



Derleme makalesi / Review article

Yeşil yemler, tarımsal ve endüstriyel yan ürünlerin laktik asit bakterileri ile fermentasyonu: yem kalitesi ve hayvan performansı üzerine etkileri

Ömer DEMİR^{1a}, Ömer Faruk DURUSOY^{2b*}, İbrahim Halil ÇERÇİ^{2c}

¹ Tarım ve Orman Bakanlığı Şehitkamil İlçe Müdürlüğü, Gaziantep, 27090, Gaziantep, Türkiye

² Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi. Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, 31060, Hatay, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ:

ARTICLE INFORMATION:

Geliş / Received:

06.02.2026

Revizyon/Revised:

18.04.2026

Kabul / Accepted:

25.05.2026

ORCIDS:

^a 0000-0003-2702-2595^b 0000-0003-3571-9819^c 0000-0001-5678-1203

Fermentation of green forages, agricultural and industrial by-products with lactic acid bacteria: effects on feed quality and animal performance

Abstract:

With the development of agriculture, industry worldwide, agricultural and industrial by-products have increased substantially. Concurrently, the growing global population have led to an increased demand for animal-derived products. The fermentation of green forages and agricultural/industrial by-products using lactic acid bacteria (LAB) represents a significant biotechnological application that enhances the digestibility and bioavailability of feedstuffs. LAB are non-pathogenic microorganisms naturally present in plants that ferment carbohydrates to produce lactic acid. In LAB production, agricultural and industrial by-products rich in starch and sugars, as well as whey, are commonly utilized. These microorganisms are widely found in fermented foods consumed by humans — such as cheese, yogurt, and pickles — as well as in fermented feeds administered to livestock, particularly silages. For these reasons, understanding the properties of LAB and the effects of the bacteriocins they produce on feed and animal systems is of considerable importance. Silages fermented with LAB exhibit increases in water-soluble carbohydrate (WSC) content, crude protein, and in vitro dry matter digestibility. Furthermore, dry matter losses and levels of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) are reduced. As a result of LAB inoculation, silage concentrations of acetic acid, butyric acid, ammonia nitrogen, methane production, and pH levels, are decreased, while lactic acid concentration increases and aerobic stability is improved. In ruminants fed these silages, dry matter intake, organic matter digestibility, milk yield, and live weight are increased and feed conversion ratio is favorably affected. In broiler chickens, the supplementation of LAB in feed or drinking water has been shown to enhance total antioxidant capacity and increase the activities of catalase, glutathione peroxidase, and superoxide dismutase, while reducing malondialdehyde levels. Furthermore, bacteriocins produced by LAB exhibit inhibitory effects against pathogenic bacteria such as *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Clostridium* spp. These effects remain an important area of research and continue to warrant investigation both now and in the future. This review examines the fermentation characteristics of green forages and agricultural/industrial byproducts with lactic acid bacteria, as well as the effects of lactic acid and bacteriocins produced by lactic acid bacteria on feed quality and animal performance.

Keywords: Agricultural by-product, industrial by-product, lactic acid bacteria, lactic acid, silage

Yeşil yemler, tarımsal ve endüstriyel yan ürünlerin laktik asit bakterileri ile fermentasyonu: yem kalitesi ve hayvan performansı üzerine etkileri

Özet:

Dünyada tarım, sanayi ve endüstrilerin gelişmesiyle birlikte tarımsal ve endüstriyel yan ürünler artmıştır. Artan nüfusla birlikte hayvansal ürünlere de talep artmaktadır. Yeşil yemler ile tarımsal ve endüstriyel yan ürünlerin laktik asit bakterileri (LAB) ile fermentasyonu, yemlerin sindirilebilirliğini ve biyoyararlanımını artıran önemli bir biyoteknolojik uygulamadır. LAB doğada bitkilerde bulunan, patojen olmayan ve karbonhidratları fermente ederek laktik asit üreten mikroorganizmalardır. LAB üretiminde nişasta ve şekerden zengin tarımsal/ endüstriyel yan ürünler ile peynir altı suyu kullanılmaktadır. İnsanlar tarafından tüketilen peynir, yoğurt, turşu gibi fermente gıdalar ile hayvanlara verilen silajlar gibi fermente yemlerde de yaygın olarak bulunmaktadır. Bu nedenlerle LAB'ın özellikleri ile ürettikleri bakteriyosinlerin yemler ve hayvanlar üzerindeki etkilerinin anlaşılması büyük önem taşımaktadır. LAB ile fermente edilen silajların suda çözünabilir karbonhidrat (SÇK), ham protein, in vitro kuru madde sindirilebilirliği artmaktadır. Ayrıca kuru madde kayıpları ile nötral deterjan lif (NDF), asit deterjan lif (ADF) düzeyleri azalmaktadır. LAB inokulasyonu sonucunda silajlarda asetik asit, bütirik asit, amonyak azotu, metan üretimi ve pH düzeyi azalmakta, buna karşılık laktik asit konsantrasyonu artmakta ve aerobik stabilite iyileşmektedir. Bu silajlar ile beslenen ruminantlarda kuru madde tüketimi, organik madde sindirilebilirliği, süt verimi ile canlı ağırlık düzeyleri artmakta ve yemden yararlanma oranı olumlu yönde etkilenmektedir. Broiler piliçlerde ise LAB'ın yeme ve suya ilave edilmesi total antioksidan kapasite, katalaz, glutatyon peroksidaz süperoksit dismutaz aktivitelerini arttırmakta ve malondialdehit seviyesini düşürmektedir. Ayrıca LAB tarafından üretilen bakteriyosinler *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ve *Clostridium* spp. gibi patojen bakterilere karşı inhibitör etkiler göstermektedir. Bu etkiler, günümüzde olduğu gibi gelecekte de araştırılması gereken önemli bir çalışma alanı olmaya devam etmektedir. Bu derlemede, yeşil yemler, tarımsal ve endüstriyel yan ürünler ile laktik asit bakterilerinin, fermentasyon özellikleri, ürettikleri laktik asit ve bakteriyosinlerin yem kalitesi ve hayvan performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Tarımsal yan ürün, endüstriyel yan ürün, laktik asit bakterileri, laktik asit, silaj



Giriş

Sanayileşme ve küreselleşmenin hız kazanması, nüfus artışıyla birlikte tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin küresel ölçekte belirgin biçimde artmasına yol açmıştır. Bu arada evlerde, ticari çiftlikler ve gıda işleme ünitelerinde önemli miktarlarda tarımsal/ endüstriyel gıda atığı ortaya çıkmıştır (Yafetto ve ark., 2023). Bu atıklar, insan tüketimi amacıyla üretilen toplam gıdanın yaklaşık üçte birine karşılık gelmekte ve ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır (FAO, 2011). Öte yandan artan dünya nüfusu, hayvansal gıdalara olan talebi hızla yükseltmektedir. Bu durum hayvansal üretimde sürdürülebilir verimlilik artışını zorunlu kılmaktadır. Mevcut koşullarda geleneksel ıslah ve üretim yaklaşımlarının yetersiz kalması, bilimsel çalışmaları biyoteknoloji temelli yenilikçi stratejilerin geliştirilmesine yönlendirmiştir. Bu da yerel yem kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik uygulamaların önemini daha da artırmıştır (Ghorbel ve Koşum, 2023). Bu kapsamda sağlanan yeniliklerle hayvancılık, insan tüketimine uygun olmayan tarımsal yan ürünleri değerlendirerek hem atık yönetimine katkı sağlamakta hem de sürdürülebilir yem üretimi ve çevresel denge açısından stratejik bir konumda yer almaktadır (Wu, 2024).

Tarımsal atıkların mikrobiyal fermentasyon yoluyla eritritol, prebiyotik oligosakkaritler, endüstriyel enzimler ve mikrobiyal lipidler gibi katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülebildiği bildirilmektedir. Bu veriler, tarımsal atıkların döngüsel ekonomi kapsamında çevresel bir sorun olmaktan çıkarılarak sürdürülebilir biyoteknolojik hammaddelere dönüştürülebileceğini göstermektedir (Yang ve ark., 2021; Koul ve ark., 2022).

