

## Silaj Fermantasyonunda Organik Asit Kullanımı Üzerinde Araştırmalar

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

İsmail FİLYA\*

Ekin SUCU\*\*

Önder CANBOLAT\*\*

### ÖZET

*Bu araştırma, formik asit temeline dayalı bir koruyucunun (FAT) çiftlik 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 hamur olum döneminde hasat edilmiş ve yaklaşık 1.5-2.0 cm boyutunda parçalanmıştır. Parçalanmış materyale 2.0, 3.0 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılmıştır. Çalışmada yaklaşık 1.5 ton kapasiteli cam elyafından yapılmış pilot silolar kullanılmıştır. 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, FAT mısır silajlarının laktik, asetik ve bütrik asit ile amonyak azotu konsantrasyonlarını düşürmüştür. Ayrıca yüksek düzeyde bir antimikrobiyal aktivite göstererek silajlardaki maya, küf, enterobacteria ve clostridia gelişimini engellemiştir. Diğer yandan FAT mısır silajlarının aerobik stabilitelerini geliştirirken, in situ rumen kuru madde ve organik maddeler parçalanabilirliklerini de artırmıştır.*

**Anahtar Sözcükler:** Silaj, organik asit, mikrobiyal flora, aerobik stabilite.

\* Doç. Dr., Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Böl., 16059 Bursa ([ifilya@uludag.edu.tr](mailto:ifilya@uludag.edu.tr)).

\*\* Araş. Gör., Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Böl., 16059 Bursa.

## ABSTRACT

### Researches on Using Organic Acids in the Silage Fermentation

#### 2. The effect of formic acid-based preservative on the fermentation, microbial flora, aerobic stability and *in situ* rumen degradability characteristics of maize silages in farm conditions

*This research was carried out to determine the effects of a 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 farm conditions. Maize was harvested at dough stage and chopped about 1.5-2.0 cm. Formic acid-based preservative was applied to chopped fresh material at 2.0, 3.0 and 4.0 g/kg levels. One and half tonne capacity pilot silos, which made from fibreglass, were used in the experiment. 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 decreased lactic, acetic and butyric acid and ammonia nitrogen of the maize silages. In addition FAB showed a high antimicrobial activity on the silages and prevented yeast, mould, enterobacteria and clostridia growth in the silages. On the other hand, FAB improved aerobic stability and increased in situ rumen dry and organic matters degradabilities of maize silages.*

**Key Words:** Silage, organic acid, microbial flora, aerobic stability.

## GİRİŞ

Aerobik olarak stabil olmayan silajlar, silaj yapılan tüm ülkelerde karşılaşılan çok önemli bir sorundur. Silolanan bir materyal içerisine duvar kenarlarından, örtü altından yada örtü üzerinden her zaman oksijen girme riski vardır. Kaldı ki gerek fermantasyon ve gerekse stabil dönemde silo içerisine teorik olarak hiç hava girmese bile silajın yemlemede kullanılmak üzere açılmasıyla birlikte silo içerisine sınırsız bir şekilde serbest hava girişi söz konusudur. Bunun sonucunda başta maya ve küf olmak üzere ortamda bulunan ve silajlarda bozulmaya neden olan diğer aerobik mikroorganizmalar aktif hale geçerek ortamda bulunan şeker ve fermantasyon ürünlerini tüketip silajın ısınmasına yol açarlar. Isınan silajların protein ve sellüloz sindirilebilirlikleri ile birlikte sindirilebilir enerji düzeyleri de düşer (Filya, 2001).

Mısır bitkisi aerobik bozulmaya karşı oldukça hassas olup, çevre sıcaklığının 30 °C olması durumunda mısır silajlarında yoğun bir aerobik

bozulma görülebilmektedir (Ashbell ve ark., 2002). Ülkemizde yapılan silajların yaklaşık % 80'inin mısır silajı olduğu (Filya ve Sucu, 2003) ve ayrıca 30 °C'lik bir çevre sıcaklığının silaj yapılan her yörede rahatlıkla görülebileceği düşünülürse, bu konunun ülkemiz açısından taşıdığı önem daha iyi anlaşılacaktır.

