

Silaj Mikrobiyolojisi

Hatice Basmacıoğlu **Mustafa Ergöl**

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakóltesi, Zootekni Bölümü, Bornova-İzmir

Özet: Silaj; su içeriği yüksek bitkisel ürün, tarımsal ve endüstriyel artıkların havasız ortamda fermentasyona bırakılmaları sonucu elde edilen bir kaba yem kaynağıdır. Silajı yapılacak ürünün kimyasal ve mikrobiyolojik yapısı, hasat ,soldurma, parçalama, sıkıştırma gibi etkenler silaj niteliği üzerinde etkilidir. Silaj yapımı birbiri ile ilişkili üç etkenin etkisi altında gerçekteşir. Bunlar silaj materyali, silaj maneğmanı ve fermentasyonudur. Özellikle de dört farklı dönemde gerçekteşen (aerobik-fermentasyon-stabil ve yemleme dönemleri) silaj fermentasyonu silaj niteliği üzerinde önemli bir role sahiptir. Söz konusu fermentasyon aerobik ve anaerobik olmak üzere çok farklı mikroorganizmaların etkinliği altında gerçekteşir.

Silaj niteliği açısından silo içerisinde anaerobik mikroorganizmalardan olan sütasiti bakterilerinin etkin olması istenirken, *Clostridia*, *Enterobacteriaceae*, *Bacilli*, *Listeria* gibi bakterilerle mayalar ve küf mantarları istenmez. İstenmeyen grup içerisinde yer alan mayalar, küf mantarları, *Bacilli* ve asetikasit bakterileri özellikle de silaj dayanıklılığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptirler.

Silaj mikrobiyolojisi kapsamına giren ve silo içerisinde bulunması istenen veya istenmeyen şeklinde gruplandırılan mikroorganizmaların tek tek ele alınarak etkin oldukları ortam koşullarının bilinmesi nitelikli bir silaj yapımı için oldukça önem taşır.

Anahtar sözcükler: Silaj, silaj mikrobiyolojisi, aerobik-anaerobik mikroorganizmalar

Silage Microbiology

Abstract: Silage is a feedstuff produced by the fermentation of vegetable product, agricultural and industrial by-products of high moisture content under anaerobic condition. Chemical and microbiological structure of silage material, factors such as harvesting, wilting and chopping etc.. are effective on silage quality. The ensiling process occur with effect of three inter-related factors. These are material to be ensiled, management of ensiling and fermentation process. Especially, the silage fermentation which occur at four different phases (aerobic-fermentation-stable-feedout phases) has a very important role on silage quality. The mentioned fermentation occurs at influencing of different micro-organisms that are aerobic or anaerobic.

While the lactic acid bacteria, which are anaerobic micro-organisms, are desirable, *Clostridia*, *Enterobacteriaceae*, *Bacilli*, *Listeria*, and yeasts, moulds are undesirable in silo. Yeasts, moulds, *Bacilli* and acetic acid bacteria, which are included in undesirable group, have a negative effect on silage stability.

To know to be effective conditions of micro-organisms which are included in silage microbiology and classified as desirable or undesirable, and the examination of micro-organisms individually are very important for quality ensilage.

Key words: Silage, silage microbiology, aerobic and anaerobic micro-organisms

Giriş

Silaj; suca zengin yeşil yemler, diğer bazı bitkisel ürünlerle, endüstriyel ve tarımsal artıkların oksijensiz ortamda fermentasyonu sonucunda elde edilen bir kaba yem kaynağıdır. Dünyada özellikle geviş getiren hayvanların beslenmesinde silaj kullanımı

her gün daha büyük bir yaygınlık göstermektedir. Yeşil yemlerin diğer bir saklama yöntemi olan kuru ota göre daha düşük bir besin madde kaybı ve en önemlisi her işletmede daha ucuz bir maliyetle ve kolaylıkla üretilebilmesi silaja gösterilen ilginin artmasının en büyük nedeni olarak kabul edilmektedir (McDonald, 1981; Ergül, 1997; Woolford, 1999).

Silaj yapımında birbiri ile ilişkili üç etken bulunmaktadır. Bunlar; silajı yapılacak yem materyali, silaj yapım manejmanı ve fermentasyon işlemidir. Nitelikli bir silaj elde edebilmek için tüm bu etkenlerin üzerinde titizlikle durulması gerekir.

Silajın tanımından anlaşılacağı gibi silaj yapımı esasta fermentasyon olayı olup burada bir çok farklı mikroorganizma grubu önemli role sahiptir. Ancak bunların bir kısmı silajın oluşumunda olumlu etkiye sahipken, diğer bir kısmının varlığı ve belli ölçüde gelişimi bu olayda istenmeyen bir görüntü verir. Silaj fermentasyonunda sütasiti bakterileri istenen, *Clostridium*'lar, *Enterobacteriaceae* familyasından olanlar, mayalar, asetikasit bakterileri, küf mantarları ve *Listeria* ise istenmeyen mikroorganizmalar grubunda yer alırlar. Silaj içerisinde sütasiti bakterilerinin etkin olması silajın nitelikli olduğunun, maya, küf mantarı, asetikasit bakterileri gibi istenmeyen mikroorganizmaların yoğun olması ise bozulmanın göstergesidir.

Bu makalede; istenen-istenmeyen şeklinde tanımlanabilecek iki grup mikroorganizmalar üzerinde daha ağırlıklı olarak durulacak ve bunların nitelikli silo yemi yapımındaki rolleri belirtmeye çalışılacaktır.