Laktik asit bakterileri (LAB) tarımsal/ endüstriyel yan ürünlerden fermentasyon yoluyla elde edilmektedir (Bayitse, 2015). LAB silajlarda inokulant olarak yaygın şekilde kullanılmakta ve silajların kalitesini olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir (Khan ve ark., 2023; Li ve ark., 2024). LAB kullanılarak inoküle edilen silajların ruminantlarda verim özelliklerini olumlu yönde etkilediği (Guo ve ark., 2022); ayrıca broyler yem ve suyuna LAB ilavesinin verim özellikleri ve antioksidan parametreleri olumlu yönde etkilediği saptanmıştır (Wang ve ark., 2023; Xiao ve ark., 2024). Bu derlemede laktik asit bakterilerinin genel özellikleri, ürettikleri bakteriyosinler ile organik asitler, LAB üretiminde kullanılan endüstriyel ve tarımsal yan ürünler, LAB'ın silajlar ve hayvanların verim ile sağlıkları üzerine olan etkileri hakkındaki çalışmalar bir araya getirilerek LAB üzerine farklı bir bakış açısının sunulması amaçlanmıştır.

Tahıl ve Gıda Endüstrisi Yan Ürünlerinden Fonksiyonel Yem Hammaddesi Üretimine Yönelik Yaklaşımlar

Yan ürünlerden yeni ve katma değerli yem hammaddeleri elde

edilmesi amacıyla tahıl ve diğer tarımsal/ endüstriyel materyaller üzerinde uygulanan işlemler genel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemler olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılmaktadır. Biyolojik işlemler; bakteri, maya ve filamentöz mantarlarla yürütülen fermentasyon ile enzimatik hidroliz yoluyla antinutrisyonel faktörleri azaltmakta, yan ürünleri protein ve biyoaktif bileşiklerce zengin fonksiyonel yem materyallerine dönüştürmektedir. Bu işlemler, birlikte uygulandığında yan ürünlerin besleyici değerlerinin artmasını ve hayvan beslemede sürdürülebilir biçimde değerlendirilmesini sağlamaktadır (Yang ve ark., 2021).

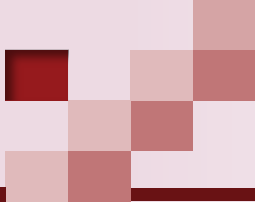
Fermentasyon, mikroorganizmaların nişasta ve basit şekerler gibi karbonhidratları metabolize ederek laktik asit, diğer organik asitler ve alkoller gibi çeşitli fermentasyon son ürünlerine dönüştürdüğü biyokimyasal bir süreçtir (Lee ve ark., 2023). Bu süreç, yem hammaddelerinde bulunan kompleks yapıli bileşiklerin mikroorganizmalar aracılığıyla daha basit ve biyoyararlanımı yüksek formlara dönüştürülmesine dayanmakta; böylece besin maddelerinin sindirilebilirliği ve hayvanlar tarafından kullanım etkinliği artırılmaktadır (Predescu ve ark., 2024). Fermentasyonda mikroorganizma-substrat etkileşimine bağlı olarak farklı son ürünler oluşmakta; örneğin *Lactobacillus* türleri laktik asit; mantarlar sitrik asit; mayalar ise etanol ve CO₂ üretmektedir. Fermentasyon temelde iki teknikle yürütülmektedir: katı kültür fermentasyonu (KKF) ve batk fermentasyon (BF). Bu iki biyoproses arasındaki temel fark, fermentasyon ortamındaki serbest su miktarıdır; KKF düşük nemli katı substratlarda, BF ise yüksek serbest su içeren sıvı ortamlarda gerçekleştirilmektedir (Ghorbel ve Koşum 2023). KKF yöntemi ile protein açısından zengin hayvan yemleri ve yem katkı maddeleri üretilmektedir (Ajila ve ark., 2012) (Şekil 1).



Şekil 1. Tarımsal ve endüstriyel yan ürünlerden katı kültür fermentasyon yolu ile yem ve yem katkıları üretimi (Ajila ve ark., 2012)

Laktik Asit Bakterileri ve Bazı Fermentasyon Nitelikleri:

Laktik asit bakterileri, karbonhidratları başlıca laktik aside fermente edebilen, patojen olmayan tipik olarak anaerob veya aerotolerant gram-pozitif, katalaz-negatif ve genellikle spor oluşturmayan mikroorganizmalardır. Birçok bakteri cinsi laktik



asit üretmektedir (Vinderola ve ark. 2019) (Tablo 1). LAB'lardan birçok endüstriyel alanda yararlanılmaktadır. Yoğurt, peynir, mayalı ekmek ve turşu gibi fermente gıdalarda ve silajlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. LAB'ların yem fermentasyonunda kullanımı; ürün stabilitesinin artırılması, patojenlerin baskılanması ve besin maddelerinin biyoyararlanımının iyileştirilmesi ayrıca gıda ve yemleri lezzet/aroma açısından iyileştirmesi yönünden kritik öneme sahiptir (Anumudu ve ark., 2024; Soundharrajan ve ark., 2025).

Tablo 1. Laktik asit üreten bazı mikroorganizma türleri (Vinderola ve ark. 2019)

<i>Lactobacillus</i> spp.	<i>Enterococcus</i> spp.	<i>Leuconostoc</i> spp.	<i>Pediococcus</i> spp.	<i>Streptococcus</i> spp.
<i>L. plantarum</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>L. dextranicum</i>	<i>P. acidilactici</i>	<i>S. thermophilus</i>
<i>L. casei</i>	<i>E. faecium</i>	<i>L. citrovorum</i>	<i>P. pentosaceus</i>	
<i>L. curvatus</i>	<i>E. lactis</i>	<i>L. mesenteroides</i>	<i>P. cerevisae</i>	
<i>L. acidophilus</i>				
<i>L. buchneri</i>				
<i>L. fermentum</i>				

Laktik asit bakterileri genel olarak homofermantatif ve heterofermantatif olarak iki farklı grup altında incelenmektedir. Homofermantatif laktik asit bakterileri glikozu parçaladığında, nerdeyse sadece laktik asit oluşturmaktadır. Heterofermantatif laktik asit bakterileri ise glikozu parçaladığında laktik asidin yanı sıra asetik asit, CO₂ ve etanol gibi ürünleri açığa çıkarmaktadır (Von Wright ve Axelsson, 2019). Ancak homofermantatif laktik asit bakterileri, bazı koşullar altında homofermantatif fermentasyondan heterofermantatif fermentasyona geçebilmektedirler (İbrahim ve Ouwehand, 2019) (Tablo 2). Oluşan laktik asit miktarı LAB türlerine göre değişkenlik göstermektedir. Silajlarda inokulant olarak en fazla kullanılan laktik asit bakterilerinden *Lactobacillus plantarum* (*L. plantarum*)'un ürettiği metabolitlerin %87'si laktik asittir (Von Wright ve Axelsson, 2019). Diğer taraftan heterofermantatif laktik asit bakterilerinin neden oldukları kimyasal reaksiyonun hızı homofermantatiflere nazaran daha düşük olmaktadır. Ayrıca homofermantatif LAB'lar daha düşük enerji kaybıyla 1 mol glikoz'dan 2 mol laktik asit açığa çıkarırken, heterofermantatiflerde laktik asit üretimi 1 mol'e düşmekte ve enerji kaybı daha fazla olmaktadır (Basmacıoğlu ve Ergül, 2002).

