

## Silaj Mikro Florasının Birbirleri İle İlişkileri, Silaj Fermentasyonu ve Kalitesi Üzerine Etkileri

Mustafa KIZILSIMSEK<sup>1\*</sup>, Adem EROL<sup>1</sup>, İbrahim ERTEKİN<sup>2</sup>, Rukiye DÖNMEZ<sup>2</sup>, Bedir KATRANCI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>KSU, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>2</sup>KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, Kahramanmaraş

Geliş (Received): 03.03.2016

Kabul (Accepted): 12.04.2016

**ÖZET:** Ülkemizde silaj yapımı son yıllarda giderek artan bir hızla yaygınlaşmaktadır. Silaj yapımının tekniğine uygun şekilde yapılması, üstün kaliteli silaj elde edilmesi için bir ön şarttır. Bununla birlikte silaj mikro florası, bunların birbirleri ile ilişkileri ve silo içerisindeki gelişimleri, silaj kalitesini belirleyen ana unsurlardan biridir. Ancak, ülkemizde silaj yapımı ile ilgilenen işletmelerin önemli bir çoğunluğu, bilgi eksikliği, dikkatsizlik veya önemsememe gibi nedenlerle, bu konuya gereken önemi vermedikleri için, silaj kalitesinde önemli kayıplar yaşanabilmekte ve silajın aerobik stabilitesinde azalmalar görülmektedir. Bazen bu yanlış uygulamaların sonucunda hayvan sağlığı tehdit edilmekte veya hayvansal ürünlerde de kalite kayıpları yaşanmaktadır. Silaj yapımında uygun teknikleri uygulayabilmek için, silaj mikro florasının davranışlarını ve sonuçlarını bilmek büyük öneme sahiptir. Bu makalede, literatür bilgilerine göre, silaj içerisindeki mikro floranın genel durumu, birbirleri ile ilişkileri, fermentasyon yönü ve silaj kalitesine etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Silaj, Mikro flora, Mikro organizma, Fermentasyon, Kalite

### Relationship Among Silage Micro Flora and Their Effects on Silage Fermentation and Quality

**ABSTRACT:** Silage making has become widespread in Turkey gradually in last decade. Applying technically appropriate silage making procedure is prerequisite to obtain high quality silage. In addition, variability of silage micro flora, their relationship among themselves and their growth in silo are main factors affecting silage quality. Nevertheless, due to some reasons such as lack of information, inattention and disregards of majority of corporation interested in silage making, huge losses in quality and decreases in aerobic stability of silage are seen. Sometimes, animal health is threatened and quality losses in animal product can occur as a result of such misapplications. Silage microorganisms and their behavior in silage should be known for applying appropriate techniques in silage making. In this paper, common position of micro flora in silage and their effects on fermentation direction and silage quality will be reviewed based on literature.

**Key Words:** Silage, Micro flora, Microorganisms, Fermentation, Quality

### GİRİŞ

Hayvancılık sektörü, gelişmekte olan dünya ülkelerinde, tarımsal ekonominin en hızlı gelişen kolu konumundadır. Ancak bu sektörde üretimi olumsuz etkileyen en önemli faktörün hayvan besleme ile ilgili olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca, hayvancılıkla ilgilenen birçok bölgede yem üretimi genellikle yılın belli bir döneminde mümkün olmaktadır. Yılın geri kala kısmında herhangi bir kaba yem üretimi mümkün olmamaktadır. Silaj yapımının ana amacı; taze yem bitkilerinin ve diğer kaba yemlerin kıt olduğu veya otlatmanın yapılamadığı dönemlerde hayvanların kaba yem gereksinimini karşılamaktır. Bununla birlikte dünyadaki modern hayvancılık işletmelerine, yalnızca bu dönemlerde değil, yıl boyu silajla besleme uygulamaları yapılmakta ve hayvan diyetlerinde çeşitli bitki silajlarına yıl boyu yer verilmektedir. Bu şekilde, üretim sisteminin ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebilirliğine katkı sağlanmaktadır. Mısır, buğday, fiğ gibi bitkilerin birim alandan ürettikleri sindirilebilir madde veriminin, tüm bitki hasadında (örneğin; silaj için hasat) sadece tane hasadına göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Driehuis ve ark. 2000). Silajın bir diğer önemli avantajı da, hasattan

hayvan beslemeye kadar olan tüm dönemlerinde, özellikle entansif işletmeler için mekanize uygulamalara geniş olanaklar sağlamasıdır.

