

BAKTERİYEL İNOKULANTLARIN SİLAJ FERMANTASYONU VE HAYVAN PERFORMANSINA ETKİLERİ

(Derleme)

Gürhan KELEŞ^{1*}

Oktay YAZGAN²

The effect of bacterial inoculants on the silage fermentation and animal performance (A review)

SUMMARY

The main objective of ensilage is to preserve herbage with a minimum loss of nutrients to gain a feed of high nutritive value. However, control of fermentation in the silo is a very difficult process that usually leading to less than optimal preservation of nutrients. Bacterial inoculant have been used to assist silage fermentation in order to improve nutritive value of silage and also animal performance. A number of commercial inoculant containing freeze-dried cultures of homofermentatif and heterofermentatif lactic acid bacteria are now available and some of these have proved effective in improving silage fermentation and animal performance. Adding lactic acid bacteria on forage to promote rapid fermentation of sugar to lactic acid enable to enhance silage fermentation and reduced loss of nutrients. The use of lactic acid bacteria reduce pH, acetic acid, butyric acid, ethanol and ammonia nitrogen, increase lactic acid, the ratio of lactic:acetic acid, dry matter recovery, dry matter intake and dry matter digestion. Most of these factors must have been present in high quality silage.

KEY WORDS: Animal performance, bacterial inoculant, herbage, lactic acid bacteria, silage, silage fermentation.

ÖZET

Silaj yapımının başlıca amacı yeşil yemlerin en az besin maddesi kaybı ile muhafaza edilerek, besin değeri yüksek bir ürün elde etmektir. Ancak, silodaki fermantasyonun kontrolü zor olup, genellikle kontrol edilmeyen fermantasyon silolanın ürünün besin maddesi içeriğinin optimum bir şekilde korunmasını güçleştirmektedir. Bakteriyel inokulantlar silajda istenilen fermantasyonu destekleyerek, silolanın materyalin besin maddesi içeriğinin optimum bir şekilde muhafazasını sağlamak ve hayvan performansını artırmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Son yıllarda dondurularak kurutulmuş homofermantatif ve heterofermantatif laktik asit bakterilerini içeren birçok ticari inokulant piyasada mevcut olup, bunların bazıları silaj fermantasyonunu geliştirme ve hayvan performansını artırmada oldukça başarılı bulunmuşlardır. Silolanacak ürüne laktik asit bakterilerinin yeterli seviyede ilavesi ile üründe mevcut olan karbonhidrat kaynaklarının hızlı bir şekilde laktik aside fermantasyonlarının sağlanmasıyla silaj fermantasyonu gelişir ve besin maddesi kayıpları azalır. Bakteriyel inokulantlarla yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda inokulantlar, silajın pH, asetik asit, bütirik asit, etanol ve amonyak azotu seviyelerini düşürmüşler; laktik asit, laktik:asetik asit oranı, kuru madde kazanımları, kuru madde sindirilebilirliği ve silaj kuru maddesi tüketimini artırmışlardır. Bu faktörlerin büyük çoğunluğu kaliteli bir silajda bulunması gereken özelliklerdir.

ANAHTAR KELİMELER: Bakteriyel inokulant, hayvan performansı, laktik asit bakterileri, silaj, silaj fermantasyonu, yeşil yem.

1: Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, KONYA.

2: Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Zootehni Bölümü, KONYA

*E-posta: kelesgurhan@hotmail.com

GİRİŞ

Silaj, yüksek nem içeriğine sahip ürünlerin kontrollü fermentasyonu neticesinde üretilen yem materyalidir. Yapılan işleme silolama, yapıldığı yere de silo denir. Genel olarak silolanan ürün siloda anaerobik ortam ve düşük pH'nın teminiyle muhafaza edilir. Silodaki anaerobik koşulların temini laktik asit bakterileriyle (LAB) ortamdaki substrat için rekabet eden aerobik bakteriler, mayalar ve mantarların gelişimini, silaj pH'sındaki hızlı düşüş ise bitki proteazlarını inaktive ederek proteinlerin yıkımını ve anaerobik mikroorganizmaların (MO) gelişimini engeller (Muck 1996). Siloda anaerobik koşullar, silolanan materyalin uygun kuru madde (KM) muhtevasıyla silolanması, uygun uzunlukta parçalanması, siloya hızla doldurulması, yeterince sıkıştırılması, hızlı ve hava almayacak şekilde kapatılmasıyla temin edilir. Anaerobik koşulların teminiyle üründe doğal olarak mevcut olan LAB suda eriyebilir karbonhidratları (SEK) çoğunlukla laktik asit (LA) olmak üzere çeşitli organik asitlere fermente ederler. Laktik asit bakterilerinin fermentasyon ürünü olan bu asitler ortamın H⁺ iyonu konsantrasyonunu, silajda faaliyetleri istenilmeyen MO'nun gelişimini inhibe edecek bir seviyeye çıkarır. Sonuçta LA üretiminin devamı ve buna bağlı olarak da pH'nın düşmesi ortamdaki bütün bakterilerin gelişimini engeller. İnhibisyon için gerekli kritik pH seviyesi silolanan materyalin KM içeriğine göre değişiklik gösterir (McDonald ve ark. 2002).

Silolamada bitki enzimlerinin rolü

Silaj yapımı amacıyla biçilen bitkisel materyal siloya doldurulduktan sonra bitkinin yaşayan hücreleri ortamdaki oksijen (O₂) tüketilene kadar solunumlarına devam ederler. Solunum için kullanılan başlıca substrat karbonhidratlar olup, sonuçta karbondioksit (CO₂), su ve ısı meydana gelir. Oluşan ısı silo içersinde kaldığından yığın ısınır (Graziani 1998; McDonald ve ark. 2002). Bitki solunumu siloda kalan O₂'nin kullanımı ve siloda anaerobik koşulların tesisi bakımından gerekli bir durumdur. Ancak yoğun bir solunum silolama ameliyesi için bir kayıp olup, materyalin SEK içeriğinin azalmasına neden olarak sonraki fermentasyonun olumsuz etkilenmesine ve fazla ısınmaya yol açabileceğinden istenilmez. Silonun yavaş doldurulması, materyalin uygun boyutta parçalanmaması, yeterince sıkıştırılmaması ve silonun doldurulmasından sonra sıkıca kapatılmamasından dolayı bu tür problemler oluşur. Bitki hücrelerinin solunumu siloda anaerobik koşullar oluşunca birkaç saat içinde son bulur (Muck 1996).