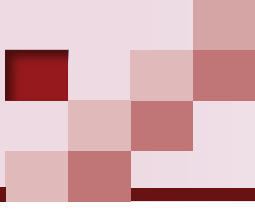
Tablo 2. Bazı *Lactobacillus* türlerinin glikoz fermentasyonunun yoluna göre gruplandırılması (İbrahim ve Ouwehand, 2019)

Homofermantatif	Fakültatif Heterofermantatif	Zorunlu Heterofermantatif
<i>L. acidophilus</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. brevis</i>
<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. curvatus</i>	<i>L. buchneri</i>
<i>L. gasseri</i>	<i>L. paracasei</i>	<i>L. fermentum</i>
<i>L. helveticus</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. reuteri</i>
<i>L. jensenii</i>	<i>L. sakei</i>	<i>L. pontis</i>
<i>L. salivarius</i>		

LAB Çoğaltılması ve Laktik Asit Üretimi

LAB'ların en zengin doğal rezervuarı bitkilerdir çünkü yaprak ve meyve yüzeylerinde doğal şekerler bulunmaktadır. LAB'lar silajlık bitki materyallerinden ya da silajlardan izole edilebilmektedirler. LAB'lar çok geniş nem ve sıcaklık şartlarında hızlı bir şekilde çoğalabilmektedir (Kızılsimşek ve Günaydın, 2020). Nitekim çeşitli mera bitkilerinden, mısır ve yonca gibi yem bitkileri ile silajlarından (Kızılsimşek ve Günaydın, 2020); havuç ve domates gibi sebzelerden (Şen ve ark., 2004) LAB'ların bazı türleri izole edilip, mikrobiyolojik tanımlama testleri yapılmıştır. Gıdaları ilgilendiren bakterilerin çoğu için bir adetten bir milyona ulaşma süresi, bakterinin bulunduğu ortamın ideal nem, asitlik, oksijen, sıcaklık durumuna ve yeterli besin maddesi varlığına bağlı olarak kısalmaktadır. LAB'lar 2-53 °C arasındaki sıcaklıklarda gelişmektedir. Fakat optimum gelişme sıcaklıkları 30-40 °C ve ideal pH istekleri 5.5-6.2 arasındadır. Ancak çoğalmanın daha çok pH 5.0 veya altında gerçekleştiği ve ortamda homofermantatif LAB'ların hakim olduğu görülmektedir. *Lactobacillus* spp. genellikle asidofilik ya da asidurik özelliktedirler. LAB'lar karbonhidratları laktik aside fermente ederek ortam pH'sını genellikle 3.5- 4.0 seviyelerine düşürürler ve bu asidik ortam, birçok asite duyarlı patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların büyümesini engellemektedir (El Garhi ve ark., 2025; Santos ve ark., 2025). Ancak birçok maya ve küf türü düşük pH koşullarında tolerans gösterebilmekte veya antifungal metabolitler gerektiren farklı baskılama mekanizmalarıyla etkilenebilmektedir (Santos ve ark., 2025).

Yine pH 3.5 gibi oldukça düşük düzeyde üreyen *Lactobacillus* spp. olduğu bildirilmektedir (Basmacıoğlu ve Ergül, 2002). Düşük pH'da üreme özellikleri, *Lactobacillus* spp. hayvan bağırsağında önemli bir inhabitant olmasını sağlamaktadır. İlk akla gelen bitkisel kaynaklı *Lactobacillus* türleri *L. plantarum*, *Lactobacillus brevis* (*L. brevis*), *Lactobacillus casei* (*L. casei*) ve *Lactobacillus fermentum* (*L. fermentum*)'dur. Bunlar arasında



L. plantarum pek çok bitkide bulunmaktadır (Şen ve ark., 2004).

Laktik Asit Bakterilerinin Bakteriyosin Üretmeleri ve Bakteriyosinin Etkileri

LAB'lar çok sayıda antimikrobiyal aktivite sergilemektedir. Bu etki esas olarak ürettikleri organik asitler ve bakteriyosinlere bağlıdır (De Vuyst ve Leroy, 2007). Bakteriyosinler, çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilen ve yakından ilişkili türlere karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip peptitlerdir (Yusuf ve Hamid, 2013). *Latilactobacillus sakei* (*L. sakei*) Lb 706 suşu tarafından salgılanan sakasin A bakteriyosini, çeşitli laktik asit bakterilerine ve *Listeria monocytogenes* (*L. monocytogenes*)'e karşı aktif olduğu tespit edilmiştir (Schillinger ve Lücke, 1989). Özellikle *L. plantarum* 35d suşu tarafından üretilen bakteriyosinin *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *L. monocytogenes* ve *Aeromonas hydrophila* (*A. hydrophila*) dahil olmak üzere geniş bir antimikrobiyal aktivite yelpazesine sahip olduğu bulunmuştur. Elde edilen bakteriyosin, 80°C' de 120 dakika ısıtmaya ve 4°C'de 6 ay depolamaya dayanmıştır (Messi ve ark., 2001). Ayrıca LAB'lar tarafından üretilen bakteriyosinlerin *Clostridium* spp. türlerine karşı etkili olduğu bildirilmiştir (De Vuyst ve Leroy, 2007). *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* tarafından üretilen bir bakteriyosin olan nisin taze kesilmiş domateslerdeki *Listeria monocytogenes*'e karşı etkili olup üremesini engellediği saptanmıştır (Oladunjoye ve ark. 2016). *L. plantarum* 423 ile *Enterococcus mundtii* ST4SA tarafında üretilen plantaricin 423 ve mundticin ST4SA bakteriyosinleri gastrointestinal sistemde bulunan *L. monocytogenes*'in in vitro ve in vivo ortamlarda büyümesini inhibe etmiştir (Van Zyl ve ark., 2019).

LAB Üretiminde Kullanılan Tarımsal ve Endüstriyel Yan Ürünler

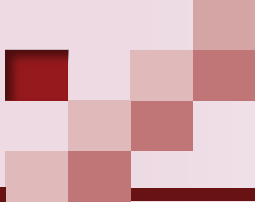
Laktik asit fermantasyonu için nişasta (mısır, buğday, patates, manyok, pirinç ve tatlı sorgum) lignoselüloz (mısır koçanı, kağıt ve odun malzemeleri) ve şeker içeren (melas) ham biyokütleler substrat olarak kullanılmaktadır (Bayitse, 2015). Her yıl dünya çapında üretilen 80.000 ton laktik asidin yaklaşık %90'ı bakteriyel fermantasyon yoluyla elde edilmekte, geri kalan %10'luk kısım asetonitril hidroliz metodu ile sentetik olarak üretilmektedir. Fermentatif laktik asit üretiminde, nişasta ve selüloz gibi yenilenebilir kaynaklar kullanılmaktadır. Yenilenebilir kaynaklardan fermentatif laktik asit üretimi, takip eden 3 adımı kapsamaktadır. Öncelikle substratın şekerlere hidrolizi de dâhil olmak üzere substratlar ön-muamele edilmektedir. İlk aşamada oluşan şekerlerin de laktik aside fermantasyonu sağlanmaktadır. Son adım olarak bakterilerin

ayrılması ve sıvı kültür ortamından katı parçacıklar ve laktik asit saflaştırılması işlemi yapılmaktadır (Hofvendahl ve Hahn-Ha Gerdal, 2000). Özellikle, nişasta içeren taneler veya yan ürünler laktik asit üretiminde kullanılan önemli substratlardır (Giraud ve ark., 1994; Hofvendahl ve Hahn-Ha Gerdal, 1997). Düşük kaliteli manyok cipslerinin *Lactobacillus rhamnosus* SCJ9 ile yapılan fermantasyon deneyinde elde edilen L-laktik asidin maksimum konsantrasyonu 134.6 g/L olmuştur (Unban ve ark., 2020). Shibata ve ark. (2007)'nin yaptığı çalışmada hint irmiği nişastası, buğday nişastası ile mısır nişastasından sırasıyla 0.93 g/g, 0.68 g/g ve 0.76 g/g laktik asit üretimi sağlanmıştır. Başka bir çalışmada da *Enterococcus faecium* (*E. faecium*) ve *L. plantarum* kullanılarak da 0.81 g/g substrat düzeyinde laktik asit üretilmiştir (Giraud ve ark., 1994).

Muamele edilmemiş veya ısıtılmış/jelatinize edilmiş nişastadan amilaz üreten *L. fermentum* (Chatterjee ve ark., 1997), *Lactobacillus amylovorus* (*L. amylovorus*) (Zhang ve Cheryan, 1991) gibi laktik asit bakterileri tarafından laktik asit üretilmektedir. Yine diğer bazı çalışmalarda nişastadan laktik asit üretimi için kullanılan LAB'lar arasında *L. plantarum* (Shamala ve Sreekantiah, 1988) ve *Lactococcus lactis* (*L. lactis*) (Hofvendahl ve Hahn-Ha Gerdal, 1997) gibi bakteriler de yer almaktadır. Aynı anda hidroliz ve fermantasyon için çoğu durumda nişastalı malzemelerin içerisine amilaz üreten *L. amylophilus* ile *L. amylovorus* kullanılmış ve nişastanın doğrudan laktik aside fermantasyonu sağlanmıştır (Linko ve Javanainen, 1996).

