

SİLAJ FERMANTASYONU

İsmail FİLYA¹

ÖZET: Silaj yapımı, su içeriği yüksek yeşil yemlerin korunması amacıyla tüm dünyada geniş olarak kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin esası, suda eriyebilir karbonhidratların anaerobik koşullar altında laktik asit bakterileri aracılığıyla başta laktik asit olmak üzere organik asitlere fermente olduğu doğal fermantasyon temeline dayanmaktadır. Sonuç olarak pH düşer, zararlı mikroorganizmaların etkileri engellenir ve böylece su içeriği yüksek yeşil yemler korunur.

Silolama işlemi başlıca dört döneme ayrılabilir. Bu dönemler: aerobik, fermantasyon, stabil, ve yemleme dönemleridir. Silaj kalitesini sürdürmek amacıyla hasat, silo dolumu, silajın depolanması ve yemleme dönemleri gibi belirgin özelliklere sahip her dönem devamlı kontrol edilmelidir. Silaj amanejman teknikleri hakkında karar verirken, silolama işlemi sırasında meydana gelen olayların iyi anlaşılması çok önemlidir.

Anahtar kelimeler: Silaj, silolama, fermantasyon.

SILAGE FERMENTATION

SUMMARY: Silage making is a method of high level water content forage preservation which is widely used all over the world. It is based on natural fermentation whereby lactic acid bacteria change ferment water soluble carbohydrates to organic acids, mainly lactic acid under anaerobic conditions. As a result, the pH decreases, inhibiting detrimental microorganisms, and consequently the high level water content forages are preserved.

The ensiling process can be divided into four main phases. These phases: aerobic, fermentation, stable and feedout. Each phase has distinctive characteristics that must be controlled in order to maintain forage (silage) quality throughout the periods of harvesting, silo filling, and silage storing and feeding. For making decisions about silage management techniques, it is important to have a good understanding of the events that occur during ensiling process.

Keywords: Silage, ensiling, fermentation.

GİRİŞ

Silaj, genellikle su içeriği % 50' nin üzerinde olan yeşil yem, bitkisel ürün, tarımsal artık ve atıkların fermantasyonu sonucu elde edilen bir yem kaynağıdır. Yapılan bu işleme silolama, silajın yapıldığı saklama veya depolama yerine de (eğer kullanılıyorsa) silo denir. Silaj yapımının tarihi oldukça eski olup M.Ö. 2000 yıllarına kadar dayanmaktadır. Ancak silaj yapımında modern çağa ait uygulama 1877 yılında bir Fransız çiftçisinin (M. Goffart) ilk kez mısır silajı ile ilgili deneyimlerini bir kitap haline getirmesiyle başlamıştır.

1950' lerden sonra, gelişmiş ülkelerde kuru ot fiyatlarının artış göstermesi sonucu silaj yapımı çok popüler hale gelmiştir (Wilkinson ve Stark, 1992). Silaj yapımının kuru ot yapımına göre temel bazı üstünlükleri vardır. Örneğin silaj yapımı kuru ot üretimine göre hava koşullarına daha az bağımlıdır, mekanizasyona imkandır, büyük ölçekli işletmeler için çok uygundur, çok değişik özelliklere sahip bitkisel materyale (örneğin: mısır, sorgum, yazlık ve kışlık tahıllar v.s) adapte

edilebilir ve oluşan besin madde kayıpları çok daha azdır (Wilkins ve ark., 1999).

Bir silajın kaliteli ve besleme değerinin yüksek olabilmesi için bazı şartların oluşması gerekir. İlk olarak, silolanacak bitki uygun olgunlaşma döneminde hasat edilmelidir. İkinci olarak, bitkilerde doğal olarak bulunan ancak arzulanmayan epifitik mikroorganizma ve enzimlerin aktiviteleri en az düzeyde olmalıdır. Son olarak ise, silo ortamında bulunan laktik asit bakterilerinin dominant düzeyde olması gereklidir (McDonald, 1980). Silaj yapımı sırasında iki önemli faktör sürekli gözönünde bulundurulmalıdır. Bunlardan birincisi, bitkisel materyalin olgunluk dönemidir. İkincisi ise, amanejman ve silaj yapan kişinin bu konudaki bilgi düzeyidir.