Bitki hücreleri tarafından proteaz ve hemiselüloz gibi birçok enzim salgılanır. Bitki proteolizinin ürünleri aminoasitler ve değişik zincir uzunluğundaki peptitler olup, bitki proteolizi pH'nın uygun seviyeye düşmesine kadar devam eder (McDonald ve ark. 2002). Proteolitik aktivitenin büyük kısmı silolamanın ilk 48 saatinde meydana gelir. Bu nedenle asit ya da

kimyasal silaj katkı maddeleri kullanılmadan proteolizin kontrolü oldukça zordur. Silolama esnasında hemiselülozun bir kısmı da hidrolize olur. Proteolize benzer şekilde, hemiselüloz aktivite de silolamanın ilk haftasında hızla azalır. Ancak hemiselüloz aktivite ortam pH'sına proteolizden daha az duyarlıdır (Muck 1996).

Silolamada mikroorganizmaların rolü

Silajdaki başlıca anaerobik bakteriler LAB olup, bunlar *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Enterococcus* ve *Leuconostoc* olmak üzere 4 türe mensuplardır. Bu bakterilerin genel karakteristikleri anaerobik koşullarda iyi gelişebilmeleri ve şekerleri çoğunlukla LA'ya fermente etmeleridir. Silolama işleminde LAB'ın fermentasyonu, silaj pH'sının düşmesinde ve sonradan bozulmaya neden olabilecek anaerobik bakterilerin inhibe edilmesinde ana mekanizmadır (Muck 1996). Laktik asit bakterileri homofermantatif LAB (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Enterococcus faecalis* gibi) ve heterofermantatif LAB (*Lactobacillus brevis* ve *Leuconostoc mesenteroides* gibi) olmak üzere iki ana gruba ayrılabilirler. Homofermantatif LAB heksozlardan LA üretiminde heterofermantatif olanlardan daha fazla etkilidirler (McDonald ve ark. 2002). Genel olarak silolamada sadece şekerleri fermente eden ve fermentasyonlarının son ürünü LA olan LAB (homofermantatif) tercih edilirler. Çünkü LA, asetik asitten (AA) daha güçlü bir asit olduğu gibi, AA ve etanol üretimindeki birçok biyokimyasal yol da, LA üretimine göre KM ve enerji kayıpları daha yüksektir (Muck 1996).

Silodaki en zararlı anaerobik bakteriler clostridialardır. Clostridia türleri sakkarolitik ve proteolitik clostridialar olmak üzere iki fizyolojik gruba ayrılabilirler (Beck 1978). Sakkarolitik clostridialar, karbonhidratları ve LA'yı bütürlük aside (BA), proteolitik clostridialar ise aminoasitleri amonyak (NH₃) ve aminlere fermente ederler. Bu biyokimyasal yolların birçoğu önemli ölçüde KM ve enerji kayıplarına neden olduğu gibi, clostridialarca fermente edilmiş silajlarla beslenen hayvanların yem tüketimleri de düşer. Siloda clostridia gelişimi düşük pH ile inhibe edilir (Muck 1996). Ayrıca, clostridia gurubu MO'lar osmotik basınca karşı aşırı hassastırlar ve aktif büyümeleri için nemli bir ortam isterler. Kuru madde miktarı %30-35'den daha az olan materyallerden silaj yapılması halinde bu silajlarda clostridial fermentasyonun oluşması temayülü mevcuttur (Kendall 1978).

Silodaki diğer anaerobik bakteri grubu *enterobacteria*'lardır. Bunlar fermentasyonda ilk aktif duruma geçen bakterilerdir. Bu bakterilerin SEK'i fermentasyonu sonucu oluşan başlıca ürünler AA, etanol ve CO₂ (Kendall 1978) olup, LAB'ın fermentasyonuna kıyasla daha fazla KM ve enerji kaybına neden olurlar. *Enterobacteria*'lar düşük pH'ya hassastırlar ve silodaki gelişimleri pH'nın 5.0'in altına düşmesiyle engellenir (Graziani 1998; Kendall 1978).

Mayalar, mantarlar ve çeşitli aerob bakterileri (*bacilli* ve *listeria*) içine alan ve silajda bozulmaya neden olan MO'lar O₂ mevcudiyetinde silaj materyalindeki şekerler ve fermantasyon ürünleri ile biçim ve silolama esnasında bitki hücrelerinden bırakılan diğer bileşikleri fermente ederek çoğalabilirler. Bu MO'lar kontrolsüz olarak çoğalırlarsa, silajın sindirilebilirliği yüksek bileşiklerinin büyük kısmını kullanırlar. Silaj da pH'nın 5.0'in altına düşmesi halinde *bacilli* türlerinin gelişimi yavaşlar, *listeria* gelişimi ise engellenir. Mayaların çoğunluğu, mantarlar ve AA bakterileri pH içeriği 4.0-5.0 arasında değişen tipik silajlarda gelişebilirler. Bu nedenle bu MO'ların silajda gelişimlerini engellemedeki pratik yol, anaerobik koşulların mümkün olduğunca kısa sürede temini ve bunun sürdürülmesidir (Muck 1996).

BAKTERİYEL İNOKULANTLAR

Silolanacak materyallerde bulunan çeşitli MO'ların faaliyeti sonucu siloda birçok farklı ürün üretilir. Ancak, bu ürünlerinin birçoğunun oluşumu ve silajda mevcudiyetleri istenmez. Bunun sağlanabilmesi için ise fermantasyonda LAB'ın

dominant olması gerekmektedir. Bakteriyel inokulantlar hızlı ve etkili bir silaj fermantasyonunu garantiye almak amacıyla LAB içeren silaj katkı maddesi olarak kullanılırlar (Muck 1996). Fermantasyonda homolaktik bakterilerinin dominant olmasıyla silaj materyalinde mevcut olan SEK'in etkin kullanımı sağlandığı gibi, materyalde SEK miktarı kritik olduğu durumlarda da iyi fermente olmuş bir silaj üretme şansı yükselir (McDonald ve ark. 2002). Silaj yapımında bu bakterilerin kullanımının başlıca sebebi, ortamdaki SEK'in hızlı ve etkili bir şekilde LA'ya fermantasyonuyla ortam pH'sının hızlı bir şekilde düşürülmesi ve daha sonra da *enterobacteria*'lar gibi çürütücü MO'ların gelişiminin engellenmesidir. Homofermantatif LAB ile silolanacak materyalin inokulasyonu *enterobacteria* familyasının da içinde bulunduğu uygun substrat için birbirleriyle yarış halinde olan bakterilerin tümünde hızlı bir gerilemeye sebep olur. Bu etki *enterobacteria*'lara karşı LAB'ın antagonist aktivitelerinden dolayıdır. Tablo 1'de LAB ile inokulasyonun silajda asidifikasyonun hızına ve *enterobacteria*'lar üzerine etkileri verilmiştir (Gordon 1992).

Tablo 1. LAB inokulasyonunun asidifikasyonun hızına ve *enterobacteria*'lar üzerine etkisi.