Şeker üretim sürecinde sakkarozun kristalleştirilmesinden sonra geriye kalan koyu renkli, yoğun şurup halindeki yan ürün olan melas, şeker endüstrisinin %60 şeker içeren bir yan ürünü olup (Hofvendahl ve Hahn-Ha Gerdal, 2000), yem olarak kullanılmasının yanında etanol, maya ve laktik asit üretiminde de kullanılmaktadır (Göksungur ve Güvenç, 1997). Yine şeker endüstrisi atıklarından *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum* ve *Pediococcus pentosaceus* bakterileri kullanılarak 48 saat inkübasyon ile 65.65 ± 2.05 g/L laktik asit üretilmiştir (Papadopoulou ve ark., 2023).

Peynir üretimi esnasında 1 litre sütün yaklaşık %85'inin peynir altı suyu (PAS) olarak açığa çıktığı tahmin edilmektedir (Masatcioğlu ve ark, 2020). Peynir altı suyu yaklaşık olarak %6.3 - 7.00 oranında kuru madde içermektedir. Kuru maddesinde ise %3.0-3.5 yağ, %6-10 protein, %4.6-5.2 laktoz ve tuzları ile %2 kadar laktik asit bulunmaktadır (Jelen, 2002; Dinçoğlu ve Ardic, 2012). Peyniraltı suyundan laktik asit üretilmektedir. *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* suşu laktik asit üretiminde yaygın olarak kullanılan suşlardandır. *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* ile laktozdan 37 g/L laktik asit üretilmektedir (Veringa, 1994; Hofvendahl ve Hahn-Ha Gerdal,



2000). Peynir altı suyuna yönelik diğer bir çalışmada, öncelikle *L. casei*, *L. lactis*, *Lactobacillus helveticus* (*L. helveticus*), *Lactobacillus jensei* (*L. jensei*), *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*, *Lactobacillus delbrueckii* spp. *delbrueckii*, *Lactobacillus delbrueckii* spp. *lactis* gibi farklı bakterilerin etkileri incelenmiştir. En yüksek üretim yapan bakteriler olarak *L. Casei* ve *Lactobacillus delbrueckii* spp. *lactis* belirlenmiştir. *Lactobacillus delbrueckii* spp. *lactis* bakterisi ile üretim üzerine ilave besin maddeleri (MnSO₄.H₂O, maya özütü) ve pH gibi parametrelerin etkileri araştırılmıştır. Çalışılan bakteri için en ideal ortam sıcaklığı olan 37°C'de gerçekleşen fermentasyonda en uygun pH değeri 5.5 olarak tespit edilmiştir. 48 saat sonunda ulaşılan en yüksek laktik asidin 33.4 g/L olduğu bulunmuştur. Burada maya ekstraktının etkisi yüksek, pastörizasyonun etkisi ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Mikroorganizma sayısının artışıyla laktoz tüketimi ve buna bağlı olarak laktik asit üretimi de artmaktadır (Eldeleklioglu, 2009).

5. LAB ve Laktik Asidin Yemler ve Hayvanlar Üzerine Etkileri

LAB'ların Silajlarda Bakteriyel İnokulant Olarak Kullanımı

Silajlarda inokulant olarak kullanılan LAB'lar fermentasyonu hızlandırarak, kuru madde kayıp oranlarını azaltmaktadırlar. Bunun yanında amonyak azotu, silaj pH'sı ve asetik asit seviyesi düşmekte ve laktik asit/asetik asit oranında artış görülmektedir (Sucu, 2009). Filya ve ark., (2001) tarafından yapılan bir çalışmada *L. plantarum*, *E. faecium* ve *Pediococcus acidilactici* (*P. acidilactici*) inokulant olarak kullanılmış ve fermentasyonun başlarından itibaren suda çözünabilir karbonhidrat (SÇK) içeriklerini önemli düzeyde artırmış, mısır silajlarının pH'larını önemli düzeyde düşürmüştür ($p<0.05$). Ayrıca silajın *Lactobacillus* sayısı ile laktik asit seviyesini önemli düzeyde artırmış, silolamanın son döneminde ise etanol, asetik asit ve bütirik asit düzeyini önemli düzeyde düşürmüştür ($p<0.05$).

Silajlar inokulant olarak en önemli bakterilerden birisi de *L. plantarum*'dur. Fakat *L. plantarum* belirli bir pH aralığında çalıştığı için, bu bakteri ile beraber pH 5.0-6.5 gibi daha yüksek

pH derecelerinde daha aktif çalıştığı bilinen *Pediococcus* ve/veya *Enterococcus* (*Streptococcus*) türü bakterilerin de eklenmesi gerektiği bildirilmektedir (Sucu, 2009; Uygur, 2012). Ülkemizde yapılan silaj çalışmalarında, kullanılan LAB inokulantları; *Lactobacillus bunchneri* (*L. bunchneri*), *L. plantarum*, *E. faecium*'dur (Yıldırım, 2015). Li ve ark. (2024) mısır silajında *Lactiplantibacillus plantarum* ATCC14917 ve CICC24194'ü inokulant olarak kullanmıştır. Kontrol grubuna göre laktik asit bakterileri ile inoküle edilen mısır silajlarının kuru madde kaybı daha az olmuştur. Ayrıca ham protein düzeyini, in vitro kuru madde sindirilebilirliğini arttırıp, asit deterjan fiber (ADF) düzeyini ve rumende metan gazı üretimini azaltmıştır. Khan ve ark. (2023) mısır silajında *L. plantarum* ve *L. buchneri* ile inoküle etmiş ve mısır silajlarının kuru madde (KM) düzeyini, ham protein düzeyini arttırmış, ADF ve nötral deterjan fiber (NDF) düzeylerini düşürmüş, in vitro kuru madde sindirilebilirliğini arttırmıştır. İnoküle edilmiş silajlarda kontrol gurubuna göre laktik asit bakteri sayısı artmış ve küf popülasyonu azalmıştır. Ayrıca silajlarda daha düşük pH düzeyi ve daha yüksek laktik asit seviyesi tespit edilmiştir (Tablo 3).

Starter inokulant seçiminde hızlı asit üreten özelliğe sahip mikroorganizmalar daha çok arzu edilmektedir. Antimikrobiyel etki düşük pH düzeylerinde (<5.0) daha etkilidir (Çelikyurt ve Arıcı, 2008). Pang ve ark. (2024) inokulant olarak kullanılan *L. buchneri*'nin mısır silajının pH'nı düşürdüğünü laktik asit düzeyini yükselttiğini tespit etmiştir. Ayrıca *L. buchneri* inokülasyonunun mısır silajlarında aerobik stabiliteyi arttırdığı saptanmıştır (Rossi ve ark. 2023) (Tablo 3). En iyi fermentasyon sürecini sağlamak için, doğru tip ve sayılardaki bakterilerin doğru koşullarda olması gerekmektedir.

Mısır silajları dışında buğday hasıl silajlarında da laktik asit bakterileri inokulant olarak kullanılmaktadır. Buğday hasıl silajı *Lactobacillus plantarum* + *Enterococcus faecium* ile inoküle edildiği bir çalışmada silajların suda çözünabilir karbonhidrat, ham protein, laktik asit düzeyinin arttığı; pH, amonyak azotu (NH₃-N), küf sayısı ve kuru madde kaybının azaldığı tespit edilmiştir (Sucu ve Filya, 2006) (Tablo 3).

