



Bakteriyel İnokulant Kullanımının Silajlarda Fermantasyon Özellikleri Üzerine Etkileri

Ayfer BOZKURT KİRAZ^{1*}, Hasan RÜŞTÜ KUTLU²

¹Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Şanlıurfa

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü

*Sorumlu yazar: abkiraz@harran.edu.tr

Öz

Silaj yapımında son yıllar da silaj katkı maddesi olarak laktik asit bakterileri içeren ve bakteriyel inokulant ya da mikrobiyal inokulant olarak isimlendirilen bakteri kültürlerinden yoğun bir şekilde yararlanılmakta ve bu katkıları biyoteknolojik silaj katkıları olarak kabul edilmektedir. Laktik asit bakterilerince üretilen, laktik asit ile pH düşer ve sulu yemler zararlı mikroorganizmalardan korunmuş olur. *Lactobacillus plantarum* silajda istenen düzeyde fermantasyon oluşumunu sağlayan ve silaj açıldıktan sonra silajın kalitesinin korunması için gereksinim duyulan en önemli mikroorganizmadır. Çoğu silaj inokulantları orijini bitki materyalinden alan *Lactobacillus plantarum* suşlarından alır. Hayvancılığı gelişmiş ülkelerde kullanımı çok yaygın olan silaj inokulantları özellikle silaj üretiminde, silo içerisinde fermantasyonun hızlı ve istenilen düzeyde gelişmesi, yüksek kaliteli silaj eldesi amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, zor silolanabilen yeşil yemlerin silolanmasında silaj inokulantlarının kullanımını giderek yaygınlaştırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Silaj, bakteriyel inokulantlar, fermantasyon

Effects on Fermentation Properties Use of Bacterial Inoculants in Silage

Abstract

Nowadays, bacterial inoculants containing lactic acid bacteria or bacterial culture called microbial inoculant as silage additives have been used intensively in making silage, and these additives are considered as biotechnological silage additives. The lactic acid produced by lactic acid bacteria decreases pH and aqueous feeds are protected from harmful microorganisms. *Lactobacillus plantarum* is the most important microorganisms needed for silage fermentation at the desired level and for allowing the formation and preservation of the quality of silage after opening. Most silage inoculants are formed by *Lactobacillus plantarum* originated from plant materials. Silage inoculants very commonly used in livestock developed countries is used in order to obtain high-quality silage and fermentation at the desired level in the silo. Moreover, the use of silage inoculants is becoming increasingly common for ensiling the forage difficult to be ensiled.

Key words: Silage, Bacterial inoculants, Fermentation

Giriş

Silolanan materyalin silolanma yeteneği dikkate alınarak elde edilecek silajın fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından yeterliliği için katkı maddelerine gereksinim duyulmaktadır. Silolamada kullanılan belli başlı katkı maddeleri arasında, besin etkili

katkı maddeleri (karbonhidrat, protein veya mineral maddelerce zengin yem kaynakları), karbonhidrat kaynakları (melas, peynir suyu, silaj şekeri, hayvan pancarı, şalgam, patates ve çeşitli tahıl unları), yemlerin su içeriğini düşüren (karışımın kuru madde içeriğini yükselten) katkı maddeleri (kuru pancar

posası, kuru ot, tahıl kırmacı vb.), sterilizasyonu sağlayan katkı maddeleri (karbondioksit, formaldehit, karbonbisülfid, kükürtdioksit, mineral asitler, organik asitler, çeşitli asit tuzları; tuz, sodyum metabisülfid ve amonyum bisülfid, kalsiyum format-sodyum nitrit), enzimler ve bakteri kültürleri gelmektedir.

Orta düzeyde veya zor silolanabilen yeşil yemlerin silolanmasında faydalı olduğu bildirilen bakteri kültürleri, diğer bir adı ile silaj inokulantları büyük önem taşımaktadır. Bu katkı maddeleri salt silaj oluşum aşamasında değil, silaj açıldıktan sonra silaj stabilitesinin de korunmasını sağlayarak toplam silaj kalitesine iyileştirici özellikler taşımaktadır (Kutlu, 2002).

Silaj, laktik asit bakterilerinin (LAB) anaerobik koşullar altında suda çözünebilir karbonhidratları (SÇK) fermente ederek laktik asite dönüştürmesi temeline dayanır. Silaj yapımında mikrobiyal inokulantlar, laktik asit fermantasyonunu sağlayabilecek yoğunlukta laktik asit bakteri ya da bakteri gruplarını içeren ürünler olarak tanımlanmaktadır. İnokulant olarak kullanılan laktik asit bakterileri, silajda laktik asit fermantasyonunu hızlandırarak asiditenin yükselmesine (yaklaşık pH:4) neden olarak bütrik asit bakterilerinin gelişimini de önlemiş olurlar. Silajın fermantasyon kalitesi laktik asit ve bütrik asit içeriğine göre değişir. İyi bir silaj fazla miktarda laktik asit içerirken ya çok az ya da hiç bütrik asit içermemelidir.