Silaj fermantasyonunun son ürünlerinden olan asetik, propiyonik ve bütirik asit gibi kısa zincirli uçucu yağ asitleri silajlardaki maya ve küf gelişimini engelleyerek silajlardaki aerobik bozulmayı önlemektedirler (McDonald ve ark., 1991). Bu noktadan hareketle, özellikle son yıllarda silajlarda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini ve çoğalmasını önleyerek silajların aerobik stabilitelerini artırmak amacıyla organik asit temeline dayalı koruyucu özellikteki katkı maddeleri geliştirilmiştir. Nitekim yapılan çeşitli araştırmalarda özellikle formik asit ve formik asit temeline dayalı koruyucuların, katıldıkları silajların pH'larını çok kısa bir sürede düşürerek fermantasyonu sınırlandırdıkları ve silajlarda aerobik bozulmaya neden olan maya, küf, enterobacteria ve clostridia gelişimini önleyerek silajların aerobik stabilitelerini geliştirdikleri saptanmıştır. (Lindgren ve ark., 1983; Driehuis ve Van Wikselaar, 1996; Filya, 2003; Filya ve Sucu, 2003). Ayrıca bu koruyucular silajlardaki ısınmayı engelleyerek silolama esnasında proteinlerin parçalanmasını önlemekte ve silajların amonyak azotu (NH<sub>3</sub>-N) konsantrasyonlarını düşürmektedirler (Rooke ve ark., 1988; Polan ve ark., 1998; Winters ve ark., 2001; Filya ve Sucu, 2003). Diğer yandan formik asit ruminantların kuru madde (KM) tüketimini artırarak verim performanslarını olumlu yönde etkileyebilmektedir (McDonald ve ark., 1991).

Bu çalışmada, hamur olum döneminde hasat edilen ve % 33.7±0.40 KM içeriğine sahip mısır bitkisine değişik oranlarda katılan formik asit temeline dayalı koruyucu özellikteki bir katkı maddesinin (FAT) çiftlik koşullarında yapılan mısır silajlarının fermantasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine olan etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

**Silaj materyali ve silolar:** Silaj materyali olarak Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde yetiştirilen TTM-815 çeşidi mısır (*Zea mays* L.) kullanılmıştır. Silo olarak ise yine aynı merkezde bulunan yaklaşık 1.5 ton kapasiteli cam elyafından imal edilmiş, silindirik yapıda ve dikey yönde toprağa gömülü pilot silolar kullanılmıştır.

**Katkı maddesi:** Araştırmada katkı maddesi olarak silaj fermantasyonunda kullanılmak üzere üretilen ve koruyucu bir özelliğe sahip 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 hamur olum döneminde hasat edilmiştir. Silaj makinesinde yaklaşık 1.5-2.0 cm boyutlarında parçalanmış mısır materyali 2.0, 3.0 ve 4.0 g/kg düzeylerinde FAT ile muamele edilmiştir. Silolama sırasında 1.5 ton parçalanmış mısır materyali temiz bir plastik bir örtü üzerine yayılarak üzerine FAT pulvarize edilmiş ve homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. İlk olarak katkı maddesi içermeyen 1.5 ton kontrol mısır materyali siloya 25-30 cm'lik katmanlar halinde konup sıkıştırılarak silolanmış; daha sonra her 1.5 ton mısır materyaline sırasıyla 3.0, 4.5 ve 6.0 kg FAT uygulaması yapılmış ve mısırlar silolara aynı şekilde ayrı ayrı silolanmışlardır. Silolama işlemi yaklaşık yarım günlük bir zaman içerisinde tamamlanarak siloların üzerleri plastik örtü ile hava almayacak şekilde sıkıca kapatılmıştır. Ayrıca siloların üzeri yaklaşık 15 cm'lik toprak tabakası ile kaplanarak üzerlerine eski araç lastikleri konmuş ve fermantasyona bırakılmışlardır.

