



10.33188/vetheder.1284911

Derleme Makale / Review Article

## Süt sığırlarında silaj fermantasyon son ürünlerinin yem tüketimi ve süt verimi üzerine etkisi

**Oğuzhan KAHRAMAN<sup>1,a</sup>, Zekeriya Safa İNANÇ<sup>1,b\*</sup>, Deniz ŞİŞMAN<sup>1,c</sup>, Emel DEMİRCİ<sup>1,d</sup>**

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Konya

<sup>a</sup>0000-0002-9315-5276; <sup>b</sup>0000-0003-0832-9209; <sup>c</sup>0009-0002-9649-2910; <sup>d</sup>0009-0007-0933-3898

### ÖZET

#### MAKALE BİLGİSİ /

#### ARTICLE INFORMATION :

#### Geliş / Received:

18 Nisan 23

18 April 23

#### Revizyon/Revised:

20 Temmuz 23

20 July 23

#### Kabul / Accepted:

18 Ağustos 23

18 August 23

#### Anahtar Sözcükler:

Fermentasyon

Silaj

Süt Verimi

Yem Tüketimi

#### Keywords:

Feed consumption

Fermentation

Silage

Water Consumption

©2024 The Authors.

Published by Veteriner

Hekimler Derneği. This is

an open access article

under CC-BY-NC license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>)



Yem bitkilerinin silolanarak saklanması, taze mahsulün besin değerini koruyan ve pH'yı düşüren bir fermantasyon işlemine dayanır. Ana prensip, bitkideki suda çözünen karbonhidratların laktik asit bakterileri tarafından kullanılarak laktik asit üretilmesidir. Laktik asit dışında silaj fermantasyonunu değerlendirmek için dikkat edilen son ürünler uçucu yağ asitleri, alkoller, amonyak konsantrasyonları ve çeşitli mikrobiyal popülasyonlardır. Bununla birlikte, silo ortamında farklı fermantasyonlar meydana gelebilir. Bu farklılıklar substrata, mikrobiyal popülasyonlara, bitkinin nem içeriğine ve silolama sırasında yemin tamponlama kapasitesine bağlıdır. Fermentasyon, silajın besin kalitesini ve hayvan performansını etkiler. İstenmeyen fermantasyonlar gerçekleşirse silajın tadı bozulur ve yem tüketimi düşer. Ayrıca bozuk silajlar hayvan sağlığı için risklidir. İyi fermente edilmiş silaj, süt ineklerinde herhangi bir risk oluşturmadan ve verim performansını etkilemeden rasyonlarda kullanılabilir. Silaj fermantasyon son ürünleri yem tüketimi dışında sindirim sisteminden emilen besin madde profilini de etkiler. Bu etki ile süt verimi ve sütün kompozisyonu değişiklik gösterebilir. Silaj kalitesine etki eden faktörler istenilen fermantasyonun şekillenmesinde etkilidir. Bu derlemede silaj kalitesine etki eden faktörlerin fermantasyon son ürünlerine etkileri ve bu ürünlerin süt verimi ve yem tüketimi üzerine etkileri tartışılarak açıklanmıştır.

### *The effect of silage fermentation end products on feed consumption and milk yield in dairy cow*

#### ABSTRACT

The ensiling of forages is based on a fermentation process that preserves the nutritional value of the fresh crop and lowers the pH. The main principle is to produce lactic acid by using the water-soluble carbohydrates in the plant by the lactic acid bacteria. Other than lactic acid, the end products considered to evaluate silage fermentation are volatile fatty acids, alcohols, ammonia concentrations and various microbial populations. However, different fermentations may occur in the silo ambience. These differences depend on the substrate, microbial populations, moisture content and the buffering capacity of the feed during ensiling. Fermentation affects the nutritional quality of the silage and animal performance. If undesirable fermentations occur, the palatability of the silage will deteriorate and feed consumption will decrease. In addition, spoiled silages are risky for animal health. Well-fermented silage can be used in rations without posing any risk to dairy cows and affecting yield performance. Silage fermentation end products affect the nutrient profile absorbed from the digestive system, as well as feed consumption. With this effect, milk yield and composition of milk may change. Factors affecting silage quality are effective in shaping the desired fermentation. In this review, the effects of factors affecting silage quality on fermentation end products and the effects of these products on milk yield and feed consumption are discussed and explained.

## 1.Giriş

Kaba yemler çiftlik hayvanları tarafından genellikle taze olarak tüketilir. Bunun yanında uzun süre kullanılması ve karşılaşılabilecek olumsuz koşullara önlem almak amacıyla kaba yemleri çeşitli yollarla muhafaza etmek mümkündür. Yemlerin muhafazası güneşte kurutma (saman, yonca vb.), suni kurutma ve silaj yapımı yoluyla sağlanabilir. Süt sığırlarını silajla beslemenin yem tüketimi ve süt verimini artırmadaki olumlu etkileri hakkında çok sayıda çalışma mevcuttur (1, 2). Silaj, sığır, koyun ve diğer geviş getiren hayvanlara verilebilen veya anaerobik çürütücüler için biyoyakıt hammaddesi olarak kullanılabilen, fermente edilmiş ve yüksek nemli kaba yemlerdir. Silolama, mikroorganizmaların yemdeki fermente edilebilir şekerleri kullandığı ve başta laktik asit ve uçucu yağ asitlerinin açığa çıktığı anaerobik fermentasyonlar altında yapılır (3). Mısır silajı ruminantlarda, süt üretimini artırmak için uygun maliyetli sindirilebilir bir enerji kaynağı olarak yüksek verimli süt ineklerinin rasyonlarındaki ana bileşenlerden biridir (4).

Yemleri silolamanın amacı, taze mahsulle karşılaştırıldığında yüksek oranda kuru madde, enerji ve sindirilebilir besin maddesi içeren stabil bir yem üretmektir. Silodaki mikrobiyal fermentasyon esnasında çeşitli son ürünler üretilir ve bu son ürünler silajın besleyici yönünü değiştirebilir (5). Son ürünlerin oluşumu, havasız ortamda saklanan yemlerdeki çözünür karbonhidratların fermentasyonu ile gerçekleşir. Bu fermentasyon sürecinde bazı besin maddeleri de parçalanarak hayvanlar için daha kolay değerlendirilebilir hale gelir. Bunun dışında silaj aromatik kokusu, sulu yapısı ve yumuşaklığı sayesinde süt sığırları için çok lezzetlidir. Silajın tüm bu özellikleri süt üretiminin artmasına katkıda bulunur. Dolayısıyla gelişmiş ülkelerde kış aylarında başta süt inekleri olmak üzere, geviş getiren hayvanların çoğu için temel yem maddesi silajdır.

Silaj fermentasyonunu değerlendirmek için dikkat edilen son ürünler organik asitler, alkoller, amonyak konsantrasyonları ve çeşitli mikrobiyal popülasyonlardır. Oluşan son ürünlerinden organik asitler ve alkollerin üretim miktarının belirlenmesi, silaj fermentasyonlarının değerlendirilmesinin temelidir. Silaj kalitesi bakımından değerlendirilebilen diğer son ürünler mikotoksinler ve azotlu bileşiklerdir. Silaj kalitesi bakımından değerlendirilebilen diğer son ürünler mikotoksinler ve azotlu bileşiklerdir.