Tablo 3. Mısır Silajlarında inokulant olarak kullanılan bazı Laktik Asit Bakterilerinin silaj üzerine etkileri

İnokulant	Yem Türü	Artan Parametreler	Azalan Parametreler	Kaynaklar
<i>L. plantarum</i> , <i>E. faecium</i> , <i>P. acidilactici</i>	Mısır Silajı	SÇK, Laktik Asit, <i>Lactobacillus</i> spp.	pH, Etanol, Asetik Asit, Bütirik Asit	Filya ve ark. 2001
<i>Lactobacillus plantarum</i> + <i>Enterococcus faecium</i>	Buğday Hasıl Silajı	SÇK, Ham Protein, Laktik Asit	pH, NH ₃ -N, Ağırlık Kaybı, Küf Sayısı	Sucu ve Filya, 2006
<i>L. plantarum</i> (ATCC14917, CICC24194)	Mısır Silajı	Ham Protein, İn Vitro Kuru Madde Sindirilebilirliği	ADF, Metan	Li ve ark., 2024
<i>L. plantarum</i> , <i>L. buchneri</i>	Mısır Silajı	KM, Ham Protein, İn Vitro Kuru Madde Sindirilebilirliği, Laktik Asit	ADF, NDF, pH, Küf Sayısı	Khan ve ark., 2023
<i>L. buchneri</i>	Mısır Silajı	Laktik Asit, Aerobik Stabilite	pH	Pang ve ark., 2024



Yonca gibi güç silolanan yemler için hızlı ve kolay laktik asit oluşturmak maksadıyla suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) düzeyi yüksek olan melas gibi ucuz karbonhidrat kaynaklarına da yer verilmelidir. Yetersiz SÇK içeriği olan silajlık materyallere %4'e kadar karbonhidratça zengin atık ve yan ürünlerin ilave edilmesi gerekmektedir (Kutlu, 2009). Bu amaçla buğday kepeği, kuru meyve posaları, elma püresi (Yıldırım, 2015), pirinç kepeği ve narenciye posası da silaj katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır (Kutlu, 2009). Şeker içeriği yüksek ve kuru madde düzeyi düşük atık karpuzlardan pörsütme ile direkt silaj üretilebilmektedir (Durusoy ve Çerçi, 2025). SÇK düzeyi düşük silaj materyallerine bakteriyel inokulant olarak LAB kullanıldığında SÇK düzeyini yükseltecek yem ve katkı maddelerinin ilave edilmesi önerilmektedir. Özellikle kuru madde (KM) ve SÇK içeriği yeterli olan ürünlerde LAB inokulantlarının, silajların gerek fermentasyon özelliklerini gerekse aerobik stabilitelerini olumlu yönde etkileyebildiği vurgulanmıştır (Filya, 2001).

Pediococcus spp. ile inoküle edilen silajların süt ineklerinde silaj tüketimi ve süt verimini arttırdığını tespit etmiştir. Guo ve ark. (2022) *L. plantarum* ile inoküle edilmiş mısır silajı ile beslenen kuzularda bitiş canlı ağırlığını, günlük canlı ağırlık artışını, yemden yararlanma oranını, kuru madde tüketimini arttırdığını tespit etmişlerdir. Rossi ve ark. (2023) mısır silajına inokulant olarak *L. buchneri* ilave etiklerinde kuzuların yem tüketimi ve organik madde tüketimini olumlu yönde etkilediğini fakat büyüme performansları üzerine bir etkisi olmadığını saptamışlardır. Ayrıca Nair ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *L. hilgardii* CNCM I-4785 ve *L. buchneri* NCIMB 40788 içeren bir LAB karışımıyla inoküle edilmiş mısır silajını besi sığırlarına verdiklerinde kuru madde tüketiminde, günlük canlı ağırlık artışında ve canlı ağırlıkta bir farklılık olmadığını tespit etmişlerdir (Tablo 4).

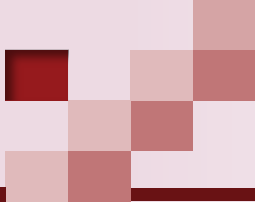
Tablo 4. LAB'ların ruminant hayvanlarda verim ve performansa etkisi

Hayvan Türü	Yem Türü	İnokulant	Artan parametreler	Azalan Parametreler	Değişmeyen Parametreler	Kaynaklar
Süt ineği	Ot Silajı	<i>L. plantarum</i> , <i>S. faecium</i> , <i>Pediococcus</i> spp.	Silaj Tüketimi, Süt Verimi	-	-	Martinsson, 1992
Süt ineği	Yonca Silajı	<i>L. plantarum</i> MTD-1	Süt Verimi, Laktoz, Sindirilebilirlik (KM, OM, NDF, ADF)	Süt Üre Nitrojen (MUN)	, KM Tüketimi	Monteiro ve ark., 2021
Besi sığırı	Mısır Silajı	<i>L. hilgardii</i> + <i>L. buchneri</i>	-	-	KM Tüketimi, Günlük Canlı Ağırlık Artışı, Canlı Ağırlık	Nair ve ark., 2020
Kuzu	Mısır Silajı	<i>L. plantarum</i>	Canlı Ağırlık, Günlük Canlı Ağırlık Artışı, KM Tüketimi	Yemden Yararlanma Oranı	-	Guo ve ark., 2022
Kuzu	Mısır Silajı	<i>L. buchneri</i>	KM Tüketimi, Organik Madde Tüketimi	-	Büyüme Performansı	Rossi ve ark., 2023

LAB Katkılı Yemlerin Hayvanların Verim Özelliklerine Etkileri

Bakteriyel inokulantlar silajların KM sindirilebilirliğini artırmıştır. KM sindirilebilirliğinde meydana gelen bu artış da ruminantların performanslarını olumlu yönde etkilemiştir (Bolsen ve ark., 1992; Rooke ve Kafizadeh, 1994). Laktik asit bakterisi inokulantı ile işlenmiş silajın, in vitro testlerde rumen mikrobiyal biyokütlesini artırdığı bildirilmiştir. *L. plantarum* MTD-1'in inokulant olarak kullanıldığı yonca silajı ve inokulantsız yapılan yonca silajı süt ineklerine yedirilmiştir. LAB inokulant içeren yonca silajı ile beslenen süt ineklerinin kuru madde tüketimi değişmezken; kuru madde, organik madde (OM), NDF, ADF sindirilebilirliği, süt verimi ile sütteki laktoz düzeyi arttığı ve süt üre nitrojen (MUN) seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir (Monteiro ve ark., 2021). Martinsson (1992) yaptığı çalışmada *L. plantarum*, *S. faecium* ve

Tibet tavuklarından izole edilen *L. plantarum* ve *P. pentosaceus* broyler rasyonlarına ilave edildiğinde canlı ağırlığı arttırdığını; antioksidan kapasiteyi, süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GSH-Px) düzeylerini önemli ölçüde arttırdığı ve malondialdehit (MDA) düzeyini azalttığı tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2023). Broyler piliçlerin yemlerine LAB ilavesi (*Lactobacillus salivarius* S08 + *Lactobacillus johnsonii* S01 + *Pediococcus acidilactici* S06) canlı ağırlığı ve yemden yararlanma oranını olumlu yönde etkilemiş, karkas göğüs ve but eti oranını arttırmış, abdominal yağ düzeyini düşürmüştür. Bağırsak villus yüksekliğini arttırıp, kript derinliğini azaltmıştır. Ayrıca bağırsak kanalındaki laktik asit bakteri sayısını arttırmış, *E. coli* sayısını azaltmıştır (Salehizadeh ve ark., 2019). Xiao ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada *L. plantarum*'un broyler piliçlerinin içme suyuna 1000x10⁶ kob/L düzeyinde ilavesinin vücut ağırlığını, günlük canlı ağırlık artışını, günlük yem



tüketimini arttırdığını saptamışlardır. Ayrıca toplam antioksidan kapasiteyi, SOD, GSH-Px, katalaz (CAT) düzeylerini önemli ölçüde arttırdığı ve MDA düzeyini azalttığı tespit etmişlerdir (Tablo 5).

