

Silajın mikrobiyolojisi ve biyokimyası

Habip MURUZ M. Akif YÖRÜK

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı-VAN

ÖZET

Bu derlemede, silaj mikrobiyolojisi ve biyokimyası hakkında özlü bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Silaj mikrobiyolojisi, silaj biyokimyası

Microbiology and biochemistry of silage

SUMMARY

This paper provides concise information for microbiology and biochemistry of silage.

Key Word: Silage microbiology, silage biochemistry

GİRİŞ

Ruminant beslemesinde kullanılan kaba yemler, gerek beslenme fizyolojisi gerekse işletme ekonomisi bakımından büyük önem taşır (23). Ruminantların rumen faaliyetlerinin düzenli olması için en az KM'de %17 ham selüloz içeren rasyonlarla beslenmeleri gerekmektedir. Yeterli miktarda selüloz ihtiva etmeyen yemlerin hayvanlara yedirilmesi sonucu rumen mikroorganizma faaliyetlerinde, rumen epitel katmanında ve rumen fonksiyonlarında olumsuz yönde gelişmeler ortaya çıkmakta ve sütteki yağ oranı da düşmektedir (8). Hayvansal üretimin en önemli girdilerinin başında yem gelmektedir. Nitekim bir işletmede tüm girdiler içinde yem %65-75'lik bir paya sahiptir (9). Bundan dolayı yemi tamamen dışarıdan sağlayarak ekonomik bir üretim gerçekleştirmek mümkün değildir. Kaba yemler, konsantre yemlere göre daha düşük maliyete sahip olduklarından işletmenin ekonomik olarak çalıştırılması açısından büyük öneme sahiptir. Hayvancılıkta ileri bir ülke olan ABD'de kaba yemlerin süt ineği rasyonlarında %40-70, kurudaki ineklerin ve damızlık düvelerin rasyonlarında %90-100 (8), besi sığırının rasyonlarında %80-83, koyunların rasyonlarında ise %94-95 oranında yer aldığı bildirilmektedir (7). Özellikle ruminatlarda en çok kullanılan kaba yem kaynağı olan saman veya kaliteli kaba yemlerden elde edilen kuru otların yerine kaliteli kaba yem silajlarının kullanılması ile hayvansal ürün miktarında artış, konsantre yem kullanımının en düşük düzeye inmesine bağlı olarak maliyetlerde düşme ve sindirim bozukluklarında azalma sağlanabilmektedir. Silaj kullanımı ile hemen her mevsimde hayvanların özellikle süt ineklerinin kaba yem ihtiyaçları karşılanabilmektedir. Usulüne uygun olarak yapılan bir silaj, besin madde kaybı bakımından da diğer saklama metotlarına göre çok daha avantajlıdır.

Silaj Mikrobiyolojisi

Bütün bitkiler gibi yem bitkilerinin de doğal florasında çeşitli mikroorganizmalar bulunmaktadır. Bu mikroorganizmalar yemlerin silo kaplarına doldurulması sırasında silo içine alınmış olur. Bunlar yeme doğal olarak yapışmış halde bulunan mikroorganizmalardır. Bitkilerin sahip olduğu doğal mikroorganizmaların sayı ve çeşitlerinin; çevre şartlarına, silonun yapıldığı yere, zamana (mevsim), kirlenme derecesine, bitki türüne, bitkinin varyetesine, kuru madde düzeyine göre oldukça geniş bir dağılım gösterdiği bildirilmektedir (12, 27).

Silo yemlerinde bulunan mikroorganizmalar farklı gruplara ayrılır. Her birinin üremesi için en uygun pH ve fermente ettiği besin madde grubu farklıdır (10, 13). Silajın bünyesinde bulunabilecek mikroorganizmalar esas olarak ikiye ayrılır (3, 13).

Laktik asit bakterileri

Silolamada istenilen fermentasyon olaylarını meydana getiren laktik asit bakterilerinin başlangıçtaki sayıları son derece düşüktür (Tablo 1) (13, 21). Fakat silaj oluşumu sırasında laktik asit bakterilerinin üremesi arzu edilirken, asetik, bütirik, koliaerojen, çeşitli kokuşma bakterileri ile maya ve mantarlar gibi diğer bazı mikroorganizmaların silajda üremeleri hiç istenmez. Silajda istenen bir özellik olan pH'nın hızla düşmesi ancak laktik asit bakterilerinin artması ile gerçekleşir (5). Laktik asit bakterileri oluşturdukları fermentasyon ürünlerine göre homofermentatif ve heterofermentatif olmak üzere ikiye ayrılırlar. Homofermentatif laktik asit bakterileri gerçek laktik asit bakterileri, heterofermentatif laktik asit bakterileri gerçek olmayan laktik asit bakterileri olarak da isimlendirilmektedir. Başka bir ifade ile şekerleri tam olarak laktik asite dönüştürenler homofermentatif, dönüştüremeyenlere ise heterofermentatif laktik asit bakterileri denir (3). Gerçek laktik asit bakterileri katalaz negatif vermeleri ile gerçek olmayan laktik asit bakterilerinden ayırt edilirler (12).

a-Homofermentatif laktik asit bakterileri: *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactisi*, *Streptococcus durans*, *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus lactis*;

b-Heterofermentatif laktik asit bakterileri: *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus viridescens*, *Leuconostoc mesenteroides*' dir.