Geviş getiren hayvanların performansı, rasyonun sindirilebilirliği, sindirilebilir enerjiyi metabolik veya net enerjiye dönüştürme verimliliğinden çok yem tüketimiyle yakından ilişkilidir (6). Silaj fermentasyon karakteristikleri yem tüketimi dışında sindirim sisteminden emilen besin madde profilini de etkiler. Bu etki ile birlikte süt verimi ve sütün kompozisyonu değişiklik gösterebilir (7). Silaj fermentasyon son ürünlerinden özellikle laktik asitin silaj kalitesi ve tüketimine etkileri hakkında çalışmalar yapılmış olsa da diğer son ürünlerin yem tüketimi ve süt verimine etkileri üzerinde fazla durulmamıştır. Bu sebeple bu derlemede, silaj kalitesine etki eden faktörler ve fermentasyon sürecinde sonra ortaya çıkan son ürünlerin, yem tüketimi ve süt verimine etkileri ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir.

### Silaj fermentasyon son ürünlerine etki eden faktörler

Silaj yapma süreci genellikle 4 aşamaya ayrılır: (1) silodaki ilk aerobik aşama, (2) fermentasyon aşaması, (3) siloda stabil kalma aşaması ve (4) silonun açılıp silajın havaya maruz kaldığı çıkış aşaması (8). Silaj yapımında uygun fermentasyon sağlanarak tüketiminin olumsuz etkilenmemesi istenir. İdeal bir fermentasyonda, homolaktik asit bakterileri çoğalmak için suda çözünür karbonhidratları (örn. sükröz ve glikoz) kullanır ve yalnızca laktik asit üretirler. Organik asitlerden olan laktik asit üretimi ile silolama süresince düşük düzeyde kuru madde ve enerji kaybı olur (9).

Aktif fermentasyon aşaması başlamadan önce, siloda kalan oksijen, su, karbondioksit, ısı ve serbest amonyak, yemde bulunan enzimlerin aktivitelerine, proteolitik aktiviteye, aerobik mikroorganizmalar, maya ve enterobakteriler gibi fakültatif aerobik mikroorganizmaların faaliyet göstermesine olanak verir (10). Aerobik mikroorganizmalar solunuma katkıda bulunabilse de, bitki dokusunun solunumu silodan oksijenin uzaklaştırılması ve ısı üretilmesi için birincil kaynaktır.

Silaj, silodan çıkarılırken veya açıkta kaldığı için havaya maruz kaldığında, fermentasyon asitleriyle diğer son ürünler aerobik bakteriler, mayalar ve küfler tarafından oksitlenir. Bunun sonucunda potansiyel olarak sindirilebilir maddeler olan fermentasyon ürünlerinin kaybıyla besin değeri azalır. Silajdaki fermentasyon ürünlerinin konsantrasyonu, hem mahsulün ilk kimyasal içeriği hem de silolama süresi boyunca gelişen mikroorganizma tipleri tarafından belirlenir (8). Silajın hava ile temas etmesiyle öncelikle maya üremeye başlar, sonrasında küfler ürer ve silajda küfler görünür hale gelene kadar besin madde kaybı yaklaşık %16 olur (9). Ekonomik kayıpların yanında bozulan silaj, dolaylı olarak hayvan sağlığını ve verimini de olumsuz etkiler. Bununla ilgili yapılan bir çalışmada Gerlach ve ark. (11), keçilere yedirilmeden önce 8 gün boyunca açık havaya maruz bırakılan mısır silajlarında kuru madde tüketiminin %53 azaldığını bildirmiştir. Windle ve Kung

(12), düveleri taze ve bozulmuş silaj içeren TMR ile besledikleri bir çalışmada, havaya maruz bırakılan silajı içerikli TMR'ı tüketen grupta, kuru madde tüketiminin düştüğünü ve rumen sıvısında daha fazla maya ürediğini belirlemişlerdir. Silajların aerobik maruz kalma sırasında meydana gelen değişiklikleri tanımlamak için yapılmış bir çalışmada, mikrobiyolojik sonuçlara göre, aerobik maruziyetin dördüncü gününden sonra bozulmanın mayalar tarafından başladığını, ardından küfler ve aerobik mezofilik bakteriler tarafından başladığını göstermiştir. Aerobik bozulmanın ileri aşamalarında küfler sıklıkla gözlenmiştir.

Silo anaerobik hale geldikçe, çeşitli anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalar artarak yemdeki şeker ve organik asitleri fermente eder. Başlıca fermentatif mikrobiyal gruplar laktik asit bakterileri (LAB), enterobakteriler, clostridia ve mayalardır (9). Bitki biyokütlesinin laktik asit bakterileri (LAB) tarafından laktik asit ve diğer faydalı organik asitler üretmek ve pH'ı bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini önleyecek seviyelere düşürmek için fermentasyonunu takiben çok sayıda biyolojik ve teknolojik faktör silaj kalitesini etkiler (13). Homofermentatif ve fakültatif heterofermentatif laktik asit bakterileri ilavesi, laktik asit fermentasyonunu iyileştirmek, zararlı epifitik mikroorganizmaları inhibe etmek ve silolanmış yemlerin besin kalitesini korumak için yaygın olarak kullanılmaktadır (14). Laktik asit bakterilerinin etki biçimleri, laktik asidin asetik aside fermentasyonu, maya ve klostridial büyümenin inhibisyonu yoluyla silajların aerobik bozulması ile açıklanmaktadır (8). LAB dışındaki mikroorganizmalar fermentasyonda önemli bir yer alıyorsa, karbondioksit formundaki kuru madde kaybı genellikle büyüktür. Bu durum özellikle glikozdan etanol üreten mayalar veya laktat veya glikozdan bütirat üreten klostridialar için geçerlidir (15). Bu bağlamda, *Lactobacillus plantarum* gibi bakteri içeren silaj katkıları, silaj pH'ını hızla düşürmek, fermentasyon sırasında istenmeyen mikroorganizmaların çoğalmasını önlemek ve bunun sonucunda silaj kalitesini iyileştirmek için kullanılır (16).

Yaş mahsullerin silolanması bütirik asit fermentasyonu ve atık üretimi riskini artırır, daha yüksek fermentasyon kayıplarına neden olur ve genellikle silajın hijyenik kalitesini ve besleme değerini tehlikeye atar (17). Silolanacak yemin nem içeriğini azaltılması (suda çözünür karbonhidratların düzeyini artırmak ve su aktivitesini azaltmak) amacıyla biçimden sonra tarlada soldurma yapılarak silodan sızıntı kayıpları önlenmeye çalışılır. Tarlada hızlı bir soldurma elde etmek, kuru madde ve besin değeri kayıplarını azaltmak için gereklidir. Hasattan hemen sonra silajlık mahsulü yaymak, kuruma hızı üzerinden elde edilecek olan silaj kalitesine büyük bir etkiye sahiptir (18). Silajın hammadesinin kesimi sonrası silolama işleminin gecikmesi, istenmeyen mikroorganizmaların çoğalmasını artırabilir ve silaj kalitesini etkileyebilir (17).