Silajda Bulunması İstenen Mikroorganizmalar

Sütasiti Bakterileri

Konservatif bir etkinliğe sahip olmalarından dolayı silolamada istenen tek mikroorganizma grubudur. Mikro-aerofilik, gram-pozitif ve spor oluşturmeyen bu mikroorganizmalar yem bitkisinde bulunan suda çözünebilir karbonhidratları (SÇK) başta sütasiti olmak üzere asetikasit (sirkeasiti), etanol ve karbondioksit parçalarlar. Silolamada sütasiti oluşumu hiç bir zaman % 100'e ulaşmasa da bu bakterilerin silaj içerisinde % 75 oranında bulunması uygun bir fermentasyonun gerçekleştiğinin göstergesidir.

Silajda bulunan sütasiti bakterilerini homofermentatif (homolaktikler) ve heterofermentatif (heterolaktikler) olanlar şeklinde 2 gruba ayırmak mümkündür (Çizelge 1).

Homofermentatif sütasiti bakterileri glukoz ve fruktoz gibi 6 Karbonlu karbonhidratları sadece sütasitine dönüştürürken heterofermentatifler bunlara ek olarak arabinoz ve ksiloz gibi pentozlardan sütasiti yanında asetikasit, etanol ve karbondioksit üretirler. Burada oluşan etanol daha sonra asetikasite okside olur. Bunun da çok az bir kısmı (% 0.3-0.5) silajdaki söz konusu bakterilerin etkinliklerinde değerlendirilir (Menke ve Huss, 1975). Diğer taraftan heterofermentatif sütasiti bakterilerinin neden oldukları

kimyasal reaksiyonun hızı ilk gruptakilere göre daha düşüktür. Ayrıca ilk grup sütasiti bakterileri daha az bir enerji kaybı ile 1 mol glukoz'dan 2 mol sütasiti oluştururken heterofermentatiflerde sütasiti üretimi 1 mol'e düşer ve bu olaydaki enerji kaybı da daha yüksektir. (Woolford, 1999).

Çizelge 1: Silajda bulunan sütasiti bakterilerinin sınıflandırılması (McDonald, 1981)

Homofermentatif Sütasiti Bakterileri	Heterofermentatif Sütasiti Bakterileri
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
<i>Lactobacillus coryniformis</i>	<i>Lactobacillus buchneri</i>
<i>Lactobacillus curvatus</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>
<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactobacillus viridescens</i>
<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>Leuconostoc cremoris</i>
<i>Pediococcus cerevisiae</i>	<i>Leuconostoc dextranicum</i>
<i>Pediococcus pentosaceus</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Streptococcus faecalis</i>	
<i>Streptococcus faecium</i>	

Başlangıç materyalinin, yani silolanacak olan yeşil yem bitkisinin, epifitik sütasiti bakterisi içeriğinin oldukça düşük düzeyde olduğu ve bitkinin gelişimi ile birlikte bu mikroorganizmaların sayısının gittikçe arttığı bildirilmektedir (McDonald, 1981).

Her ne kadar başlangıç materyalinde sütasiti bakterileri sayısı düşük düzeyde olsa da daha sonraki dönemde bu değer yaklaşık 8-9 kata ulaşabilmekte ve silaj içerisinde dominant mikroflora durumuna geçebilmektedir. Silaj materyalinin hasat edilmesi ve soldurulması sırasında da söz konusu mikroorganizmaların sayısında önemli düzeyde artışlar olabilir (Henderson ve ark., 1972).

Sütasiti bakterileri karbonhidratlar yanında sitrik- ve malikasit gibi organik asitleri de parçalayabilirler. Örneğin *E. faecalis* ve *E. faecium* doğrudan doğruya sitrati parçalayabildikleri halde *L. brevis* ancak ortamda etkileyebildikleri karbonhidrat kaynağının bulunması durumunda bu asitten yararlanabilir.

Buna karşılık *E. faecalis*, *E. faecium*, *Pediococcus sp.*, *L. mesenteroides* ve *L. plantarum* gibi farklı türde sütasiti bakterileri ortamda karbonhidrat kaynağı bulunsun veya bulunmasın malikasiti parçalayabilecek durumdadırlar.

Silaj fermantasyonu açısından en fazla önem taşıyan sütasiti bakterileri *Lactobacilli*, *Streptococci*, *Pediococci* ve *Leuconostocs* şeklinde sıralanabilir.

Lactobacilli

Düzgün veya kıvrımlı, uzun çubuk şeklinde, spor oluşturmeyen, hareketsiz, çoğu mikroaerofilik veya anaerobik olan bu mikroorganizmaların Çizelge 1'de görüldüğü gibi homofermentatif ve heterofermentatif türleri bulunmaktadır.

Silajın niteliği açısından siloda gerçekleşen fermentasyonun arzu edilen şekilde olması üzerine bir çok etken etkilidir (Woolford, 1999). Bu bakımdan silolanan bitkinin şeker

içeriği, tampon kapasitesi^(*) (asidifikasyona karşı gösterilen direnç) ve kuru madde (KM) düzeyi yanında silo ortamının pH düzeyi, sıcaklığı ve oksijen içeriği büyük önem taşır.