Laktik asit bakterileri hemen hemen hiç bir besin madde kaybına yol açmadıklarından silajda arzu edilen fermentasyonu sağlayan mikroorganizma grubudur. Bu mikroorganizmaların silajda üremeleri ve çoğalmaları istenir. Bu amaçla üremelerini kolaylaştıracak; asidik (pH 3-4), anaerobik, kolay eriyebilir karbonhidratlarca zengin ve uygun ısıya (20-45°C) sahip ortamların sağlanması gerekir. Bu şartlara sahip ortamlarda laktik asit bakterileri optimum üreme ve gelişme gösterirler (12, 19). Lactobacillerin dışında kalan diğer bakterilerin silo ortamında üreme ve gelişme göstermeleri, silaj kalitesini bozar ve besin maddeleri kaybına yol açar (3, 13).

Tablo1. Hasat Öncesi ve Hasat Sonrası Çayır Otuunun Mikrobiyal Kompozisyonu, sayı/g çayır *

	LAB	Enterobacteria	Mayalar	Küfler	Clostridia
Çayır, HÖ	1-4*10 ³	1-290*10 ³	10-200	1-41*10 ³	3
Çayır, HS	25*10 ³	240*10 ³	<10	270	4
Çayır, HÖ	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Çayır, HS	3*10 ³	4*10 ³	13*10 ³	50*10 ³	3
Çayır, HÖ	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Çayır, HS	10*10 ³	610*10 ³	80*10 ³	370*10 ³	25
Çayır, HÖ	120*10 ³	110*10 ³	470*10 ³	60*10 ³	<10
Çayır, HS	0.4-11*10 ³	130-310*10 ³	-	0.7-24*10 ³	3-25
Çayır, HÖ	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Çayır, HS	1-1300*10 ³	700*10 ³	4-16*10 ³	15*10 ³	3
Çayır, HÖ	10 ⁵	45*10 ³	49*10 ³	72*10 ³	4
Çayır, HS	10 ⁵	<100	<10	0.2-1.0*10 ²	3
Değişim Ortalaması	10 ³ -10 ⁶	10 ³ -10 ⁵	10 ³ -10 ⁴	10 ² -10 ⁵	3-25

LAB: Laktik asit bakterileri, Nd: Tespit edilemedi HÖ: Hasat öncesi, HS: Hasat sonrası

*: Bu sonuçları araştırmacı 1984-87 yılları arasında tespit etmiştir

Silajda en çok rastlanan laktik asit bakterileri *Lactobacillus* ve *Streptococcus* cinslerine ait türlerdir ve silajda laktik asit bakteri fermentasyonu çoğunlukla bu türler tarafından gerçekleştirilir. *Pediococcus acidilactici* ve *Streptococcus faecium* bakterileri hızlı çoğalmakta ve pH'yı en kısa sürede düşürmektedir. *Lactobacillus plantarum*; *Pediococcus acidilactici* ve *Streptococcus faecium* kadar hızlı çoğalamaz, fakat çok fazla miktarda laktik asit oluşturur. Ayrıca çok düşük pH derecelerinde sadece *Lactobacillus plantarum* yaşayabilir (19). Bununla birlikte türlerin asit toleransı farklıdır. Heterofermenterler 5.0-6.0 gibi pH'nın yüksek olduğu silolamanın erken devrelerinde, homofermenterler ise 4.0-5.0 gibi düşük pH derecelerinde baskındırlar (16). Ortam sıcaklığına bağlı olarak da aktiviteleri değişebilmektedir. Genel olarak 20-40°C sıcaklıkta en iyi aktiviteyi gösterebilmektedirler (12). Örneğin *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus lactis* ve *Lactobacillus bulgaricus* gibi türlerin üremeleri için ideal sıcaklık 40°C'dir. *Lactobacillus* türlerinin çoğunluğu 10-15°C gibi düşük sıcaklıklarda fazla üreyemezler. Laktik asit bakterileri değişik sıcaklık derecelerinde gösterdikleri aktivite özelliklerine göre; soğuk seven ve sıcak seven laktik asit bakterileri olmak üzere 2 gruba ayrılabilir. Silajda arzu edilen fermentasyon şekli soğuk seven laktik asit türleri tarafından oluşturulan fermentasyondur ve bunlar 20-40°C arasında en iyi aktiviteyi gösterirler. Sıcak seven laktik asit bakterilerinin aktiviteleri için ihtiyaç duydukları sıcaklık değerleri ise genel olarak 45-62°C'dir (12) Yapılan çalışmalarda, çayır otlarının laktik asit bakterileri yönünden fakir olduğu ve sayılarının taze materyalde 10². 10⁶ cf/g arasında değiştiği ve bu miktardaki laktik asit bakterisi sayısının arzu edilen bir fermentasyon için yetersiz olduğu bildirilmektedir (15, 20). Çayır otlarındaki laktik asit bakterileri genel olarak heterolaktik tiptedir. Hasat sırasında toprakla bir kontaminasyon olursa silo materyalinde yüksek miktarda Clostridia ve Bacillus'ların bulunabileceği bildirilmektedir (21). Laktik asit bakterilerinin fermentasyon başlangıcındaki üreme yetenekleri çok hızlıdır. İlk 24 saat