Silaj inokulantı olarak kullanılacak laktik asit bakterilerinin homofermentatif olması istenen bir özelliktir. Homofermantasyonda, karbon kaynağı olan glukoz sadece laktik asite dönüştürülürken, heterofermantasyonda glukoz, laktik asitin yanısıra asetik asit, etanol ve karbondioksite dönüştürülür. Karbondioksite dönüşüm sırasında karbon kaybı oluşmakta ve bitki

materyalinden besin kaybı meydana gelmektedir. Bu nedenle homofermentatif laktik asit bakterilerinden birisi olan *L. plantarum* silaj fermantasyonunda kullanılan önemli bir bakteridir. Çoğu laktik asit bakteri inokulantları bitki materyallerinden izole edilen *L. Plantarum*'dan oluşmaktadır (Ohmomo ve ark., 2002).

Ancak mikrobiyal inokulantların başarısı temelde bitkisel materyalin suda çözünür karbonhidrat içeriği ve kuru madde bileşimi ile ilişkilidir. Düşük suda çözünür karbonhidrat içeriğine sahip materyallerde pH'daki düşüşün hızı da yavaşlayabilmektedir (Merry ve ark., 1993). Ortamdaki suda çözünür karbonhidratlar aerob mikroorganizmalar tarafından kullanılmakta ve silo içerisinde *Clostridial* aktivite başlamaktadır. *Enterobacteria* ailesinin üyeleri ile birlikte maya ve küfler faaliyete geçerler. Sonuçta silajda bütrik asit fermantasyonu önlenemez ve silaj da bozulur (Filya, 2000).

Bu derlemede, mikrobiyal katkı maddesi kullanılarak yapılan silajların, silaj fermantasyonu ile ilgili özelliklerinin belirlenmesi ve bu doğrultuda hayvan performansı üzerine etkileri hakkında fikir sahibi olabilmeyi amaçlamaktadır.

Silaj İnokulantı Kullanımına Yönelik Çalışmalar

Kung ve ark. (1993) hamur olum döneminde hasat edilen mısır bitkisinde 2 farklı homofermantatif LAB inokulantı (İA ve İB) kullanmışlardır. Silolama döneminin sonunda (130. gün) kontrol, İA ve İB gruplarında KM içeriklerini sırasıyla % 34.7, 32.9 ve 33.3; ham protein içeriklerini % 7.7, 7.6 ve 7.6; pH'larını 3.7, 3.7 ve 3.8; NH₃-N içeriklerini % 0.06, 0.07 ve 0.06 olarak tespit etmişlerdir. Araştırma sonunda LAB inokulantı kullanılan İA uygulamasının mısır

silajının pH düzeyini artırmak dışında silaj kompozisyonunu etkilemediğini, İB uygulamasının ise mısır silajının pH'sını etkilemezken laktik asit içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.

Sanderson (1993) silolamanın 40. ve 186. günü yapılan açımlarda silajların fermentasyon özelliklerini incelemiştir. Kontrol silajlarının pH'ları inokulant kullanılan silajlardan daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacı, bu değerleri sırasıyla 3.7 ve 3.6 olarak belirlerken, inokulant kullanılan silajların pH'ları 3.6 ve 3.6 olarak belirlemiştir. İnokulant kullanılan silajlarda SÇK içeriklerinin fermentasyon süresince düştüğü ve silolamanın son gününde %3.0 olarak saptandığı, kontrol silajında ise 40. günde artış gösterdiği ve silolamanın son günü %4.2 olarak saptamıştır. Araştırmacı silolamanın 40. gününde kontrol ve inokulant kullanılan silajlarda NDF içeriğini sırasıyla %44.9 ve 45.9; ADF içeriğini %24.5 ve 24.9; fermentasyonun 186. gününde NDF içeriklerini %43.5 ve 44.8; ADF içeriklerini %25 ve 25.6 olarak saptamıştır. Sonuç olarak %32 KM içeriğine sahip mısır bitkisinde homofermantatif LAB inokulantı kullanımının silaj fermentasyonunu geliştirdiğini bildirmiştir.

Bolsen ve ark. (1996a) mısır bitkisinde LAB inokulantı kullanımının mısır silajının fermentasyon özellikleri ve aerobik stabilitesi üzerine etkilerini inceledikleri araştırmalarında, inokulant kullanımının mısır silajlarının pH'sını ve NH₃-N içeriklerini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Araştırmacılar silolamanın 90. gününde kontrol ve LAB inokulantı katılan grupların pH'larını sırasıyla 3.7 ve 3.7; NH₃-N içeriklerini %0.2 ve 0.2; LA içeriklerini % 4.8 ve 5.3; asetik asit içeriklerini %2.1 ve 1.6 olarak tespit etmişlerdir.