**Kimyasal ve mikrobiyolojik analizler:** Gerek taze materyal ve gerekse 90 günlük silolama dönemi sonunda açılan silajların KM ve NH<sub>3</sub>-N içerikleri AOAC (1990)'a göre; silajların laktik, asetik ve bütrik asit içerikleri Lepper yöntemi ile (Akyıldız, 1984); suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) içerikleri fenol sülfirik asit yöntemi ile (Dubois ve ark., 1956); etanol içerikleri Anonymous (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 sayıları Filya (2002) tarafından bildirilen mikrobiyolojik yöntemler ile belirlenmiştir.

**Rumen parçalanabilirlik özellikleri:** Mısır silajlarının rumende KM ve organik maddeler (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 denklemine 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 (SAS, 1988).

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Taze ve silolanmış mısıra ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Araştırmada değişik düzeylerde kullanılan FAT 90 günlük silolama dönemi sonunda mısır silajlarının pH’larını kontrol silajına göre önemli düzeyde düşürürken ( $P < 0.05$ ), en büyük düşüş 3.5 pH değeri ile 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan mısır silajında gerçekleşmiştir. FAT katılan tüm silajların  $\text{NH}_3\text{-N}$  konsantrasyonu kontrol silajına göre önemli düzeyde düşüş göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Silajların  $\text{NH}_3\text{-N}$  konsantrasyonları FAT düzeyine bağlı olarak azalmış ancak FAT katılan silajlar arasında görülen farklılıklar önemsiz düzeyde bulunmuştur ( $P > 0.05$ ). Bunun yanı sıra FAT mısır silajlarının fermantasyon son ürünleri olan laktik, asetik ve bütrik asit konsantrasyonlarını önemli düzeyde düşürürken ( $P < 0.05$ ), etanol konsantrasyonlarını ise önemli düzeyde artırmıştır ( $P < 0.05$ ).

**Çizelge 1.**

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

Uygulama	pH	KM	SÇK	$\text{NH}_3\text{-N}$	Laktik asit	Asetik asit	Bütrik asit	Etanol
Taze mısır	5.8±0	33.7±0.40	6.1±0.29	0	0.5±0	0	0	0
Mısır silajı								
Kontrol	4.0±0 <sup>a</sup>	31.7±0.37	2.2±0.24	7.9±0.10 <sup>a</sup>	5.1±0.43 <sup>a</sup>	4.2±0.67 <sup>a</sup>	4.6±0.91 <sup>a</sup>	3.3±0.21 <sup>b</sup>
2.0 g/kg FAT	3.7±0 <sup>b</sup>	32.0±0.44	2.5±0.31	7.1±0.15 <sup>b</sup>	3.3±0.29 <sup>b</sup>	2.7±0.54 <sup>b</sup>	2.3±0.72 <sup>b</sup>	6.5±0.43 <sup>a</sup>
3.0 g/kg FAT	3.7±0 <sup>b</sup>	33.3±0.32	2.6±0.20	6.6±0.20 <sup>b</sup>	3.3±0.31 <sup>b</sup>	1.0±0.39 <sup>c</sup>	0.8±0.46 <sup>c</sup>	6.7±0.32 <sup>a</sup>
4.0 g/kg FAT	3.5±0 <sup>b</sup>	34.3±0.56	2.6±0.23	6.4±0.30 <sup>b</sup>	3.1±0.37 <sup>b</sup>	0.6±0.31 <sup>c</sup>	0.5±0.33 <sup>c</sup>	7.0±0.54 <sup>a</sup>

KM, kuru madde; SÇK, suda çözünebilir karbonhidrat;  $\text{NH}_3\text{-N}$ , amonyak azotu; FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu.

pH, KM ve  $\text{NH}_3\text{-N}$  dışındaki tüm özelliklere ait kimyasal analiz sonuçları KM’de %,  $\text{NH}_3\text{-N}$  ise toplam N’in %’si olarak verilmiştir.