içinde fermentasyonu tam olarak başlatabilirler ve her gram silajdaki bakteri sayısı 10⁸-10¹⁰ miktarına kadar ulaşabilir. Bu şekilde hızlı üreyebilme yeteneklerinden dolayı laktik asit bakterilerinin fermentasyon başlangıcındaki besin madde ihtiyaçları son derece yüksektir. Fakat fermentasyon başlangıcında laktik asitin oluşum düzeyi, laktik asit bakterilerinin üreme düzeyinden daha azdır. Ancak bir kaç gün sonra laktik asit üretimi de en yüksek düzeye ulaşmaktadır (10).

Silajlarda %100 düzeyinde bir laktik asit fermentasyonunun oluşması hiç bir zaman mümkün değildir. Laktik asit bakterilerinin çoğunluğu laktik asit yanında az ya da çok miktarda asetik asit gibi fermentasyon ürünleri de oluştururlar. Fakat homofermenterlerin kolay eriyebilir karbonhidrat içeriği yönünden fakir silo yemlerinde önemli miktarda asetik asit oluşturdukları bildirilmektedir (19). Laktik asit bakterileri tarafından salgılanan laktasidaz enzimi yemlerdeki karbonhidratları parçalayarak laktik asit üretir. Aynı bakteriler antibiyotik etkiye sahip maddeler meydana getirerek, silo içerisinde çoğalmaları arzu edilmeyen asetik asit ve bütirik asit bakterilerinin faaliyetlerini de önlerler (18).

Zararlı mikroorganizmalar

Bu sınıfa giren mikroorganizmalar, silajı yapılacak yeşil yemde hasat öncesinde yüksek sayıda bulunurlar (Tablo 1) (21).

a-Aerob baciller: *Subtilis*, *Mesentericus*, *Mycoides*

b-Micrococ ve Sarcinler: *M.candidus*, *Miutes*, *M.flavus*, *Saccina lutea*

c-Pigment oluşturan çubuk bakteriler: *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alkaligenes*, *Cerinerrativa*

d-Clostridium türleri

e-Asetik asit bakterileri

f-Mayalar

g-Küf mantarları

h-Kokuşma bakterileri

Mayalar, küfler, baciller ve Enterobacteriaceae familyasına ait clostridial sporlar gibi istenmeyen aerob mikro-

organizmaların silaj kalitesi üzerinde oluşturdukları olumsuz etkilerin hepsine birden aerob yıkımlanma denir (10). Silajın aerob yıkımlanması silajda sıcaklık artışı, pH'da yükselme ve kuru madde kayıpları ile karakterizedir. Bu mikroorganizmaların üremesini ve miktarını etkileyen faktörler silaj kalitesini de etkilemektedir (25).