Silolanacak bitkinin hasat zamanı ile ilgili yapılan çalışmalarda bitkinin şeker içeriğinin öğleden sonraki kesimlerde daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Sabah ve öğleden sonra biçilen yonca karşılaştırıldığında, öğleden sonraki biçimde, içeriğindeki kolay eriyebilir karbonhidrat düzeyi ilkbahar, yaz ve sonbaharda sırasıyla %17, %18 ve %22 artmıştır (19). Bu durum fotosentez aktivitesi ile açıklanmıştır ve silaj yapımında kolay eriyebilir şeker miktarının arttırılması için önerilmektedir. Benzer şekilde Brito ve ark. (20) da, öğleden sonra biçilen yoncanın toplam yapısal olmayan karbonhidrat düzeyinin, sabah biçilene göre daha yüksek olduğunu ve öğleden sonra biçilen yoncadan elde edilen silajı tüketen ineklerde süt veriminin arttığını belirtmişlerdir.

Çevre sıcaklığının 40°C'nin üzerindeki uzun süreli çevre sıcaklığı silolanan yemde protein hasarına (denatürasyon) neden olabilir ve özellikle baklagil ve çayır otu yemlerinin aminoasit düzeyini etkiler. Denatürasyon, 38°C'nin altında yavaşça gerçekleşir ve bu eşiğin üzerindeki her 14°C artışla ikiye katlanır (21). Uzun süreli yüksek sıcaklıklar sonucunda silajda kahverengi renk görülmeye başlar ve bu silajlarda tüketim ile sindirilebilirlik düşer. Bunun sonucunda, silajın hem kuru maddesi hem de kalite kayıpları açısından olumsuz etkilenmesine neden olur (22). Yüksek çevre sıcaklığı, özellikle clostridia ve enterobakteriler gibi istenmeyen mikroorganizmaların büyümesiyle bağlantılı olarak silaj üretimi için ek bir zorluk oluşturmaktadır. 20°C'ye kıyasla 40°C'de silolanan mısırdaki laktik/asetik asit oranının düşmesine rağmen, daha yüksek sıcaklıkta yapılan silaj aerobik stabiliteyi azaltmıştır. Yüksek sıcaklıklarda bozulmanın daha hızlı olduğunu, bu numunelerin 20°C'de havaya maruz kalanlara göre daha yüksek maya ve küf sayılarına sahip olduğunu buldular (8).

45 ila 50 °C'nin üzerindeki uzun süreli yüksek sıcaklıklar, denatüre proteine ve ADIN (Asit deterjanda çözünmeyen nitrojen) 'de artışlara yol açabilir. Bu aralıktaki sıcaklıklar, başarılı bir fermentasyon elde etmek için gerekli olan birçok laktik asit bakterisi için de zararlı olabilir. Bu nedenle, yem uygun partikül büyüklüğünde olmalı, hızlı bir şekilde paketlenmeli ve mümkün olan en kısa sürede havayı yem kütesinden uzak tutmak için sıkıca kapatılmalıdır (5).

Silolama esnasında partikül büyüklüğünün önemi ile ilgili olarak, çavdar otu silajı (ÇS) ve mısır silajının (MS) partikül uzunluğunun, süt ineklerinin performansına etkisinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada, ineklerin MS ile beslendiğindeki KM alımı, ÇS bazlı diyetlere göre 3,2 kg/gün daha yüksek bulunmuş. Kısa parça uzunluğu ÇS ayrıca, uzun

**Tablo 1:** Yaygın kullanılan silajlarda tavsiye edilen son ürünler (5)**Table 1:** Recommended end products for commonly used silages (5)

	Baklagil silajı KM< %30-35	Baklagil silajı %35-55 KM	Çayır otu silajı % 25-25 KM	Mısır silajı %30-40 KM	Yüksek nemli mısır %70-75 KM
pH	4,3-4,5	4,7-5,0	4,3-4,7	3,7-4,0	4-4,5
Laktik asit, %	6-8	2-4	6-10	3-6	0,5-2
Asetik asit, %	2-3	0,5-2	1-3	1-3	<0,5
Propiyonik asit, %	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Bütirik asit, %	<0,5	0	<0,5-1	0	0
Etanol, %	0,5-1,0	0,5	0,5-1,0	1-3	0,2-2,0
NH <sub>3</sub> -N, % toplam N	10-15	<12	8-12	5-7	<10

parça uzunluğu ile karşılaştırıldığında 0,9 kg/gün daha yüksek bir KM alımı ile sonuçlanmış. ÇŞ:MS bazlı diyetlerle beslenen inekler, sadece ÇŞ içeren diyetlerle beslenenlere göre 2,4 kg/gün daha fazla süt ürettiği bulunmuştur (23).

Silolama işleminin yavaş olması ve silo yapımı uygulamaları da silaj kalitesini etkileyen faktörlerden biridir. Paketleme hızı, paket yoğunluğu, kullanılan katkı maddesi türü, partükül uzunluğu, kaplama yöntemi ve silo yönetimi gibi yönetim faktörleri de silaj fermantasyonunu ve oluşacak son ürünleri etkileyebilir (24). Paketleme veya kapatmanın geciktiği silajlarda enterobakterilerin aktivitesinde ve heterolaktik fermantasyonda bir artış da görülebilir, bu da asetik asit konsantrasyonunda bir artışa yol açar (15).

Silo kapatma işleminin 4 gün geciktirilmesi, silajlarda %11'e varan kuru madde kayıplarına, maya sayısında artışa ve suda çözünen karbonhidratlarda % 65'e varan düşüşe neden olduğu görülmüş. Bu gecikmeye bağlı olarak fermantasyon sırasında oluşabilecek etil esterler, süt ineklerinde yem alımını olumsuz etkileyebilmektedir (11). Gecikmelere bağlı olarak ortam koşullarının değişmesi, mikroorganizma kompozisyonlarını da etkiler. Buna örnek olarak, mısır silajı üzerinde çalışan Kim ve Adesogan'un (25) 40°C'de depolanan silajlarda, 20°C'de depolanan silajlara göre daha az maya bulunduğunu göstermesi verilebilir. Bunker ve kısaç silolarında, tipik olarak araba lastikleri ile konumlandırılan polietilen örtü silajın korunmasında oksijen geçirgenliği olduğundan tartışmalıdır. ABD, Kansas'ta 127 çiftlikte bunker silolarında yapılan dört yıllık bir çalışmada, üst yüzeyden 50 cm derinlikte organik madde kaybı ortalama %47 olarak bulunmuştur (8).