Günler	pH		NH ₃ -N (g/kg N)		<i>Enterobacteria</i> (cfu/g)	
	Kont.	LAB	Kont.	LAB	Kontrol	LAB
0	6.3	6.3	5	5	800.000	800.000
4	6.5	4.5	36	31	500.000	70.000
7	6.2	4.3	51	40	70.000	30
14	5.9	4.1	70	42	4.000	
28	5.1	4.1	84	57	30	
60	4.8	4.1	96	64		
94	4.6	4.1	97	64		

Bakteriyel inokulantlar, fermantasyonda dominant olma kabiliyetlerine göre seçilmiş LAB'dan bir ya da daha fazlasını ihtiva ederler. İnokulantlarda birden fazla sayıda bakteri kullanmanın gerekçesi bakterilerin potansiyel sinerjetik aksiyonlarından kaynaklanmaktadır. Mesela, bakterilerin gelişme hızları *Enterococcus* > *Pediococcus* > *Lactobacillus* şeklindedir. Ayrıca, bazı *pediococcus* hatları *lactobacillus*'a göre düşük neme daha toleranslıdır ve optimum gelişimleri için ihtiyaç duydukları sıcaklık ve pH değerleri daha geniştir (Kung 2001). Farklı pH seviyelerinde faaliyet gösterebilecek birkaç bakteri türünün beraber kullanılmasıyla silolama esnasında değişen pH seviyelerinde (6.0-4.0'e) hızlı bir fermantasyonun sağlanması garantiye alınmış olur. Örneğin aerobik koşullarda gelişimi iyi olan *Streptococcus faecalis*'in silolamanın başlangıcında pH 6.5-5.0 değerleri arasında etkin olduğu ve bu amaçla *L. plantarum*'la beraber kullanılabilceği bildirilmiştir (McDonald

1981). Ayrıca, silolanacak materyalin çeşidi, nem içeriği ya da silolama esnasında oluşan ısı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak birkaç türün birlikte kullanılması inokulantın performansını artırabilmektedir. Bu nedenle birçok inokulant birden fazla LAB türünü ya da aynı türün birkaç hattını beraber ihtiva eder (Muck 1996). İnokulantlarda yaygın kullanılan bazı bakteriler ve kullanım amaçları Tablo 2'de verilmiştir (Kung 2001).

Bakteriyel inokulantlarda kullanılan bakterilerin fermantasyonda dominant olabilmeleri için yeterli sayıda bulunmaları gerekir. *Lactobacillus plantarum*'a dayalı inokulantlarda yaygın olarak tavsiye edilen inokulasyon oranı tercihen 10⁶ olmak üzere minimum 10⁵ cfu/gr taze materyal'dir. Yüksek nem içeriğine sahip çayır otu silajlarında daha yüksek inokulasyon oranları da kullanılmaktadır (Jones ve Gogerddan 1994; Muck 2000; Kung 2001; McDonald ve ark. 2002).

Tablo 2. Silaj İnokulantlarında yaygın kullanılan bakteriler ve kullanım amaçları.

Bakteri	Bakteri Tipi	Kullanım Amaçları	Başlıca ürünleri
<i>Lactobacillus plantarum</i>	LAB, homolaktik	Hızlı LA üretimi, yüksek asit toleransı	LA
<i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>cerevisiae</i>	LAB, homolaktik	Hızlı LA üretimi, <i>Lactobacillus</i> lara göre hızlı gelişim, bazı hatlarının serin koşullarda hızlı gelişimi ve osmotoleranslarının iyi oluşu	LA
<i>Enterococcus faecium</i>	LAB, homolaktik	Hızlı LA üretimi, <i>Lactobacillus</i> lara göre hızlı gelişim	LA
<i>Propionibacterium shermanii</i> , <i>jensenii</i>	<i>propionibacteria</i>	Antifungal bileşiklerin üretimi	PA ve AA., CO ₂
<i>Lactobacillus buchneri</i>	LAB, heterolaktik	Antifungal bileşiklerin üretimi	PA ve AA, CO ₂ , propanediol.

PA: propiyonik asit

Silaj fermantasyonuna etkileri

İnokulantların silaj fermantasyonu üzerine başlıca etkileri, fermantasyon sonunda oluşan ürünlerde inokulantta kullanılan LAB türünün özelliğine göre oluşan değişikliklerdir. Fermantasyonda homolaktik LAB'ın dominant olması halinde silajda LA konsantrasyonu, AA ve etanola göre hızla yükselir ve silaj pH'sı hızla düşer sonuçta silajın etanol, BA ve AA miktarları normal fermantasyona kıyasla daha düşük olur. Silaj fermantasyonu esnasında üretilen asitlerin en kuvvetlisi LA olup, başarılı bir inokulasyon sonuçta yüksek miktarda LA oluşumu ve düşük pH ile sonuçlanır. İnokulantlar düşük pH'da faaliyet gösterebilen tipik LAB'ı ihtiva ederler. Böylece fermantasyon, ortam pH'sı LAB'ın gelişemeyeceği çok düşük seviyeye ulaşıncaya kadar devam eder (Muck 1996). Homofermantatif LAB'ın silaj fermantasyonunun son ürünlerine muhtemel teorik etkisi Tablo 3'de (Kung 2001), iki adet homofermantatif LAB karışımı içeren bir inokulant kullanılarak yapılan çavdar silajında inokulantın etkileri Tablo 4'de (McDonald ve ark. 2002) ve farklı ticari inokulantlarla yapılmış bazı çalışmaların (Filya 2002a,b; Polat ve ark. 2005) sonuçları ise Tablo 5'de özetlenmiştir.

Bakteriyel inokulantlarla yapılan çalışmaların çoğunda inokulantların yalnız ya da enzimlerle kombinasyonu halinde silaj materyaline ilavelerinin beklenildiği gibi fermantasyonun seyrini değiştirmede başarılı oldukları tespit edilmiştir. Tablo 4 ve 5 incelendiğinde inokulant kullanımıyla silajın pH değeri ile AA, BA, etanol ve NH₃-N içerikleri azalırken, laktik:asetik asit oranı ile LA miktarı artmış ve silaj fermantasyonu gelişmiştir. Bununla beraber mısır silajına inokulant ilavesiyle tutarsız sonuçlar alındığı ve inokulant kullanılarak yapılan araştırmaların sadece %40'da fermantasyonda gelişmeler tespit edildiği; bununla beraber baklagil ve çayır otlarına bakteriyel inokulant ilavesiyle yapılmış

çalışmaların %66'da fermantasyonda gelişmeler sağlandığı bildirilmiştir (Muck 2000).

Tablo 3. Teorik olarak homofermantatif LAB'ın silaj fermantasyonuna etkisi.

Özellikler:	Teorik Etki
KM kazanımları	Daha fazla
pH düşüşü ve final pH	Hızlı ve düşük
NH ₃ -N	Düşük
LA	Daha yüksek
AA	Düşük
BA	Düşük
Etanol	Düşük
Lif (NDF/ADF)	Değişim yok
Sindirilebilirlik	Yüksek
Hayvan Performansı	Yüksek

NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif
ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif

Tablo 4. Çavdar silajının bileşimi.

