N konsantrasyonlarını düşürdüğü belirlenirken (Rooke ve ark. 1988, Winters ve ark. 2001), yonca silajlarında da aynı etkiyi gösterdiği belirlenmiştir (Polan ve ark. 1998).

Araştırmada kullanılan FAT mısır silajlarının lactobacilli içeriklerini düşürürken ($P < 0.05$), silajlardaki maya, küf, enterobacteria ve clostridia gelişimini de engellemiştir ($P < 0.05$). Silajlarda söz konusu mikroorganizma sayılarının düşmesi üzerinde silo içerisindeki düşük pH' lı asidik ortam etkili olmuş ve bunun sonucunda silajların lactobacilli, maya, küf, enterobacteria ve clostridia sayıları kontrol silajına göre düşüş göstermiştir. Diğer yandan 90 günlük silolama dönemi sonucunda oluşan son fermentasyon ürünlerinden asetik ve bütirik asit gibi uçucu yağ asitleri de silajlardaki maya, küf,

enterobacteria ve clostridia popülasyonlarının gelişimlerinin engellenmesi üzerinde etkili olmuştur. Nitekim formik asidin Lindgren ve ark. (1983) kırmızı üçgül silajlarının lactobacilli ve clostridia; Driehuis ve Van Wikselaar (1996) mısır ve İngiliz çimi silajlarının lactobacilli ve maya; Filya (2003) ise buğday, mısır ve sorgum silajlarının lactobacilli, maya, küf, enterobacteria ve clostridia sayılarını düşürdüğünü ($P < 0.05$) belirlemişlerdir. Benzer şekilde Filya ve Sucu (2003) formik asit temeline dayalı bir koruyucunun mısır ve sorgum silajlarının lactobacilli, maya, küf, enterobacteria ve clostridia sayılarını düşürdüğünü ($P < 0.05$) saptamışlardır.

Araştırmada özellikle 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde kullanılan FAT mısır silajlarının aerobik stabiliteleri üzerinde etkili olarak silajların aerobik stabilitelerini geliştirmiştir. Silajların hava ile doğrudan temas ettikleri 5 günlük aerobik stabilite testi sonucunda 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajların CO₂ üretimleri kontrol ve 1.0, 1.5 ve 2.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajlarınkinden daha düşük ($P < 0.05$) düzeyde bulunmuştur. Ayrıca bu aerobik dönem sonucunda 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajların maya düzeyleri diğer silajlarınkinden; 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajların küf düzeyleri kontrol silajınınkinden daha düşük ($P < 0.05$) olmuştur. Silajların bu dönemdeki maya ve küf düzeylerinin düşmesinin nedeni araştırmada kullanılan FAT' in hem silo içerisinde düşük pH' lı asidik bir ortam oluşturması ve bu ortamda maya ve küf gelişmesinin yavaşlaması, hem de antimikrobiyal bir özelliğe sahip olması nedeniyle maya ve küf gelişimini engellemesidir. Silajlarda FAT kullanımına bağlı olarak özellikle maya düzeyinin düşmesi sonucunda özellikle 2.5, 3.0, 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajların 5 günlük aerobik dönem sonucunda ürettikleri CO₂ miktarı da diğer silajlara göre önemli ($P < 0.05$) düzeyde düşmüştür. Nitekim Seale (1986) bu dönemde görülen CO₂ üretimine ağırlıklı olarak ortamdaki mayaların neden olduğunu bildirirken, Filya (2002) ile Weinberg ve ark. (2002) silaj fermentasyonu sonucu oluşan laktatların bu aerobik dönemde bazı mayalar tarafından tüketilmesi sonucu silajların bu dönemdeki maya popülasyonlarının artış gösterdiğini ve bunun da silajlarda CO₂ üretimine yol açtığını belirlemişlerdir. Diğer yandan Lindgren ve ark. (1983) formik asidin kırmızı üçgül silajlarının; Driehuis ve Van Wikselaar (1996) mısır ve İngiliz çimi silajlarının aerobik stabilitelerini geliştirdiğini saptamışlardır. Benzer şekilde Filya (2003) formik asidin buğday, mısır ve sorgum silajlarının, Filya ve Sucu (2003) formik asit temeline dayalı bir koruyucunun mısır ve sorgum silajlarının 5 günlük aerobik dönem sonucunda maya ve küf sayıları ile CO₂ üretimlerini düşürdüğünü ($P < 0.05$) belirlemişlerdir.