Analiz için gönderilen birçok silaj numunesi örnek alınması ve nakliye sırasında bozulmaya uğrayabileceğinden, Tablo 1'de yaygın olarak kullanılan silajlarda oluşan son ürünlerin tavsiye edilen düzeyleri dikkatle incelenmelidir. Aksi halde, analizlerin çiftlikteki numunenin bileşimini tam olarak yansıtmamasına neden olabilir (5). Örneğin, %30 DM'nin altındaki baklagil silajları klostridial olarak değerlendirilmez; ancak, bu silajlarda nem içeriği çok yüksek olduğunda bunun olma olasılığı kesinlikle daha yüksektir.

### Silaj pH'sı ve laktik asitin süt verimine etkisi

Silolanan numunenin fermantasyonunun bir ölçüsü olan pH, silaj kalitesinde önemli bir ölçüdür. Silajlama sırasında laktik asit bakterileri (LAB) tarafından üretilen laktik asit (pKa 3,86), genellikle silajlarda en yüksek konsantrasyonda bulunan ve fermantasyon sırasında pH'ın düşmesine en fazla katkıda bulunan organik asittir (5). Çeşitli silajlarda istenen pH aralıkları baklagil silajında 4,3-4,7, mısır silajlarında 3,7-4,8 arasında değişmektedir (26). Genel olarak baklagil silajları, mısır veya diğer ot silajlarından daha yüksek bir pH'a sahiptir ve daha yüksek tamponlama kapasiteleri nedeniyle silajlanmaları daha uzun sürer (26). Silaj pH'sına etki eden birçok faktör olsa da genel olarak laktik asit bakterileri arzu edilen pH'ya ulaşmayı sağlar. Laktik asit fermantasyonları sırasında mahsulden diğer organizmalara göre en düşük KM ve enerji kaybına neden olduğundan, silajlarda istenen organizmalar olarak laktik asit bakterileri listelenir (5). Hızlı bir pH düşüşü, proteinin aşırı bozulmasına neden olabilen enterobakteriler veya clostridia tarafından istenmeyen fermantasyon riskini azaltır. Ayrıca silajda mayaların varlığı istenmeyen olarak kabul edilir çünkü bu mikroorganizmalar silajın asitleşmesine katkıda bulunmaz (mayalar şekerleri neredeyse sadece etanol ve karbondioksit fermente eder) ve silajda aerobik bozulma sorunlarıyla ilişkilidir (27).

Silajın laktik asit içeriğinin artırılması, rumende laktik asit yükünü artırır. Ancak bu asidin çok azı, rumende laktatı kullanan bakteriler tarafından parçalanıp uçucu yağ asitlerine dönüştürüldüğü için muhtemelen geri kalanı biriktirmektedir. Silajın son pH'sı en çok laktik asit konsantrasyonu ve mahsulün tamponlama kapasitesi ile ilgilidir (5).

Silaj asitleri, ineğin kendi tükürüğü veya rasyondaki ek tamponlarca nötrleştirilir. Silaj asitleri nötrleştirilmezse

rumende toplam asit artacaktır. Dengesiz rasyonlarla rumen laktik asidi parçalama kapasitesi tehlikeye girmediği sürece, silajlardaki yüksek laktik asit seviyeleri rumen laktik asit konsantrasyonlarında önemli bir artışa neden olmaz ve rumen asidozu şekillenmez (28). Fakat, Erdman (29), silaj fermantasyonu son ürünlerini ve bunların yem tüketimi üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmaları derlemiş ve daha yüksek asit konsantrasyonlarının ve buna bağlı olarak pH'daki düşüşün yem tüketimini sınırladığı sonucuna varmıştır. Silaj fermantasyonu son ürünlerinin metabolizması ile ilgili yapılan çalışmalarda süt ineklerinin yem tüketimini değiştirdiği rapor edilmiştir (30, 31) ancak, organik asitlerin veya silaj pH'sının bireysel etkilerini tahmin etmek zordur.

Silaj mikrobiyal inokulantlar silaj fermantasyonunu, aerobik stabiliteyi ve potansiyel olarak hayvan performansını iyileştirmek için kullanılan canlı mikroorganizmalardır (32). Fakat silaj katkısı olarak laktik asit bakterilerini kullanan bazı çalışmalarda, silajın kalitesine etki etmeden de süt verimini artırdığı bildirilmiştir (33). Laktik asit bakterisi (LAB) kullanılarak hazırlanan yonca silajlı rasyonu tüketen ineklerin süt veriminin arttığı belirlenmiştir (34). LAB silaj katkısının süt ineklerinin performansı üzerindeki etkilerini değerlendiren 31 çalışmanın meta-analizinde, Oliveira ve ark. (35), LAB katkı maddesi ile hazırlanan silajları tüketen hayvanlarda süt veriminin 0.37 kg/gün arttığını bildirmiştir. Kung ve ark. (5) ve Oliveira ve ark. (35) tarafından incelenen çalışmalarda inek başına ortalama süt verimini diyetle bakılmaksızın artırarak süt sığırlarının performansını iyileştirmiştir. Ayrıca Oliveira ve ark. (35), ortalama süt verimi 40 kg/gün olan ineklerde de süt veriminde artış gözlemlenmiştir. Bu durum LAB silaj katkısından kaynaklanan süt verimi artışının daha yüksek seviyelerde de olabileceğini göstermektedir. LAB ile hazırlanan yonca silajlarını tüketen ineklerin yem tüketiminin de arttığı belirtilmiştir (34). Artan yem tüketimi süt verimindeki artışı açıklamaktadır.

### **Silaj uçucu yağ asitlerinin (UYA) süt verimi ve yem tüketimine etkisi**

Silaj fermantasyonu sırasında farklı karboksilik asitler üretilir, laktik asit arzu edilen ve en baskın fermantasyon ürünüdür, çünkü silaj pH'sını yalnızca minimum kuru madde ve enerji kayıpları ile birlikte etkili bir şekilde düşürür (36). Gerek silajdan gelen gerekse rumen bakterileri tarafından üretilen laktik asit, rumende hızla UYA'lara, başlıca glukoneojenik öncül olan madde olan propiyonik asite metabolize edilir (37). Chen ve ark. (38) toplam karışık rasyonlara (TMR) propionik asit ilavesi yaparak silolamış ve sonuç olarak kolay eriyebilir şekerlerin korunduğunu laktik asit üretiminin azaldığını rapor etmişlerdir. Bu şekilde silajın açılıp oksijene maruz kaldığı dönemde korunan şekerler sayesinde laktik asit üretiminin devam ederek aerobik stabiliteye destek olduğunu vurgulamışlardır. Kısa zincirli yağ asitleri arasında propionik asit en yüksek antimikotik aktiviteye sahiptir (39). Mısır silajı siloda oksijene maruz kaldığında aerobik mikroorganizmalar ısınmaya ve bozulmaya neden olabilir. Laktik asidi metabolize eden mayalar, mısır silajında birincil bozulma organizmalarıdır (30). Havaya maruz kalma nedeniyle bozulan silaj, besin madde kaybı ve hayvan performansı üzerindeki potansiyel olumsuz etkileri nedeniyle istenmez. Kung ve ark. (40), propiyonik asit ilave ederek hazırladıkları mısır silajlarında maya sayısının ilavesiz kontrol grubuna göre düşük kaldığını belirlemiştir. Fakat propiyonik asit düzeyi yüksek silajları tüketen ineklerde süt verimi ve yem tüketimi artış göstermemiştir.