Tablo 5. LAB'ların broyler piliçlerinde verim ve performansa etkisi

Hayvan Türü	Yem Türü	İnokulant	Artan parametreler	Azalan Parametreler	Kaynaklar
Broyler	Karma yem	<i>Lactobacillus salivarius</i> S08 + <i>Lactobacillus johnsonii</i> S01 + <i>Pediococcus acidilactici</i> S06	Canlı Ağırlık, Göğüs-But Oranı, Villus Yüksekliği, Bağırsakta LAB sayısı	Yemden Yararlanma Oranı, Abdominal Yağ, Kript Derinliği, Bağırsakta <i>E. coli</i> sayısı	Salehizadeh ve ark., 2019
Broyler	Karma yem	<i>L. plantarum</i> <i>P. pentosaceus</i>	Canlı Ağırlık, Total Antioksidan Kapasite, SOD, GSH-Px Canlı Ağırlık, Günlük Canlı Ağırlık Artışı,	MDA	Wang ve ark., 2023
Broyler	İçme suyuna	<i>L. plantarum</i>	KM Tüketimi, Total Antioksidan Kapasite, SOD, GSH-Px, CAT	MDA	Xiao ve ark., 2024

Laktik Asit Bakterilerinin Hayvanlarda Patojen Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi

Lactobacillus acidophilus (*L. acidophilus*) NCC68, *Lactobacillus rhamnosus* (*L. rhamnosus*), *L. casei* gibi test edilen laktik asit bakterileri *Escherichia coli* (*E. coli*) üzerine antibakteriyel etki göstermiştir (Taş ve Erginkaya, 2008). LAB'ların ve bunların ürettikleri organik asitlerin silaj katkı maddesi olarak kullanılmasının yanında yemlere katılarak kullanıldığında, patojen mikroorganizmaların gelişmelerini önleyerek yemden yararlanmayı ve canlı ağırlık artışını sağlamıştır. Böylece hayvanların sağlık ve verimleri üzerine olumlu etkileri olduğu vurgulanmıştır (Ölmez ve Şahin, 2023).

Jin ve ark. (1998) *Lactobacillus* kültürlerinin broylerlerde bağırsak mikroflorası gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Mısır ve soya küspesi temelli bir kontrol rasyonuna 1 g/kg *L. acidophilus* I 26 ve 1 g/kg 12 tür *Lactobacillus* kombinasyonu içeren karma *Lactobacillus* verilerle hazırlanan muamele grupları broylerlere yedirilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde, 0-6 haftalık dönemde broylerlerin yemden yararlanma oranı ve canlı ağırlıkları *Lactobacillus* içeren her 2 deneme rasyonunda da kontrol rasyonuna göre önemli derecede ($p<0.05$) iyileşmiştir. Kültürlerin tek veya karma yeme ilavesi, denemenin 10 ve 20. günlerinde sekumdaki koliform bakteri sayısını azaltmıştır ($p<0.05$).

Laktik Asitlerin Yemlere Eklenmesinin Hayvanlar Üzerindeki Etkileri

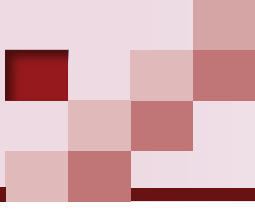
Yemlere organik asit ilavesi besin maddelerinin sindirilebilirliğini arttırmaktadır. Ayrıca duodenum pH'sını

düşürmekte ve azot birikimini arttırmaktadır (Overland ve ark., 2000; Kluge ve ark., 2006) Bağırsaklardaki düşük pH ortamında aside tolerans gösteren bakteriler etkilenmezken, *E. coli* gibi bazı bakterilerin büyüme oranı pH 5'in altında azalmaktadır.

Ayrıca düşük pH ortamı bağırsaklardan yukarı doğru çıkan bakterilere karşı bir bariyer sağlamaktadır (Kirchgessner ve Roth, 1991; Hebeler ve ark., 2000; Kluge ve ark., 2006). Jørgensen ve ark. (2001) tarafından yapılan denemelerde, rasyona %2.8 düzeyinde laktik asit ilavesinin süttten kesilen domuz yavrularında dışkı örneklerinde *Salmonella* spp. pozitif örneklerinin sayısını düşürdüğü bildirilmiştir. Kesim öncesinde broylerlerin içme sularına %0.5 düzeyinde laktik asit ilavesi *Salmonella* spp. popülasyonunun azalmasında etkili olmuştur (Byrd ve ark., 2001). Etlik piliçlere organik asitlerin verilmesi çoğunlukla büyüme performansında artış oluşturur (Skinner ve ark., 1991). Etlik piliçlerde mide ve bağırsaktaki laktik asit bakterilerinin patojenik koliformlara karşı rekabetçi bir şekilde üremesi ve salgıladığı laktik asidin bakteriyosidal etkisi faydalı bir sindirim rolüne sahip olduğunu göstermektedir. Böylece büyüme performansı üzerine olumlu etkili olmaktadır. Laktik asidin 5-20 mg/ml konsantrasyonlarında *S.aureus*, *E. coli* bakterileri üzerinde inhibisyon etkisi olduğu saptanmıştır (Aslım ve ark., 2000). Organik asit üreten LAB ve sentezledikleri organik asitlerin sahip olduğu özellikler dikkate alındığında, antibiyotik kullanımının yasaklandığı günümüz hayvan beslenmesinde hayvan sağlığının önemi daha da artmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Laktik asit bakterileri doğada bitkiler ile silajlardan izole edilebilmekte, nişasta içeren tahıl ve yan ürünlerle de üretimi yapılmaktadır. Silaj yapım aşamasında anaerob ortamda, uygun KM ve SÇK varlığında, inokulant olarak LAB kullanıldığında silajların fermentasyon özelliklerini iyileştirmekte ve aerobik



stabilitelelerini arttırmaktadır. Silajların pH'sının hızlı bir şekilde düşmesini sağlamak, istenmeyen bakterilerin üremesini engellemektedir. Laktik asit bakterileri uygun ortam koşullarında hızla çoğalarak başta laktik asit olmak üzere organik asitler üretmekte ve ortam pH'sının düşmesine katkı sağlamaktadır. Bağırsak ortamında pH'nın düşmesiyle birlikte *Salmonella* spp. ve *Escherichia coli* üzerinde inhibe edici etki göstermektedir. Ayrıca ürettiği bakteriyosinlerle *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *Clostridium* spp. gibi patojen bakterilere karşı etkili olmaktadır. Antimikrobiyel etkisi pH<5.0 düzeylerinde daha etkili olmaktadır. Bağırsaklarda doğal bir bariyer oluşturarak yukarı tırmanan bakterilerin yayılmasını engellemeye yardımcı olmaktadır. LAB insanlar ve hayvanlar için öne çıkan bu özellikleriyle vazgeçilmez bir mikroorganizma grubudur. Ruminantların laktik asit bakterileri ile fermente edilmiş silajları tükettikleri çalışmalar incelendiğinde, genel olarak kuru madde tüketimi ve sindirilebilirliği arttırdığı görülmektedir. Bu artış, bazı çalışmalarda canlı ağırlık artışı, süt verimi ve yemden yararlanma oranlarında iyileşme ile sonuçlanırken, bazı çalışmalarda ise verim özellikleri üzerine anlamlı bir etki saptanmamıştır. Broyler piliçlerde ise LAB uygulamalarının genel olarak yem tüketimi, yemden yararlanma oranı, günlük canlı ağırlık artışı ve canlı ağırlığı arttırdığı bildirilmiştir. Bu derlemede ortaya konan veriler, LAB'ın farklı hayvan ve yem hammaddeleri/substratlar üzerindeki etkinliği hakkında yeni çalışmalar yapılarak etkilerinin tam olarak ortaya konması gerektiği vurgulanmaktadır.

Teşekkür: Bu çalışma herhangi bir tez çalışmasına dayanmamaktadır ve daha önce bilimsel bir toplantıda sunulmamıştır.

Mali Destek: Bu araştırma herhangi bir finansman kuruluşundan/sektöründen hibe/destek almamıştır.

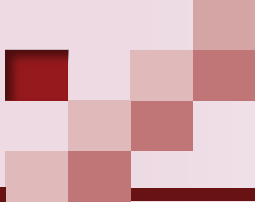
Etik Beyan: Bu çalışmada Etik kurul iznine gerek yoktur.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

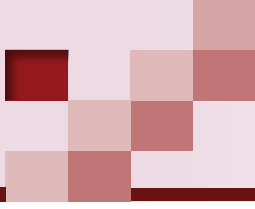
Yazar Katkıları: Tüm yazarlar derleme çalışmasının yazılması ve düzenlenmesinde eşit oranda katkıda bulunmuşlardır.