<sup>a-b-c</sup> Silajlara ait olan ve aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ( $P < 0.05$ ).

Taze ve silolanmış mısıra ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2’de de görüldüğü gibi mısır silajlarına katılan FAT kontrol silajına göre silajların lactobacilli sayıları ile birlikte maya, küf, enterobacteria ve clostridia sayılarını da önemli düzeyde düşürmüştür ( $P < 0.05$ ). Söz konusu mikroorganizma populasyonları açısından en büyük düşüşler 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan mısır silajında görülmüş ve onu sırasıyla 3.0 g/kg ve 2.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajlar izlemiştir.

**Çizelge 2.**  
**Taze mısır ve mısır silajlarının mikrobiyolojik analiz sonuçları**  
**( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ ;  $\log_{10}$  koloniform ünite (CFU)/g)**

Uygulama	Lactobacilli	Maya	Küf	Enterobacteria	Clostridia
Taze mısır	4.3±0.30	8.5±0.75	6.4±0.48	3.8±0.26	0
Mısır silajı					
Kontrol	8.1±0.43 <sup>a</sup>	35.4±1.89 <sup>a</sup>	30.7±1.74 <sup>a</sup>	18.4±1.14 <sup>a</sup>	13.4±0.95 <sup>a</sup>
2.0 g/kg FAT	5.8±0.27 <sup>b</sup>	23.2±0.93 <sup>b</sup>	11.8±0.66 <sup>b</sup>	10.1±0.77 <sup>b</sup>	8.6±0.68 <sup>b</sup>
3.0 g/kg FAT	5.3±0.35 <sup>b</sup>	19.6±0.77 <sup>b</sup>	7.0±0.43 <sup>c</sup>	6.3±0.60 <sup>c</sup>	3.3±0.51 <sup>c</sup>
4.0 g/kg FAT	5.0±0.18 <sup>b</sup>	12.4±0.38 <sup>c</sup>	4.9±0.29 <sup>d</sup>	2.8±0.36 <sup>d</sup>	2.6±0.36 <sup>c</sup>

FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu.

<sup>a-b-c</sup> Silajlara ait olan ve aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ( $P < 0.05$ ).

Doksan günlük silolama dönemi sonunda açılan silajlara 5 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulanmış ve sonuçlar Çizelge 3’de verilmiştir. Beş gün boyunca doğrudan hava ile temas eden silajlardan kontrol silajında yoğun bir CO<sub>2</sub> üretimi (95.4±1.69 g/kg KM) görülmüştür. FAT katılan diğer silajlarda ise CO<sub>2</sub> üretimi düşüş göstermiştir. Dolayısıyla FAT uygulaması silajların hava ile temas ettikleri 5 gün boyunca CO<sub>2</sub> üretimlerini azaltmıştır. En düşük CO<sub>2</sub> üretimi 82.1±2.02 g/kg KM ile 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan mısır silajında görülmüştür. Aerobik stabilite testi sonucunda FAT katılan silajların maya ve küf sayıları kontrol silajına göre önemli düzeyde düşmüştür ( $P < 0.05$ ). Diğer yandan 5 günlük bu dönem sonunda ölçülen pH değerlerinde, 90 günlük silolama dönemi sonunda ölçülen pH değerlerine göre (Çizelge 1) az da olsa bir miktar yükselme görülmüş ancak FAT katılan silajların pH değerleri yine de kontrol silajından önemli düzeyde düşük bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