Mayalar silo edilecek başlangıç materyalinde bulunur. Hatta sayı bakımından laktik asit bakterilerinden daha fazladır. Karbonhidratları alkol, karbondioksit ve organik asitlere fermente ederler (26). Silolamada en önemli zararlı mikroorganizmalardan birisi de küf mantarlarıdır. Bunlar yem yığnında öncelikle karbonhidratları ve daha sonra da proteinleri ve laktik asidi parçalayarak silajda hem nitel hem de nicel olarak önemli kayıplara yol açarlar (12). Genellikle pH'nın 3.5'den daha yüksek olduğu durumlarda gelişme gösteren kokuşma bakterileri parçalanma ürünü olarak amin ve amonyak meydana getirirler. Bu arada karbonhidratları ve laktik asidi de parçalayabilirler (12, 26). Aerob basiller karbonhidratları fermentasyona uğratarlar. Bunlardan çoğu amilaz enzimine sahip olduklarından nişastayı da parçalayabilecek niteliktedirler. Bazı türleri de karbon ve azot gereksinimlerini yalnızca proteinlerden ya da amino asitlerden karşılayabilirler (26). Mikrokok ve sarsinler bitkilerde şekerin bir kısmını parçalayarak şeker yetersizliğine neden olurlar. Pigment oluşturan çubuk bakteriler ise silajda az veya çok proteinleri parçalarlar ve bu arada karbonhidratlardan asit teşkil edebilme yeteneğine de sahiptirler (12). Enterobacteriaceae'lar optimum üremeyi nötr veya hafif bazik (pH 6-7), anaerobik veya çok düşük oksijenli ortamlarda ve 30-40°C'de gösterirler. pH 6'nın altına düştüğünde ise üreme ve büyümeleri durur (18). Enterobakter popülasyonu genellikle silaj yapımı öncesinde yüksek sayıdadır ve silaj yapımından sonra ilk 12-36'cı saatlerde aktiftirler. Bu süreyi takiben arzu edilir fermentasyon tipinin oluşumu ile sayıları hızla düşer ve fermentasyon fazının ilk birkaç gününden sonra etkinlikleri kalmaz (3). Enterobacteriaceae'lar şekerini asetik asite parçalarlar (16). Clostridialar da silaj kalitesini bozucu yönde etki gösterirler. Bütirik asit oluşumuna yol açan clostridial bakteriler, laktik asit bakterilerine göre daha yavaş çoğalırlar. Yemlerdeki karbonhidratları parçalayarak uçucu yağ asitlerine ve meydana gelen laktik asidi de bütirik asite çevirirler. Clostridial sporlar da düşük pH'ya hassastırlar ve gelişmeleri için nemli ortama ihtiyaç duyarlar. Clostridia'lar daha çok %70'in üstünde nem içeriğine sahip silajlarda üreme ve gelişme gösterirken (3, 17, 19), %65'den daha düşük nem içeriğinde ise nadiren gelişme gösterirler (25). Silaj materyalinde yeterli miktarda kolay eriyebilir karbonhidratların varlığında pH'nın hızla 4.6-4.8'e düşmesi (19) veya %70'den daha düşük nem içeriğinde silaj katkısı olarak inhibitörlerin kullanılması ile fermentasyon için gerekli olan asidifikasyon sağlanarak clostridiaların gelişmesi engellenmiş olur (3). Sakkarolitik clostridia'lar şekerler ve organik asitleri bütirik asite çevirerek kuru madde ve enerji kaybına yol açarlar. Proteolitik clostridia'lar ise amino asitleri amonyak, aminler ve uçucu organik asitlere parçalarlar (3). Bu durum silo içerisindeki asidik ortamın nötr hale dönüşmesine, bütirik asit bakterilerinin daha hızlı gelişmesine, dolayısıyla bütirik asit oluşumuna ve kokuşmaya yol açar (18). Clostridial fermentasyon; laktik asitten daha yüksek oranda bütirik asit, toplam nitrojenin %10'nun daha yüksek amonyak ve yüksek pH ile karakterizedir (19). Konu ile ilgili olarak yapılan bir çalış-

mada, 106/g Enterobacteriaceae ilave edilen silajda amonyak-N seviyesi 207g/kg-N (toplam azot) iken Enterobacteriaceae + L.plantarum+P.acidilactici katkılı grupta ise 74g/kg-N (toplam azot) olarak tespit edilmiştir (10).

Asetik asit, aerobik ortamda yaşayan *Micoderma aceti* tarafından yapılır. Bu asit, iyi fermente edilmiş silo yemlerinde bile oldukça fazla bulunur ve bazen laktik asit düzeyine ulaşabilir. Silajda heterofermentatif laktik asit bakterileri de asetik asit üretimine neden olarak %38 dolayında bir enerji kaybına yol açarlar (18).