Bir bitkinin "silolanabilirliği" açısından son derece önemli ve anahtar niteliği taşıyan temel birkaç kriter vardır. Bunların bitkideki düzeyleri bitkinin silolanabilme yeteneğini ortaya koyar. Bu kriterler: bitkinin kuru

¹ Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Bursa.
Geliş Tarihi: 28.04.2000

madde düzeyi, şeker içeriği ve tampon kapasitesidir (asidifikasyona karşı direnç). Bu kriterleri dikkate alarak, silolanabilme yeteneği açısından mısırın "mükemmel yakın", yoncanın ise silolanması "en zor" bitki olduğu söylenebilir. Buğdaygil yem bitkilerinin ise baklagillere göre suda eriyebilir karbonhidrat içeriği genellikle daha yüksek ve tampon kapasiteleri daha düşüktür (Bolsen, 1999).

SİLOLAMA İŞLEMİ

Herhangi bir bitkisel materyalden kaliteli bir silaj elde edebilmek için materyalin silolanmasından itibaren silo içerisinde meydana gelen olayların çok iyi bilinmesi gereklidir. Bu konu kaliteli silaj eldesi açısından çok önemlidir. Silolama işlemi, birbirini zincirleme olarak izleyen 4 ana döneme ayrılabilir. Bu dönemler sırasıyla: aerobik, fermentasyon, stabil, ve yemleme dönemleridir (Woolford, 1984).

1. Aerobik Dönem

Silajı yapılacak olan bitkisel materyalin parçalanıp siloya girmesiyle birlikte bitkide hiç arzulanan iki önemli aktivite görülür. Bunlar solunum ve proteolizistir. Her iki olay da silo içerisinde aynı zamanda başlar ve devam eder. Solunum olayı sırasında siloda ve bitki bünyesinde kalan oksijen kullanılarak bitkinin içerdiği şekerler parçalanmaya başlar. Bu parçalanma sonucunda silo içerisinde karbondioksit ve su açığa çıkar, sıcaklık artmaya başlar. Proteolizis olayı sırasında ise bitki bünyesinde bulunan proteaz enzimleri bitkideki proteinleri başta amino asitler ve amonyak olmak üzere, peptid ve amidlere parçalarlar (McDonald ve ark., 1991). Proteolizise bağlı olarak protein parçalanmasının yüksek düzeyde olduğu silajları tüketen süt sığırlarının süt veriminde ise düşme görülmektedir (Kung ve Huber, 1983).

Bitki bünyesinde bulunan şekerlerin kaybı silolama tekniği açısından son derece önemlidir. Çünkü silolanmış bir materyal siloda laktik asit bakterileri tarafından üretilen laktik asit tarafından korunur. Laktik asit bakterileri laktik asit üretebilmek için temel kaynak olarak bitkilerde bulunan şekerleri kullanırlar. Silo içerisinde sıcaklığın aşırı miktarda yükselmesi (42 - 44 °C 'nin üzeri) durumunda Maillard ve Browning reaksiyonları meydana gelir. Maillard reaksiyonunda, bitkideki şekerler ve proteinlerin serbest amino grupları birleşerek polimerler oluştururlar. Bu polimerler, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve asit deterjanda çözünmeyen nitrojen (ADN) olarak adlandırılırlar.

Browning reaksiyonunda ise, bitki bünyesindeki şekerler ve amino asitler birleşerek lignine benzeyen kahverengi bir yapı oluştururlar (Pitt, 1990). Her iki reaksiyon sonucunda da silajın protein, sellüloz ve diğer besin maddelerinin sindirilebilirlikleri önemli düzeyde azalır. Aerobik dönemde oluşan başlıca kayıplar, bitkisel materyalin siloya getirilip silo kapatılıncaya kadar havanın oksijeni ile temas ettiği dönemdeki kayıplardır. Çünkü silo genellikle bir partide gelen bitkisel materyal ile doldurulup kapatılamaz. Silonun doldurulup kapatılması bazen uzun sürebilir. Bu nedenle silo mümkün olan en kısa sürede doldurulmalı ve bu süre 2 günü geçmemelidir. Aksi takdirde bu sürenin uzaması halinde silajda görülen kayıp oranında çok fazla artış olur. Aerobik dönemde görülen kayıplar ancak silolanacak materyalin siloya kısa sürede doldurularak, iyi bir şekilde sıkıştırılıp, kapatılması ile önlenir (Woolford, 1999).