Kaynakça

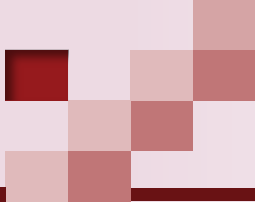
1. Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., & Valéro, J. A. (2012). Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. *Critical reviews in biotechnology*, 32(4), 382-400.
2. Anumudu, C. K., Miri, T., & Onyeaka, H. (2024). Multifunctional applications of lactic acid bacteria: Enhancing safety, quality, and nutritional value in foods and fermented beverages. *Foods*, 13(23), 3714. <https://doi.org/10.3390/foods13233714>.
3. Aslım, B., Beyatlı Y., ve Halkman K. (2000). "Yoğurt Starter Kültür Metabolitlerinin İnhibisyon Etkisi", *Türk J Biol*, 24, 65–78.
4. Basmacioğlu, H., ve Ergül, M. (2002). "Silaj Mikrobiyolojisi", *Hayvansal Üretim*, 43(1), 12-24.
5. Bayitse, R. (2015). "Lactic Acid Production from Biomass: Prospect for Bioresidue Utilization in Ghana: Technological Review", *International Journal of Applied Science and Technology*, 5(1), 164-174.
6. Bolsen, K.K., Tiemann, D.G., Sonon, R.N., Hart, R.A., Dalke, B., Dickerson, J.T., ve Lin, C. (1992). "Evaluation of Inoculant-Treated Corn Silages", *Cattlemen's Day*, 1992, Kansas State University, Manhattan, KS. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Vol. 0: Iss. 1. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.2193>.
7. Byrd, J. A., Hargis, B. M., Caldwell, D. J., Bailey, R. H., Herron, K. L., McReynolds, J. L., Brewer, R. L., Anderson, R. C., Bischoff, K. M., Callaway, T. R., ve Kubena, L. F. (2001). "Effect of Lactic Acid Administration in the Drinking Water During Preslaughter Feed Withdrawal on Salmonella and Campylobacter Contamination of Broilers", *Poultry Science*, 80(3):278–283.
8. Chatterjee, M., Chakrabarty, S. L., Chattopadhyay, B. D., & Mandal, R. K. (1997). Production of lactic acid by direct fermentation of starchy wastes by an amylase-producing *Lactobacillus*. *Biotechnology Letters*, 19(9), 873–874.
9. Çelikyurt, G., & Arıcı, M. (2008). Gıda koruyucusu olarak mikrobiyal kaynaklı organik asitler ve önemi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi* (21–23 Mayıs 2008), Erzurum, Türkiye.
10. De Vuyst, L., & Leroy, F. (2007). Bacteriocins from lactic acid bacteria: Production, purification, and food applications. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 13(4), 194–199. <https://doi.org/10.1159/000104752>
11. Dinçoğlu, A. H., & Ardiç, M. (2012). Peynir altı suyunun beslenmemizdeki önemi ve kullanım olanakları. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 1(1), 54-60.
12. Durusoy, Ö., & Çerçi, İ. (2025). The effect of waste watermelon dry matter level on silage parameters and in vitro digestibility. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 76(3), 9481–9490.
13. El Garhi H. E. M., Abd Elghany A. A., Ibrahim A. M. A., El Aidie S. A. M., Munoz R. C. (2025). Effect of Organic Acids on Pathogenic and Lactic Acid Bacteria in Directly Raw Milk Cheddar Cheese. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. <https://doi.org/10.1007/s12602-025-10622-2>.
14. Eldeleklioglu, B. (2009). "Peyniraltı Suyundan Laktik Asit Üretimi", *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.



15. Ergün, A., Tuncer, Ş. D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M. K., Küçükersan, S., Şehu, A., & Saçaklı, P. (2016). Yemler, yem hijyeni ve teknolojisi (Genişletilmiş 6. baskı, ss. 129–132). Ankara, Türkiye.
16. Filya, İ. (2001). "Silaj Fermentasyonu", Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 32 (1), 87-93.
17. Filya, İ., Karabulut, A., Kalkan, H., ve Sucu E. (2001). "Bakteriyal İnokulantların Sorgum Silajlarının Fermentasyon, Aerobik Stabilite ve Rumen Parçalanabilirlik Özellikleri Üzerine Etkileri", Tarım Bilimleri Dergisi, 7 (2), 112-119.
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2011). Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. FAO.
19. Ghorbel, R., & Koşum, N. (2023). Katı kültür fermentasyonu: Hayvan beslemede güncel biyoteknolojik uygulamalar. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(2), 537–549. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bursauludagziraat>.
20. Giraud, E., Champailier, A., & Rimbault, M. (1994). Degradation of raw starch by a wild amylolytic strain of *Lactobacillus plantarum*. Applied and Environmental Microbiology, 60(12), 4319–4323.
21. Göksungur, Y., & Güvenç, U. (1997). Batch and continuous production of lactic acid from beet molasses by *Lactobacillus delbrueckii* IFO 3202. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 69(4), 397–482. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4660\(199708\)69:4<399::AID-JCTB728>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4660(199708)69:4<399::AID-JCTB728>3.0.CO;2-Q).
22. Guo, W., Guo, X. J., Xu, L. N., Shao, L. W., Zhu, B. C., Liu, H., ... & Gao, K. Y. (2022). Effect of whole-plant corn silage treated with lignocellulose-degrading bacteria on growth performance, rumen fermentation, and rumen microflora in sheep. Animal, 16(7), 100576.
23. Hebel, D., Kulla, S., Winkenwerder, F., Kamphues, J., Zentek, J. and Amtsberg, G. (2000). Einfluss eines Ameisensäure-Kaliumformiat-Komplexes auf die Zusammensetzung des Chymus sowie die Mikroflora im Darmkanal von Absetzferkeln. [Influence of a formic acid-potassiumformate-complex on chyme composition as well as on the intestinal microflora of weaned piglets] Proceedings of the Society of Nutrition Physiology 9: 63.
24. Hofvendahl, K. ve Hahn-Hägerdal, B. (2000). "Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources", Enzyme and Microbial Technology, 26, 87–107. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(99\)00155-6](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(99)00155-6).
25. Hofvendahl, K., ve Hahn-Hägerdal, B. (1997). "l-lactic acid production from whole wheat flour hydrolysate using strains of *Lactobacilli* and *Lactococci*", Enzyme and Microbial Technology, 20(4), 301-307. [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(97\)83489-8](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(97)83489-8).
26. Ibrahim, F ve Ouwehand, A.C. (2019) The Genus *Lactobacillus*. In Lactic acid bacteria (pp. 47-56). CRC Press.
27. Jelen, P. (2002). Whey processing: Utilization and products. In H. Roginski, J. W. Fuquay, & P. F. Fox (Eds.), Encyclopedia of Dairy Sciences (pp. 2739–2745). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227235-8/00511-3>
28. Jin, L. Z., Ho, Y. W., Abdullah, N., Ali, M. A., & Jalaludin, S. (1998). Effects of adherent *Lactobacillus* cultures on growth, weight of organs and intestinal microflora and volatile fatty acids in broilers. Animal Feed Science and Technology, 70(3), 197–209. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00080-1).
29. Jørgensen, L., Kjærsgaard, H. D., Wachmann, H., Jensen, B. B., & Knudsen, K. E. B. (2001). Effect of pelleting and use of lactic acid in feed on *Salmonella* prevalence and productivity in weaners. In Proceedings of the 4th International Symposium on the Epidemiology and Control of *Salmonella* and Other Food-Borne Pathogens in Pork (pp. 109–111). Leipzig, Germany.
30. Khan, N. A., Khan, N., Tang, S., & Tan, Z. (2023). Optimizing corn silage quality during hot summer conditions of the tropics: investigating the effect of additives on in-silo fermentation characteristics, nutrient profiles, digestibility and post-ensiling stability. Frontiers in Plant Science, 14, 1305999.
31. Kızılsimşek, M. ve Günaydın, T. (2020). Lactic acid bacteria isolation and determination of their silage fermentation capabilities. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(1), 66–72. <https://doi.org/10.30910/turkjans.679911>.
32. Kirchgessner, M., & Roth, F. X. (1991). Ergotrope Effekte durch nutritiven Einsatz von organischen Säuren [Ergotropic effects through the nutritive use of organic acids]. Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin, 191(2–3), 265–276.
33. Kluge, H., Broz, J., & Eder, K. (2006). Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 90(7-8), 316-324.
34. Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. Environmental Research, 206, 112285. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285>.
35. Kutlu, H.R. (2009). "Tüm Yönleriyle Silaj Yapımı ve Silajla Besleme" <http://www.zoetekni.org.tr/upload/File/SILAJ%20EI%20KTABI.pdf> Son erişim tarihi: 16.01.2026
36. Lee, S., Ryu, C. H., Back, Y. C., Lee, S. D., & Kim, H. (2023). Effect of fermented concentrate on ruminal fermentation, ruminal and fecal microbiome, and growth performance of beef cattle. Animals, 13(23), 3622. <https://doi.org/10.3390/ani13233622>.
37. Li, Z., Usman, S., Zhang, J., Zhang, Y., Su, R., Chen, H., ... & Guo, X. (2024). Effects of bacteriocin-producing *Lactiplantibacillus*