Fermentasyon Süresince Meydana Gelen Biyokimyasal Değişmeler

1. Karbonhidratlar

Silajda fermentasyonu sağlayan bakterilerin üremeleri için gerekli olan besin maddelerinin silajlık materyalde yeterli düzeyde bulunması gerekir. Farklı laktik asit bakteri türlerinin değişik karbonhidratları farklı düzeylerde yıkımladığı bildirilmektedir. Karbonhidrat türünün molekül ağırlığı ne kadar fazla ise fermentasyona uğratılma yani yıkımlanma düzeyi de aynı ölçüde değişik olur ve nişasta, selüloz, dekstrin ve pentozanlar gibi karbonhidratlar da tam olarak yıkımlanamaz. Bu bakımdan laktik asit bakterileri ve diğer mikroorganizmalar tarafından silolamanın ilk günlerinden itibaren bitkideki glikoz, fruktoz ve sakkaroz gibi basit yapıda olanlar öncelikli olarak tercih edilir. Bundan dolayı kolay eriyebilir karbonhidratlar silajın kalitesini etkileyen kritik bir faktördür (2, 12, 21). Kolay eriyebilir karbonhidratlarca yetersiz bir silajda asidifikasyonu sağlayacak laktik asit yönlü fermentasyonun gerçekleşmemesi sonucu istenmeyen fermentasyon ürünleri oluşur. Bu durum silajın kalitesinin bozulmasına yol açar (22). Silaj materyalinin florasına homofermentatif laktik asit bakterileri hakim olduğu halde kolay eriyebilir karbonhidratların yokluğunda laktik asit bakterileri laktik asit yerine asetik asit üretmeye başlayabilir (24). Siloya doldurulan yemdeki enzim aktivitesi aerobik ortam ve değişmeyen pH şartlarında devam edecektir. Eğer yeşil yem siloya doldurulması sırasında iyi sıkıştırılmazsa silonun içine hava girecek ve silo ısısının yükselmesine sebep olacaktır. Bu durum silo materyalindeki kolay eriyebilir karbonhidratların CO₂ ve H₂O'ya okside olmalarına yol açar (26). Laktik asit; laktik asit bakterileri tarafından salgılanan laktosidaz enzimi yardımı ile