Özellikler:	Kontrol	İnokule Edilmiş ¹
KM, g/kg	168	181
pH	4.6	4.1
Toplam N, g/kg KM	33	32
Protein N, g/kg TN	386	407
NH ₃ -N, g/kg TN	33	32
SEK, g/kg KM	0	20
AA, g/kg KM	46	30
BA, g/kg KM	5	5
LA, g/kg KM	59	84
Etanol, g/kg KM	13	7
KM sindirilebilirliği ²	0.74	0.77
ME, MJ/kg KM	11.4	12.5
Silaj KM tük. g/gün ²	681	792
CAA, g/gün ²	71	129

¹ *L. plantarum*+*Pediococcus pentosaceus* (10⁶ cfu/gr)

² Kuzularda, CAA: canlı ağırlık artışı

Tablo 5. Bakteriyel inokulant katılmış silajlarda silaj fermentasyonu karakteristikleri¹.

Kaynak	Ticari İnokulant	Ürün	KM	pH		NH ₃ -N		LA		AA		SEK	
				-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
1	H/M F	Mısır	36.4	3.7	3.6	0.9	0.4	3.8 ^c	9.4 ^a	4.2 ^a	0.3 ^b	1.3 ^c	3.0 ^b
1	Sil-All	Mısır			3.6		0.1		13.6 ^a		0.3 ^b		5.7 ^a
2	Pioneer-88	Mısır	35.0	3.6	3.5			4.3 ^b	9.4 ^a	4.3 ^a	0 ^b	1.1	0.2
2	H/M F	Mısır			3.5				9.2 ^a		1.2 ^b		0.3
2	Lactecil	Mısır			3.6				8.3 ^a		1.4 ^b		1.0
2	Pioneer-88	Sorgum	28.1	3.9	3.7			3.3 ^b	8.4 ^a	5.3 ^a	1.3 ^b	2.2	4.3
2	H/M F	Sorgum			3.7				9.1 ^a		0 ^b		3.3
2	Lactecil	Sorgum			3.7				8.2 ^a		1.1 ^b		3.4
3	Pioneer-74	Mısır	23.7		3.57 ^a	0.78 ^b	0.94 ^a	1.66 ^c	2.21 ^a	0.60 ^b	0.67 ^a	2.28 ^c	2.30 ^b
3	Maize-All	Mısır		3.50 ^b	3.52 ^b		0.73 ^b		1.84 ^b		0.50 ^c		2.57 ^a

¹: KM ve pH dışındakiler KM'de %; -: kontrol, +: inokulantlı

1: Filya 2002a; 2: Filya 2002b; 3: Polat ve ark. 2005.

H/M F: *Pediococcus acidilactici*, *L. plantarum*, *Enterococcus faecium*; Sil-All: *Pediococcus acidilactici*, *L. plantarum*, *Streptococcus faecium*+enzim;

Pioneer 1188: *L. plantarum*, *Enterococcus faecium*; Lactecil M 74: *Enterococcus faecium*; Pioneer 1174: *L. plantarum*, *Enterococcus faecium*;

Maize-All: *L. plantarum*, *Pediococcus acidilactici*+enzim.

a, b, c: Aynı sütünde farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05).

Silaj Kalitesine Etkileri

Bakteriyel inokulantların silajdaki en önemli etkilerinden biri KM kazanımı üzerine olmuştur. İnokulantlarla yapılan birçok çalışmada inokulant kullanımıyla KM kayıplarının ortalama olarak mısır silajlarında %1-2, baklagil ve çayır otu silajlarında ise %2-3 azaldığı bildirilmiştir (Muck 1996; Muck 2000). Kurtoğlu (1998), laboratuvar ve 25 tonluk silolarda silolanmış yonca silajlarında KM kayıplarını katkısız ve bakteriyel inokulant katılmış (*L. plantarum*, *Streptococcus faecium*) gruplarda sırasıyla, %17.06 ve %12.14; %18.32 ve %10.96 olarak bildirmiştir (P<0.05). Bakteriyel inokulant kullanımıyla fermentasyon ürünlerindeki değişimin bir sonucu olarak KM kazanımlarının olması beklenen bir durumdur. Çünkü şekerlerin homolaktik fermentasyonu sonucu sadece LA üretildiğinden bu tip fermentasyonda KM kazanımı daha fazladır. Silolama esnasında arzu edilmeyen biyokimyasal yollarda KM kazanımlarının düşük olmasının başlıca nedeni büyük miktarlarda CO₂ üretimidir. Karbondioksit bir gazdır ve çevreye yayılır yani kaybolur. Bu kayıp karbon atomu, dolayısıyla KM kaybı demektir (Kung 2001).

Bakteriyel inokulant ilavesiyle silajın toplam enerji kayıpları fazla etkilenmez. Ayrıca, silolama esnasında etanol gibi yüksek enerjili bileşiklerin oluşumundan dolayı silaj orijinal materyalden daha yüksek brüt enerji değerine sahip olabilir. Bu değer büyük ölçüde ya da önemli silolama esnasındaki fermentasyona bağlıdır (McDonald ve ark. 2002).

İnokulantlarda kullanılan LAB silajdaki protein ve aminoasitleri fermente etmezler. Ayrıca, inokulant kullanımıyla silaj pH'sında sağlanan hızlı düşüş aminoasitleri fermente eden MO ve bitki proteazlarının aktivitelerini baskılayarak gerçek proteinlerin bir kısmının korunmasını ve silajda NH₃-N konsantrasyonunun azalmasını sağlar (Jones 1995; Muck 1996; Jones 1998).

Laktik asit bakterileri bitki hücre duvarı polisakaritlerini hidrolize edemediklerinden dolayı silajın lif muhtevası inokulant kullanımından

etkilenmez. İnokulant kullanımıyla silajın lif muhtevasındaki azalma düşük pH'da hemiselülozun asitle hidrolizi dolayısıyladır. Hemiselülozik aktivite sadece çayır silajlarında önemli olup, çayır silajlarının NDF içeriğini %1-2 azaltabilir (Muck 1996; Kung 2001; McDonald ve ark 2002). Nitekim, mısır (Filya 2002b; Polat ve ark 2005) ve yonca (Kurtoğlu 1998) silajına LAB ilavesiyle silajın NDF ve ADF içerikleri etkilenmemiş fakat, LAB'ın enzimlerle kombinasyon halinde kullanıldığı çalışmalarda ise silajın NDF ve ADF muhtevası düşmüştür (Filya 2002a; Polat ve ark. 2005).