Sebastian ve ark. (1996) mısır bitkisini Propionik asit (PA) ve *Lactobacillus*

plantarum+*Enterococcus faecium* karışımı bir bakteriyel inokulant kullanarak 202 gün boyunca silolamışlar ve silolamanın belirli günlerinde silajların kimyasal ve mikrobiyolojik içeriklerini incelemiştir. Silolama döneminin sonunda (202. gün) kontrol, PA ve laktik asit bakteri inokulantı katılan silaj gruplarının pH' larını sırasıyla 6.1, 4.8 ve 4.4; SÇK içeriklerini %0.5, 1.3 ve 0.8; NH₃-N içeriklerini %6.0, 3.8 ve 4.8; LA içeriklerini %0.3, 0.4 ve 0.8; asetik asit içeriklerini %0.0, 0.1 ve 0.1 olarak belirlemiştir. Ayrıca inokulant katılan silajların laktik asit içeriklerinin kontrol ve PA katılan silajlara göre silolamanın her döneminde önemli düzeyde yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Asetik asit içeriğinin ise tüm silajlarda 138. güne kadar belirgin bir şekilde arttığını 138. gün ve 202. gün arasında düşüş gösterdiğini fakat asetik asit bu artma ve azalma düzeyleri üzerinde katkı maddesi kullanmanın etkisi olmadığı, bütirik asit oluşumuna ise silajların hiç birinde rastlamadıklarını bildirmişlerdir. Mısır silajlarını silolamanın son günü (202. gün) açarak silajlara 7 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulamışlardır. Silajların pH'larını kontrol, PA ve laktik asit bakterisi kullanılan gruplarda sırasıyla 5.3, 5.1 ve 5.9; NH₃-N içeriklerini %1.5, 2.9 ve 4.4; SÇK içeriklerini %1.2, 1.4 ve 0.7; laktik asit içeriklerini %0.0, 0.3 ve 0.1; asetik asit içeriklerini %0.2, 0.2 ve 0.1 olarak belirlemiştir.

Meeske ve Basson (1998) *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus bulgahus* ve *Lactobacillus acidophilus* ile amilaz ve sellülaz içeren LAB+enzim karışımı bakteriyel inokulant kullanımının mısır silajının fermentasyon özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri araştırmalarında, söz konusu inokulantın silajların pH' sını ve NH₃-N içeriklerini düşürdüğünü belirlemiştir. Araştırmacılar silolamanın 95. gününde açılan

silajların KM içeriklerini kontrol ve inokulant kullanılan gruplarda %27.6 olarak belirlerlerken; NDF içeriklerini kontrol ve LAB inokulantı kullanılan gruplarda sırasıyla %49.6 ve 49.2; SÇK içeriklerini %7.1 ve 5.2; HP içeriklerini %9.3 ve 9.4; NH₃-N düzeylerini %5.3 ve 5.2; LA içeriklerini %6.9 ve 6.4; AA içeriklerini ise %1.1 ve 1.4 olarak belirlemişlerdir. Özdüven ve ark. (1999) *Lactobacillus plantarum* kullanımının mısır silajının kalitesi üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında 60 günlük silolama dönemi sonunda kontrol ve LAB inokulantı katılan silajlarda pH değerlerini sırası ile 3.86 ve 3.73; HP içeriklerini %5.9 ve 5.7; NH₃-N içeriklerini %0.6 ve 0.5; SÇK içeriklerini %8.3 ve 9.8; LA içeriklerini % 2.5 ve 2.6; AA içeriklerini %0.8 ve 0.8 olarak tespit etmişlerdir.

Filya ve ark. (2000), LAB inokulantlarının süt olum döneminde hasat edilen buğday silajlarının fermantasyon özelliklerini saptamak amacıyla yürüttükleri çalışmada, silolama öncesi buğday hasıllarında pH, KM, SÇK, HK ve HP içeriklerini sırasıyla 6.7, 368 g/kg, 52 g/kg KM, 93 g/kg KM ve 138 g/kg KM olarak bulmuşlardır. Silolama sonrası (65. gün) buğday silajlarında kontrol, *L. plantarum* + *Enterococcus faecium* ve *L. pentosus* içeren inokulant gruplarında sırasıyla pH düzeylerini 4.4, 3.9 ve 3.9; SÇK içeriklerini 43, 26 ve 25 g/kg KM; LA içeriklerini 8, 35 ve 28 g/kg KM; AA içeriklerini 6, 4 ve 5 g/kg KM olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar sonuç olarak, her iki LAB inokulantının da buğday silajlarının fermantasyon özelliklerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Ranjit ve Kung (2000) süt olum döneminde hasat edilen mısırdaki 2 farklı homofermantatif LAB inokulantı (İA ve İB) kullanımının mısır silajlarının AA, etanol, SÇK, HP, NH₃-N düzeylerini ve ADF içeriklerini