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

Uygulama	pH	CO <sub>2</sub>	Maya*	Küf*	Görsel küflenme**
Kontrol	4.7±0.27 <sup>a</sup>	95.4±1.69 <sup>a</sup>	14.7±0.73 <sup>a</sup>	17.5±0.86 <sup>a</sup>	4
2.0 g/kg FAT	3.9±0 <sup>b</sup>	89.3±2.13 <sup>ab</sup>	11.5±0.64 <sup>b</sup>	10.8±0.45 <sup>b</sup>	3
3.0 g/kg FAT	3.8±0.18 <sup>b</sup>	87.3±1.90 <sup>bc</sup>	10.7±0.57 <sup>b</sup>	9.1±0.33 <sup>bc</sup>	3
4.0 g/kg FAT	3.7±0.21 <sup>b</sup>	82.1±2.02 <sup>c</sup>	8.5±0.50 <sup>c</sup>	7.2±0.38 <sup>c</sup>	2

CO<sub>2</sub>, karbondioksit (g/kg KM); FAT, formik asit temeline dayalı koruyucu.

\* Maya ve küf  $\log_{10}$  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.

<sup>a-b-c</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ( $P < 0.05$ ).

Doksan günlük silolama dönemi sonunda açılan mısır silajlarının 48 saatlik inkübasyon sonucundaki *in situ* rumen KM ve OM parçalanabilirliklerine ait araştırma sonuçları Çizelge 4’de verilmiştir. Kullanılan FAT düzeyine bağlı olarak silajların KM ve OM parçalanabilirlikleri artmış olup, 3.0 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajlar ile kontrol silajı arasında görülen farklılıklar önemli düzeyde bulunmuştur ( $P < 0.05$ ).

**Çizelge 4.**

**Mısır silajların *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ , %)**

Uygulama	KM	OM
Kontrol	45.5±4.78 <sup>c</sup>	47.9±3.15 <sup>c</sup>
2.0 g/kg FAT	47.0±3.66 <sup>bc</sup>	49.3±2.96 <sup>bc</sup>
3.0 g/kg FAT	49.1±3.93 <sup>ab</sup>	51.5±2.50 <sup>ab</sup>
4.0 g/kg FAT	51.4±3.35 <sup>a</sup>	53.4±2.71 <sup>a</sup>

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

<sup>a-b-c</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ( $P < 0.05$ ).

## TARTIŞMA

Gerek organik asit gerekse organik asit temeline dayalı silaj katkı maddelerinin en önemli özellikleri, silo içerisinde süratle asit bir ortam yaratarak fermentasyonu ve fermentasyon ürünlerinin miktarını sınırlandırmalarıdır (McDonald ve ark., 1991). Araştırma sonucunda mısır bitkisine değişik düzeylerde katılan FAT fermentasyon sırasında silo içerisinde pH’yı düşürerek asidik bir ortam yaratmış ve fermentasyonu sınırlandırmıştır. Sınırlanan fermentasyon sırasında silo ortamındaki laktik asit bakterileri (LAB) besin maddesi olarak bitki bünyesindeki SÇK’ları kullanmış ancak ortam pH’sının düşüklüğüne bağlı olarak oldukça yavaş ve uzun bir fermentasyon olayı gerçekleşmiştir. Bunun sonucunda, FAT katılan silajlardaki laktik asit üretimi kontrol silajından daha düşük düzeyde kalmıştır ( $P < 0.05$ ). Ayrıca yine bu sınırlı fermentasyonun bir sonucu olarak FAT katılan silajların asetik ve bütrik asit konsantrasyonları kontrol silajına göre düşüş gösterirken ( $P < 0.05$ ), etanol konsantrasyonları ise artış göstermiştir ( $P < 0.05$ ). Dolayısıyla silo içerisindeki homolaktik fermentasyonun yavaşlaması, FAT katılan silajların laktik, asetik ve bütrik asit konsantrasyonlarının düşmesine ve ortamdaki şekerlerin bir kısmının da alkole parçalanması sonucu etanol konsantrasyonlarının yükselmesine neden olmuştur. Nitekim Driehius ve Wikselaar (1996) formik asidin mısır silajlarının laktik ve asetik asit konsantrasyonlarını düşürdüğünü ( $P < 0.05$ ), etanol konsantrasyonlarını ise artırdığını ( $P < 0.05$ ) saptamışlardır. Benzer şekilde Filya (2003) formik asidin buğday, mısır ve sorgum silajlarının laktik ve asetik asit kon-