Mısır, arpa, buğday, sorgum, bazı buğdaygil yem bitkileri, yonca, fiğ ve üçgül gibi farklı bitkiler (Ashbell ve Weinberg, 2006) ile elma (Ajila ve ark. 2012) ve turuncgil posası gibi tarımsal atıklardan silaj yapmak mümkündür. Bu nedenle silaj hammaddesi oldukça geniş bir yelpazeye yayılmıştır. Silaj hammaddesi ne olursa olsun, bu suca zengin materyali korumanın ve uzun süre saklamanın yolu, anaerobik şartlarda laktik asit fermentasyonunu sağlamaktır (Gollop ve ark. 2005).

### SİLAJ FERMENTASYON SÜRECİ

Silaj yapımının ana prensibi; anaerobik şartlarda laktik asit fermentasyonu sayesinde silolanmış materyalin pH seviyesini hızlı bir şekilde düşürmek ve anaerobik şartların devamını sağlamaktır. Silolama süreci dört temel evrede incelenebilir. İlk evre; hasat ile başlayan ve silolamadan sonraki 24-48 saate kadar devam eden ve "aerobik solunum dönemi" diye adlandırılan bir süreçtir. Bu dönemde hasat edilen ve parçalanmış bitki dokusu içerisinde atmosferik oksijen rahatlıkla girer ve hem canlı bitki hücrelerinin solunum

\*Sorumlu Yazar: Kızılsimşek, M., mkizil@ksu.edu.tr

yapması, hem de zorunlu veya fakültatif aerobik mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu kuru madde kayıpları ortaya çıkar. “Anaerobik fermentasyon dönemi” olarak adlandırılan ikinci evre, silolanan materyal içerisinde mevcut oksijen bittikten sonra başlar ve silolama şartlarına ve silolanan materyalin özelliklerine bağlı olarak birkaç gün ile birkaç ay arasında değişen sürelerle kadar devam eder. Bu aşamada farklı mikroorganizma gurupları (laktik asit bakterileri (LAB), asetik asit bakterileri, enterobakteriler, klostridia bakterileri, küfler ve mayalar) anaerobik olarak gelişirler ve ortamdaki besin maddeleri için bir rekabete girerler. İyi silolanmış silajlarda LAB hızlı bir şekilde fermentasyonda dominant konuma geçerler ve bu bakteriler bitki şekerlerini (özellikle glikoz, früktoz ve sukroz) kullanarak yüksek miktarda laktik asit, bir miktar da asetik asit üreterek ortamın pH seviyesini düşürürler. Üçüncü aşama “anaerobik dinlenme dönemi” olarak adlandırılır. Bu dönem fermentasyon sona erdikten sonra başlayan ve silajın hayvanlara yedirilmesi amacıyla açılmasına kadar geçen süredir. Bu dönem birkaç hafta ile bir yıl arasında değişen sürelerde olabilir ve bu dönemde fermentasyon yok denecek kadar az olduğundan, dinlenme süresi boyunca silajın organik asit kompozisyonunda bir değişim olması beklenmez. Ortam pH seviyesi yeteri kadar düşük olduğu ve dışarıdan oksijen veya su girişine izin verilmediği sürece silaj materyali stabil olarak kalır. Hemen her tür mikroorganizma sayısında önemli azalmalar görülür. Bazı asit tolerant mikroorganizmalar (bazı maya türleri) inaktif konuma geçerler, klostridia ve basili türü bazı mikroorganizmalar spor oluşturarak hayatta kalırlar. Bazı özel mikroorganizmalar (örneğin, *Lactobacillus buchneri*) düşük miktarlarda aktif olarak kalmaya devam ederler (Driehuis ve ark. 1999). İkinci ve üçüncü aşama boyunca yemdeki protein fraksiyonları, bitki ve mikrobiyel orijinli enzimlerle peptitlere, amino asitlere, aminlere ve amonyaka indirgenirler. Yem değerini düşüren bu protein indirgenmesi olayı “proteolysis” olarak bilinir ve genellikle silajdaki amonyak konsantrasyonu proteolysis seviyesini belirlemede kullanılan bir indikatördür (Driehuis ve Oude Elferink, 2000). Son aşama ise silajın hayvanlara yedirilmek üzere açıldığı ve atmosferik oksijen ile temas ettiği dönem olan “aerobik besleme dönemi”dir. Aslında silaj örtüsündeki yıpranmalar veya kullanılan plastik örtünün oksijen bariyer özelliğinin bulunmaması, diğer bir ifade ile hava geçirmeyen türden olmaması gibi nedenlerle, bu evre silo açılmadan da başlayabilir. Bu dönemde oksijene maruz kalan silaj materyali, içerisinde bulunan özellikle küfler ve mayaların ikincil fermentasyonu nedeniyle bozulmaya başlar. Aerobik bozulma (aerobic deterioration) olarak bilinen bu olayı asıl başlatan ve sürdüren mikroorganizmaların, öncelikle aside dayanıklı mayalar ve asetik asit bakterileri olduğu bildirilmiştir (Moon ve Ely, 1979; Oldenburg, 2000). Bu mikroorganizmaların silaj içerisindeki koruyucu asitleri okside ettikçe, silaj içinde