etkilemediğini fakat İB kullanımının mısır silajının NDF içeriğini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Kontrol, İA ve İB gruplarının pH' larını sırasıyla 3.8, 3.7 ve 3.7; KM içeriklerini %28.6, 29.9 ve 30.0; SÇK içeriklerini %3.7, 3.1 ve 4.0; NH₃-N içeriklerini tüm silajlarda %0.1 olarak tespit etmişlerdir.

Filya (2002) 3 farklı homofermantatif LAB (İA, İB, İC) inokulantının mısır ve sorgum silajlarının fermantasyon özellikleri üzerine etkilerini incelediği çalışmasında silolamanın son döneminde (50. gün) LAB inokulantlarının silajların pH' larını kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürdüğünü, SÇK içeriklerini ise etkilemediğini belirlemiştir. Filya (2002b) homofermantatif LAB ve LAB+enzim karışımı silaj inokulantlarının mısır silajının fermantasyon özellikleri üzerine etkilerini incelediği çalışmasında silolamanın son döneminde (50. gün) her iki inokulant da silajların pH' larını önemli düzeyde düşürürken, SÇK içeriklerini önemli düzeyde artırmıştır. Ayrıca her iki inokulantın da silajların NH₃-N, HP ve HK içeriklerini etkilemediği, LA içeriğini artırdığı, AA ve BA içeriklerini ise önemli düzeyde düşürdüğü belirlenmiştir. Kontrol, LAB ve LAB+enzim karışımı inokulant içeren silajlardaki NDF içerikleri sırası ile %52.0, 52.5 ve 46.2; ADF içerikleri %27.2, 27.1 ve 22.4 olarak saptanmıştır. Araştırmada enzim kullanımı silajların NDF ve ADF içeriklerini düşürmüştür.

Aksu ve ark. (2003) mısır silajında bakteriyel inokulant kullanımının silajın pH' sını ve bütirik asit (BA) içeriklerini kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürdüğünü, LA içeriğini artırdığını, AA içeriğini ise etkilemediğini bildirmişlerdir. İnokulant kullanılan silajlardaki BA miktarının (%5.4) kontrol grubu silajlara göre (%7.1) daha düşük bulunmasının nedenini inokulant

kullanılan silajlardaki yüksek laktik asit miktarının proteolitik aktivite üzerindeki inhibe edici etkisinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Basmacıoğlu ve ark. (2003) mısır bitkisinde 10^4 cfu/g (İA) ve 10^6 cfu/g (İB) düzeylerinde homofermantatif LAB+enzim inokulantı kullanmışlardır. Silolamanın 14., 28., 42. ve 56. gününde açılan silajların fermentasyon özelliklerini değerlendirdikleri araştırmalarında LAB+enzim inokulantı kullanımı silolamanın 14. günü dışındaki tüm silajların pH'ları ile AA içeriklerini önemli düzeyde düşürmüştür. İnokulant kullanımı silolamanın 42. ve 56. günlerinde silajların LA içeriklerini artırmış fakat bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Araştırmacılar, fermentasyon süresince silajların KM, SÇK, HP ve BA içerikleri bakımından uygulamalar arasında farklılık gözlenmemiştir. Silolamanın 56. gününde silajların pH'larını kontrol, İA ve İB gruplarında sırasıyla 3.8, 3.7 ve 3.7; SÇK içeriklerini tüm silajlarda %1.2; HP içeriklerini %6.1, 6.1 ve 6.0; $\text{NH}_3\text{-N}$ içeriklerini % 0.0, 0.0 ve 0.1; LA içeriklerini 6.4, 7.0 ve 6.7; AA içeriklerini %2.0, 1.6 ve 1.9; BA içeriklerini ise tüm silajlarda %0.1 olarak tespit etmişlerdir.