Asetik, propiyonik ve bütirik asit, rumende üretilen baskın UYA'lardır ve bunların konsantrasyonları, yem alımına, pH'a, diyet bileşimine ve geçiş oranlarına bağlı olarak değişebilir. Geviş getiren hayvanlara verilen diyetlerin değiştirilmesinin CH<sub>4</sub> emisyonlarında bir değişikliğe ve UYA oranlarında değişikliklere yol açtığı iyi bilinmektedir. Kırmızı yonca ve ot silajı kullanılan bir çalışmada, silajların kalitesinin sığırların CH<sub>4</sub> emisyonlarında özellikle silaj kalitesinin hem CH<sub>4</sub> hem de rumen metabolitlerinin iki düşük kaliteli silaj arasında nasıl farklılık gösterebileceğini göstermiş, ayrıca, gözlemlenen CH<sub>4</sub> emisyonlarındaki değişikliklerin, fermantasyon türünden ziyade fermantasyonların kapsamıyla nasıl daha fazla ilişkili olabileceğini de açıklamışlardır (41).

Çoğu silajda, asetik asit en yüksek ikinci konsantrasyona sahip fermantasyon ürünüdür (5), genellikle kuru maddenin %1-3'ü arasında değişir (Tablo 1). Aşırı ıslak silajlar (<%25 KM), uzun süreli fermantasyonlar (yüksek tamponlama kapasitesi nedeniyle), gevşek paketleme veya yavaş silo doldurma, yüksek asetik asit konsantrasyonlarına (KM'de >%3-4) sahip silajlarla sonuçlanabilir. Laktik aside benzer şekilde, asetik asit konsantrasyonu genellikle kuru madde düzeyi ile ters orantılıdır. Silajdaki asetik asit tüketildiğinde, rumende emilebilir ve enerji için kullanılabilir. Aynı zamanda süt veya vücut yağına dahil edilebilir. Susuz veya sulu amonyakla muamele edilen silajlar daha yüksek asetik asit konsantrasyonlarına sahip olma eğilimindedir (42). Asetik asit bakterileri zorunlu aerobik, aside toleranslı bakterilerdir. Acetobacter'in silajdaki aktivitesi aerobik bozulmayı başlatabileceklerinden istenmez. Genel olarak mayalar, aerobik bozulmanın ana başlatıcılarıdır ve asetik asit bakterileri sadece küçük bir rol oynar. Ayrıca mayanın seçici inhibisyonu, silajda asetik asit bakterilerinin

çoğalmasını da artırabilir (43). Bu sebepten dolayı asetik asitin normal konsantrasyon aralığında olması yararlı olabilir, çünkü asetik asit silajdaki istenmeyen mayaları inhibe etme ve silaj havaya maruz kaldığında daha iyi stabilite sağlamaya destek olur. Dolayısıyla asetik asit içeriği çok düşük olan silajların açıldıktan sonra stabilitesi bozulabilir.

Bir çalışmada *Lactobacillus buhneri* inokule edilerek hazırlanan silajlarda asetik asit miktarı arttığı halde silaj tüketimine ve süt verimine olumsuz bir etki göstermemiştir (44). Şeker pancarı silajı, mısır silajı ve yüksek nemli mısır silajlarının asetik asit içeriklerinin sırasıyla %0.5, 0.65 ve 1.02 olarak belirlendiği bir çalışmada yüksek nemli mısırın tüketim oranı daha yüksek bulunmuş, süt verimi bakımından ise üç silaj arasında farklılık belirlenmemiştir (45). Aşırı derecede yüksek asetik asit konsantrasyonları (>%4-6), çoğunlukla enterobakteriler, klostridia veya heterolaktik asit bakterilerinin baskın olduğu istenmeyen (ancak doğal) fermantasyonlarla karakterize edilen aşırı ıslak (>%70 nem) silajlarda tespit edilir (36). Yüksek kül içeriğine (>%15) sahip baklagil silajlarında uzun süreli fermantasyona bağlı olarak asetik asit miktarı yükselebilir. LAB'nin inokulant olarak kullanıldığı silajlarda asetik asit düzeyi yüksek olmaktadır (46).

Süt sığırlarında asetik asidin kuru madde alımına etkisi üzerine başka bir çalışmada, 100 kg CA başına 1 gr asetik asit / kg KM'lik bir artış, KM alımında <17,3 gr / kg KM asetik asit konsantrasyonları için 1,2 g'lık bir azalmaya yol açtığı, 17.3-60 gr asetik asit / kg KM'den, diyet KM'sindeki her ilave gr asetik asit için KM alımında azalma 5.6 gr olarak sonuçlandırılmıştır. (100 kg CA başına) (47).

Nkosi ve arkadaşlarına göre (48), 0,1 g/kg KM'nin üzerindeki bütirik asit konsantrasyonları, *Clostridium spp.* cinsinin mikrobiyal aktivitesini yansıtır. Clostridia genellikle silaj pH'sının 5.0-5.5 düzeylerinde kalmasına neden olur, bununla birlikte bütirik asit üreterek ortamdaki proteini parçalarlar. Clostridia nedeniyle silajlarda daha yüksek kuru madde kayıpları ve amonyak-N seviyesi olmaktadır. Amonyak, amin ve amidler gibi protein yıkım ürünlerinin silaj tüketimini azalttığından şüphelenilmektedir. Bütirik asidin kendisi silaj tüketimini önemli ölçüde etkileyebilir, ancak protein parçalanma ürünlerinin varlığı bakımından bir belirleyici rol oynar. Tveit ve ark. (49), silajdaki amin konsantrasyonu ile bütirat arasındaki korelasyonun çok düşük olduğunu (<%0,21) bulmuşlardır. Bütirik asit içeriği yüksek silajlar genellikle besin değeri açısından düşüktür ve çözünür besinlerin çoğu bozunduğu için daha yüksek ADF ve NDF seviyelerine sahiptir. Ayrıca bu tür silajlar çözünür protein konsantrasyonları yüksek olabilir ve süt verimini olumsuz yönden etkileyebilen protein tabiatında amin bileşikleri içerebilir (50). Yüksek bütirik asit konsantrasyonları sütsığırlarında ketozise neden olabilir ve silajın enerji değeri düşük olduğu için yem tüketimi ve verimde kayıplar görülür. Bu sebeple hayvandaki süt verimine direkt olarak etkisi olduğu söylenebilir (51). Bütirik asit düzeyi artan silajlar ekşimiş tereyağı gibi kokar, tadı bozulur ve genellikle zeytin yeşili bir renge sahiptir. Bu durum hayvanlarda organoleptik tepki olarak yem tüketiminde azalmaya yol açar (5).