pH yükselir ve diğer istenmeyen mikroorganizmalar da gelişmeye başlarlar (Woolford, 1990).

## SİLAJ MİKRO FLORASI VE FERMENTASYONDAKİ ROLLERİ

Silaj mikro florası silajdan başarılı fermentasyon çıktılarını elde etmede kilit bir rol oynamaktadır. Genel olarak mikroorganizma florası, istenilen ve istenmeyen mikroorganizmalar olarak iki temel kısma ayrılır. Silaj içerisinde istenilen mikroorganizmalar temel olarak LAB'dir. Bu bakteriler, metabolik ürünleri olan laktik asit sayesinde silajın korunmasını sağlarlar. İstenmeyen mikroorganizmalar ise anaerobik bozulmadan (klostridia ve enterobakteriler gibi) ve aerobik bozulmadan (mayalar, küfler ve *listeria* gibi) sorumludurlar. Silajın bozulmasına neden olan bu mikroorganizmalar yalnızca silajın besleme değerini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda hayvan sağlığı ve hayvansal ürün kalitesini de önemli ölçüde düşürürler (Driehuis ve Oude Elferink, 2000).

### Laktik Asit Bakterileri (LAB)

Laktik asit bakterilerinin kaynağı, bitki materyali üzerindeki epifitik flora olup, onun da asıl kaynağı topraktır. Bitki üzerindeki LAB yoğunluğu, bitkinin kuru madde içeriğine, bitkinin gelişme dönemine, yapraklar üzerindeki besin maddesi varlığına, toprak özelliklerine, rakıma ve iklim şartları gibi daha bir çok faktöre göre değişkenlik göstermektedir. Besin istekleri nedeniyle LAB besince zenginleştirilmiş besi ortamlarında kültüre alınabilir ve süt ve süt ürünleri, et ve et ürünleri ve tahıl ürünleri gibi bir çok ortamda gelişebilirler (Carr ve ark. 2002). Ayrıca gando-koltuk altı, ağız içi, genital bölgeler ile gastro-intestinal organlarda da yoğun şekilde bulunabilirler. Ancak, genellikle patojen olmadıklarından herhangi bir hastalık etmeni sayılmazlar.