Silolanacak olan yem bitkisinin SÇK içeriği silaj fermentasyonu sırasında sütasiti bakterileri tarafından hızla parçalanarak sütasitine dönüştürüldüğünden bitkinin bu bakımdan yeterli zenginlikte olması istenir. Aksi durumda sütasiti bakterileri silo içerisinde dominant mikroflora durumuna geçemezler. Şekerpancarı yaprakları, mısır ve diğer buğdaygil yem bitkilerinin SÇK içeriği yonca ve üçgül gibi baklagil yem bitkilerinkine göre daha yüksektir. Nitekim KM'de ortalama şeker içeriğinin yoncada % 4-5, mısırdaki % 8-30, mısır dışında diğer buğdaygil yem bitkilerinde ise % 10-20 düzeyinde olduğu ve silolanacak olan yem materyalinin en düşük şeker düzeyinin KM içeriğine göre değiştiği bildirilmektedir (Leibensperger ve Pitt, 1987).

Yonca gibi tampon kapasitesi yüksek, SÇK içeriği yetersiz olan yem bitkilerinin silolanmasında ortam pH'nın düşmesi için daha fazla asit oluşumuna gereksinim vardır. Ancak % 30-50 KM'ye kadar ki soldurma hücre suyundaki şeker oranını artırıp tampon kapasitesini düşürdüğünden suca çok zengin, protein oranı yüksek genç bitkilerin başlangıçta böyle bir işleme sokulmasında yarar vardır. Aynı amaca yönelik olarak silolanacak yeme şeker veya melas karıştırmak da söz konusu olabilir.

Lactobacillus'ların optimum gelişim gösterdikleri pH düzeyi 4.0-6.8 olup 3.5 gibi oldukça düşük düzeyde gelişim gösteren türleri de bulunmaktadır. Çoğu *Lactobacilli* türünün etkin olduğu optimum sıcaklık ise yaklaşık 30 °C'dir. Söz konusu mikroorganizmalar karbonhidratlar yanında aminoasitleri, peptidleri, nükleik asit türlerini, vitaminleri, tuzları ve yağ asitlerini de parçalayabilirler.

Enterococci

Gram pozitif, spor oluşturmeyen, bazı türleri hareketli bazı türleri hareketsiz ve fakültatif anaerob koklar olan bu mikroorganizmaların silajda en yaygın bulunan türleri *E. faecalis* ve *E. faecium*'dur. Her iki tür de 10-45 °C arasında gelişim gösterirler ve yaşamları için glukoz, fruktoz, laktoz gibi karbonhidratlar yanında bazı aminoasitlere ve B grubu vitaminlerine gereksinim duyarlar.

Pediococci

Gram pozitif, mikroaerofilik olan *Pediococcus*'lar yeşil bitkilerde, çeşitli gıdalarda ve bira gibi alkollü ürünlerde yaygın olarak bulunurlar. *P. acidilactici*, *P. cerevisiae* ve *P. pentosaceus* silajda en yaygın bulunan türlerdir. Bu mikroorganizmalar da hemen hemen tüm aminoasitler ve bazı B grubu vitaminlerden yararlanırlar. Gelişim gösterdikleri optimum sıcaklık türe göre değişmekle birlikte genelde 25-40 °C arası, ortam pH'sı da 3.5-5.5 olarak verilir. En etkin oldukları pH 5.5'dur.

^{*}) pH'nın 4.0'e getirilmesi için her 100 g KM için gerekli sütasiti miktarı (mval)

Leuconostocs

Gram pozitif, hareketsiz, fakültatif anaerob ve kok şeklinde sütasiti bakterileri olup silajda en yaygın bulunan türleri *L. cremoris*, *L. dextranicum* ve *L. mesenteroides*'dur. Bu türler de şeker ve aminoasitlerden yararlanırlar. Türlerle göre değişmekle birlikte genelde 10-30 °C arasında optimum bir gelişme gösterirler.

Silajda Bulunması İstenmeyen Mikroorganizmalar

Clostridia (Tereyağasiti Bakterileri)

Gram-pozitif, spor oluşturan, genellikle hareketli, çubuk şeklinde ve zorunlu anaerobik olan bu mikroorganizmalar şekerleri, organik asitleri veya proteinleri parçalarlar. Fermentasyon sonucu oluşan asıl ürün tereyağ (bütirik) asitidir. Bunun yanında asetikasit, karbondioksit, hidrojen ve bir miktar da aseton ve bütüilalkol oluşur. *Clostridia* türü mikroorganizmalar silaj fermentasyonu sırasında sütasiti bakterilerinin kullandıkları karbonhidratları kullandıklarından bu mikroorganizmaların en önemli rakibi durumundadırlar. Bununla birlikte aminoasitlerin katabolizması sonucunda yemin değerini düşürmeleri, enerji kaybına ve ortam pH'sının artmasına neden olmalarından dolayı silaj fermentasyonu açısından istenmeyen mikroorganizmalar grubunda yer alırlar. Bu mikroorganizmalar silaj içerisinde gelişim gösterebildikleri gibi bunun dışında toprak ve dışkıda da bulunurlar ve silaji yapılacak yem bitkisine bu yollarla bulaşabilirler.

Söz konusu mikroorganizmaları işleme aldıkları substratlara göre gruplandırmak mümkündür. Genelde karbonhidratları ve organik asitleri parçalayanlar sakkarolitik *Clostridia*, proteinleri parçalayanlar da proteolitik *Clostridia* olarak tanımlanırlar. Birinciler proteinleri, ikinciler ise karbonhidratları sınırlı düzeyde etkileyebilir.

Her iki grupta yer almayan sınıf ise hem sakkarolitik hem de proteolitik etkinliğe sahip olanlardır (Çizelge 2).