Araştırma sonucunda özellikle 3.5 ve 4.0 g/kg düzeyinde kullanılan FAT mısır silajlarının KM ve OM parçalanabilirliklerini kontrol silajına göre artırmıştır ($P < 0.05$). Bu sonuç üzerinde formik asidin antimikrobiyal özelliği ve silo içerisinde oluşturduğu güçlü asidik ortam etkili olmuştur. Bu sayede maya, küf, enterobacteria ve clostridia sporları gibi silajlarda bozulmaya neden olan ve silajların hayvanlar tarafından daha iyi değerlendirilmesini

engelleyen mikroorganizma popülasyonlarının gelişip çoğalması önlenmiştir. Bunun bir sonucu olarak FAT katılan silajların KM ve OM parçalanabilirlikleri artış göstermiştir. McDonald ve ark. (1991) formik asidin ruminantların KM tüketimini artırdığını ve bunun da hayvanların verim performanslarına yansıdığını bildirirken, Filya (2001) formik asidin silajlarda bozulmaya neden olan mikroorganizma popülasyonlarını baskı altına alarak gelişip çoğalmalarını engellediğini ve bunun sonucunda elde edilen hijyenik açıdan temiz silajların ruminantların verim performanslarını artırdığını bildirmiştir. Nitekim Nadeau ve ark. (2000) formik asit katılarak yapılan domuz ayrığı ve yonca silajlarının ruminantlarda KM sindirilebilirliğini artırdığını belirlemişlerdir.

Sonuç

Sonuç olarak süt olum dönemi gibi erken bir dönemde hasat edilen mısırın silolanması sırasında FAT kullanımının mısır silajlarının fermentasyonunu yavaşlatarak mikrobiyolojik özelliklerini, aerobik stabilitelerini ve *in situ* rumen KM ve OM parçalanabilirliklerini geliştirebileceği görülmüştür. Araştırmadan elde edilen aerobik stabilite testi verilerine dayanarak (özellikle CO₂ üretimleri) mısırdaki en az 2.5 g/kg, *in situ* rumen KM ve OM parçalanabilirlikleri göz önüne alındığında ise en az 3.5 g/kg düzeyinde FAT kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır; ancak kullanılacak FAT düzeyinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken en önemli kriter, silolanacak materyalin KM içeriğidir. Araştırmada kullanılan mısır süt olum döneminde hasat edilmiş ve % 21.8±0.48 KM içeriğine sahiptir. Her ne kadar silaj fermentasyonu açısından istenirse de bu KM' nin daha da altında silolanacak mısırdaki kullanılacak FAT düzeyinin araştırma sonucunda saptanan değerlerden daha yüksek olması gerekir. Bu araştırmanın tamamen kontrollü koşullar altında yürütüldüğü göz önüne alındığında, ülkemizde çiftlik koşullarında yapılan silajların çok büyük bir bölümünün iyi fermente olmamış, hijyenik açıdan oldukça kötü ve aerobik olarak stabil olmayan silajlar olduğu düşünülürse, özellikle çiftlik koşullarında yapılacak silajlarda kullanılacak FAT düzeyinin daha yüksek olması gerektiği açıktır. Diğer yandan bu araştırmada kullanılanlardan daha yüksek bir KM içeriğine sahip mısır materyali silolanmak istendiğinde ise kullanılacak FAT düzeyinin azaltılması gerektiği söylenebilir. Dolayısıyla ülkemizde yapılacak mısır silajlarında kullanılacak FAT düzeyi konusunda bu çalışma bir fikir vermekle birlikte, gerek silolanacak mısırın hasat dönemi ve KM içeriğinin, gerekse silaj yapacak üreticilerin deneyimlerinin çok önemli olduğu mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

Kaynaklar

- Akyıldız, A. R. 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Klavuzu. Ankara Üniv. Ziraat Fak. No:895, Ankara.
- Anonim, 1983. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Yöntemleri. T.O.K.B. Gıda İşleri Genel Müdürlüğü. No:65, Ankara.