Silaj ile ilişkili olan LAB türleri genellikle *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* ve *Enterococcus* cinslerine aittir (McDonald ve ark. 1991). Bunun dışında *Lactococcus* ve *Streptococcus* cinsleri de bazı önemli LAB türlerini içinde barındırır. Bu bakteriler 20-40°C sıcaklıklarda gelişebilirler. Optimum gelişme sıcaklıkları 32-35°C civarındadır. LAB'ni diğerlerinden ayıran en önemli özellikleri, asit ortamlara gösterdikleri toleranstır. Bu bakteriler silaj pH seviyesini 4 veya daha aşağı sınırlara kadar düşürebilirler. Bütün LAB türleri seçici aerobik türler olmalarına karşın, bazıları anaerobik şartları daha çok tercih ederler. Şeker metabolizmalarına göre LAB, zorunlu homofermentatif, seçici heterofermentatif veya zorunlu heterofermentatif olmak üzere üçe ayrılır. Zorunlu homofermentatif LAB heksozları Embden-Meyerhof glikolitik yolu kullanarak %85'in üzerinde bir oranda laktik aside fermente ederler (Limsowtin ve ark. 2003). Teorik olarak bu fermentasyonla 1 molekül glikozdan 2 molekül laktik asit üretilir ve 2 ATP kazanılır. Ancak bu grup bakteriler fosfoketolaz enzimine sahip olmadıkları için pentozları fermente

edemezler. İkinci gurup olan seçici heterofermentatif LAB, hem heksozları, hem de aldolaz ve fosfoketolaz enzimlerine sahip oldukları için, pentozları fermente edebilirler. Seçici heterofermentatifler glikozu fermente etmede, zorunlu homofermentatif bakteriler ile aynı yolu takip ederlerken, pentozların fermentasyonunda, fosfoketolaza bağımlı yolu (phosphoketolase-dependent pathway) izlerler (Panesar ve ark. 2007). Pentozların fosfoketolaza bağımlı yol ile fermente edilmesinde her bir pentoz molekülünden 1 molekül laktik asit ile birlikte 1 molekül asetik asit veya 1 molekül etanol

üretir. Bu nedenle laktik asit ile birlikte pentozların fermentasyonundan özellikle asetik asit ve/veya etanol üretimi de gerçekleşir. Zorunlu heterofermentatif türler şeker metabolizmasında, hem heksozlar hem de pentozlar için yalnızca fosfoketolaza bağımlı yolu takip ettiklerinden, laktik asitle birlikte önemli miktarda asetik asit ve/veya etanol ile birlikte karbon dioksit üretimi de gerçekleştirirler (Axelsson, 2004). Bazı yaygın LAB türlerinin şeker metabolizmasına göre sınıflaması Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Yaygın olarak görülen bazı LAB türlerinin fermentasyon özelliklerine göre sınıflandırılması

Zorunlu Homolaktik Fermentatif	Heterolaktik Fermentatif	
	Seçici	Zorunlu
<i>L. acidophilus</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. brevis</i>
<i>L. helveticus</i>	<i>L. rahamnosus</i>	<i>L. buchneri</i>
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>delbrueckii</i>	<i>L. coryneformis</i>	<i>L. fermentum</i>
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>lactis</i>	<i>L. curvatus</i>	<i>L. kefir</i>
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. reuteri</i>
<i>Lactococcus lactis</i>	<i>L. paracasei</i>	<i>Leuconostoc sp.</i>
<i>Streptococcus thermophilus</i>		

(Kaynak: Cury ve Crow, 2003)

LAB'nin salgıladıkları bazı ürünlerin, diğer mikroorganizmaların gelişimini olumsuz yönde etkilediği, yani antimikrobiyel bir etkiye sahip olabilecekleri bilinmektedir. Magnusson ve ark. (2003)'e göre, LAB'nin antimikrobiyel etkinlikleri üç şekilde açıklanabilir; I-üretilen organik asit miktarı, II-besin maddesi yönünden rekabetleri ve III- ürettikleri antagonistik bileşikler. Antimikrobiyel etkinliği sağlayan antagonistik bileşik üretimi LAB için yaygın bir durum olmadığından, bu güne kadar örneğin küfler üzerinde etkili olabilen LAB suşlarından bahseden sadece bir kaç çalışma mevcuttur. Roy ve ark. (1996), izole ettikleri 2100 adet LAB suşunun, değişik küf türlerine karşı antagonistik etkisini araştırmak için incelemişler ve yalnızca 6 LAB kolonisinin tek bir tür (*Aspergillus flavus*) üzerine etkili olduğunu ve yalnızca 1 LAB kolonisinin daha geniş spektrumlu bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu izolatu *L. lactis* subsp. *lactis* olarak teşhis etmişlerdir.