yemlerdeki karbonhidratların özellikle monosakkaritlerin parçalanması ile oluşur. Normal şartlar altında anaerobiosis hızlıca meydana gelir ve laktik asit bakterileri glikoz ve diğer 8C'lu şekerlerin fermentasyonu ile yalnızca laktik asit oluşturur (3, 17). Homofermentatif laktik asit bakterileri heksozları, heterofermentatif olanlar ise heksozlarla beraber pentozları da fermente edebilmektedir (17). Homofermentatif laktik asit bakterilerinin kolay eriyebilir karbonhidratları sadece laktik asite (1mol glikozdan 2 mol laktik asit; 1mol fruktozdan 2 mol laktik asit; 1mol pentozdan 2 mol laktik asit+1mol asetik asit) ve silaj kalitesini etkilemeyecek düzeyde asetik asit, alkol (ethanol) ve karbondioksite dönüştürdüğü bildirilmektedir (3). Silaj yeminde asiditenin yetersiz olması halinde bu yan ürünlerin üretim oranının arttığı, laktik asitin üretim oranının azaldığı bildirilmektedir. Örneğin pH 7'de şekerin %73'ünün laktik asite dönüştüğü halde pH 5'de bu oranın %87'ye çıktığı ve homofermentatif laktik asit bakterilerinin fermentasyonu sırasında glikoz enerjisinin sadece %3.5'inin kayba uğradığı bildirilmektedir (2, 12).

aynı bitkinin kuru otuna nazaran fakirdir (1). Silajın inkubasyonu süresince silo yemindeki renk maddelerinde önemli değişimler görülür. Organik asitlerin klorofil üzerine etkisiyle silaj kahverengi renk alır. β -karotenin yıkılımı ısı ve oksidatif parçalanma ile ilgilidir. Her ikisi yüksekse β -karoten kaybı önemli olabilir. Soldurma derecesine göre %20-60'a kadar bir kayıp oluşabilir. Fermentasyon sırasında %10 kadar daha ziyan olur ve öylece kalır. İyi muhafaza edilmiş bir silajda karoten kaybı %30'dan düşüktür (1, 17).

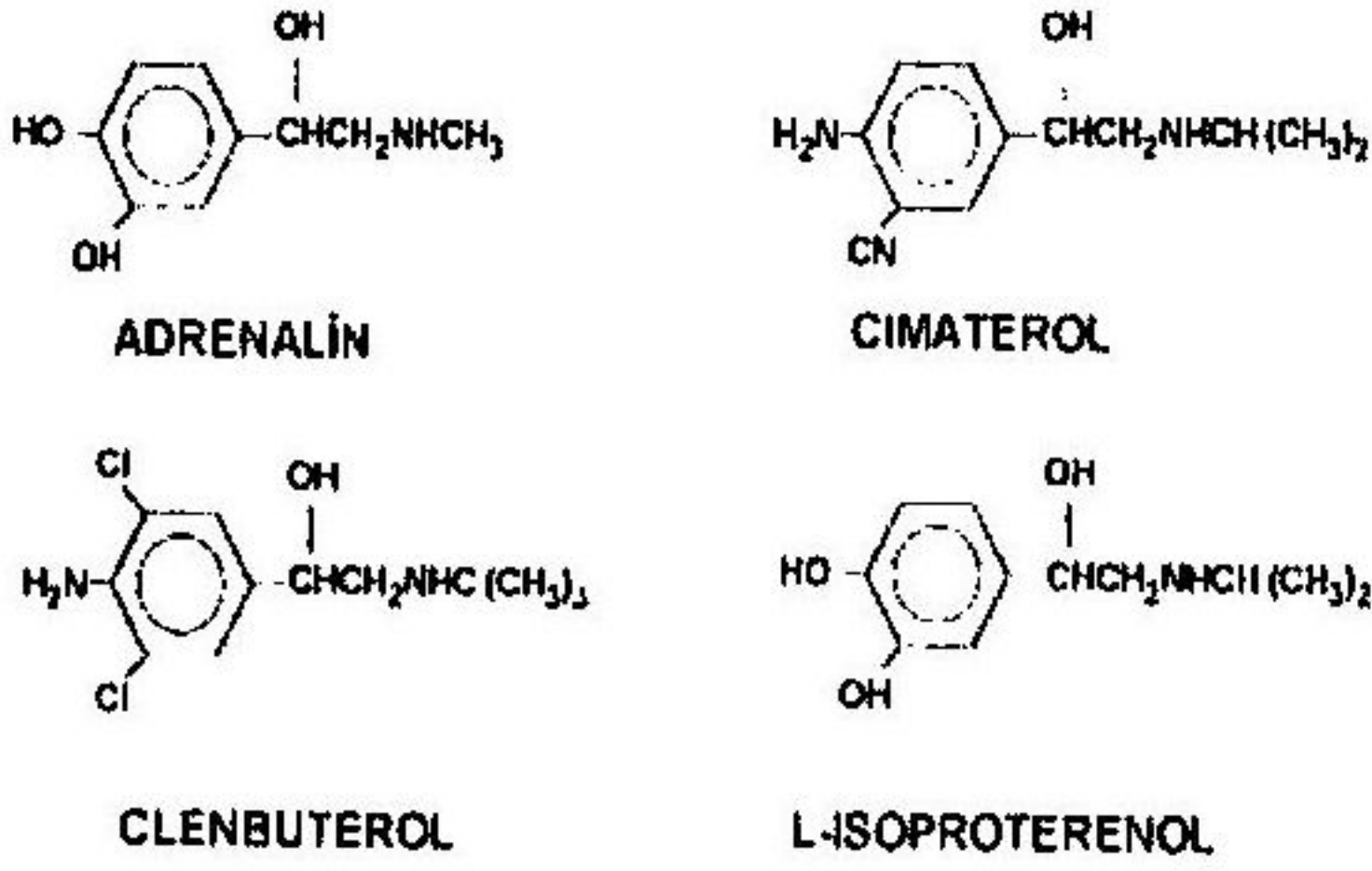
4. N'suz öz maddeler (N-suz ÖM), Ham yağ, Ham selüloz, Mineral madde