Baytok ve ark. (2003) %0.5 düzeyinde formik asit ve homofermantatif LAB inokulantı kullanımının mısır silajının fermentasyon özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar silolamanın 60. gününde açılan silajların $\text{NH}_3\text{-N}$ içeriklerini kontrol, formik asit ve LAB inokulantı kullanılan gruplarda sırasıyla %1.1, 0.8 ve 1.0 olarak belirlemişlerdir. LAB inokulantı kullanımı mısır silajlarının LA içeriklerini önemli düzeyde artırırken, AA içeriklerini önemli düzeyde düşürmüştür. Araştırmada mısır silajlarının LA içerikleri kontrol, formik asit ve LAB inokulantı kullanılan gruplarda sırasıyla %1.1, 1.5 ve 3.1; AA içerikleri %2.7, 3.2 ve 1.7; BA içerikleri %0.2 ve 0.3 olarak

belirlenmiştir. Araştırmada NDF içeriklerini kontrol, formik asit ve LAB inokulantı kullanılan gruplarda sırasıyla %61.9, 60.9 ve 55.3; ADF içeriklerini ise %36.2, 35.2 ve 32.2 olarak tespit etmişlerdir.

Filya (2003a) homofermantatif LAB inokulantı kullanımının mısır ve sorgum silajlarının fermentasyon özellikleri üzerine etkilerini incelediği çalışmada silolamanın son gününde (90. gün) kontrol ve LAB inokulantı kullanılan mısır silajlarının pH'larını 3.7 ve 3.6 olarak belirlerken; SÇK içeriklerini %3.1 ve 2.5; LA içeriklerini %4.0 ve 7.9; AA içeriklerini %1.2 ve 0.3 olarak belirlemiştir. Silolama dönemi sonunda açılan mısır silajlarının 48 saatlik inkübasyon süresi sonunda *in situ* rumen KM parçalanabilirliklerini kontrol ve *L. plantarum* katılan silajlarda sırası ile %46.4 ve 46.6 olarak belirlerken, OM parçalanabilirliklerini %47.8 ve 48.3 olarak belirlemiştir.

Filya (2003b), mısır, sorgum ve buğday bitkisini *L. plantarum*, *L. buchneri* ve bunların kombinasyonunu kullanarak 60 gün boyunca silolamıştır. Silolama dönemi sonunda açılan mısır silajların 48 saatlik inkübasyon süresi sonunda *in situ* rumen KM parçalanabilirliklerini kontrol ve *L. plantarum* katılan silajlarda sırası ile %53.4 ve 54.1 olarak, OM parçalanabilirliklerini ise %54.7 ve 55.4 olarak belirlemiştir. Araştırmacı, LAB inokulantı kullanımının mısır silajlarının KM ve OM parçalanabilirliklerini etkilemediğini bildirmiştir.

Filya ve ark. (2003a) yaptıkları çalışmada, hamur olum döneminde hasat edilen mısır bitkisinde 2 farklı homofermantatif LAB inokulantı (İA ve İB) kullanarak 90 gün boyunca silolamışlardır. Silolamanın 90. gününde İA ve İB kullanımının silajların pH ve $\text{NH}_3\text{-N}$ düzeylerini kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürdüğünü, SÇK ve LA içeriklerini ise önemli düzeyde artırdığını

belirlemişlerdir. Araştırmada kontrol, İA ve İB grubu silajların pH'larını sırasıyla 3.7, 3.5 ve 3.5; SÇK içeriklerini %0.8, 3.9 ve 3.5; NH₃-N içeriklerini %2.6, 0.2 ve 0.4; HK içeriklerini %6.5, 6.4 ve 6.4; LA içeriklerini %3.3, 7.6 ve 6.9; HP içeriklerini ise hem kontrol hem de inokulant içeren gruplarda %6.0 olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar silolama dönemi sonunda açılan silajların 48 saatlik inkübasyon süresi sonunda in situ rumen KM ve OM parçalanabilirliklerinin bir miktar arttığını, ancak bu artışın istatistiki olarak önemsiz olduğunu belirlemişlerdir. Kontrol, İA ve İB kullanılan silajlarda KM parçalanabilirliklerini sırası ile %56.9, 57.8 ve 58.4; OM parçalanabilirliklerini %60.6, 62.5 ve 61.7 olarak bildirmişlerdir.

Filya ve ark. (2004) mısır silajlarında LAB inokulantı ve LAB+PA bakteri inokulantı Propionik asit bakteri (PAB) kombinasyonu kullandıkları çalışmalarında 60 günlük silolama dönemi sonunda tüm silajların pH ve SÇK düzeylerinin azaldığını, LA ve PA (Propionik asit) düzeylerinin arttığını tespit etmişlerdir. LAB ve LAB+PAB kullanılan silajların LA içeriklerinin kontrol ve PAB kullanılan silajlardan önemli düzeyde yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Silajların LA içerikleri kontrol, LAB ve LAB+PAB kullanılan gruplarda sırasıyla %1.2, 1.5 ve 3.2 olarak saptanmıştır.