Bakteriyel inokulant ilave edilerek hazırlanmış silajlarda rumen KM ve organik madde sindirilebilirliği bazı çalışmalarda artarken (Filya 2002a,b), bazılarında bakteriyel inokulant ilavesinden etkilenmemiştir (Filya ve ark. 2004; Polat ve ark 2005). Bakteriyel inokulant katılarak hazırlanan silajlarda oluşan başlıca fermentasyon ürünü LA'dır. Laktik asitin rumende fermente olup ruminatlarca değerlendirilmesi sonucu, silajların rumen KM ve organik madde sindirilebilirliklerinin arttığı bildirilmektedir (Filya 2002b). Ayrıca, AA'nın direk olarak rumen duvarlarından absorbe edilmesi dolayısıyla fermentasyon sonucu AA'dan daha ziyade LA oluşumunun rumen MO'su üzerine olumlu bir etkisinin olduğu bildirilmiştir (Muck 1996).

İnokulant kullanımının aerobik stabilite üzerine etkisinin incelendiği çalışmaların çoğunda aerobik stabilite homolaktik LAB ilavesinden olumsuz etkilenmiştir (Filya 2002ab; Polat ve ark. 2005). Silajın bozulması sıklıkla mayalar ya da AA bakterilerince başlatılır. Silajda mayaların gelişimi asetik, propiyonik ve bütirik asitler gibi uçucu yağ asitlerince (UYA) engellenir ve engellenmenin derecesi düşük pH da artar. Ancak yüksek LA konsantrasyonu aerobik stabiliteyi her zaman olumlu etkilemeyebilir. Çünkü mayalar düşük pH'da da gelişebilirler. Homolaktik bir fermentasyonda oluşan başlıca asit LA olup, silajda UYA oluşumundaki biyokimyasal yollar inokulant kullanımıyla engellenir. Silajda UYA düzeylerinin azalmasından dolayı da silajın aerobik stabilitesi düşer. Değiniilmesi gereken

diğer bir hususta silajda bozulmaya neden olan MO'nun çoğunun hızla geliştiği ve gelişimleri için fermantasyon ürünlerinden ziyade şekerleri substrat olarak kullandıklarıdır. Bu nedenle inokulant kullanımıyla fermantasyondan sonra geriye kalan şeker miktarı daha yüksek olacağından aerobik stabilite de düşecektir. Dolayısıyla inokulant kullanımıyla fermantasyon sonucunda oluşan pH, LA, AA, PA, BA ve şeker seviyelerindeki değişime göre aerobik stabilite artabilir yada azalabilir (Muck 1996; Jones 1995; Archundia ve Bolsen 2001; Kung 2001).

Bakteriyel inokulantların silaj fermantasyonunda etkisiz olmaları

Bakteriyel inokulant kullanımıyla silaj fermantasyonu üzerinde her zaman olumlu bir etkinin görülmediği bildirilmiştir (Muck 1996; Kung 2001). Bu durumun muhtemel sebepleri aşağıda özetlenmiştir.

Inokulant kullanımıyla silaj fermantasyonunda bir gelişmenin görülmemesinin muhtemel sebeplerinden biri, hasat esnasında silaj yapılacak materyaldeki doğal LAB'ın popülasyonunun bileşimi ve sayıdır. Biçim öncesi bitki üzerindeki aktif bakteri sayısının $<10^6$ cfu g⁻¹ ile $>10^8$ cfu g⁻¹ kadar değiştiği bildirilmektedir (Jones ve Gogerddan 1994). Genel olarak inokulantların baklagil ve çayır silajlarına kıyasla mısır silajında daha az başarılı olmasının muhtemel sebebinin, mısır bitkisindeki doğal LAB popülasyonunu yonca bitkisinden 10 kat daha yüksek olması dolayısıyla inokulant LAB'ının doğal bakterileri baskılayıp bir etki göstermesini zorlaştırması olarak gösterilmektedir.

Inokulantların silaj fermantasyonunda etkisiz olmasının diğer bir sebebi de doğal LAB popülasyonunun, inokulant LAB'ına benzer şekilde fermantasyonu etkilemesidir. Mısır silajındaki doğal fermantasyonda tipik olarak yüksek LA ve düşük AA oluşumuyla pH'nın düşük olması (3.8-3.9), zaten iyi gelişen doğal fermantasyonda inokulantların önemli gelişmeler göstermesini güçleştirmektedir (Muck 2000).

Inokulantların silaj fermantasyonunda etkisiz olmalarının üçüncü bir sebebi, materyalin SEK içeriğinin düşük olmasıdır. Çünkü şekerler LAB'ın başlıca substratıdır. Düşük şeker seviyesi başlangıç pH'sını düşürmeye yeterli olsa bile silolanın sonraki aşamalarında LAB'ın faaliyetleri için yeterli olmayacağından, LAB'ın silaj kalitesi üzerine olumlu etkisini engelleyebilir (Muck 1996; Jones 1995). Jones (1995), inokulant kullanılmadığı durumlarda iyi bir fermantasyon için gerekli olan SEK içeriğinin taze materyalin %3'ü, inokulant kullanıldığı durumlarda ise inokulantlarda kullanılan LAB'ın SEK'i daha etkin bir şekilde kullanmasından dolayı %2 SEK içeriğinin yeterli olduğunu bildirmiştir.

Diğer bir sebep de, inokulant LAB'ının silolanın materyalle interaksyonudur. Inokulantlarda kullanılan bütün *L. plantarum* hatları aynı hızda gelişmemekte, bazı *L. plantarum* hatlarının gelişimi yoncada, bazılarının ise mısırdaki daha iyi olabilmektedir (Muck

1996). Bu nedenle silaj yapılacak belirli bir materyalde gelişimi tatminkar olan bir hattın başka bir materyalde ki mevcut doğal popülasyonla rekabet edemeyeceği ve belirli silajlık materyaller için geliştirilmiş inokulantların diğer materyallerde kullanılmaması gerektiği bildirilmiştir (Muck 2000).

Inokulantların silaj performansı üzerinde etkisiz olmasındaki son sebep bakteriofajlardır. *Lactobacillus plantarum* hatlarının bakteriofajlardan etkilendikleri ve başarılı bir fermantasyon için diğer koşullar yeterli olduğu durumlarda inokulantların fermantasyon üzerinde bir etkisinin olmamasının muhtemel sebebinin bakteriofajlar olabileceğinin düşünülmesi gerektiği bildirilmiştir (Muck 1996).

Hayvan performansı üzerine etkileri

Silaj katkı maddesi olarak inokulant kullanımıyla hayvan performansının %2-4 arttığı ve bu artışların inokulantların silaj fermantasyonu sonucu oluşan ürünlerde yapmış olduğu değişikliklerle kıyaslandığında daha fazla olduğu bildirilmiştir (Muck 1996). Keady (1998) bakteriyel inokulantlarla yapılmış 13 farklı çalışmada hayvan performansının ortalama %7 olmak üzere %2-26 oranında arttığını bildirmiştir. Bir başka bildirişte ise inokulantlarla yapılmış 67 çalışmanın %28'de silaj KM tüketiminde; 15 çalışmanın %53'de canlı ağırlık artışında ve 36 çalışmanın %47'de süt veriminde artışlar olduğu bildirilmiştir (Kung 2001).