2. Fermentasyon Dönemi

Silo içerisinde hiç oksijen kalmayıp anaerobik koşullar elde edildiğinde, silolanmış materyalde bazı değişiklikler olmaya başlar. Öncelikle materyalin parçalanması sırasında zarar görmeyen bitki hücrelerinin silo içerisinde parçalanmaya başlamasıyla birlikte bitki suyu serbest hale geçer. Bu olay su içeriği yüksek olan bitkilerde birkaç saat içinde başlarken, su içeriği düşük olan bitkilerde ise bir ya da birkaç gün içinde başlar. Bitki suyunun serbest kalması sonucu, silolanmış materyalin parçalanması sırasında açığa çıkan bitki enzimlerine ilave olarak bir miktar daha enzim açığa çıkar ki bu enzimler bitki bünyesindeki polisakaritleri parçalayarak laktik asit bakterilerinin laktik asit üretebilmesi için gerekli olan şekerleri sağlarlar. Bunun yanısıra proteolitik enzimler ise proteolizis aktivitesini gerçekleştirerek proteinlerin parçalanmasına neden olurlar.

Fermentasyon döneminin başlarında görülen silo suyu çıkışı istenmeyen bir unsur olup silajda kuru madde kaybına yol açar. Silolanacak materyalin kuru madde düzeyi şayet % 30' un altına düşmezse silo suyu çıkışı genellikle herhangi bir sorun yaratmaz. Ancak materyalin kuru madde düzeyi düştükçe, silo suyu çıkışı artmaktadır. Bastiman (1976) tarafından bildirilen silo suyunun neden olduğu kuru madde kayıpları Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Silo suyu çıkışının neden olduğu kuru madde (KM) kayıpları
Table 1. Dry matter (DM) losses caused by effluent producing

Materyalin KM düzeyi (%)	Silo suyu çıkışı (Litre / 1 ton silaj)	KM kaybı (%)
30	0	0
25	5	0.4
20	60	1.6
15	200	7.2

Silo suyu yüksek oranda eriyebilir şeker, organik asitler, mineral maddeler, protein olmayan nitrojenli bileşikler içermektedir. Bu bileşikler silajdan yoğun bir şekilde sindirilebilir besin maddeleri kaybı olduğunu gösterir. Bununla birlikte silo suyu büyük bir çevre kirliliği yaratır. Çünkü silo suyunun biyolojik oksijen ihtiyacı çok yüksektir. Silo suyunun oksijen ihtiyacı 90.000 mg O₂ / litre iken, bu değer sığır idarında 19000, sığır dışkısında 5000 ve evsel atıklarda ise 500 mg O₂ / litre' dir (Woolford, 1984).

Laktik asit bakterileri fermantasyon döneminde silo içerisindeki en önemli mikrofloradır. Çünkü silolanan materyal laktik asit tarafından korunur. Başta enterobacteriaceae ailesinin üyeleri, clostridial sporlar, mayalar ve küller olmak üzere diğer mikroorganizmalar silaj fermantasyonu üzerinde olumsuz etkide bulunurlar. Bu mikroorganizmalar fermente olabilir karbonhidratları ve karbonhidratların son ürünlerini kullanıp silaj fermantasyonunu olumsuz yönde etkilemek için laktik asit bakterileri ile rekabete girerler (Weinberg ve Muck, 1996).

Enterobacteria grubu mikroorganizmalar normal olarak pH' nin 6-7 civarında olduğu ortamlarda etkili olurlarken, büyük bir bölümü ise pH' nin 5'in altında olduğu ortamlarda etkili olamazlar. Bu nedenle genellikle silolamanın yapıldığı ilk 12-36 saat içerisinde bitki bünyesinde yoğun bir enterobacteria popülasyonu bulunur (Lin ve ark., 1992). Daha sonra fermantasyon döneminin ilk birkaç günü içerisinde pH' nin düşmeye başlaması ile birlikte sayıları hızla azalır ve herhangi bir sorun yaratmazlar.