### Silajdaki etanolün yem tüketimi ve süt verimine etkisi

Etanol rumende asetik aside dönüştürülür veya rumen duvarı tarafından emilir (52) ve daha sonra süt yağına dönüştürülebilir veya vücut metabolizması veya büyüme için kullanılabilir. Yüksek kaliteli çayır otu silajı için üst sınır 10 g etanol/kg KM olarak bildirilmiştir (44). Etanol mayalar dışında çeşitli mikroplar (heterolaktik asit bakterileri, enterobakteriler) tarafından da üretilebilir ve genellikle mısır ve baklagil silajlarında düşük düzeydedir (% 0,5-1,5). Aerobik koşullar altında da birçok maya türü laktik asidi CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya indirgeyerek silaj pH'sında artışa neden olur ve bu da diğer birçok zararlı organizmanın çoğalmasına neden olur (36). Mayalar anaerobik silaj koşullarında, şekerleri etanol ve CO<sub>2</sub>'ye fermente eder. Silajda oluşan etanol mevcut şeker miktarını azaltır ve bunun yanında süt tadına da olumsuz etki yapabilir (53). Silajlardaki yüksek etanol konsantrasyonları (>%3-4) genellikle yüksek sayıda maya ile ilişkilidir ve bu tür silajlar genellikle havaya maruz kaldıklarında kolayca bozulur çünkü mayalar bu koşullar altında laktik asidi asimile edebilir. Laktik asit üretiminin aksamasıyla silaj pH'ında bir artış olur ve bu da diğer birçok bozulma organizmasının büyümesini tetikler (36). Yüksek miktarlarda etanol ayrıca yüksek kuru madde kayıplarıyla ilişkilidir ve yüksek miktarlarda yedirildiğinde sütün organoleptik kalitesini düşürerek tadının bozulmasına neden olabilir. Ayrıca ruminant hayvanlarda etanolden kaynaklı zehirlenmeler de rapor edilmiştir (54).

Alkol içeriği silajın tadını bozduğu için ineklerde yem tüketimini düşürür. Yapılan bir çalışmada etanol içeriği yüksek silaj dahil edilen TMR larla beslenen sığırlarda yem tüketimi ve süt verimi düşüş eğilimi göstermiştir (55). Raun ve Kristensen (56) ise yemlerine 14 g/kg KM düzeyinde ilave edilen propanolün yem tüketimi ve süt verimine etki etmediği fakat süt yağında düşüşe sebep olduğunu vurgulamıştır. Bu durum ruminantların rumen mikroorganizmaları sayesinde alkolü metabolize etme kapasitelerini yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir çalışmada %0.7 KM düzeyinde etanol içeren

arpa silajı ile beslenen süt sığırlarında süt verimi önemli düzeyde düşüş göstermiştir (53). Yüksek seviyelerde asetik asit veya etanolle beslenen süt ineklerinin performansının incelendiği çalışmada, rasyonlarına etanol eklenen inekler, kontrol (35,8 kg/gün) veya asetik asit (35,3 kg/gün) rasyonlarıyla beslenenlere göre daha fazla süt (37,9 kg/gün) verdi; bunun başlıca nedeni olarak daha yüksek KM alımına sebep olduğu anlaşılmıştır (57).

### **Silaj fermentasyonu sırasında oluşan amonyağın yem tüketimi ve süt verimine etkisi**

Silaj kalitesine etki eden bir diğer parametre amonyak düzeyidir. Özellikle yüksek protein içeriklerinden dolayı baklagillerden elde edilen silajlarda amonyak düzeyi fazla olabilmektedir. Örneğin, yoncanın yüksek ham protein içeriği, düşük çözünür karbonhidrat konsantrasyonları ve yüksek tamponlama kapasitesi nedeniyle silolanması zordur. Silolama sırasındaki yetersiz KM içeriği ve zor sıkıştırma ile birleşen bu özellikler, yüksek amonyak-N konsantrasyonuna sahip silajların elde edilmesiyle sonuçlanır (58). Silajlardaki amonyak-N, bitki proteolitik enzimleri veya klostridial mikroorganizmalar tarafından proteinlerin parçalanmasından kaynaklanır (59). Siloda yoğun klostridial aktivite ve yavaş bir pH düşüşü, %12'den fazla amonyak-N konsantrasyonuna sahip silajların üretilmesinden sorumlu olabilir (Kung ve Shaver, 2001). Bir meta-analizde kullanılan yonca silajlarının amonyak-N konsantrasyonları %0.2-11 arasında değişmekte ve bu geniş aralığa rağmen silajdaki amonyağın yem tüketimi üzerinde olumsuz etkiler gösterdiği belirtilmiştir (59).

Yonca silajındaki amonyağın inekler tarafından değerlendirilebilirliği hala tartışılmaktadır. Silolanan yemdeki proteinin yüksek oranda amonyak-N'na parçalanma oranı, genellikle rumende amonyak konsantrasyonlarının artmasına katkıda bulunur (60).

Rumende amonyak, amino asitler ve peptidlerle birlikte ham protein olarak geri kazanılır; ancak ineklerde kullanım yeri farklıdır. Rumende lif sindiren mikroorganizmalar için amonyak gerekli bir besindir, ancak kullanım derecesi rumende bulunan karbonhidratların miktarına ve çözünürlüğüne bağlı olarak değişir (61). Bazı araştırmalarda, çayır otu silajındaki amonyak-N'nun süt ineği performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Van Os ve ark. (62), %13'e karşı %6 amonyak-N içeren ot silajlarıyla beslenen ineklerde önemli bir yem tüketimi düşüşü ve süt üretiminde azalma eğilimi olduğunu göstermiştir. Yaptıkları çalışmada, %13 amonyak-N içeren silajla beslenen ineklerde rumen amonyak düzeyi daha yüksek bulunmuştur. Bir başka çalışmada süt ineklerine verilen ot silajındaki amonyak-N oranı %7'den %20'ye çıktığında yem tüketimi 0.3 kg KM/gün düşmüştür (63). Huhtanen ve ark. (7) da çayır otu silajındaki yüksek amonyak-N konsantrasyonlarının, yem tüketimi ve süt üretimi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu vurgulamıştır. Diğer bir çalışmada da şeker pancarı silajı, mısır silajı ve yüksek nemli mısır silajının amonyak içerikleri sırasıyla %5.55, 8.9 ve 9.89 olarak belirlenmiş ve yüksek nemli mısır silajının en yüksek tüketim oranına sahip olduğu, süt verimlerinin ise benzer olduğu belirlenmiştir.