Kurtoğlu (1998), yonca silajına bakteriyel inokulant ilavesiyle kontrol ve inokulantlı gruplarda süt sığırlarının silaj KM'si tüketimleri ve süt verimlerinin sırasıyla 8.54 ve 10.41; 15.85 ve 17.51 kg/gün olduğunu bildirmiştir (P<0.05).

Lactobacillus plantarum, *L. bulgaricus* ve *L. acidophilus* ile amilaz ve selüloz enzimlerini ihtiva eden bir bakteriyel inokulant katılarak hazırlanmış mısır silajında LA, AA ve SEK içerikleri kontrol ve inokulantlı gruplarda sırasıyla, %5.8 ve 5.4; 3.1 ve 3.4; 2.2 ve 2.3; bu silajlarla 60 gün yemlenen kuzuların silaj KM tüketimleri, canlı ağırlık artışları ve deneme sonu kuzuların canlı ağırlıkları ise sırasıyla 708 ve 784 g/kg; 239 ve 255 g/gün; 39.8 ve 41.1 kg olmuştur (P>0.05). Deneme sonunda inokulantlı grupla beslenen kuzularda besi süresinin 5 gün kısaldığı ve kuzu başına 2.5 kg kesif yem ve 5 kg silajın daha az tüketildiği bildirilmiştir (Meeske ve Basson 1998).

Inokulantların silaj fermantasyona etkisini etkileyen bütün faktörlerin aynı zamanda hayvan performansını da etkilemesi beklenir. Ancak, inokulantların hayvan performansına etkileri, fermantasyon üzerine olan etkileri ile her zaman uyumlu yada bağlantılı olmamaktadır. Inokulantlı silajlara hayvanların göstermiş oldukları tepki, inokulantların fermantasyon ürünlerinde ve pH'da yapmış oldukları değişikliklerden daha fazla olabilmektedir. Inokulant kullanımıyla KM sindirilebilirliğinde bir artış olduğunda hayvan performansında da artışlar gözlenmiş, ancak KM sindirilebilirliğinin inokulant kullanımından

etkilenmediği ve inokulant kullanımıyla fermantasyon ürünlerinde bir değişikliğin olmadığı bazı çalışmalarda da benzer artışlar gözlenmiştir (Muck 1996). *Lactobacillus plantarum*un sadece bir hattını ihtiva eden (*L. plantarum* MTDI) inokulantlarla yapılan çok sayıda çalışmada, hayvan performansının etkileri inokulasyonun fermantasyon ve sindirilebilirlik üzerine olan etkilerinden bağımsız olduğu ve *L. plantarum* MTDI kullanılarak hazırlanmış silajlarda fermantasyon karakteristiklerinde bir değişiklik olmamasına rağmen hayvan performansında artışlar sağlandığı bildirilmiştir (Kung 2001; Weinberg ve ark. 2003).

Hayvan performansında kaydedilen artışlar gayet önemli olmakla beraber çalışmalarda kullanılan inokulantlardaki bakteri türü ve sayısı, inokulantların silajlık materyale uygunluğu, uygulanan silaj materyali ve materyalin nem içeriği oldukça değişkendir. Ayrıca, bazı ticari inokulantlarda kullanılan LAB'ın aynı isim olmasına rağmen kullanılan bakterilerin aynı organizmalar olmadığı ve aynı etkiyi göstermediği, yapılan bazı çalışmalarda silaj inokulanti olarak kullanılan çeşitli homofermantatif hatlarının silaj fermantasyonunu geliştirmede başarılı olurken sadece bir hattın hayvan performansını artırmada başarılı olduğu bildirilmiştir (Kung 2001).

Silaj KM'si tüketimini ve hayvan performansını en fazla etkileyen faktörlerden birisinin sindirilebilirlik olduğu, iyi fermente olmuş silajlarla kıyaslandığında düşük seviyede LA ve yüksek konsantrasyonda NH₃-N içeren kötü fermente olmuş silajların sindirilebilirliklerinin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Keady 1998). Laktik asit bakteri inokulantlarının kullanıldığı silajlarda, fermantasyon ürünü olarak genellikle yüksek düzeyde LA ve düşük düzeyde AA ve etanol oluştuğu, bu tür silajlarla yemlenen ruminantların KM tüketiminin arttığı ve silajların KM tüketimlerinde meydana gelen artışın hem silajların KM ve organik madde sindirilebilirliğini hem de ruminantların verim performanslarını olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Filya 2002a,b).

Bakteriyel inokulant kullanımı ile silaj fermantasyonunun son ürünlerinde meydana gelen değişimlerin hayvan performansına muhtemel olumlu etkileri aşağıda verilmiştir:

Silaj fermantasyonu sonucu oluşan başlıca fermantasyon ürünleri içerisinde LA, rumen MO'sunca en iyi kullanılan fermantasyon ürünüdür. Laktik asidin tersine AA rumen MO'sunca fermente edilmeyip, doğrudan rumen duvarlarından absorbe edilir. Dolayısıyla fermantasyon sonucu AA'dan daha ziyade LA oluşumunun, rumen MO'su üzerine olumlu bir etkisi vardır ve ince bağırsaklarda sindirilen mikrobiyal proteinde az da olsa bir artış sağlar.

Silajda AA ve etanol miktarının artmasının silajın lezzetine ve dolayısıyla yem tüketime olumsuz etkili olduğu bildirilmiştir. İnokulant kullanımıyla silajda bu bileşiklerin miktarlarının azalmasıyla yem tüketiminde artışlar olabilmektedir (Muck 1996).

Koyunlarla yapılmış çalışmalarda N retensiyonunun kontrol ve inokulantlı gruplarda 8.3

ve 12.8 g/gün olduğu ve bakteriyel inokulantlarla muamele edilmiş silajların NH₃-N konsantrasyonlarının önemli derecede düştüğü (%35) ve silajda düşen NH₃-N konsantrasyonu ile vücutta tutulan N miktarının artmasının inokulantların silajda proteolizi azaltması sonucu olduğu bildirilmiştir (Jones 1998). İnokulant ilavesiyle silajın Azot formunda küçük değişikliklerin olması yani gerçek proteinlerin korunarak daha düşük seviyede NH₃-N teşekkülü hayvanın protein retensiyonunu artırmaktadır (Muck 1996; Jones 1995).

Ayrıca, silaj katkı maddesi olarak kullanılan bakteriyel inokulantların hayvanlarda muhtemel bir probiyotik etkisinin olduğu ancak bu etkinin nasıl olduğunun henüz açıklanmadığı bildirilmektedir. Bu konuda ortaya konulan bir hipotez, belirli LAB'ın rumen MO'ları ile birbirlerini etkileyerek rumenin işlevini ve hayvanın performansını artırdığıdır (Weinberg ve ark. 2003). Diğer bir hipotez ise inokulantlarda kullanılan LAB'ın bakteriosin gibi bazı antimikrobiyal maddeler üreterek silajdaki zararlı MO'nun gelişimini engellediğidir. (Weinberg ve ark. 2003; Muck 1996).