Clostridial sporlar da silaj kalitesi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptirler. Clostridia, sakkarolitik ve proteolitik clostridia olmak üzere başlıca iki gruba ayrılabilir. Sakkarolitik clostridia bitki bünyesindeki şekerleri ve organik asitleri, bütirik aside dönüştürür. Proteolitik clostridia ise amino asitleri ve uçucu organik asitleri fermente eder (Woolford, 1984). Clostridia özellikle silajda istenmeyen ikinci fermantasyona yol açabilir. Bunun sonucunda ise silajda önemli miktarlarda kuru madde ve enerji kaybı görülür. Enterobacteria

grubu mikroorganizmalar gibi clostridial sporlarda düşük pH' ya karşı oldukça hassastırlar. Clostridia grubu mikroorganizmalar aktif gelişme gösterebilmeleri için su içeriği yüksek ortama gereksinim duyarlar. Silolanan materyalin su içeriği şayet % 65' in üzerine çıkmazsa ya da diğer bir deyişle kuru madde içeriği % 35' in altına düşmezse, ortamda yeterli düzeyde bulunan şekerler pH' nin 4.6-4.8' in altına düşmesini sağlarlar. Bu ortamda ise clostridia grubu mikroorganizmalar gelişemezler. Şayet silolanan materyal % 70 ve üzerinde su içeriyorsa, silajda clostridia gelişimini önleyebilmek için silolanan materyale mutlaka ya laktik asit üreten ticari laktik asit bakterisi inokulantları ya da asit veya asit tuzları katılması gereklidir. Aksi halde silajın bozulması kaçınılmazdır (Bolsen ve ark., 1995). Özellikle ticari laktik asit bakterisi inokulantları fermantasyon etkinliğini büyük ölçüde artırmaktadır (Bolsen, 1999; Filya ve ark., 1999).

Siloda aktif fermantasyon olayı 7-21 gün içerisinde gerçekleşir. Silolanan materyalin su içeriği % 65' in üzerinde ise materyal çok hızlı bir şekilde fermente olur. Materyalin su içeriği % 50' nin altında ise fermantasyon olayı çok yavaş bir şekilde seyredir. Silolanacak tüm bitkisel materyaller silolanırken normal olarak % 55-75 arasında su, diğer bir deyişle % 25-45 arası kuru madde içeriği ile silolandıkları zaman aktif fermantasyon olayı 7-14 gün içerisinde tamamlanır. Bu noktada şekerlerin laktik asit bakterileri tarafından fermantasyonu durur. Çünkü artık ya pH 4.0-4.2' nin altına düşmüştür yada fermantasyon olayı için gereksinim duyulan şekerler tükenmiştir (Bolsen ve ark., 1995).

Silajlık bitkilerin içerdiği epifitik mikroorganizma popülasyonları oldukça değişken olup bitki türü, olgunlaşma dönemi, hava koşulları, biçme, soldurma ve parçalama gibi çeşitli faktörlerden etkilenirler (Spoelstra ve Hindle, 1989). Bir çok araştırma sonucunda, silolanacak materyale uygulanan parçalama işleminin bitkilerin mikroflora içeriğini ve özellikle laktik asit bakterisi popülasyonunu artırdığı görülmüştür (Muck, 1989; Lin ve ark., 1992). Bu olgu önceleri hasat makinelerinden bir bulaşma olduğu ve hasat sırasında serbest kalan bitki suyunun bu mikrobiyal çoğalmayı sağladığı şeklinde açıklanmıştır. Ancak Pahlow (1990) tarafından yapılan bir çalışma sonucunda, mikroflora sayısındaki bu büyük artışa yol açacak önemli ölçüde bir mikrobiyal büyüme ve verimliliğe bu kadar kısa süre içerisinde ulaşılmasının mümkün olmayacağı belirlenmiştir. Ayrıca hasat makinelerinden bir bulaşma sözkonusu olsa bile bunun ilk yükleme sırasında olacağı

ancak daha sonra ise böyle bir bulaşmanın olamayacağı görüşü benimsenmiştir. Böylece bitkilerin parçalanma sırasında zarar görmeyen yüzeylerindeki bakterilerin yeniden aktif hale geçtikleri şekilde yeni bir hipotez geliştirilmiştir (Pahlow ve Müller, 1990). Parçalama işlemi ile serbest kalan bitki enzimleri (örneğin katalaz ve süperoksit dismutaz) ve daha önce aktif olmayan bakteri popülasyonu aktive edilmektedir (Woolford, 1984).