## **2.Sonuç**

Silaj, sığır rasyonlarında çokca terih edilen birkaba yemdir. Birçok ülkede silaj, süt ineği rasyonlarının %50-70'ini oluşturur. Rasyonlara yüksek oranlarda katıldığı için silajın kalitesi ve tüketimi oldukça önemlidir. Laktik asit fermentasyonu sonucu oluşan silajdaki son ürünler hayvanın performansını doğrudan etkilemektedir. Doğru silolama işlemi uygun fermentasyonun sağlanmasında en kritik noktadır. Kaliteli bir silajla beslemenin verim performansına etkileri bir çok çalışmada ortaya konmuştur. Bundan dolayı fermentasyon son ürünlerinin bilinmesi ve süt ineklerinin performansına etkileri dikkat edilmesi gereken bir konudur. Silaj fermentasyon karakteristiklerinin dengeli ve uygun seviyelerde olması için gelecekteki araştırmalarda etkili ve sürdürülebilir silolama yöntemleri, fermentasyonun erken aşamasında aerobik stabiliteyi artıran silaj katkıları, yemleri daha verimli paketlemek için geliştirilen ekipmanlar, havaya maruz kalan bozulmuş silajların zararları ve aerobik bozulmayı etkileyen faktörlerle ilgili çalışmalar planlanmalıdır.

## **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makalenin yazar/yazarları, çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması yoktur.

## Finansal Kaynak Beyanı

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

## Yazar Katkısı Beyanı

Fikir/kavram: Oğuzhan KAHRAMAN, Deniz ŞİŞMAN, Emel DEMİRCİ

Deney tasarımı: Oğuzhan KAHRAMAN, Zekeriya Safa İNANÇ

Denetleme/Danışmanlık: Zekeriya Safa İNANÇ

Veri toplama: Deniz ŞİŞMAN, Emel DEMİRCİ

Veri analizi ve yorum: Deniz ŞİŞMAN, Emel DEMİRCİ

Kaynak taraması: Oğuzhan KAHRAMAN, Deniz ŞİŞMAN, Emel DEMİRCİ, Zekeriya Safa İNANÇ

Makalenin yazımı: Oğuzhan KAHRAMAN, Deniz ŞİŞMAN, Emel DEMİRCİ, Zekeriya Safa İNANÇ

Eleştirel inceleme: Oğuzhan KAHRAMAN, Zekeriya Safa İNANÇ

## Etik Onay

Bu makaledeki sunulan verilerin, bilgilerin ve dokümanların akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde edildiği, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçlarının bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunulduğuna dair yazarlardan etik beyan alınmıştır.

## Kaynaklar

1. Vargas E, Mustafa AF, Seguin P. Effects of feeding forage soybean silage on milk production, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 2008;91(1):229-35.
2. Cattani M, Guzzo N, Mantovani R, Bailoni L. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. *J Anim Sci Biotechnol* 2017;8(1):15.
3. Bolsen KK, Ashbell G, Weinberg ZG. Silage fermentation and silage additives-Review. *Asian-Australas J Anim Sci* 1996;9(5):483-94.
4. Aleixo JA, Daza J, Keim JP, Castillo I, Pulido RG. Effects of Sugar Beet Silage, High-Moisture Corn, and Corn Silage Feed Supplementation on the Performance of Dairy Cows with Restricted Daily Access to Pasture. *Animals* 2022;12(19).
5. Kung L, Jr., Shaver RD, Grant RJ, Schmidt RJ. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J Dairy Sci* 2018;101(5):4020-33.
6. Mertens D. Regulation of forage intake. *Forage Quality Evaluation and Utilization* 1994. 450-93 p.
7. Huhtanen P, Nousiainen JI, Khalili H, Jaakkola S, Heikkilä T. Relationships between silage fermentation characteristics and milk production parameters: analyses of literature data. *Livest Prod Sci* 2003;81(1):57-73.
8. Wilkinson J, Davies D. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass Forage Sci* 2013;68(1):1-19.
9. Pahlow G, Muck RE, Driehuis F, Elferink SJO, Spoelstra SF. Microbiology of ensiling. *Silage Sci and Technol* 2003; 42:31-93.
10. McAllister T, Hristov A. The fundamentals of making good quality silage. *Adv Dairy Sci Technol* 2000; 12:381-99.
11. Gerlach K, Roß F, Weiß K, Büscher W, Südekum KH. Changes in maize silage fermentation products during aerobic deterioration and effects on dry matter intake by goats. *Agric Food Sci* 2013;22(1):168-81.
12. Windle M, Kung Jr L. The effect of a feed additive on the feeding value of a silage based TMR exposed to air. *J Dairy Sci* 2013; 91:16.
13. Okoye CO, Wang Y, Gao L, Wu Y, Li X, Sun J, et al. The performance of lactic acid bacteria in silage production: A review of modern biotechnology for silage improvement. *Microbio Res* 2023; 266:127-212.
14. Oliveira AS, Weinberg ZG, Ogunade IM, Cervantes AAP, Arriola KG, Jiang Y, et al. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation,



- aerobic stability, and the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2017;100(6):4587-603.
15. Borreani G, Tabacco E, Schmidt RJ, Holmes BJ, Muck RE. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J Dairy Sci* 2018;101(5):3952-79.
  16. Lara EC, Bragiato UC, Rabelo CHS, Messana JD, Reis RA. Inoculation of corn silage with *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus subtilis* associated with amylolytic enzyme supply at feeding. *Anim Feed Sci and Technol* 2018; 243:22-34.
  17. Gomes ALM, Jacovaci FA, Bolson DC, Nussio LG, Jobim CC, Daniel JLP. Effects of light wilting and heterolactic inoculant on the formation of volatile organic compounds, fermentative losses and aerobic stability of oat silage. *Anim Feed Sci and Technol* 2019; 247:194-8.
  18. Rotz CA. How to maintain forage quality during harvest and storage. *Adv Dairy Sci Technol* 2003; 15:227-39.
  19. Morin C, Tremblay GF, Bélanger G, Bertrand A, Castonguay Y, Drapeau R, et al. Nonstructural carbohydrate concentration during field wilting of PM- and AM-cut alfalfa. *Agron J* 2012;104(3):649-60.
  20. Brito AF, Tremblay GF, Bertrand A, Castonguay Y, Bélanger G, Michaud R, et al. Alfalfa Cut at Sundown and Harvested as Baleage Improves Milk Yield of Late-Lactation Dairy Cows. *J Dairy Sci* 2008;91(10):3968-82.
  21. Pitt R, Muck R. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. *J Agri Eng Res* 1993;55(1):11-26.
  22. Borreani G, Tabacco E. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *J Dairy Sci* 2010;93(6):2620-9.
  23. Tayyab U, Wilkinson RG, Charlton GL, Reynolds CK, Sinclair LA. Grass silage particle size when fed with or without maize silage alters performance, reticular pH and metabolism of Holstein-Friesian dairy cows. *Animal* 2019;13(3):524-32.
  24. Cherney J, Cherney D. Assessing silage quality. *Silage Sci Technol* 2003; 42:141-98.
  25. Kim SC, Adesogan AT. Influence of Ensiling Temperature, Simulated Rainfall, and Delayed Sealing on Fermentation Characteristics and Aerobic Stability of Corn Silage. *J Dairy Sci* 2006;89(8):3122-32.
  26. Kung L, Shaver R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Wisconsin Team Forage* 2001; 13:20-8.
  27. Driehuis F, Wikselaar PG. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high dry matter grass silage. *J Sci Food Agric* 2000;80(6):711-8.
  28. Ward R. Fermentation analysis of silage: use and interpretation. *Cumberland Valley Analytical Services* 2008.
  29. Erdman R, editor. Silage fermentation characteristics affecting feed intake. *National Silage Prod. Conference* 1993 Feb 25-23; Ithaca, NY. 1993.
  30. Mahanna B, Chase LE. Editors. Practical applications and solutions to silage problems. *Silage Sci Technol* 2003; 42:855-95.
  31. Grant RJ, Ferraretto LF. Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. *J Dairy Sci* 2018;101(5):4111-21.
  32. Muck RE, Nadeau EMG, McAllister TA, Contreras-Govea FE, Santos MC, Kung L. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *J Dairy Sci* 2018;101(5):3980-4000.
  33. Steen RWJ, Unsworth EF, Gracey HI, Kennedy SJ, Anderson R, Kilpatrick DJ. Evaluation studies in the development of a commercial bacterial inoculant as an additive for grass silage. *Grass Forage Sci* 1989;44(4):381-90.
  34. Monteiro HF, Paula EM, Muck RE, Broderick GA, Faciola AP. Effects of lactic acid bacteria in a silage inoculant on ruminal nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and lactation performance of high-producing dairy cows. *J Dairy Sci* 2021;104(8):8826-34.
  35. Oliveira AS, Weinberg ZG, Ogunade IM, Cervantes AAP, Arriola KG, Jiang Y, et al. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 2017;100(6):4587-603.
  36. McDonald P, Henderson N, Heron S. *The biochemistry of silage*. 2nd ed. Marlow, England Chalcombe; 1991.
  37. Larsen M, Kristensen N. Precursors for liver gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *Animal* 2013;7(10):1640-50.
  38. Chen L, Guo G, Yuan X, Shimojo M, Yu C, Shao T. Effect of Applying Molasses and Propionic Acid on Fermentation Quality and Aerobic Stability of Total Mixed Ration Silage Prepared with Whole-plant Corn in Tibet. *Anim Biosci* 2014;27(3):349-56.
  39. Stallings C, Townes R, Jesse B, Thomas J. Changes in alfalfa haylage during wilting and ensiling with and without additives. *J Anim Sci* 1981;53(3):765-73.
  40. Sheperd A, Smagala A, Endres K, Bessett C, Ranjit N, et al. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. *J Dairy Sci* 1998;81(5):1322-30.
  41. Bica R, Palarea J, Lima J, Uhrin D, Miller GA, Bowen JM, et al. Methane emissions and rumen metabolite concentrations in cattle fed two different silages. *Sci Rep* 2022;12(1):5441.