N-suzÖM'ler, kuru madde esaslı üzerinden karşılaştırıldığında, ele alınan yeşil yemdekine kıyasla en çok azalan bir besin maddesi grubudur. Silodaki biyolojik olayların gelişmesi için önce kolay eriyebilir karbonhidratlar kullanıldığından, N-suzÖM'lerin sindirilme dereceleri de çok az miktar düşmüş olur (1). Teşekkül eden organik asitler dolayısıyla ham yağ ve yağın sindirilme derecesi de artar. Ham selüloz miktarının (N-suzÖM'lerin azalması dolayısıyla) artar. Sindirilme derecesi de orijinal bitkidekine kıyasla biraz artmış olur. Mineral madde muhtevasında (eğer silo suyu sızması olmaz, yağmur suyu ile yıkanmaz ise) belirgin bir değişiklik görülmez.

Sonuç olarak, silaj mikrobiyolojisi ve silajda meydana gelen biyokimyasal değişimlerinin bilinmesi; silolama tekniğinin usulüne göre yapılmasında, silajda oluşan besin madde kayıplarının en aza indirilmesinde ve buna bağlı olarak da silajın kalitesinin iyileştirilmesi ve hayvanlardan optimum verim elde edilmesine önemli katkılar sağlar .

KAYNAKLAR

- 1.Akyıldız AR (1983) Yemler Bilgisi ve Teknolojisi. A.Ü. Zir. Fak. Yayınları, No: 868, A.Ü. Basımevi, Ankara.
- 2.Axelsson AS (1993): Classification and Physiology (In: Lactic Acid Bacteria. Ed: Seppo Salminen and Atte Von Wright). Marcel Dekker Inc., Madison Avenue, New York.
- 3.Bolsen KK, Ashbell G and Weinberg ZG (1996): Silage Fermentation and Silage Additives. *Ajas*, 9,(5):483-493.
- 4.Chase LE (1998): Controlling Silage Quality. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacture, Cornell University, Ithaca, New York.
- 5.Coşkun B, Şeker E ve İnal F (1998): Yemler ve Teknolojisi. S.Ü. Vet. Fak. Yayın Ünitesi, Konya.
- 6.Cullison A (1975): Feeds and Feeding. University of Georgia. A Prentice-Hall Company, Reston, Virginia.
- 7.Ensminger ME and Olentine JR(1978): Feeds and Nutrition. Complete First Edition. The Ensminger Publishing Company, New York.
- 8.Etgen WW, James RE and Reaues PM (1987): Dairy Cattle. Feeding and Management. John Wiley Sons. Inc., New York.
- 9.Gülşen N (1995): Kaba Yemin Önemi ve Türkiye'de Kaba Yem Sorunu. *Türk Veteriner Hek. Derg.*, 7, (3): 48-52.
- 10.Henderson AR (1997):Silage Making: Biotechnology on the Form. *Outlook on Agriculture*, 16, (2): 89-94.
- 11.Jonsson A, Lindberg H, Sundas S, Lingvall D and Lindgren S (1990): Effect of Additives on the Quality of Big Bale Silage. *Animal Feed Science and Technology*, (31):139-155.
- 12.Kılıç A (1986): Silo Yemi (Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri). Bilgehan Basımevi, İzmir.
- 13.Kılıç A (1997): Silo Yemi Hazırlanmasında Fermentasyon Biyolojisi. Türkiye Birinci Silaj Kongresi, 114-126, Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- 14.Kung MJr, Maslanko AO, Heisson P, Garciae-Lopez DQ and Kreck EM (1992): Microbial and Enzyme Additives for Alfalfa Silage. *Journal of Dairy Science* 75, (Supplement 1):208 (Abstract).
- 15.Lindgren S, Petterson K, Jonsson A, Lingwal P and Kasperson A (1985): Silage Inoculant. *Swedish J. Agric. Res.*, 15: 9-18.
- 16.Mc Donald P(1981):The Biochemistry of Silage. Jhon Wiley and Sons., Published Company, New York.
- 17.Mc Donald P, Edwards RA and Greenhalgh JFD (1981): Silage. *Animal Nutrition*, Third Edition, 367-376.
- 18.Özen N, Çakır A, Haşimoğlu Ş ve Aksoy A (1993): Yemler Bilgisi ve Teknolojisi. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Ders Notları, No: 50, Zir. Fak. Ofset Tesisi, Erzurum.
- 19.Pitt RE (1986): Microbial and Enzymatic Additives for Ensiling. Department of Agricultural and Biological Engineering Cornell University, Ithaca, New York
- 20.Raurama A, Setala S, Moisio T and Sivela S (1987): The Effect of Inoculants and Cellulase on the Fermentation and Microbiological Composition of Grass Silage. II. Microbiological Changes in the Silages. *Journal of Agricultural Science in Finland*, 59: 371-377.
- 21.Setala J (1989): Enzymes in Grass Silage Production. *Food Biotechnology*, 2, (2): 211-225.
- 22.Setala J, Moisio T and Raurama A (1986): Use of Inoculants and Enzymes as Grass Silage Additives. *Int. Dairy Congress*, Hague.
- 23.Şenel HS (1974): Saman ve Mısır Silajlarının Süt Üretiminde Karşılaştırmalı Değerleri. *A. Ü. Vet. Fak. Derg.*, 21, (1-2): 130-138.
- 24.Thomas TD, Ellwood DG and Longyear ML (1979): Change from Homo to Heterolactic Fermentation by *Streptococcus lactis* Resulting from Glucose Limitation in Anaerobic Chemostat Cultures. *Journal of. Bacteriology.*, 138: 109-117.
- 25.Woolford MK (1984): The Silage Fermentation. Marcel Dekker Inc., New York.
- 26.Woolford MK (1990): A Review: The Detrimental Effects of Air on Silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 68: 101-116.
- 27.Zimmerman CL, Dennis SM, Hinds MA and Rutherford WM (1992): Effect of Dry Matter, Location Environmental Conditions and Hybrid or Variety on the Epiphytic Flora of Several Forages. *Journal of Animal Science* 70, (Supplement 1): 175 (Abstract).



Şekil 1: Adrenalin ve bazı BAA'lerin kimyasal formülü.

BAA yemle verildiği zaman bazal metabolizmayı düzenlerler (9, 17, 22, 25).

Adrenalin ruminantlarda, en güçlü lipolitik maddedir. Noradrenalinin lipolitik aktivitesi, adrenalinin % 80 i kadardır. Katekolaminlerin etkisine en az duyarlı hayvanlar ruminantlar olmasına rağmen, lipoliz ruminant ve ruminant olmayan hayvanlarda benzer şekilde ortaya çıkmaktadır. Kuşlarda glukagon, katekolaminlere göre daha baskın lipolitik etki gösteren hormondur (9).

Adrenalin β_1 ve β_2 reseptörleri yoluyla, cAMP düzeyini adenil siklazı uyararak yükseltir. cAMP fosfodiesteraz ile hidrolize olarak 5'AMP ye dönüşür. GTP, adenil siklazın regülasyonunda anahtar rol oynar. cAMP'nin hücre içi etkisi, protein kinaz'ın aktivasyonu ile olmaktadır. Protein kinaz da trigliserid lipazı aktive eder ve sonuçta serbest yağ asidi salınır (Şekil 3). Bu mekanizma insülin tarafından inhibe edilir fakat insülinin fosfodiesteraz aktivitesini uyardığı veya adenilat siklaz aktivitesini inhibe ettiği, yoksa iki işlemi birden etkileyip etkilemediği açık olarak bilinmemektedir. BAA'lerin de adrenaline benzer şekilde cAMP seviyesini yükselterek etkilerini gösterdikleri düşünülmektedir (9, 10, 22, 24).

BAA'lerle yapılan çalışmalar: BAA'lerin farklı hayvan türlerine uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar tablo 1'de özetlenmiştir. Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, BAA'lerin hayvanların canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma oranı, karkastaki yağ oranı üzerine olan etkisine; hayvanın türü, ırkı, cinsiyeti, ilacın uygulama dozu, deneyin süresi, hayvanların yemlerine protein ilavesinin etkisi bulunmaktadır.