Birçok çevresel faktör LAB'nin gelişimini etkilemektedir. Bunların başında sıcaklık gelir. Genelde LAB 20-40°C arasında gelişme gösterebilirler de, geliştikleri optimum sıcaklıklara göre mezofilik gruplara ayrılırlar. Örneğin *L. delbrueckii*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (*L. bulgaricus*), *L. thermophilus*, ve *L. delbrueckii* gibi türlerin optimum gelişme sıcaklıkları daha yüksek olduğundan, termofilik bakteriler grubuna girerler (Panesar ve ark. 2007).

Yeşil bitkiler üzerindeki epifitik flora, çok sayıda mikroorganizma türünü barındırmaktadır. Ancak silaj yapımında yalnızca bazı türler ön plana çıkmaktadır. Silaj yapımında önem arz eden türler ve bitkilerdeki ortalama miktarları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Bitkiler üzerinde bulunan bakteri ve fungal gurupların tipik dağılımı ve miktarları

Mikroorganizma Gurubu	Populasyonu (kob* g <sup>-1</sup> bitki)*
Toplam aerobik bakteri	>10.000.000
Laktik asit bakterileri	10-1.000.000
Enterobakteriler	1.000-1.000.000
Maya ve maya benzeri funguslar	1.000-100.000
Küfler	1.000-10.000
Clostridia (endospor)	100-1.000
Bacili (endospor)	100-1.000
Asetik asit bakterileri	100-1.000
Propiyonik asit bakterileri	10-100

\*:Koloni oluşturan birim

Çizelge 2’den görüldüğü üzere silaj yapımı öncesi bitkiler üzerinde bulunan ve silaj kalitesini etkileme yeteneğinde olan bir çok mikroorganizma gurubu vardır. Bu gruplar içerisinde özellikle mayalar, küfler, enterobakteriler ve klostridia türleri silaj kalitesini etkileme bakımından ön plana çıkmaktadır.

### Mayalar

Mayalar fakültatif anaerobik, ökaryotik, heterotrofik ve tomurcuklanma ile yayılan mikroorganizmalardır. Mayalar silaj yapımı sırasında, özellikle aerobik solunum döneminde, anaerobik fermentasyon döneminin başlangıcında ve aerobik besleme döneminde faaliyet gösterirler. Her ne kadar silajın aerobik bozulmasından birinci derecede mayalar sorumlu olsalar da, anaerobik şartlar altında da bir çok

maya türü glikoz, maltoz ve sukroz gibi şekerleri öncelikle etanol ve karbondioksit, az miktarda da diğer alkollere (örneğin propanol, 2-butanediol, pentanol v.d.) ve asetat, propiyonat ve bütrat gibi bazı uçucu yağ asitlerine fermente ederler. Aerobik şartlar altında mayalar laktik asidi okside ederek ortamın pH seviyesini yükseltir ve silajı bozacak diğer istenmeyen mikroorganizmaları da aktif hale getirmeleri için tetiklerler. Hem aerobik hem de anaerobik şartlardaki maya aktivitesi silaj kalitesi bakımından arzu edilmeyen fermentasyon olarak kabul edilir. Çünkü bu fermentasyon tiplerinde yüksek miktarda kuru madde kaybı gerçekleşir, silaj kötü kokmaya başlar ve bu kötü koku sütte de kendini açıkça gösterir. Ayrıca mayalar silajın aerobik bozulmasını başlatan mikroorganizmaların en önemlisi olarak kabul edilir.