Laktik asit bakterilerinin probiyotik bir etkisinin olup olmadığının araştırılması amacıyla yapılan çalışmalarda (Weinberg ve ark. 2003; Weinberg ve ark. 2004a,b), öncelikle bu bakterilerin rumen sıvısında (RS) canlı kalıp kalamayacakları ve hangilerinin daha iyi gelişebileceklerinin tespiti amaçlanmıştır. Bu çalışmalarda 10-12 farklı ticari inokulant glukoz ilave edilerek ya da edilmeden kullanılmıştır. Araştırmaların sonucunda ticari inokulantlarda kullanılan LAB'ın RS'da canlı kalabildikleri, pH ve UYA bileşimleri gibi bazı parametrelerde değişiklik yaparak RS'da değişimlere neden oldukları, bu değişimler ve inokulant LAB'ı ile rumen MO'su arasındaki interaksyonlar konusunda yapılacak çalışmaların bazı inokulantlarla görülen performans artışlarının açıklanmasına yardımcı olacağı bildirilmiştir.

İkinci hipotezle ilgili yapılan bir çalışmada (Gallop ve ark. 2005), silaj inokulantlarında kullanılan LAB'ın anti bakteriyel etkilerini araştırmak amacıyla buğday ve mısıra 10⁶ cfu/g seviyesinde 10 adet ticari inokulant katılmıştır. Araştırma sonunda, 9 farklı inokulantla muamele edilmiş silajlarda çeşitli anti bakteriyel aktiviteler tespit edilmiş ve silaj inokulantlarında kullanılan LAB'ın antibakteriyel aktivite üreterek rumende zararlı MO'nun gelişimini engelledikleri bildirilmiştir.

Bakteriyel inokulantlarda homofermantatif olmayan MO kullanımı

Özellikle silajın aerobik stabilitesini artırmak amacıyla homofermantatif LAB olmayan bazı MO'lar da silaj inokulantlarında kullanılmaktadır. Bu amaçla *propionibacteria* grubu MO'lar glukoz ve LA'yı, LA'dan daha fazla antifungal etki gösteren asetik ve propiyonik asitlere dönüştürmek amacıyla kullanılmaktadır. Ancak, *propionibacteria*'nın silaj inokulantlarında kullanılmasında CO₂ üretimi

dolayısıyla KM kayıplarına neden olmaları ve proteolitik aktiviteye sahip olmalarından dolayı kaygılar mevcuttur. Bu MO'nun etkisizliğindeki başlıca sebepler tam anaerob olmaları, gelişmelerinin yavaş olması ve aside toleranslı olmamalarıdır (Kung 2001).

Silajın aerobik stabilitesini artırmada potansiyel taşıyan diğer bir MO, heterolaktik bir LAB olan *Lactobacillus buchneri*'dir. *Lactobacillus buchneri*'nin silajın AA ve PA miktarını artırarak aerobik stabiliteyi yükselttiği bildirilmektedir. Ancak, heterolaktik LAB'ın kullanımıyla silajın aerobik stabilitesinin artmasıyla beraber, KM kayıpları da artmaktadır. Ayrıca silajda AA miktarının yükselmesi yem tüketimini de olumsuz etkilemektedir. Bununla beraber, *L. buchneri* ile son yıllarda yapılan çalışmalarda KM kayıplarının az olduğu ve hayvan performansının olumsuz etkilenmediği bildirilmektedir (Kung 2001; Filya 2003; Kung ve ark. 2003).

Lactobacillus buchneri ile yapılmış bir çalışmada (Kung ve ark. 2003), laboratuvar silolarında silolanın yoncaya farklı dozlarda *L. buchneri* 40788 (LB) ve enzim kompleksi, çiftlik silolarında silolanın yoncaya ise *L. buchneri*'nin ticari dozu enzimsiz (4×10^5 cfu/g) katılmıştır. Laboratuvar silolarıyla yapılan çalışmada %39 KM içeren yoncaya üç farklı dozda (1×10^5 , 5×10^5 ve 1×10^6 cfu/g) LB ilavesiyle pH, NH₃-N, AA, PA ve kuru madde kazanımları önemli derecede yükselirken, etanol seviyesi önemli derecede ($P < 0.05$), LA ve SEK içerikleri ise rakamsal olarak azalmıştır. Ticari silolarda yapılan çalışmada ise %43 KM ihtiva eden yoncaya LB'nin ticari dozunun ilavesiyle pH, AA ve aerobik stabilite artarken, SEK ve LA miktarı önemli derecede düşmüştür ($P < 0.05$). Holstein ırkı inekler %32 inokulantlı yada inokulantsız yonca silajı, %11 mısır silajı, %5 kıyılmış yonca kuru otu ve %52 konsantre yemle 6 hafta yemlenmişlerdir. Araştırma sonucunda LB ilavesiyle süt bileşimi (süt yağı, süt proteini, laktoz ve somatik hücre sayısı), yem değerlendirme kabiliyeti ve KM tüketimi etkilenmezken, süt verimi önemli derecede artmış ($P < 0.05$), kontrol ve muamele gruplarında sırasıyla, 38.9 ve 40.7 kg/gün olmuştur.

Lactobacillus buchneri ile yapılmış diğer bir çalışmada (Filya 2003), LB ve *L. plantarum*'un (LP) yalnız yada kombinasyon halinde kullanılmasının fermantasyon, aerobik stabilite ve silajın KM, organik madde ve NDF sindirilebilirliğine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada sırasıyla, %23.5 ve %22.2 KM ihtiva eden mısır ve sorgum bitkileri 1×10^6 oranında inokule edilerek laboratuvar silolarında silolanmıştır. Araştırma sonucunda LB ve LB+LP katkılı gruplarda AA miktarı önemli derecede yüksek olmuş, bu silajlarda maya gelişimi azalmış ve silajların aerobik stabiliteyi artmıştır. *Lactobacillus buchneri* ile kıyaslandığında LB+LP'li gruplarda NH₃ ve fermantasyon kayıpları azalmıştır. *In situ* rumen KM, organik madde ve NDF içeriği muamelelerden etkilenmemiştir. Filya (2003), araştırma sonucunda LB'nin yalnız veya LP ile kombinasyon halinde mısır ve sorgum silajının aerobik stabilitesini artırdığını ve LB ile LP'in beraber kullanılmasıyla silolanmanın başlangıcında LA

fermantasyonun hızının arttığını, pH'nin düştüğünü ve NH₃-N ile fermantasyon kayıplarının azaldığını bundan dolayı da LB ile LP'nin kombinasyon halinde kullanılmasının tercih edilebileceğini bildirmiştir.