Muck (2004), üç farklı KM içeriğine sahip (%17.3, 24.6 ve 26.3) mısır bitkisini sırasıyla 1999, 2000 ve 2001 yıllarında *Pediococcus pentosaceus* *Propionibacterium jensei* içeren bakteri inokulantı (İA) ve *Lactobacillus plantarum*+*Enterococcus faecium* (İB) içeren bakteri inokulantı kullanarak silolamış ve bu inokulantların mısır silajlarının fermantasyon özellikleri üzerine olan etkilerini incelemiştir. Araştırmacı inokulant kullanılan silajların pH'larının her üç yılda da kontrol grubuna göre farklı olmadığını belirlemiştir. 1999

yılında kontrol, İA ve İB gruplarında LA içeriklerini sırasıyla %5.5, 5.2 ve 5.2, AA içeriklerini %2.3, 2.2 ve 2.4; 2000 yılında LA içeriklerini %5.3, 5.8 ve 5.5, AA içeriklerini %1.0, 1.1 ve 1.1; 2001 yılında LA içeriklerini %7.3, 8.9 ve 8.1, AA içeriklerini %1.8, 2.3 ve 2.0 olarak saptamıştır.

Kleinschmit ve ark. (2005) mısır silajlarında homofermantatif LAB inokulantı ve propiyonik asit temelli koruyucu (PAT) kullanımının silajların KM içerikleri ve fermantasyon özellikleri üzerinde etkili olmadığını tespit etmişlerdir. Silolamanın son gününde (122. gün) mısır silajlarının KM içeriğinin %25.5-26.8 arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Mısır silajlarının ADF, NDF ve NH₃-N içeriklerinin tüm gruplar için benzer olduğunu; inokulant ve PAT kullanılan mısır silajlarının HP içeriklerinin kontrol silajından farklı olmadığını; silajların SÇK içeriklerinin %2.4 ile 3.0 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar mısır silajlarının LA içeriklerini kontrol, LAB ve PAT gruplarında sırasıyla %8.2, 7.8 ve 8.1; AA içeriklerini %3.0, 2.1 ve 2.0 olarak tespit etmişlerdir.

Polat ve ark. (2005), süt olum döneminde hasat edilen mısır bitkisinde silaj katkı maddesi olarak LAB ve LAB+enzim karışımı kullandıkları çalışmalarında, silolamanın 60. gününde açılan silajlarda en yüksek pH düzeyini 3.6 ile LAB grubunda tespit etmişlerdir. LAB+enzim grubunun SÇK içeriğinin %2.57 olduğunu ve bu değer kontrol ve LAB gruplarına göre önemli düzeyde yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir. Diğer yandan NH₃-N içeriğinin LAB grubunda (0.9 g/kg) kontrol grubu (0.8 g/kg) ve LAB+enzim grubuna (0.7 g/kg) göre yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Baytok ve ark. (2005) yaptıkları araştırmada, formik asit, melas ve mikrobiyal inokulant (homofermantatif laktik asit

bakterileri) katkısının mısır silajlarının kalitelerini ve koyunlarda rumen fermentasyonuna etkilerini incelemiştir. Araştırmacılar, KM, kül, OM, NDF, ADF ve HP düzeylerini (%KM'de) sırasıyla, kontrol grubunda; 26.90, 8.90, 91.10, 61.89, 36.21 ve 7.37, inokulant grubunda; 26.82, 9.69, 90.31, 60.91, 35.22 ve 7.19 olarak bulmuşlardır. Kontrol ve inokulant gruplarda pH, LA, AA, BA ve NH₃-N içeriklerini ise sırasıyla; 3.77, 1.08, 1.26, 0, 1.06 ve 3.86, 3.09, 1.70, 0.27, 0.94 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, mısır silajlarında mikrobiyal inokulant katkısının laktik asit düzeylerini önemli derecede etkilediğini bildirmişlerdir.

Filya ve Sucu (2007) yaptıkları çalışmada, silaj katkı maddelerinin hamur olum döneminde hasat edilen buğday hasıllarının 90 günlük silolama sonrasında fermentasyon özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Taze materyal için pH değerini 6.52, KM, SÇK, HK, HP ve NDF miktarlarını sırasıyla 355.3, 108.4, 63.2, 70.0 ve 536.7 g/kg KM; LAB, maya ve küf sayılarını ise 3.05, 3.64 ve 3.35 log₁₀ cfu/g olarak saptamışlardır. Araştırmacılar, silolama sonrası kontrol, *L. plantarum*, *L. buchneri*, *propionibacterium acidipropionici* ve formik asit uygulanan gruplarda sırasıyla pH değerlerini 4.22, 3.96, 4.67, 4.55 ve 3.94; SÇK içeriklerini 59.5, 54.3, 20.7, 57.9 ve 58.8 g/kg KM; LA içeriklerini 49.6, 81.4, 36.3, 51.5 ve 56.5 g/kg KM; AA içeriklerini 9.3, 5.6, 27.4, 18.3 ve 14.9 g/kg KM; BA içeriklerini 0.7, 0.2, 0.1, 0.3 ve 0.2 g/kg KM; NH₃-N içeriklerini 0.230, 0.194, 0.259, 0.246 ve 0.155 g/kg KM olarak tespit etmişlerdir.