Çizelge 2: Silajda bulunan *Clostridia* mikroorganizmaları (McDonald, 1981).

Karbonhidratları parçalayanlar	Proteinleri parçalayanlar	Diğerleri
<i>Cl. butyricum</i>	<i>Cl.bifermentans</i>	<i>Cl.perfringes</i>
<i>Cl. paraputrificum</i>	<i>Cl.sporogenes</i>	<i>Cl.sphenooides</i>
<i>Cl. tyrobutyricum</i>		

Clostridia mikroorganizmaları sütasiti ve şekerleri tereyağasitine, proteinleri aminoasitlere ve sonuncuları da metabolizma sonucunda amidlere ve amonyağa kadar parçalayarak silajda kötü kokuya neden olan ürünler oluştururlar. Bununla birlikte oluşan amonyak silaj pH'ını nötr durumuna getirir. Sütasiti bakterilerinin etkinliği sonucu oluşan primer fermentasyonu izleyen ve *Clostridia* mikroorganizmalarının neden olduğu bu fermentasyon 'ikinci fermentasyon' veya 'Clostridial fermentasyon' olarak tanımlanmaktadır (Weinberg ve Muck, 1996) Silaj *Clostridia*'larının sakkarolitik ve proteolitik etkinlikleri de Çizelge 3'de verilmiştir .

Çizelge 3: Silaj *Clostridia*'larının sakkarolitik ve proteolitik etkinlikleri (Woolford, 1999).

Sakkarolitik		
2 Sütasiti veya Glukoz	→	Tereyağasiti+2CO ₂ +2H ₂
Proteolitik		
Arginin	→	Sitrullin → Ornitin+2CO ₂ +H ₂
Serin	→	2 Piruvikasit → Aseton+2CO ₂
Lisin	→	Kadaverin+CO ₂
Ornitin	→	Putressin+CO ₂

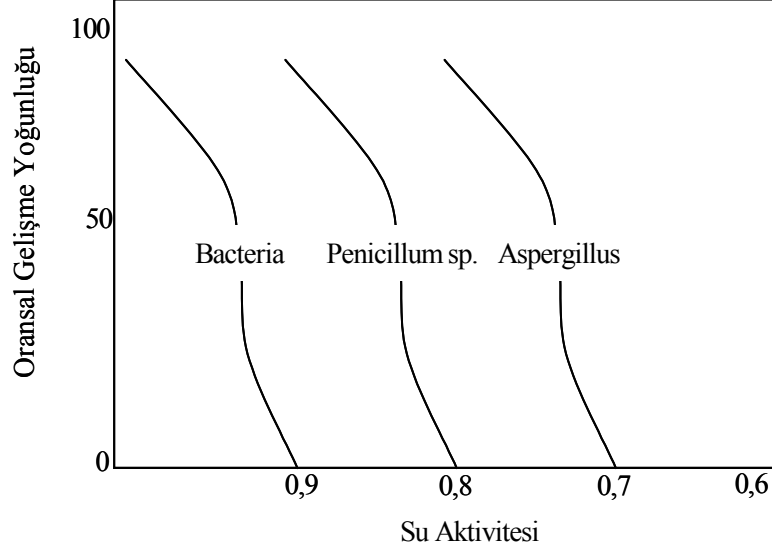
Clostridial mikroorganizmaların etkinliği üzerinde yem bitkisinin KM ve SÇK içeriği, su aktivitesi, tampon kapasitesi, pH ve silo içi sıcaklık önemli rol oynar.

Eğer ortamda sütasiti bakterileri dominant mikroflora durumunda ise pH çok hızlı bir şekilde düşerek bu mikroorganizmaların gelişimi engellenmiş olur. Çünkü *Clostridia* mikroorganizmalarının gelişim gösterdikleri optimum pH değeri 7.0-7.4'dür ve kesinlikle asidik koşullara karşı toleranslı değildirler.

Clostridial mikroorganizmalar özellikle su içeriği yüksek yem bitkilerinde çok hızlı gelişim gösterirler. Nitekim bu yem bitkilerinde pH düşüşü yeterli düzeyde olmadığından söz konusu mikroorganizmaların etkinliği ile sütasiti tereyağasitine ve aminoasitler de amonyağa parçalanır. Silolanacak yem materyalinin KM içeriği yüksek olduğunda ise bitkinin su aktivitesi azalır ve bunun sonucunda da süt asit bakterilerinin gelişimi engellenerek pH düşüşü yavaşlar (Grafik-1). Buna göre bitki KM içeriğinin % 35-40 düzeyine tutulması durumunda sütasiti bakterilerin gelişimi için gerekli minimum 0.93-0.94 düzeyinde yeterli su aktivitesi sağlanarak *Clostridia* gelişiminin engellenebileceği bildirilmektedir (Pitt ve ark., 1985).

Su aktivitesinin düşüşü ortamdan su almakla mümkün olur. Soldurma veya kurutma ile ortamdan uzaklaştırılabilecek su fiziksel-mekanik bağlı (bitki yüzeyinde, aynı zamanda mikro ve makrokapillar olarak bulunan su) veya fiziksel-kimyasal bağlı (struktüel, osmotik ve adsorptiv su) şeklinde bulunabilir. Hidrojen köprüleri bağlantısı şeklindeki saf kimyasal suyu uzaklaştırmak söz konusu değildir (Abel ve ark., 1995). Eğer silolanacak materyalin su içeriği %70 ve üzerinde ise soldurma işleminin uygulanması ve silaja tuz veya bazı uygun katkı maddelerinin ilave edilmesi gerekir.