Heterolaktik laktobasillilerin de silaj inokulantları olarak yararlı olduğu, *L. plantarum*'un yeni izole edilmiş heterolaktik iki hattının yapılan 5 ayrı çalışmada mısır silajının aerobik stabilitesini kontrol gruplarına göre ortalama 28 saat artırdığı ve bu MO'ların hızlı gelişmelerine, fermantasyon ürünlerinin LA ve AA olmasına ve beş maya türünün gelişmelerini baskılamasına göre seçtikleri bildirilmiştir (Kung 2001).

SONUÇ

Silaj inokulantı olarak kullanılacak LAB'ın silolanacak materyalin çeşidi ve nem muhtevası gibi farklı koşullara uygun olması, KM ya da besin maddelerinde kazanımlar sağlanması ve hayvan performansı ile silajın aerobik stabilitesini artırması gerekmektedir. Yapılan birçok çalışmanın sonucunda silolanın materyallere homofermantatif LAB ilavesi ile silaj fermantasyonunu geliştirmiş, hayvan performansı artmış ancak silajın aerobik stabilitesi olumsuz etkilenmiştir. Bu nedenle silajın aerobik stabilitesini artırmak amacıyla *L. buchneri* gibi heterofermantatif LAB yalnız ya da homofermantatif LAB ile beraber silaj inokulantlarında kullanılmaya başlanılmıştır. Özellikle silajın aerobik stabilitesinin artırılması amacıyla homofermantatif ve heterofermantatif LAB'ın kombinasyon halinde kullanıldığı çalışmalarda olumlu sonuçlar alınmıştır. Ancak hayvan performansı üzerine olumlu etkileri olduğu söylenen birçok ticari inokulantta bu iddiaları desteklemek için yapılmış çalışmalar yetersizdir.

KAYNAKLAR

- Archundia MEU and Bolsen KK (2001) Aerobic deterioration of silage: processes and prevention. Science and Technology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's 17th Annual Symposium. 126: 144.
- Beck, Th. (1978) The Micro-Biology Of Silage Fermentation. In: Literature Review on Fermentation Of Silage- A Review. Edt. M.E. McCullough. 1978. Grants-In-Aid Committee. National Feed Ingredients Association. One Corporate Place, Suite 360 West Des Moines, Iowa 50265, 61: 115.
- Filya İ (2002a) Laktik asit bakteri ve laktik asit bakteri+enzim karışımı silaj inokulantlarının mısır silajı üzerine etkileri. Türk J Vet Anim Sci. 26: 679-687.
- Filya İ (2002b) Laktik asit bakteri inokulantlarının mısır ve sorgum silajlarının Fermantasyon, aerobik stabilite ve in situ rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkileri. Türk J Vet Anim Sci. 26: 815-823.

- Filya (2003) The Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the Fermentation, Aerobic Stability, and Ruminant Degradability of Low Dry Matter Corn and Sorghum Silages. J. Dairy Sci. 86: 3575-3581.
- Filya İ, Sucu E, Hanoğlu H (2004) Biyolojik silaj katkı maddeleri kullanılarak yapılan küçük plastik balya mısır silajlarının kalite özellikleri, yem değeri ve kuzu besisinde kullanımı üzerine bir araştırma A.Ü. Zir. Fak. Tarım Bilimleri Dergisi. 10 (2) 158-162.
- Gallop N, Zakin V and Weinberg ZG (2005) Antibacterial activity of lactic acid bacteria included in inoculants for silage and in silage treated with these inoculant. J. Appl. Microbiol. 98(3): 662-6.
- Graziani (1998) Mısır Silajı. Besicilikte Çağdaş Besleme ve İşletme Yönetimi, 1: 10.
- Gordon FJ (1992) Improving the feeding value of silage through biological control. In: Biotechnology in the Feed Industry. Edit. By T.P. Lyons, 87: 88
- Jones R, Gogerddan P (1994) The Importance of Quality Fermentation in Silage Making and Future Trends in Forage Production. Alltech, 8 th Annual European Lecture Tour, February-21.Marc 9. 33: 58.
- Jones R (1995) Role of Biological Additives in Crop Conservation. in: Biotechnology in the Feed Industry. Edit by TP. Lyons, 465: 479.
- Jones R (1998) Bridging the Protein Gap: Potential of Forage Crops for UK Livestock Production. Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's Fourteenth Annual Symposium. Edited by TP Lyons and KA Jacques. 119: 133.
- Keady, TIM W.J. (1998) The production of high feed value grass silage and the choice of compound feed type to maximize animal performance. Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's Fourteenth Annual Symposium. Edited by TP Lyons and KA Jacques. 157: 179.
- Kendall NVG (1978) Abnormal silages and silage related disease problems. In: Literature Review on Fermentation Of Silage- A Review. Edt. M.E. McCullough. Grants-In-Aid Committee. National Feed Ingredients Association. One Corporate Place, Suite 360 West Des Moines, Iowa 50265, 281: 332.
- Kung Jr L (2001) Silage fermentation and additives. Science and Technology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's 17th Annual Symposium. 145: 159.
- Kung Jr L, Taylor CC, Lynch MP and Neylon JM (2003) The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value. J. Dairy Science. 86: 336-343.
- Kurtoğlu V (1998) Mikrobiyel inokulant ile hazırlanan yonca silajının süt ineklerinde süt verimi ve bileşimi ile inokulasyonun silaj kalitesi üzerine etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. S.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı. Konya.
- Meeske, R., Basson, H.M. 1998. The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. Animal Feed Science and Technology. 70: 239-247
- McDonald P (1981) The Biochemistry of Silage. John Wiley, Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- McDonald P, Edward RA, Dreenhalgh and Morgan CA (2002) Animal Nutrition. Printed by Ashford Colour Pres Ltd., Gosport.
- Muck R (1996) Silage Inoculation. Inoculation of Silage and its Effects on Silage Quality. Dairy Forage Center, 1996 Informational Conference with Dairy and Forage Industries. www.uwex.edu
- Muck R (2000) Inoculants for corn silage. Focus on Forage. Vol:2 No:2. www.uwex.edu
- Polat C, Koç F, Özdüvel ML (2005) Mısır silajında laktik asit bakterisi ve laktik asit bakterisi+enzim karışımı inokulantların fermentasyon ve tokluklarda ham besin maddelerinin sindirilme dereceleri üzerine etkileri. Tekirdağ Zir. Fak. Der. 2 (1).
- Weinberg ZG, Muck RE and Weimer PJ (2003) The survival of silage inoculant lactic acid bacteria in rumen fluid. Journal of Applied Microbiology. 94, 1066-1071.
- Weinberg ZG, Chen Y and Gamburg M (2004a) The passage of lactic acid bacteria from silage into rumen fluid, in vitro studies. Journal of Dairy Science. 87: 3386-3397.
- Weinberg ZG, Muck RE, Weimer PJ, Chen Y and Gamburg M (2004b) Lactic acid bacteria used in inoculant for silage as probiotics for ruminant. Appl. Biochem. Biotechnol. Jul-Sep; 118 (1-3): 1-9.