Jalč ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, üç mikrobiyal inokulantın (*Lactobacillus plantarum* CCM 4000, *L. fermentum* LF2 ve *Enterococcus faecium* CCM 4231) domuz ayrığı (*Dactylis glomerata*) silajının fermentasyonu ve besin değeri üzerine

etkilerini incelemiştir. Silolama öncesi otların; KM, HP, HS, NDF, ADF, lignin, yağ ve kül değerlerini sırasıyla; 279.7, 149.7, 415.2, 515.5, 316.4, 30.1, 25.1 ve 72.5 g/kg olarak IVKMS (*in-vitro* kuru madde sindirilebilirliği) değerini ise %71.4 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, otların 105 günlük silolaması sonrasında, kontrol grubu, *Enterococcus faecium* CCM 4231, *L. fermentum* (LF2) ve *Lactobacillus plantarum* CCM 4000 gruplarında, KM içeriğini sırasıyla, 222.8, 241.5, 229.0 ve 246.6 g/kg, kül içeriğini; 78.1, 77.7, 78.0 ve 75.9 g/kg (KM' de), HP içeriğini; 126.4, 141.5, 146.6 ve 139.9 g/kg (KM' de), ham selüloz içeriğini; 409.5, 365.8, 368.8 ve 348.3 g/kg (KM' de), NDF içeriğini; 698.4 686.8 691.3 ve 664.4, ADF içeriğini; 407.5, 392.2, 385.3 ve 380.5, IVKMS değerlerini; %66.4, 59.9, 60.4 ve 69.5, pH değerlerini; 5.26, 4.49, 4.26 ve 4.35, LA düzeylerini; 29.6, 60.4, 84.9 ve 94.1, AA düzeylerini; 3.14, 1.65, 6.98 ve 6.89, PA düzeylerini; 0, 3.72, 4.80 ve 7.70, amonyak azotu (NH₃-N) düzeylerini 77.3, 92.0, 78.9 ve 55.5 g/kg N olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, ot silajlarında mikrobiyal inokulant katkısının KM, HS, ADF, IVKMS, pH, laktik asit ve asetik asit düzeylerini önemli derecede etkileyerek besin kompozisyonu ve fermentasyon parametrelerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Bununla beraber, NDF düzeyinin *Lactobacillus plantarum* CCM 4000 katkılı silajda, diğer silaj gruplarından önemli derecede daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Özdüven ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada silaj katkı maddesi olarak kullanılan laktik asit bakteri inokulantı, enzim ve laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulantların, tritikale (xTriticosecaie Wittmack) silajlarının fermentasyonu ve *in vitro* kuru ve organik madde sindirilebilirlik özellikleri üzerindeki etkilerini

araştırmışlardır. Araştırmacılar, LAB inokulantı olarak Pioneer-1188 (Iowa, USA), enzim (Global Nutritech, TR) ve LAB+enzim karışımı inokulant olarak Sil-All (Allteck, UK) kullanmışlardır. Araştırmacılar, silolama döneminin sonunda (45. gün) açılan tüm silajlara 5 gün süre ile aerobik stabilite testi uygulamışlardır. Ayrıca bu silajların *in-vitro* kuru ve organik madde sindirilebilirliklerini saptamışlardır. Her iki inokulant ve enzim, tritikale silajlarının fermentasyon özelliklerini artırdığını, enzim ve LAB+enzim karışımı inokulantları içeren silajların ise NDF içeriklerini azaltırken ve *in vitro* kuru ve organik madde sindirilebilirliklerini arttırdığını bildirmişlerdir.