Silolanan bitkinin tampon kapasitesi ve SÇK içeriği bahsedilen mikroorganizmaların gelişimi açısından önemli diğer etkenlerdir. Yüksek tampon kapasitesine ve düşük SÇK içeriğine sahip yonca ve diğer baklagil yem bitkileri bu açıdan dezavantajlıdır. Asidifikasyona karşı gösterilen direnç ne kadar yüksek ise pH düşüşü o kadar yavaş ve sütasiti bakterilerinin parçalayabileceği SÇK içeriği de ne kadar yetersiz düzeyde ise oluşturulan sütasiti üretimi de o kadar sınırlı düzeyde olur. Nitekim bunun sonucunda silaj fermentasyonu Clostridial fermentasyona doğru kayar.



Grafik 1: Su Aktivitesine Bağlı olarak Mikroorganizma Gelişim Yoğunluğu

Silo içerisindeki sıcaklık da Clostridia mikroorganizmaların gelişimi açısından önemlidir. Genel olarak bunların gelişim gösterdikleri optimum sıcaklık 37 oC olup termofilik türlerde (Cl.sphenoides) optimum sıcaklık 45 oC'ye kadar çıkabilmekte ve hatta bunlar 50 oC'de de gelişim gösterebilmektedirler. Düşük KM içerikli yem bitkisi 42 oC gibi yüksek bir sıcaklıkta silolandığında ortamda Clostridial fermentasyonun, 20 oC'de silolamada ise sütasiti bakterilerinin hakimiyetinin söz konusu olduğu saptanmıştır (McDonald, 1981).

Enterobacteriaceae

Bu familyanın bir kaç türünün silaj fermentasyonunda rol oynadığı ve genellikle de bunların patojen olmadığı bildirilmektedir (McDonald, 1981). Silajda bulunan bu mikroorganizmalar için gram-negatif, spor oluşturmayan, fakültatif anaerobik, genellikle hareketli, patojen olmayan ve çubuk şeklinde mikroorganizmalar gibi tanımlamalar yapmak mümkündür.

Yapılan laboratuvar çalışmalarında bu familyanın en çok Klebsiella sp., Escherichia coli ve Bacterium herbicola türlerine rastlanılmıştır.

Enterobacteriaceae familyasından olan mikroorganizmalar karbonhidratları ayrıştırarak başta asetik asit olmak üzere formik asit gibi ürünleri oluştururlar. Oluşan formik asit ortamda ya birikim gösterir ya da moleküler hidrojen ve karbondioksit'e indirgenir. Escherichia coli türünde ise 4 moleküllü piruvat oluşur ve bunun da ikisi sütasitine, diğer ikisi de asetil fosfat ve formik asite dönüşür. Asetil fosfatın bir molekülü etanole

indirgenirken diğeri de asetik aside çevrilir. Enterobacteriaceae familyasından olan diğeri bazı türler de piruvat, aseton ve 2,3-butanediol'e indirgenir.

Silaj fermentasyonun başlangıcında etkin olan bu türlerin optimum gelişim gösterdikleri pH değeri yaklaşık 7.0, sıcaklık ise 27-35 oC'dir. Silaj içerisinde süt asidi bakterileri ne kadar çabuk dominant duruma geçerse Enterobacteriaceae familyasından olan mikroorganizmaların gelişimi de o kadar yavaş olur.

Funguslar

Ökaryotik hücre yapısına sahip fungusların tek hücreli olarak gelişim gösterenleri maya; çok hücreli iplikli koloniler halinde gelişim gösterenleri de küf mantarlarıdır.

Bu grup mikroorganizmaların büyük bir bölümü gelişimleri için oksijene gereksinim duyarken gerek maya ve gerekse küf mantarlarının bazı türleri fermentasyon yolu ile gelişimleri için gerekli olan miktarda enerjiyi sağlayarak anaerobik koşullar altında da gelişebilirler.

Mayalar

Aerobik mikroorganizmalardan olan mayalar karbonhidratları başta alkol olmak üzere karbondioksit ve organik asitlere parçalarlar. Dolayısıyla silo içerisinde gerçekleşen maya fermentasyonu alkol fermentasyonu olarak da tanımlanabilir. Çoğu mayalar 0-37 oC arasında gelişim gösterebildiği gibi 45 oC'nin üzerinde gelişebilen türleri de bulunmaktadır. Mayaların Clostridia türlerine göre yüksek sıcaklıklara karşı daha duyarlı oldukları bildirilmektedir (Jonsson, 1989). Mayalar 3-8 arasındaki pH düzeylerinde etkin olabildiklerinden silaj içerisinde düşük pH düzeyleri bunların gelişimini engelleyemez. Ancak çoğu maya türü için optimum pH değeri 3.5-6.5 arasında değişmektedir (Woolford, 1976). Aerobik koşullar altında mayalar diğeri bir çok mikroorganizma türüne göre organik asitlere karşı toleranslıdır. Silajdan izole edilen mayaların aerobik koşullar altında süt, asetik, sitrik, malik, suksinik ve propiyonik asit gibi organik asitleri ve etanolü tükettikleri bildirilmektedir (McDonald, 1981).

Silaj içerisinde maya popülasyonu iki temel sebepten dolayı istenmez. Bunlardan biri, silajın niteliği açısından oldukça önem taşıyan aerobik dayanıklılık üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmaları diğeri ise süt asidi bakterileri ile rekabete girerek ortamdaki karbonhidratları kullanmaları ve bunları silajın saklanması üzerinde hemen hemen hiç bir etkisi olmayan etanole dönüştürmeleridir.