santrasyonlarını düşürürken ( $P < 0.05$ ), etanol konsantrasyonlarını artırdığını ( $P < 0.05$ ) belirlemiştir. Filya ve Sucu (2003) mısır ve sorgumun silolanması sırasında kullanılan formik asit temeline dayalı bir koruyucunun fermantasyonun başlangıcından itibaren silo içersinde pH'yı hemen düşürerek asidik bir ortam oluşturduğunu ve bunun sonucunda her iki silajın da laktik, asetik ve bütrik asit konsantrasyonlarının düştüğünü ( $P < 0.05$ ), etanol konsantrasyonlarının ise arttığını ( $P < 0.05$ ) saptamışlardır. Diğer yandan araştırmada kullanılan FAT silolama dönemi sonunda mısır silajlarının  $NH_3-N$  konsantrasyonlarını düşürmüştür ( $P < 0.05$ ). Bu düşüşün nedeni FAT katılan silajlarda proteolisisin önlenmiş olmasıdır. Nitekim İngiliz, İtalyan ve İngiliz X İtalyan çimi melezlerinden yapılan silajlarda kullanılan formik asidin silajların  $NH_3-N$  konsantrasyonlarını düşürdüğü belirlenirken (Rooke ve ark., 1988; Winters ve ark., 2001), yonca silajlarında da aynı etkiyi gösterdiği saptanmıştır (Polan ve ark., 1998). Diğer yandan Filya ve Sucu (2003) formik asit temeline dayalı bir koruyucunun mısır ve sorgum silajlarındaki proteolisisi önleyerek silajların  $NH_3-N$  konsantrasyonlarını düşürdüğünü ( $P < 0.05$ ) belirlemiştir.

FAT katılan mısır silajlarının lactobacilli içerikleri kontrol silajından daha düşük bulunmuştur ( $P < 0.05$ ). Silo ortamındaki düşük pH lactobacillerin çalışmasını bir miktar engellemiştir. Diğer yandan silo içersindeki bu düşük pH'lı asidik ortamda maya, küf, enterobacteria ve clostridia gelişimi de engellenmiş olup, FAT katılan mısır silajlarının içerdiği söz konusu mikroorganizma popülasyonları kontrol silajından daha az düzeyde olmuştur ( $P < 0.05$ ). Ayrıca fermantasyon sonucunda oluşan asetik ve bütrik asit gibi uçucu yağ asitleri de maya, küf, enterobacteria ve clostridia gelişimlerinin engellenmesi üzerinde etkili olmuşlardır. 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 ( $P < 0.05$ ) belirlemiştir. 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 kullanılan FAT mısır silajlarının aerobik stabilitelerini geliştirmiştir. Silajların aerobik olarak stabil olup olmadıklarının belirlenmesi için uygulanan ve silajların doğrudan hava ile temas ettikleri 5 günlük test sonucunda, FAT katılan silajların  $CO_2$  üretimleri kontrol silajından daha düşük düzeyde bulunmuş olup özellikle 3.0 ve 4.0 g/kg düzeyinde FAT katılan silajlar ile kontrol silajı arasındaki farklılıklar önemli ( $P < 0.05$ ) bulunmuştur. Diğer yandan silajların doğrudan hava ile temas ettikleri bu dönem sonucunda maya ve küf sayıları da kontrol silajından daha düşük