Laktik asit bakterilerinin fermentasyonu ile suda eriyebilir karbonhidratlar, başta laktik asit olmak üzere asetik asit, etanol, CO₂ ve çok az miktarlardada diğer ürünlere dönüşürler. Laktik asit bakterileri homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere iki gruba ayrılırlar. (Woolford ve Pahlow, 1998). Bunlardan homofermantatif olanlar glukoz ve diğer 6 karbonlu şekerlerden yalnızca laktik asit üretirlerken ,

heterofermantatif olanlar ise laktik asitin yanısıra ayrıca asetik asit, etanol ve karbondioksit üretirler. Kaliteli bir silajda yüksek düzeyde oluşması istenen laktik asidi sağlayan ve oldukça büyük birkaç türü içeren laktik asit bakteri cinsleri Tablo 2'de verilmiştir (McDonald ve ark., 1991).

Fermentasyon dönemi sırasında, farklı bakteri türleri farklı zamanlarda dominant duruma geçerler. Fermentasyon ancak yeterli düzeyde şekerin sağlanmasıyla gerçekleşir. Su içeriği yüksek olan bitkilerde, siloda pH'nın düşürülüp asit ortamın sağlanabilmesi için daha fazla şeker gereksinim duyulur. Bazı bitkilerde silaj fermentasyonunun tamamlanabilmesi için gerekli olan minimum şeker düzeyleri ve bu bitkilerin ortalama olarak içerdikleri şeker düzeyleri Tablo 3'de verilmiştir (Leibensperger ve Pitt, 1987).

Tablo 2. Silaj fermentasyonundaki önemli laktik asit bakterileri ve fermentasyon ürünleri
Table 2. Lactic acid bacteria of importance in the silage fermentation and their fermentation products

Cins-tür	Glukoz fermentasyonu
<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. cornyiformis</i> , <i>L. curvatus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. salivarius</i>	Homofermantatif ¹
<i>Lactobacillus brevis</i> , <i>L. buchneri</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>L. viridescens</i>	Heterofermantatif ²
<i>Pediococcus acidilactici</i> , <i>P. cerevisiae</i> , <i>P. pentosaceus</i>	Homofermantatif
<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>E. faecium</i>	Homofermantatif
<i>Lactococcus lactis</i>	Homofermantatif
<i>Streptococcus bovis</i>	Homofermantatif
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Heterofermantatif

¹ Bu mikroorganizmalar şekerleri ağırlıklı olarak laktik aside fermente ederler.

² Bu mikroorganizmalar şekerleri çeşitli organik asitler, etanol ve karbondioksite fermente ederler.

Tablo 3. Bazı ürünlerin maksimum silaj fermentasyonu için gereksinim duydukları minimum şeker düzeyleri ve ortalama şeker içerikleri (KM, %)
Table 3. Minimum sugar requirements for maximum silage fermentation and average sugar contents of some crops (DM, %)

KM düzeyi	Yonca	Buğdaygil yem bitkileri	Mısır
17	34	28	20
20	25	19	14
25	21	14	10
30	17	10	7
35	14	7	5
40	10	5	4
45	7	3	-
50	6	2	-
Şeker içeriği	4-15	10-20	8-30

Baklagil yem bitkilerinin fermantasyonu sırasında siloda pH' nin düşmesi için daha fazla miktarda asit oluşumuna gereksinim duyulur. Çünkü baklagil yem bitkilerinin tampon kapasiteleri oldukça yüksektir. Bu nedenle silolanmaları da çok zordur (Wilkinson 1978, Tablo 4).

Tablo 4. Bazı ürünlerin tampon kapasiteleri
Table 4. The buffering capacities of some crops

Bitki çeşidi	Tampon kapasitesi (meq NaOH kg ⁻¹ KM)
Mısır, tahıllar, sorgum	200
Domuz ayrığı	300
İngiliz çimi	350
İtalyan çimi	430
Yonca	520
Kırmızı üçgül	560

3. Stabil Dönem

Laktik asit bakterilerinin aktif gelişimini izleyen devrede bitkisel materyal siloda stabil döneme girer. Şayet silo iyi kapatılmışsa ve pH düştüyse bu dönemde çok az bir biyolojik aktivite görülür. Ancak bir kısım şekerin serbest kalmasıyla hemisellütozlar çok düşük oranda da olsa kimyasal parçalanmaya uğrayabilirler. Eğer suda eriyebilir karbonhidrat yetersizliğinden dolayı aktif fermantasyon durursa, laktik asit bakterileri hemisellüloz parçalanması sonucu serbest kalan şekerleri fermente ederek az bir oranda pH düşüşüne neden olurlar (Ashbell, 1994).