Bu mikroorganizmaların etkinliğine bağlı olarak silaj içerisinde oluşan alkol her ne kadar silajın tat ve kokusu üzerinde olumlu etki yapsa da alkole bağlı olarak silajda kabarma ve dolayısıyla hacimde artış görülür. Bununla birlikte yemle alınan alkolün bir kısmının solunum yoluyla dışarıya atılması da enerji kaybına yol açar. Tüm bu olumsuzluklara ek olarak mayalar ayrıca yüksek KM kaybına ve silo içerisinde sıcaklık artışına da neden olurlar.

Başlangıç yem materyalinin maya içeriği sütasiti bakterilerine göre daha fazladır ve soldurma işlemleri sırasında da bu mikroorganizmaların sayısında artış görülür. Nitekim yapılan bir çalışmada fermentatif özellikli mayaların hasat sırasındaki sayıları yaklaşık 200 kob/g KM iken soldurma işlemleri sırasında bu rakamın 10.000 kob/g KM 'in üzerine çıktığı saptanmıştır. Silo içerisinde başlangıç aerobik dönem uzadıkça da maya popülasyonunda artış söz konusu olabilmektedir (Henderson ve ark., 1972; Woolford, 1984; Woolford, 1990).

Silolanacak bitkinin epifitik maya içeriğinin önemli bir kısmını fermentatif olmayan *Sporobolomyces*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula* ve *Torulopsis* cinsinden olan mikroorganizmaların oluşturduğu ve bunların sayılarının <10 ile 106-107 kob/g arasında değiştığı bildirilmektedir (McDonald, 1981).

Farklı silaj örnekleri ile yapılan bir çok çalışmada *Saccharomyces exiguus*, *Candida krusei*, *Pichia membranaefaciens*, *Candida lambica*, *Candida valida*, *Trichosporon capitatum*, *Candida silvicola*, *Candida boidinii*, *Cryptococcus albidus* ve *Torulopsis glabrata* gibi maya türleri tanımlanmıştır (McDonald, 1981).

Aerobik bozulmada önemli rol oynayan mayaları iki gruba ayırmak mümkündür (Woolford, 1990). İlk grupta yer alan mikroorganizmalar (*Candida*, *Endomycopsis* *Hansenula* ve *Pichia*) asitleri diğer gruptakiler ise (*Torulopsis*) şekerleri kullanırlar. *Candida* ve *Hansenula* gibi mayalar sütasitini ayrıştırarak silaj pH'ını artırırılar. Böylece yemleme döneminde de küf mantarlarının gelişimi için uygun koşullar sağlanmış olur.

Başlangıç materyalde 10 kob/g 'den daha az olan mayaların sayıları aerobik olarak bozulmuş silajlarda 1012 kob/g 'e kadar çıkabilmektedir. Aerobik bozulma açısından kritik maya değerinin 105 kob/g KM olduğu bildirilmektedir (Jonsson, 1989).

Silajı yapılan yem bitkileri içerisinde mısırın maya içeriği baklagil ve çayır yem bitkilerine göre daha yüksektir. Dolayısıyla da bu yem bitkilerinin silajında alkol fermentasyonu daha yoğun olarak gerçekleşmektedir. Buna karşılık baklagil yem bitkilerinin mısıra göre yüksek olan protein içeriğinin alkol fermentasyonunu engellediği kabul edilir (McDonald, 1981).

Küf mantarları

Silo içerisinde olması istenmeyen diğer bir mikroorganizma grubu da küf mantarlarıdır. Siloda küf gelişimi için;

- Nem (% 13'ün üzerinde olması)
- Sıcaklık (12.8 oC'nin üzerinde olması)
- Besin maddeleri (ortamda kullanılabilir besin maddelerinin bulunması)
- pH (5'in üzerinde olması)
- Oksijen varlığı gibi etkenler oldukça önem taşımaktadır (Ergül, 1997).

Küf mantarları yem içerisinde öncelikle karbonhidratları ve daha sonra da proteinleri ve süt asitini kullanarak yemin fiziksel ve kimyasal yapısında önemli bozulmalara neden olurlar. Nitekim yemin tat ve kokusunda olumsuz etkiler yaratan kükürtdioksit ve hidrojen gibi protein parçalanma ürünleri küf mantarı etkinliği sonucudur. Bu mikroorganizmalar karbonhidrat, sütasiti ve protein yanında selüloz ile diğer hücre duvarı komponentlerini de hidrolize ve metabolize ederler. Küf mantarları bizzat kendileri zararlı etki oluşturabilecekleri gibi metabolik ürünleri olan mikotoksinlerle de insan ve hayvan sağlığında sorun yaratabilirler (Ergül, 2000; Şanlı, 2001)

Silo yemi içerisinde bu mikroorganizmaların varlığı siloya havanın girdiğini yani sıkıştırma ve kapatma işleminin tam olarak yapılmadığını gösterir. Özellikle hava ile temas eden silo üst ve kenar yüzeylerinde küf mantarları daha yoğun olarak gözlemlenir

Mısır, sorgum ve küçük daneli diğer tahıllar küf gelişimi bakımından baklagil ve çayır yem bitkilerine göre daha duyarlıdır. Silajda yaygın olarak *Fusarium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* ve *Monilla* cinsinden olan küf mantarı türleri bulunmaktadır. Örneğin; *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium roqueforti*, *Mucor ramannianus*, *Mucor pusillus* ve *Mucor miehei* en sık rastlananlarıdır.