- Anonymous, 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 15th ed., Vol. 1. AOAC, Washington, DC, pp. 69-79.
- Anonymous, 1988. Statistical Analysis System®. User's Guide: Statistics, Version 6.12 Edition. SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- Ashbell, G., Z. G. Weinberg, A. Azrieli, Y. Hen and B. Horev, 1991. A simple system to study the aerobic deterioration of silages. Canadian Agric. Eng., 33: 391-393.
- Ashbell, G., Z. G. Weinberg, Y. Hen and I. Filya, 2002. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. J. Ind. Microbiol. Biotechnol, 28: 261-263.
- Driehuis, F., P. G. Van Wikselaar, 1996. Effects of addition formic, acetic or propionic acid to maize silage and low dry matter grass silage on the microbial flora and aerobic stability. Proc. of the XIth International Silage Conference. Aberystwyth, Wales, 8-11 September, pp. 256-257.
- Dubois, M., K. A. Giles, J. K. Hamilton, P. A. Rebes and F. Smith, 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem., 28: 350-356.
- Filya, İ. 2000. Silaj fermentasyonunda katkı maddeleri kullanımı. Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 15 (3): 118-125.
- Filya, İ., G. Ashbell, Y. Hen and Z. G. Weinberg, 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. Anim. Feed Sci. Technol., 88: 39-46.
- Filya, İ. 2001. Silaj Teknolojisi. Hakan Ofset, İzmir.
- Filya, İ. 2002. Laktik asit bakterisi inokulantlarının mısır ve sorgum silajlarının fermentasyon, aerobik stabilite ve *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkileri. Turk J. Vet. Anim. Sci., 26: 815-823.
- Filya, İ. 2003. Organik asitlerin buğday, mısır ve sorgum silajlarının mikrobiyal flora ile aerobik stabilite üzerine etkileri. III. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 14-16 Ekim 2002 Ankara. Bildiriler: 299-308.
- Filya, İ., E. Sucu, 2003. Silajlarda fermentasyon kalitesi ve aerobik stabilitenin geliştirilmesi üzerinde araştırmalar. GAP III. Tarım Kongresi, 2-3 Ekim 2003, Şanlıurfa. Bildiriler: 273-278.
- Lindgren, S., A. P. Lingvall, A. Kartzow and E. Rydberg, 1983. Effects of inoculants, grain and formic acid on silage fermentation. Swedish J. Agric. Res., 13: 91-100.
- McDonald P., A. R. Henderson and S. J. E. Heron, 1991. The Biochemistry of Silage. (2nd ed.). Chalcombe Publ., Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent, UK.
- Mehrez, A. Z., E. R. Ørskov, 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci., 88: 645-650.
- Nadeau, E. M. G., D. R. Buxton, J. R. Russell, M. J. Allison and J. W. Young, 2000. enzyme, bacterial inoculant and formic acid effects on silage composition of orchardgrass and alfalfa. J. Dairy Sci., 83: 1487-1502.
- Ørskov, E. R., I. McDonald, 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. J. Agric. Sci., 92: 499-503.
- Polan, C. E., D. E. Stieve and J. L. Garrett, 1998. Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant. J. Dairy Sci., 81: 765-776.
- Rooke, J. A., F. M. Maya, J. A. Arnold and D. G. Armstrong, 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 Sci., 43: 87-95.
- Seale, D. R. 1986. Bacterial inoculants as silage additives. J. Appl. Bacteriol. 61:9-26.
- Weinberg Z. G, G. Ashbell, Y. Hen , A. Azrieli, G. Szakacs and I. Filya, 2002. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. J. Ind. Microbiol. Biotechnol, 28: 7-11
- Winters, A. I., R. Fycan and R. Jones, 2001. Effect of formic acid and a bacterial inoculant on the amino acid composition of grass silage and on animal performance. Grass Forage Sci., 56: 181-192.
- Woolford, M. K. 1984. The Silage Fermentation. Marcel Dekker Inc. New York.

İletişim adresi:

İsmail FİLYA
 Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Bölümü-Bursa
 Tel: 0 224 442 89 70/231
 e-mail: ifilya@uludag.edu.tr