Stabil dönem sırasında silaj kalitesini etkileyen diğer bir temel faktör de silonun hava (oksijen) geçirgenliğidir. Siloya giren oksijenin aerobik mikroorganizmalar tarafından kullanılması (mikrobiyal solunum yoluyla), silolanan materyalde maya ve küf popülasyonunun artmasına, silaj kuru maddesi kaybına ve materyalin ısınmasına yol açar. *Listeria monocytogenes* türü patojenler düşük düzeyde oksijen girişine maruz silolarda sorun yaratmazken, kuru madde içeriği oldukça düşük olan silajlarda ve yüksek düzeyde oksijen girişine maruz silolarda ise büyük bir risk oluştururlar (Donald ve ark., 1993).

Bu dönemde görülen aerobik kayıplar yalnızca silonun geçirgenliği ile değil aynı zamanda silajın yoğunluğu ile de ilgilidir. Eğer silo iyi kapatılmadan bırakılırsa özellikle yoğun bir şekilde oksijen girişine maruz kalan üst yüzeyde büyük ölçüde bir kuru madde kaybı olur (Bolsen ve ark., 1993). Bu kayıplar ise silolanan materyalin yüzeyinin polietilen bir örtü ile örtülmesiyle azaltılabilir (Dickerson ve ark., 1992).

Oksijen, polietilen örtüden ancak çok küçük bir oranda geçebilir. Bunun yanı sıra silo duvarlarının pürüzsüz olmasına ve polietilen örtüde delik veya herhangi bir açıklık bulunmamasına çok dikkat edilmelidir. Aksi takdirde silo duvarlarındaki çatlaklar ve polietilen örtüdeki delikler veya açıklıklar siloda oksijen oranının artmasına neden olurlar ki buda silajın bozulması anlamına gelir.

4. Yemleme Dönemi

Yemleme dönemi, silajın hayvanların beslenmesinde kullanılmak üzere silodan alınmaya başlandığı dönemdir. Silo açıldığı zaman silaj yüzeyi yoğun bir oksijen girişine maruz kalır. Yemleme dönemi sırasında, aerobik mikroorganizmalar silajdaki şekerleri, laktik ve asetik asit gibi fermantasyon ürünlerini ve suda eriyebilir karbonhidratları tüketerek büyük miktarda kuru madde ve besin maddeleri kaybına neden olurlar. Bu eriyebilir komponentler solunum olayı ile parçalanmaya uğrarlar. Bunun sonucunda silo içerisinde karbondioksit ve su açığa çıkar, sıcaklık artar. Maya ve küfler silajdaki aerobik bozulmada çoğunlukla baş rolü oynayan mikroorganizmalardır. Ancak bazı hallerde *Enterobacteriaceae* ve *Bacillus* cinsleri de aerobik bozulmaya neden olabilirler (Muck ve Pitt, 1993; Woolford, 1999). Maya ve küfler silajda yüksek oranda sindirilebilir besin maddeleri kaybına neden olmalarının yanı sıra ayrıca bazı küf türleri, mikotoksinler ve diğer bazı toksik bileşikler üretirler. Bunun sonucunda ise çiftlik hayvanları ve insanların sağlığı olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Wilkinson, 1999).

Silo açıldıktan sonra yemleme dönemindeki mikrobiyal aktivite, stabil dönem sırasında siloya oksijen girdiğinde görülen mikrobiyal aktiviteye benzer. Ancak iki dönem arasında görülen temel farklılık, stabil dönemde mikroorganizmalar siloya sızan oksijeni kullanırlarken, yemleme döneminde ise silaj yüzeyinden sınırsız miktarda oksijen girişi olur ve buda mikroorganizmaların çok hızlı bir şekilde büyümesini sağlar. Pahlow (1991) bu durumda silajın içerdiği maya ve bakteri popülasyonunun her 1 g silajda 10⁷-10⁸ cfu (koloniform ünite) düzeyine ulaşırken, küf miktarının da 10⁶-10⁷ cfu düzeyine ulaştığını bildirmektedir. Sonuçta silaj ısınmaya başlar, şekerler ve fermantasyon ürünleri gibi sindirilebilir maddeler süratle parçalanırlar. Silajın ısınması için gereken zaman; silajın içerdiği aerobik mikroorganizma sayısı, silajın yemlemeden önce oksijene maruz kaldığı süre, silaj fermantasyon karakteristikleri ve çevre sıcaklığı gibi bazı faktörlere bağlıdır.