Bazı küf mantarları silajı yapılacak yem bitkisine hasat öncesi tarlada (ki bunlara tarla küfleri denilmektedir) bulaşabildiği gibi bir kısmı da silajda yukarıda bahsedilen ortam koşullarının sağlanması sonucunda gelişim gösterebilir (Şanlı, 2001). Bazı küf mantarları da termofiliktir. Ancak bu mikroorganizmalar mayalara göre daha yavaş gelişerek silajın aerobik bozulması üzerinde çok düşük bir etkiye sahiptirler.

Silo içerisinde gelişim gösteren küf mantarlarının olumsuz etkileri şu şekilde sıralanabilir:

- pH'da artış,
- KM kaybı,
- Silajda ısınma,
- Yemin fiziksel özelliklerinde kötüleşme ve buna bağlı olarak hayvanlarda tüketim isteğinin azalması,
- Gerek hayvan ve gerekse insan sağlığı açısından tehlike oluşturan mikotoksin oluşumu.

Bacilli

Maya ve küf mantarlarında olduğu gibi aerobik koşullar altında gelişim gösterirler. Aerobik bozulmaya uğramış mısır silajı örneklerinde sakkarolitik ve proteolitik özellikli *Bacillus cereus*, *B. lentus*, *B. firmus*, *B. sphaericus* gibi *Bacillus* spp.'lerini görmek mümkündür. Bunların bazı türleri anaerobik koşullar altında da gelişim gösterebilirler. Mayalara göre ısıya karşı daha toleranslı olan *Bacillus* spp.'leri silajın bozulması sırasında sıcaklık artışı ile birlikte mayalarla yer değiştirebilirler.

Sirkeasiti Bakterileri

Aerobik bozulma üzerinde etkili olan diğer bir mikroorganizma grubu da sirkeasiti bakterileridir. Bu bakterilerin maya gelişimi üzerinde engelleyici özellikleri bulunduğu ve silaja Acetobacter cinsinden olanlar aşılandığında maya gelişiminin gözlenmediği bildirilmektedir (Spoelstra et al., 1988). Bu mikroorganizmaların silaj içerisindeki etkileri daha çok aerobik bozulmanın başlangıcında görülür.

Listeria

Listeria bakterileri silajın yem değeri ve hijyenik kalitesi üzerinde olumsuz etki yaratmaları yanında hayvan ve insan sağlığı açısından da büyük tehlike oluştururlar. Dolayısıyla bu bakteriler de Clostridium bakterileri gibi silajda hiç bir zaman istenmezler.

Silaj örneklerinde Listeria'nın bir çok türü tanımlanmış olup bunlar içerisinde özellikle Listeria monocytogenes'in en yaygın olduğu ve bu türün hayvanlarda beyin dokuda iltihaplanmalara ve buna dayalı olarak felçlere neden olduğu saptanmıştır. Listeria monocytogenes spor oluşturmeyen ve çubuk şekilli bir bakteri olup silaj dışında çürük meyve ve sebzelerde, dışkıda ve toprakta yaygın olarak bulunur (McDonald, 1981).

Bu mikroorganizmalar silaj içerisinde gelişim gösterebilmek için oksijene ve 5.5'un üzerinde bir pH değerine gereksinim duyarlar. Çok geniş sıcaklık sınırları arasında gelişebilirler ve KM içeriği düşük silajlarda daha etkindirler.

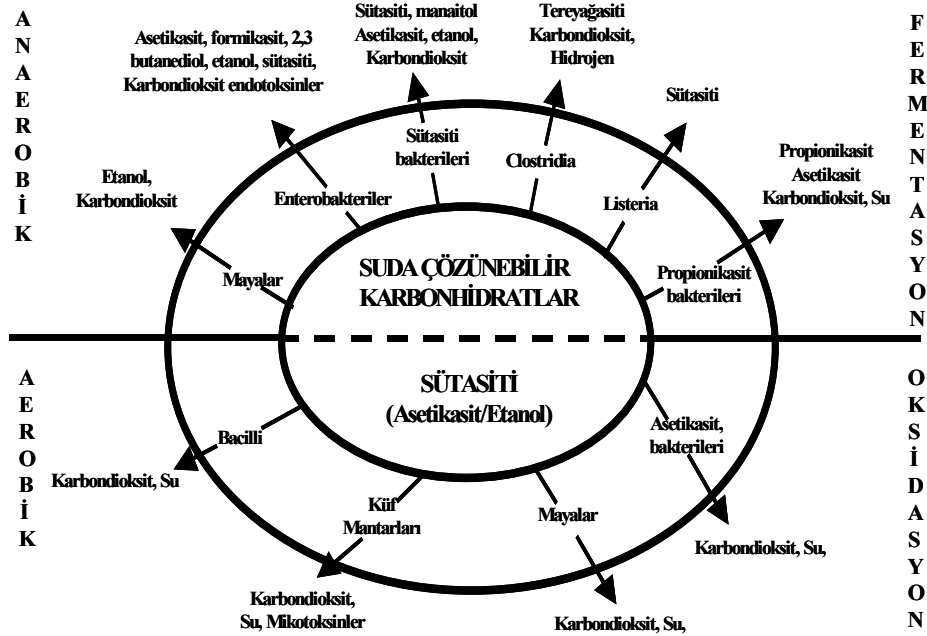
Sonuç

Sonuç olarak vurgulamak gerekirse silo yemleri suca zengin yemlerin oksijensiz bir ortamda farklı türden mikroorganizmaların neden oldukları bir madde değışimi olayı sonunda elde edilirler. Bu oluşum bir çok etkenin etkisi altında o şekilde kontrol edilmelidir ki reaksiyonlar istenmeyen bir yönde gelişmesin. Bununla birlikte bazı istenmeyen gelişimleri, çok düşük düzeyde de olsa, engellemek mümkün olamaz. Örneğin; oksijenin tam olarak uzaklaştırılmadığı başlangıç döneminde veya gerektiği halde soldurulmayan yemlerde görülen bir takım zararlı mikroorganizma etkinliği bu anlamda değerlendirilmelidir.