Balıklar ile yürütülen çalışma sayısının sınırlı olması, bunların balıklarda nasıl etki gösterdiği hakkında bir sonuca gidilmesini engellemektedir. Ancak son yıllarda ractopamin kullanarak kedi balıklarında yapılan bir araştırmada (20), kontrol grubuna göre, ilaç uygulanan grupta %17 daha fazla ağırlık artışı ve % 24 daha az yağ birikimine sebep olduğu bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda (5), özellikle sığırlarda cimaterol uygulayarak yapılan uzun süreli (60 hafta) denemelerde büyüme üzerine herhangi bir etkisi saptanamamıştır. Kısa süreli çalışmalarda ise 2-13 hafta boyunca BAA uygulamasının (clenbuterol, cimaterol ve L-644, 969), % 34 lük bir canlı ağırlık artışı sağladığı ifade edilmiştir. Bu ajanların nispeten kısa süreli uygulanmasıyla maksimum canlı ağırlık

artışı sağlandığı ortaya çıkmıştır. Belçika beyaz-mavi renkli boğaların yemlerine 12 hafta boyunca 4 ppm cimaterol ilavesiyle büyüme oranında %20'lik bir artış sağlanırken, aynı dozdaki cimaterol'un 28 hafta verilmesiyle büyüme oranında bir artış sağlanamamıştır (10).

Organ ve dokular üzerine olan etkileri: Kuzuların yemlerine 10 ppm cimaterol ilavesinden sonraki 150. Dakikada kalp atım hızının, geçici olarak %80-120 oranında yükseldiği; ancak bu durumun 12-24 saat arasında normale döndüğü tespit edilmiştir. Arteriyel kan akış hızı, cimaterol uygulamasından sonraki 2-4 saat arasında ortalama % 218 artmış ve bu artış ilk 24 saatten sonra bile % 164 seviyesinde kalmıştır. Hematokrit değeri cimaterol uygulamasından etkilenmemiştir(1).

Kastre edilmiş boğalara cimaterol uygulamasıyla, büyüme hormonu (growth hormone), glikoz, trigliserid ve somatomedin C'nin kan düzeylerinde bir değişiklik saptanamazken; insülin (P<0.01) ve üre nitrojeni (P<0.001) düzeylerinde doğrusal bir düşüş tespit edilmiştir. Kreatinin (P<0.01), ALT (P<0.01) ve AST (P<0.001) düzeylerinde ise aynı şekilde artış tespit edilmiştir (22).

Clenbuterol'un kuzulardaki insülin-benzeri büyüme I faktörü üzerine herhangi bir etkisi bulunamazken, kollajen konsantrasyonlarında ise azalmalara neden olduğu belirlenmiştir (29). Ratlarda cimaterol'un meme bezi üzerine uyarıcı ve gelişimini artırıcı etkisi bulunmuştur. Cimaterol'un meme bezine geçişinin diğer yağ dokulara geçişinden daha fazla olmasının bunda etkili olduğu düşünülmektedir (7).

β -adrenerjik agonistlerin farmakokinetiği: BAA'lerin biyolojik sıvı ve organlardaki düzeylerini tespit etmek, spesifik metodların bulunmamasından dolayı son derece güçtür. Dolayısıyla farmakokinetikleri üzerine çok az araştırma bulunmaktadır. Holştayn ırkı sığırlarda yapılan çalışmada (4), damar içi tek doz 15 mg cimaterol uygulamasından sonra, analizlerde çift kompartmanlı açık model uygulanmıştır. Analizler sonucu elde farmakokinetik parametreler: merkezi kompartman hacmi (V_c)= 0.76 L/kg, dağılım hacmi (V_d)= 4.1 L/kg, merkezi kompartmandan periferel kompartmana geçiş hızı (k_{12})= 0.177/dak, periferalden merkezi kompartmana geçiş hızı (k_{21})= 0.054/dak. ve merkezi kompartmandan atılma hızı (k_{e1})= 0.074/dak olarak elde edilmiştir. Uygulamadan sonraki 8. saatte uygulanan dozun idrardaki düzey % 18.3 olarak bulunmuştur.

Son yıllarda hayvansal üretimi arttırmak amacıyla farklı metodlara olan ilgi artmıştır. Bu ilgi özellikle BAA'ler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu bileşiklerden bir çok madde, kas miktarını arttırmak ve yağ oranını azaltmak amacıyla kullanılmış ve geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Hayvansal üretimde bu bileşiklerin güvenli ve etkin bir şekilde kullanılması için çalışmalar devam etmektedir. Ülkemizde konuyla ilgili herhangi bir bilimsel araştırmaya rastlanmaması nedeniyle, yetiştiriciliği yapılan hayvan tür ve ırklarındaki farklılık ve çeşitlilik göz önünde bulundurularak bu konunun araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Beermann DH, Butler, W R, Fishell VK., Bergman EN and McCann JP (1986): Preliminary observations on the effects of cimaterol on heart rate, blood flow, plasma insulin concentration and net glucose uptake in the