İşletme koşullarında, yemleme döneminde görülen kuru madde kaybı büyük ölçüde amanejman ile ilgilidir. Bu konuda işletme koşullarında yapılan çalışma sayısı çok az olup, laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalarda, silaj sıcaklığının çevre sıcaklığından her 8-12 °C daha yüksek olması halinde, her gün yaklaşık % 1.5-3.0 oranında kuru madde kaybı olduğu saptanmıştır (Woolford, 1984). Silonun hızlı bir şekilde doldurulması ve sıkıca kapatılması, silajdaki aerobik mikroorganizmaların gelişmesini minimum düzeye indirerek büyümelerini engellerken fermentasyon ürünlerinin maksimum düzeyde olmasını sağlar. Silolanan materyalin iyi bir şekilde doldurulup kapatılması halinde silaj yüzeyinden oksijen girişi en aza indirilebilir. Sonuçta, yemleme oranı ve silaj yoğunluğu; yemlemeden önce silajın oksijene maruz kaldığı sürenin uzunluğu, silajın açık kaldığı süre ve yemleme dönemi esasında silajın sıcaklığı ile çok yakından ilgilidir.

Sonuç olarak yukarıda verilen bu bilgiler ışığında silaj yapımı için aşağıdaki pratik noktalara dikkat edilmesi gereklidir:

1. Silolanacak bitkisel materyal en uygun olgunlaşma döneminde hasat edilmelidir.
2. Su içeriği yüksek olan materyal silolanmadan önce en az %30 kuru madde içerecek şekilde mutlaka soldurulmalıdır.
3. Bitkisel materyal silolanmadan önce iyi bir şekilde parçalanmalıdır.
4. Silolanacak materyalin özelliğine göre gerektiğinde iyi bir silaj fermentasyonunu sağlayacak, silajın bozulmasını engelleyecek ve silajın besin madde içeriğini artıracak katkı maddeleri kullanılmalıdır.
5. Silolanacak materyal siloya çok kısa bir süre içerisinde doldurulmalı ve çok iyi bir şekilde sıkıştırılmalıdır.
6. Silolanan materyalin üzeri plastik bir örtü ile, silo içerisine hava girişine imkan vermeyecek bir şekilde sıkıca kapatılmalıdır.
7. Silonun kapatıldığı plastik örtünün üzerine, plastik örtü ile silolanan materyal arasına hava girişini önlemesi açısından, araç lastikleri, kum torbaları ve toprak gibi materyaller konmalıdır.

KAYNAKLAR

Ashbell, G., 1994. Basic Principals of Preservation of Forage, By-Products and Residues - Silage or Hay. The Agricultural Research Organization, The Volcani Center, Bet-Dagan, Israel. No. 1664-E.