Sonuç olarak mikrobiyal silaj katkı maddelerinin silajın fermentasyon özellikleri üzerine olumlu etkilerine sahip olup ve buna yönelik çalışmaların ruminant hayvanlar üzerinde yapılacak çalışmalarla desteklenmesi hayvancılık açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Aksu, T., Baytok, E., Bolat, D. 2003. Bir bakteriyel silaj inokulantının mısır silajının fermentasyonu ve ham besin maddelerinin sindirilme derecelerine etkisi. II. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 18-20 Eylül 2003, Konya, s. 453-455.
- Basmacığlu, H., Ergül, M., Karaayvaz, K. 2003. Mısır silajında katkı maddesi olarak bakteri+enzim karışımı kullanımının silaj fermentasyonu ile aerobik dayanıklılık üzerine etkisi. II. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 18-20.
- Baytok, E., Aksu, T., Karlı, M.A., Muruz, H. 2003. Formik asit, melas ve inokulant katkılarının mısır silajının bileşimi, rumen fermentasyonu, organik madde sindirilebilirliği ve mikrobiyal protein sentezine etkileri. 1. silajların bileşimi ve fermentasyonu. II. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 18-20 Eylül 2003. Konya, s. 42-46.
- Baytok, E., Aksu, T., Karlı, M.A., Muruz, H. 2005. The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 29: 469-474,
- Bolsen, K.K., Ashbell, G., Veinberg, Z.G. 1996a. Silage fermentation and silage additives. Feed Conservation Laboratory, Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel.
- Filya, I., Ashbell, G., Hen, Y., Weinberg, Z.G. 2000. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. *Animal Feed Science and Technology*, 88: 39-46.
- Filya, I. 2002. The effects of lactic acid bacterial inoculants on the fermentation aerobic stability and *in situ* rumen degradability characteristics of maize and sorghum silages. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26 (4): 815-823.
- Filya, I. 2003a. The effect of *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology*, 95: 1080-1086.
- Filya, I. 2003b. The Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the Fermentation, Aerobic Stability, and Ruminal Degradability of Low Dry Matter Corn and Sorghum Silages. *J. Dair. Sci.*, 86: 3575-3581.
- Filya, İ., Sucu, E., Hanoğlu, H. 2003. Bakteriyel inokulantların küçük plastik balya mısır silajlarının fermentasyon özellikleri ve besleme değerleri üzerindeki etkileri. II. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi, 18-20 Eylül 2003, Konya, s. 230-233.
- Filya, I., Sucu, E., Karabulut, A. 2004. The effect of propionic bacterium acidipropionici, with or *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation and aerobic stability of wheat, sorghum and maize silages. *J. Appl. Microbiol.*, 97: 818-826.
- Filya, I., Sucu, E., 2007. The Effect of bacterial inoculants and a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of whole-crop cereal silages. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 20 (3): 378-384.
- Jalč, D., Lauková, A., Pogány Simonová, M., Váradyová, Z., Homolka, P., 2009. Bacterial inoculant effects on corn silage

- fermentation and nutrient composition. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 22 (7): 977-983.
- Kleinschmit, D.H., Schmidt, Rj, Kung, L. 2005. The effect of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.*, 88: 2130-2139.
- Kung, L, Chen, J.H., Kreck, M., Knutsen, K. 1993. Effect of microbial inoculants on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76: 3763-3770.
- Kutlu H.R. 2002. Tüm Yönleriyle Silaj Yapımı ve Silajla Besleme. Çukurova Üniversitesi, Balcalı-Adana.
- Merry, R. J., Cussen, R. F., Mackenna, A. P., Williams, J., Tweed, S. 1993. The effect of different inoculants on fermentation and proteolysis in silages of differing perennial ryegrass and white clover content. Proc. 10 th Int. Conf. Silage, 83-84.
- Muck, R. E. 2004. Effect of corn silage inoculants on aerobic stability. American Society of Agricultural Engineers. ISSN 0001-2351. Vol. 47(4): 1011-1016.
- Ohmomo, S., Nitisingprasert, S. And Hiranpradit, S. 2002. Silage-making and recent trend of dairy farming in Thailand. *JARQ*, 36(4): 227-234.
- Özdüven, M.L., Kursun Onal, Z., Koc, F. 2010. The effects of bacterial inoculants and/or enzymes on the fermentation, aerobic stability and *in vitro* dry and organic matter digestibility characteristics of triticale silages. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 16 (5): 751-756.
- Özdüven, M.L., Koç, R., Yurtman, İ.Y. 1999. Mikrobiyal katkı maddelerinin mısır silajında kalite ve aerobik dayanıklılık üzerindeki etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 5 (3): 7-12.
- Polat, C., Koç, F., Özdüven, M.L. 2005. Mısır silajlarında laktik asit bakterileri ve laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulantların fermantasyon ve toklularda ham besin maddelerinin sindirilme dereceleri üzerine etkileri. *J. Tekirdağ Agricultural Faculty*, 2: 13-22.
- Ranjit, N.K., Kung, JR. 2000. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.*, 83(3): 526-535.
- Sanderson, M. A., 1993. Aerobic stability and *in vitro* fiber digestibility of microbially inoculated corn and sorghum silages. *J. Anim. Sci.*, 71: 505-514.
- Sebastian, S., Phillip, L.E., Fellner, V., Idziak, E.S. 1996. Comparative assessment of bacterial inoculation and propionic acid treatment on aerobic stability and microbial populations of ensiled high-moisture ear corn. *J. Anim. Sci.*, 74: 447-456.