Mayalar anaerobik şartlarda ayrıca laktat üretimi de gerçekleştirirler. Genellikle çok asidik ortama dayanmasalar da *Candida*, *Hansenula*, *Saccaromyces* ve *Torulopsis* cinslerine ait türlerin bazılarının asit dayanımı yüksektir. Silaj yapımının ilk aşamalarında, özellikle de ilk haftada, mayaların sayısı 107 kob g-1 silaj seviyelerine kadar çıkabilir. Depolama süresi ilerledikçe sayılarında önemli azalmalar görülür. Silajın dinlenme dönemi olan depolama evresinde mayaların hayatta kalması, anaerobik şartların devamlılığına, silajın pH seviyesine, organik asitlerin konsantrasyonuna ve maya türüne bağlı olarak değişir.

### Küfler

Küfler genellikle aerobik mikroorganizmalar olduklarından, silaj içerisindeki gelişimleri genellikle iyi kapatılmamış veya iyi sıkıştırılmamış siloların yüzey tabakasına yakın kısımlarında gelişme gösterirler. Küfler ayrıca, besleme döneminde silajın aerobik bozulmasında önemli rol oynarlar. Silajlarda en sık rastlanan küfler genellikle *Penicilium*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Bysochlamys*, *Absidia*, *Arthrinium*, *Geotrichum*, *Monascus*, *Scopulariopsis* ve *Trichoderma* cinslerine aittir (Mc Donld ve ark., 1991; Nout ve ark., 1993). Silaj içerisinde bulunan çoğu küfler, hayvanlarda yem tüketiminin azalması, düşük miktarının artması, hormonal dengesizlik ve bağışıklık sisteminin zayıflaması gibi birçok olumsuz duruma neden olan bir veya birkaç mikotoksin üretirler. Bu mikroorganizmaların silaj içerisinde dominant tür haline gelebilme yetenekleri, yüksek karbondioksit konsantrasyonlarına(800 mL L-1), toleransları, yüksek asetik asit seviyelerine (3.5 pH seviyesinde 15 g kg-1)dayanıklılıkları ve çok düşük O2 seviyelerinde (1.4 mL L-1) bile gelişebilmeleri gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Lacey, 1989).

### Enterobakteriler

Bu grup bakterilerin birçoğu seçici anaerobik türler olup, yeşil bitki epifitik florası içerisinde en çok *Ervinia herbicola* ve *Rahnella aquitilis* türleri dominant konumda iken, silaj yapımını takip eden kısa süre içerisinde bu türler yerlerini *Hafnia alvei*, *Escherichia*

*coli* ve *Sterratia fonticola* türlerine bırakırlar (Heron ve ark. 1993). Bu türler içerisinde hayvan sağlığı bakımından en tehlikeli olan tür *E.coli*'dir. Bu grup bakteriler, silaj yapımının erken dönemlerinde karbonhidratlar bakımından LAB ile rekabete girerler ve bir miktar da amino asitleri parçaladıkları için etanol ve biyojenik amin üretimi de gerçekleştirirler. Bir çok enterobakteri pH seviyesinin 4.5-5.0 olduğu durumlarda bile yaşamlarını sürdürmezler. Sadece O2 varlığında bir süre daha yaşayabilirler. Ancak asitliğin hızlı bir şekilde ve yeteri kadar düşmesi ile gelişimleri tamamen durur (Heron ve ark. 1993). Silajın depolama süresince hayatta kalabilen az sayıdaki enterobakteriler aerobik bozulma döneminde tekrar gelişmeye başlarlar ve kısa sürede 108 g-1 silaj seviyelerine kadar çıkabilirler.