42. Kung L, Robinson JR, Ranjit NK, Chen JH, Golt CM, Pesek JD. Microbial Populations, Fermentation End-Products, and Aerobic Stability of Corn Silage Treated with Ammonia or a Propionic Acid-Based Preservative. *J Dairy Sci* 2000;83(7):1479-86.
43. Elferink S, Driehuis F, Gottschal JC, Spoelstra SF. Silage fermentation processes and their manipulation. *FAO Electronic Conference on Tropical Silage*; 2000 Sep 17-30; Italy, Rome. 2000.
44. Thaysen J. Die Produktion von qualitativ hochwertigen Grassilagen. *Übers Tierernährg.* 2004; 32:57-102.
45. Aleixo JA, Daza J, Keim JP, Castillo I, Pulido RG. Effects of Sugar Beet Silage, High-Moisture Corn, and Corn Silage Feed Supplementation on the Performance of Dairy Cows with Restricted Daily Access to Pasture. *Animals* 2022;12(19):2672.
46. So S, Wanapat M, Cherdthong A. Effect of sugarcane bagasse as industrial by-products treated with *Lactobacillus casei* TH14, cellulase and molasses on feed utilization, ruminal ecology and milk production of mid-lactating Holstein Friesian cows. *J Sci Food Agric* 2021;101(11):4481-9.
47. Gerlach K, Daniel JLP, Jobim CC, Nussio LG. A data analysis on the effect of acetic acid on dry matter intake in dairy cattle. *Anim Feed Sci and Tech* 2021; 272:114782.
48. Nkosi BD, Meeske R, Palic D, Langa T, Leeuw KJ, Groenewald IB. Effects of ensiling whole crop maize with bacterial inoculants on the fermentation, aerobic stability, and growth performance of lambs. *Anim Feed Sci Tech* 2009;154(3-4):193-203.
49. Tveit B, Lingaas F, Svendsen M, Sjaastad V. Etiology of acetonemia in Norwegian cattle. Effect of ketogenic silage, season, energy level, and genetic factors. *J Dairy Sci* 1992;75(9):2421-32.
50. Kung L, Shaver R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on forage* 2001;3(13):1-5.
51. Kung L, editor *Understanding the biology of silage preservation to maximize quality and protect the environment. California Alfalfa & Forage Symposium and Corn/Cereal Silage Conference*; 2010: University of California, California, Davis, 2010.
52. Bruning CL, Yokoyama MT. Characteristics of Live and Killed Brewer's Yeast Slurries and Intoxication by Intraruminal Administration to Cattle. *J Dairy Sci* 1988;66(2):585-91.
53. Randby Å, Selmer-Olsen I, Baevre L. Effect of Ethanol in Feed on Milk Flavor and Chemical Composition. *J Dairy Sci* 1999;82(2):420-8.
54. Peixoto P, Brust L, Brito M, França T, Malafaia P, Tokarnia C. Ethanol poisoning in cattle by ingestion of waste beer yeast in Brazil. *CABI International* 2011. 494-8 p.
55. Kristensen NB, Storm A, Raun BML, Røjen BA, Harmon DL. Metabolism of Silage Alcohols in Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci* 2007;90(3):1364-77.
56. Raun BML, Kristensen NB. Metabolic effects of feeding ethanol or propanol to postpartum transition Holstein cows. *J Dairy Sci* 2011;94(5):2566-80.
57. Daniel JLP, Amaral RC, Sá Neto A, Cabezas-Garcia EH, Bispo AW, Zopollatto M, et al. Performance of dairy cows fed high levels of acetic acid or ethanol. *J Dairy Sci* 2013;96(1):398-406.
58. Muck RE, editor. *The art and science of making silage. 41st West Alfalfa & Forage Symp*; 2011 Dec 11-13; Las Vegas, Nevada 2011
59. García Á. Ammonia-N concentration in alfalfa silage and its effects on dairy cow performance: A meta-analysis. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2017. p. 175-84.
60. Givens DI, Rulquin H. Utilisation by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. *Anim Feed Sci Tech* 2004;114(1):1-18.
61. Soest PJV. editor *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Ithaca, New York: Cornell University Press; 1994.
62. Van M, Dulphy J, Baumont R, Jailler M, Ballet J, editors. *The influence of ammonia and amines on grass silage intake and intake behaviour in dairy cows. Ann zootech*; 1995.
63. Wright D, Gordon F, Steen R, Patterson D. Factors influencing the response in intake of silage and animal performance after wilting of grass before ensiling: A review. *Grass Forage Sci* 2000;55(1):1-13