olmuştur ( $P < 0.05$ ). Bu sonuçlar üzerinde, FAT kullanımının silo içerisinde daha silolamanın ilk günlerinden itibaren fermantasyonu sınırlandırarak asidik bir ortam oluşturması ve bu ortamda antimikrobiyal özelliğinin de etkisiyle maya ve küf gelişimini engellemesi etkili olmuştur. Bunun sonucunda FAT katılan mısır silajlarındaki CO<sub>2</sub> üretimi düşüş göstermiştir. Seale (1986) bu dönemde görülen CO<sub>2</sub> üretimine ağırlıklı olarak ortamdaki mayaların neden olduğunu bildirmiştir. Filya (2002) ile Weinberg ve ark. (2002) silaj fermantasyonu sonucu oluşan laktatların bu aerobik dönemde bazı mayalar tarafından tüketilmesine bağlı olarak silajların bu dönemdeki maya popülasyonlarının artış gösterdiğini ve bunun da silajlarda CO<sub>2</sub> 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. Filya (2003) formik asidin buğday, mısır ve sorgum silajlarının 5 günlük aerobik dönem boyunca maya ve küf sayıları ile CO<sub>2</sub> üretimlerini düşürdüğünü ( $P < 0.05$ ) belirlerken, Filya ve Sucu (2003) formik asit temelinde dayalı bir koruyucunun mısır ve sorgum silajlarının yine bu 5 günlük aerobik dönem boyunca maya ve küf sayıları ile CO<sub>2</sub> üretimlerini düşürdüğünü ( $P < 0.05$ ) belirlemişlerdir.

Araştırmada kullanılan FAT mısır silajlarının KM ve OM parçalanabilirliklerini artırmıştır. FAT antimikrobiyal özelliği sayesinde silajlarda başta maya ve küf olmak üzere enterobacteria ve clostridia sporlarının gelişimini engellemiş ve bu da silajların KM ve OM parçalanabilirliklerinin artmasına yol açmıştır. McDonald ve ark. (1991) formik asidin KM tüketimini artırarak ruminantların performanslarını olumlu yönde etkilediğini bildirirlerken, Filya (2001) formik asidin silajlarda bozulmaya neden olan mikroorganizma popülasyonlarının gelişip çoğalmasını 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.

Araştırma sonucunda, hamur olum döneminde hasat edilen ve %  $33.7 \pm 0.40$  KM içeriğine sahip mısırın silolanması sırasında FAT kullanımının silajların mikrobiyolojik özelliklerini, aerobik stabilitelerini ve *in situ* rumen KM ve OM parçalanabilirliklerini geliştirebileceği saptanmıştır. Araştırma sonucunda çiftlik koşullarında yapılan mısır silajlarının aerobik stabilite testindeki CO<sub>2</sub> üretimleri ile *in situ* rumen KM ve OM parçalanabilirlikleri göz önüne alındığında kullanılması gereken en az FAT düzeyinin 3.0 g/kg olması gerektiği görülmektedir. Bu araştırmada mısırın hasat edildiği hamur olum dönemi (%  $33.7 \pm 0.40$  KM) silolama için çok uygun bir hasat dönemidir. Ancak mısır ülkemizde çok daha erken dönemlerde hasat edilerek silolanmaktadır. Bu nedenle erken hasat edilen ve düşük KM içeri-

ğine sahip mısırdaki kullanılması gereken FAT düzeyi bu araştırmada saptanan düzeyin daha da üzerinde olmalıdır. Aksi halde koruyucu ve antimikrobiyal özelliğini gösterebilmesi mümkün değildir.

## KAYNAKLAR

- Akyıldız, A.R. 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Klavuzu. *Ankara Üniv. Zir. Fak. No:895*, Ankara.
- Anonymous. 1983. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Yöntemleri. *T.O.K.B. Gıda İşleri Genel Müdürlüğü*. No:65, Ankara.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*, 15<sup>th</sup> ed., Vol. 1. AOAC, Washington, DC, pp. 69-79.
- 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. and P.G. Van Wixselaar. 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, I, 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. s.299-308.
- Filya, İ. ve E. Sucu. 2003. Silajlarda fermentasyon kalitesi ve aerobik stabilitenin geliştirilmesi üzerinde araştırmalar. *GAP III. Tarım Kongresi*, 2-3 Ekim 2003, Şanlıurfa. s.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.
- 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.
- 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. and 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.
- Ørskov, E.R. and 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.
- SAS. 1988. Statistical Analysis System®. User's Guide: Statistics, Version 6.12 Edition. SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- 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.