### Clostridia

Bu gurup bakteriler *Clostridium* cinsine ait ve gram pozitif türlerdir. Birçok tür genellikle zorunlu anaerobik olmakla birlikte, O2 varlığına toleransları da oldukça değişkendir. Clostridia bakterileri enerjilerini karbonhidrat ve protein gibi organik fermentasyon bileşiklerden sağlar. Silaj içerisinde en sık *C. tyrobutyricum*, *C. butyricum*, *C. sporogenes* ve *C. bifermentansgibi clostridia* türleri görülür. Bunlardan ilk ikisi zayıf proteolitik, son ikisi de yüksek proteolitik özellik gösterir. Proteolitik özelliği zayıf olan türler karbonhidratları fermente ederken, yüksek proteolitik özellik gösterenler proteinleri fermente ederler. Karbonhidrat fermentasyonunda butirik asit ve asetik asit son ürün olarak üretilirken, protein fermentasyonunda bu asitlere ilave olarak etanol, isobutirik asit, isovalerik asit NH3 ve amin üretimi de gerçekleşir. Proteolitik özellik gösterenler genellikle pH seviyesi 5'in altına indiğinde faaliyet göstermezken, *C. tyrobutyricum* türü pH 4.2 seviyesinde bile faaliyet gösterebilir. Silaj içerisinde clostridial fermentasyonu önlemek için, yüksek kuru maddede silolama yapmak, tam havasızlığı sağlayarak pH seviyesinin hızlı bir şekilde ve yeteri kadar düşmesini sağlamak veya başlangıçta silaja asit ilavesi yapmak gibi bazı önlemler alınabilir.

### Basililer

Basili türleri seçici anaerobik bakterilerdir. Basili içeren silajlar süt kalitesini olumsuz etkileyebilirler. Özellikle *Bacillus cereus* türü pastörize sütlerin ve süt ürünlerinin bozulmasına ve gıda zehirlenmelerine neden olan türdür. Basili türleri çok sayıdaki karbonhidrat kaynaklarını çeşitli organik asitlere (asetik, laktik, butirik asit gibi), etanole, 2-3 butanediol ve gliserol gibi ürünlere fermente edebilirler. Özellikle hayvan gübrelemesi yapılmış bitkilerin kullanıldığı silajlarda 100 kat daha fazla basili olduğu bilinmektedir.

### Listeria

Bazı bakteriler türlerini içeren listeria cinsi, seçici anaerobik mikroorganizmalardır. Silajlarda listeria türlerinin görülmesi genellikle aerobik bozulma süreci ile ilgilidir. Bu cins içerisinde *L. monocytogenes* türü,

insan ve hayvanlar için patojenik özellik taşıması ile ön plana çıkmıştır. Koyun ve keçilerde görülen listeriosis hastalığının, bu bakteriyi içeren silajlarla beslemeden kaynaklandığı bilinmektedir. Listeria cinsine giren bakteriler, iyi havasızlığın sağlandığı ve pH seviyesinin 4.4 değerinin altına düştüğü silajlarda yaşamlarını sürdüremezler.

#### SONUÇ

Standart silaj yapım teknikleri arasında bitki seçimi, hasat zamanı, siloyu hızlı doldurma, etkili silaj katkı maddeleri veya mikrobiyel inokulant kullanma, siloyu iyi kapatma, aerobik bozulmaya fırsat vermeden hızlı besleme gibi konular sıralanabilir. Pratikte kötü kalite bitkisel materyal ve bazı teknik konuların göz ardı edilmesi gibi aksaklıklar, silaj fermentasyon kalitesinin yeterli olmamasına, silajın depolanma süresinin kısalmasına ve silaj mikro florasının arzu edilmeyen yönde gelişmesine neden olmaktadır. Silaj kalitesi önemli ölçüde farklı mikro flora gruplarının birbirleri ile rekabetine bağlıdır. Yüksek kaliteli silaj elde edilebilmesi için LAB gruplarının silaj içerisinde dominant tür konumuna gelmeleri şarttır. Her ne kadar mayalar silajın aerobik bozulmasından birinci derecede sorumlu olsalar da, hayvan sağlığı bakımından önemli sorunlar ortaya çıkarabilecek başka mikroorganizmalar da aerobik bozulmada ikinci derecede rol alabilir. Bu mikroorganizma gruplarının silaj içerisinde kabul edilebilir sınırlara çekilmesi, silo materyali içerisinde LAB'nin yeterli miktarlara ulaşması ve asitlik derecesini anaerobik şartlarda yeteri kadar düşürmesine bağlıdır. Bu nedenle silaj yapımı sırasında mikrobiyel inokulant kullanımı başta olmak üzere, LAB sayısını ve gelişimini artıracak önlemlere özel önem verilmelidir.