- Bastiman, B., 1976. Factors Affecting Silage Effluent Production. *Experimental Husbandry*, 40-46.
- Bolsen, K. K., J. T. Dickerson, B. E. Brent, R. N. Sonon, B. S. Dalke, C. J. Lin, J. E. Boyer, 1993. Rate and Extent of Top Spoilage in Horizontal Silos. *J. Dairy Sci.* 76: 2940-2962.
- Bolsen, K. K., G. Ashbell, J. M. Wilkinson, 1995. Silage Additives. In: R. J. Wallace and A. Chesson (eds). *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*. Weinheim, New York, Basel, Cambridge, Tokyo.
- Bolsen, K. K., 1999. Silage Management in North America in the 1990s. In: T. P. Lyons and K.A. Jacques (eds). *Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's 15th Annual Symposium*. USA. Nottingham University Press.
- Dickerson, J. T., G. Ashbell, K. K. Bolsen, B. E. Brent, L. Pfaff, Y. Niwa, 1992. Losses From Top Spoilage in Horizontal Silos in Western Kansas. In: *Kansas Agric. Exp. Sta. Rpt. of Prog.* 651. Kansas State University, Manhattan. pp. 131-134.
- Donald, S., D. R. Fenlon, B. Seddon, 1993. The Influence of Oxygen Tension on the Growth of *Listeria monocytogenes* in Grass Silage. In: *Proc. 10th Silage Res. Conf.* Dublin City University, Dublin, Ireland. pp. 18-19.
- Filya, İ., G. Ashbell, Z. G. Weinberg, Y. Hen. 1999. The Effect of Applying Lactic Acid Bacterial Inoculants at Ensiling on the Fermentation and Aerobic Stability of Whole Crop Wheat Silage. In: *Proc. 12th International Silage Conference*, Uppsala, Sweden. Pp. 268-269.
- Kung, L. Jr., J. T. Huber, 1983. Performance of High Producing Dairy Cows in Early Lactation Fed Protein of Varying Amounts, Sources and Degradability. *J. Dairy sci.* 66:227.
- Leibensperger, R. Y., R. E. Pitt, 1987. A Model of Clostridial Dominance in Ensilage. *Grass Forage Sci.* 42: 297-317.
- Lin, C., K. K. Bolsen, B. E. Brent, R. A. Hart, J. T. Dickerson, A. M. Feyerherm, W. R. Aimutis, 1992. Epiphytic Microflora on Alfalfa and Whole Plant Corn. *J. Dairy Sci.* 75: 2484-2493.
- McDonald, P., 1980. Silage Fermentation. In: *Occ. Symp. No. 11*. Brit. Grassl. Soc., Brighton, UK. pp.161-174.
- McDonald P., A. R. Henderson, S. J. E. Heron, 1991. *The Biochemistry of Silage* (2nd ed.). Chalcombe Publ., Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent, UK.
- Muck, R. E., 1989. Initial Bacterial Numbers on Lucerne Prior to Ensiling. *Grass and Forage Sci.* 44: 19-25.
- Muck, R. E., R. E. Pitt, 1993. Progression of Aerobic Deterioration Relative to the Silo Face. In: *Proc. 10th Silage Res. Conf.* Dublin City University, Dublin, Ireland. pp. 38-39.
- Pahlow, G., 1990. Microbiology of Inoculants, Crops and Silages. In: S. Lindgren and K. L. Pettersson (eds). *Proc. of the EUROBAC Conf.* Swedish University of Agric. Sciences, Uppsala. pp. 13-22.
- Pahlow, G., T. Muller, 1990. Determination of Epiphytic Microorganisms on Grass as Influenced by Harvesting and Sample Preparation. In: *Proc. 9th Silage Conf.* Newcastle-Upon-Tyne, UK. pp. 23-24.
- Pahlow, G., 1991. Role of Microflora in Forage Conservation. In: G. Pahlow and H. Honig (eds). *Forage Conservation Towards 2000*. Inst. Grassl. Forage Res., Braunschweig, Germany. pp. 26-36.
- Pitt, R. E., 1990. Silage and Hay Preservation. *Cornell University Coop. Ext. Bul. No. NRAES-5*, Ithaca, NY.

- Spoelstra, S. F., V. A. Hindle, 1989. Influence of Wilting on Chemical and Microbial Parameters of Grass Relevant to Ensiling. *Netherlands J. Agric. Sci.* 37:355-364.
- Weinberg, Z. G., R. E. Muck, 1996. New Trends and Opportunities in the Development and Use of Inoculants for Silage. *FEMS Microbiology Reviews.* 19: 53-68.
- Wilkins, R. J., S. Qvist, K. K. Bolsen, 1999. The Future Role of Silage In Sustainable Animal Production. In: Proc. 12th International Silage Conference, Uppsala, Sweden, 23-40.
- Wilkinson, J. M., 1978. The Ensiling of Forage Malz: Effects on Composition and Nutritive Value. In: Forage Maize. London: Agricultural Research Council. E. S. Bunting, B. E. Paine, R. H. Phipps, J. F. Wilkinson and R. E. Gunn (Eds.), 201-237.
- Wilkinson, J. M., B. A. Stark, 1992. Silage in Western Europe (2nd ed.). Chalcombe Publ., Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent, UK.
- Wilkinson, J. M., 1999. Silage and Health. In: Proc. 12th International Silage Conference, Uppsala, Sweden, 67-83.
- Woolford, M. K., 1984. The Silage Fermentation. Marcel Dekker, Inc., New York, NY.
- Woolford, M. K., G. Pahlow, 1998. The Silage Fermentation. In: Microbiology of Fermented Foods. London: Blackie, B. J. B. Wood, (Ed.), 73-102.
- Woolford, M. K., 1999. The Science and Technology of Silage Making. Alltech Technical Publications.