Oksijenli ve oksijensiz ortamda olumlu veya olumsuz olarak tanımlayabileceğimiz mikroorganizma etkinlikleri Şekil 1'de görülmektedir (Merry ve Davies, 1999).

Söz konusu mikroorganizma etkinliklerinin sonucuna göre kullanılabilir veya kullanılamaz durumdaki bir silo yeminin gelişim evreleri de Çizelge 4'de verilmiştir (Abel ve ark., 1995).

Siloda oluşan mikroorganizma olayları ve buna dayalı görünüşler göz önünde tutularak yüksek nitelikli bir yem üretimi bilinçli bir hayvan yetiştiricisinin en önde gelen amacı olmalıdır.



Şekil 1: Silo yeminde olumlu ve olumsuz mikroorganizma etkinlikleri

Çizelge 4: Mikroorganizmaların etkinlikleri sonucu kullanılır-kullanılamaz bir silo yeminin gelişim evreleri

- Bitki hücrelerinin ve epifitik bakterilerin aerob metabolizması
 - * Yeterli izolasyonda birkaç saat
 - * İyi sıkıştırılmamış ve izole edilmemiş silolarda sürekli
- Fakültatif anaerob bakterilerin ve sütasiti bakterilerinin çoğalması
 - * 1-2 gün
- Sütasiti bakterilerinin gelişmelerinin en üst noktaya ulaşması ve önemli bir bölümünün asite dayanıklı tipe dönüşmesi
 - * 1-2 hafta (asıl fermentasyon)
- Suda çözünebilir karbonhidratların azlığı veya pH'ının çok düşmesi nedeniyle sütasiti üretiminin durması.
 - * Kritik pH değerine ulaşılmışsa (*Clostridium*'lar için yaşama olanağının bulunmaması) silo yemi olgunlaşmış ve stabildir.
 - * Kritik pH değerine ulaşılmamışsa bundan sonraki evreye geçilir.
- *Clostridium*'ların gelişmesi
 - * Protein ve sütasitinin parçalanması
 - * Ph'ının yükselmesi
 - * Çürüme olayı
 - * Silo yeminin bozulma nedeni ile elden çıkması

Kaynaklar

- Abel, H. et al. (1995). Nutztierernährung. Gustav Fischer Verlag, Jena-Stuttgart.
- Ergül, M. (1997). Yemler Bilgisi ve Teknolojisi. III. Baskı. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:487, İzmir
- Ergül, M. (2000). Yem Zararlıları ve Etkileri. International Animal Nutrition Congress 2000'. 4-6 September, Isparta/Turkey.
- Henderson, A.R., McDonald, P. and Woolford, M.K. (1972). Chemical changes and losses during the ensilage of wilted grass treated with formic acid. Journal Science Food Agriculture, 23:1079-1087
- Jonsson, A. (1989). The role of yeasts and clostridia in silage deterioration. Swedish University of Agricultural Science, Report 42. Uppsala.
- Leibensperger, R.Y., R.E. Pitt (1987). A Model of Clostridial Dominance in Ensilage. Grass Forage Science 42:297-317
- McDonald, P. (1981). The Biochemistry of Silage. John Wiley & Sons. Chalcome Publications, 226 pp
- Menke, K.H. und W. Huss (1975). Tierernährung und Futtermittelkunde. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Merry, R.J. and D.R. Davies (1999). Propionibacteria and their role in the biological control of aerobic spoilage in silage. Lait 79:149-164
- Pitt, R.E., Muck, R.E. and Leibensperger, R.Y. (1985). A quantitative model of the ensilage process in lactate silages. Grass Forage Science, 40:279-303
- Spoelstra, S.F., M.G. Courtin and J.A.C. van Beers (1988). Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. Journal Agric. Sci., Camb.111:127-132
- Şanlı, Y. (2001). Yem Küflenmeleri, Mikotoksinlerle Bulaşma Sorunu ve Çözüm Yolları. Çiftlik Hayvanlarının Beslenmesinde Temel Prensipler ve Karma Yem Üretiminde Bazı Bilimsel Yaklaşımlar, Editör: H. Melih Yavuz, ISBN NO:975-97831-0-X
- Weinberg, Z.G. and R.E. Muck (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. FEMS Microbiology Reviews 19:53-68
- Woolford, M.K. (1976). A preliminary investigation into the role of yeast in the ensiling process. Journal of Appl. Bact., 41:29-36
- Woolford, M.K. (1984). The Silage Fermentation, Marcel Dekker, Inc.
- Woolford, M.K. (1990). The detrimental effects of air on silage. Journal Appl., Bact., 68:101-116
- Woolford, M.K. (1999). The Science and Technology of Silage Making. Alltech Technical Publ.