#### KAYNAKLAR

- Ajila, C.M., Brar, S.K., Verma, M., Tyagi, D.R., Godbout, S., Valero, J.R. 2012. Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 32(4): 382-400.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. 2006. Silage production and utilisation. Food and Agriculture Organisation, FAO Electronic Library.
- Axelsson, L. 2004. Lactic acid bacteria: Classification and Physiology. In Salminen, S., von Wright, A., Ouwehand, A. Eds., *Lactic acid bacteria: Microbiological and functional aspects*. 1-66. New York, Marcel Dekker, Inc.
- Carr, F.J., Chill, D., Maida, N. 2002. The lactic acid bacteria: A literature survey. *Critical Reviews in Microbiology*, 28: 281-370.
- Cury, B., Crow, V. 2003. *Lactobacillus casei* group. In Rogonski, H., Fuquay, J.W., Fox, F.P. eds. *Encyclopedia of dairy sciences*, 3: 1488-1493. London Academic Press.
- Driehuis, F. Odue Elferink, S.J.W.H. 2000. The impact of quality of silage on animal health and food safety: A review. *Veterinary Quarterly*, 22(4): 212-216
- Driehuis, F. Odue Elferink, S.J.W.H., and Spoelstra, S.F. 1999. Anaerobic lactic acid degradation in maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. *J. Appl. Microbiol.* 87: 583-594.
- Gollop, N., Zakin, V., Weinberg, Z.G. 2005. Antibacterial activity of lactic acid bacteria included in inoculants for silage and silage treated with these inoculants. *J. Appl. Microbiol.*, 98:662-666.
- Heron, S.J.E., Wilkinson, J.F., Daffus, C.M. 1993. Enterobacteria associated with grass and silages. *J. Appl. Bacteriol.*, 75: 13-17.
- Lacey, J. 1989. Pre- and post-harvest ecology of fungi causing spoilage of foods and other stored products. *J. Appl. Bacteriol.* 67: 11-25.
- Limsowtin, g.K.Y., Broome, M.C., Powell, I.B. 2003. Lactic acid bacteria, taxonomy, In Rogonski, H., Fuquay, J.W., Fox, F.P. eds. *Encyclopedia of dairy sciences*, 3: 2739-2751. London Academic Press.
- Magnusson, J., Strömi K., Ross, S., Sjögren, J., Schnürer, J. 2003. Broad and complex antifungal activity among environmental isolates of lactic acid bacteria. *FEMS microbiology Letters*, 219: 129-135.
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E. 1991. *The biochemistry of silage*. Marlow: Chalcombe Publications.
- Moon, N.J., Ely, L.O. 1979. Identification and properties of yeast associated with deterioration of wheat and alfalfa silages. *Mycopathologia*, 69: 153-156
- Nout M.J.R., Bouwmeester, H.M., Haaksma, J., Dijk, H. 1993. Fungal growth in silages of sugarbeet press pulp and maize. *J.Agric.Sci.*, 121:323-326
- Oldenburg E., 1991. Mycotoxins in conserved forage. In: Pahlow G. Honig, H. Eds. *Forage Conservation Towards 2000*, Proceedings European Grassland Federation, Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 123. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode, 191-205
- Panesar, S.P., Kenedy, J.F., Gandhi, D.N., Bunko, K. 2007. Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chem.* 105: 1-7.
- Roy, U., Batish, V.K., Grover, S., Neelakantan, S. 1996. Production of antifungal substance by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* CHD-28.3. *International Journal of Food Microbiology*, 32: 27-34.
- Woolford, M.K. 1990. The detrimental effects of air in silage. *J. Appl. Bacteriol.*, 68: 101-116.