- plantarum on bacterial community and fermentation profile of whole-plant corn silage and its in vitro ruminal fermentation, microbiota, and CH₄ emissions. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 15(1), 107.
38. Linko, Y. Y., & Javanainen, P. (1996). Simultaneous liquefaction, saccharification, and lactic acid fermentation on barley starch. *Enzyme and Microbial Technology*, 19(2–9), 118–123. [https://doi.org/10.1016/0141-0229\(95\)00189-1](https://doi.org/10.1016/0141-0229(95)00189-1)
39. Martinsson, K. (1992). A study of the efficacy of a bacterial inoculant and formic acid as additives for grass silage in terms of milk production. *Grass and Forage Science*, 47(2), 189–198. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1992.tb02262.x>
40. Masatcioğlu, M. T., Köksal Kavrak, M., Türkmen, D., Dursun, A., & Güler, Z. (2020). Peynir altı suyunun bazı tahıl ürünlerinde kullanımı ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *MKU Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(3), 422–433. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.739234>.
41. Messi, P., Bondi, M., Sabia, C., Battini, R., & Manicardi, G. (2001). Detection and preliminary characterization of a bacteriocin (plantaricin 35d) produced by a *Lactobacillus plantarum* strain. *International Journal of Food Microbiology*, 64(1–2), 193–198. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00419-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00419-0).
42. Monteiro, H. F., Paula, E. M., Muck, R. E., Broderick, G. A., & Faciola, A. P. (2021). Effects of lactic acid bacteria in a silage inoculant on ruminal nutrient digestibility, nitrogen metabolism, and lactation performance of high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8826–8834.
43. Nair, J., Huaxin, N., Andrada, E., Yang, H. E., Chevaux, E., Drouin, P., ... & Wang, Y. (2020). Effects of inoculation of corn silage with *Lactobacillus hilgardii* and *Lactobacillus buchneri* on silage quality, aerobic stability, nutrient digestibility, and growth performance of growing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 98(10), skaa267.
44. Oladunjoye, A. O., Singh, S., & Ijabadeniyi, O. A. (2016). Inactivation of *Listeria monocytogenes* ATCC 7644 on fresh-cut tomato using nisin in combinations with organic salts. *Brazilian journal of microbiology*, 47(3), 757–763.
45. Overland, M., Granli, T., Kjos, N. P., Fjetland, O., Steien, S. H., & Stokstad, M. (2000). Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing–finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 78(7), 1875–1884. <https://doi.org/10.2527/2000.7871875x>.
46. Ölmez, M., & Şahin, T. (2023). Probiyotiklerin Ruminant Beslemede Kullanımının Hayvansal Üretim Üzerine Etkileri. *Veteriner Bilimlerinde Probiyotiklerin Terapötik, Profilaktik ve Fonksiyonel Kullanımı*, 53.
47. Pang, H., Zhou, P., Yue, Z., Wang, Z., Qin, G., Wang, Y., ... & Cai, Y. (2024). Fermentation characteristics, chemical composition, and aerobic stability in whole crop corn silage treated with lactic acid bacteria or *Artemisia argyi*. *Agriculture*, 14(7), 1015.
48. Papadopoulou, E., Vance, C., Vallespin, P. S. R., Tsapekos, P., & Angelidaki, I. (2023). Saccharina latissima, candy-factory waste, and digestate from full-scale biogas plant as alternative carbohydrate and nutrient sources for lactic acid production. *Bioresource Technology*, 380, 129078.
49. Predescu, N. C., Stefan, G., Rosu, M. P., & Papuc, C. (2024). Fermented feed in broiler diets reduces the antinutritional factors, improves productive performances and modulates gut microbiome—A review. *Agriculture*, 14(10), 1752. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101752>.
50. Rooke, J.A., ve Kafilzadeh, F. (1994). The effect upon fermentation and nutritive value of silages produced after treatment by three different inoculants of lactic acid bacteria applied alone or in combination. *Grass and Forage Science*, 49(3), 324–333.
51. Rossi, L. G., Rabelo, C. H., Andrade, M. E., Siqueira, G. R., Vicente, E. F., Nogueira, D. A., & Reis, R. A. (2023). Feed intake, digestibility, ruminal fermentation, growth performance, and carcass traits of lambs fed corn silage treated with *Lentilactobacillus buchneri* and stored for different times. *Animal Feed Science and Technology*, 304, 115751.
52. Salehzadeh, M., Modarressi, M. H., Mousavi, S. N., & Ebrahimi, M. T. (2019). Effects of probiotic lactic acid bacteria on growth performance, carcass characteristics, hematological indices, humoral immunity, and IGF-I gene expression in broiler chicken. *Tropical animal health and production*, 51(8), 2279–2286.
53. Santos, C., Raymundo, A., Moreira, J. B. And Prista C. (2025). Exploring the potential of lactic acid bacteria fermentation as a clean label alternative for use in yogurt production. *Applied Sciences*, 15(5), 2686. <https://doi.org/10.3390/app1505268>.
54. Schillinger, U., & Lücke, F. K. (1989). Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(8), 1901–1906. <https://doi.org/10.1128/AEM.55.8.1901-1906.1989>
55. Shamala, T. R., & Sreekantiah, K. R. (1988). Fermentation of starch hydrolysates by *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Industrial Microbiology*, 3(3), 175–178. <https://doi.org/10.1007/BF01569524>.
56. Shibata, K., Flores, D. M., Kobayashi, G., & Sonomoto, K. (2007). Direct L-lactic acid fermentation with sago starch by a novel amylolytic lactic acid bacterium, *Enterococcus faecium*. *Enzyme and Microbial Technology*, 41(1–2), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2006.12.020>.
57. Skinner, J. T., Izat, A. L., & Waldroup, P. W. (1991). Research note: Fumaric acid enhances performance of broiler chickens.



- Poultry Science, 70(6), 1444–1447. <https://doi.org/10.3382/ps.0701444>.
58. Soundharajan, I., Jung, J. S., Kim, J. H., Woo, J.-H., Lee, K. W., Kim, M. G., Jeong, S. M., & Choi, K. C. (2025). Role of lactic acid bacteria inoculants in optimizing fermentation dynamics and nutrient retention in alfalfa silage at different moisture conditions. *Journal of King Saud University – Science*, 37, 11162025. https://doi.org/10.25259/jksus_1116_2025.
59. Sucu, E. (2009). Laktik asit bakteri inokulantlarının mısır silajının fermentasyon ve aerobik stabilite özellikleri ile rumen ekolojisi üzerine etkileri (Doktora tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye.
60. Sucu, E., & Filya, İ. (2006). The effects of bacterial inoculants on the fermentation, aerobic stability and rumen degradability characteristics of wheat silages. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 30, 187–193.
61. Şen, A., Toprak, N., Güneş, E., ve Halkman, A.K.(2004). Bitki Kökenli Laktobasiller Üzerine Bir Araştırma. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 02 (03), 1-6.
62. Taş, E., & Erginkaya, Z. (2008). Bazı probiyotik laktik asit bakterilerinin Escherichia coli O157:H7 üzerine inhibisyon etkisi. Türkiye 10. Gıda Kongresi (21–23 Mayıs 2008), Erzurum, Türkiye (ss. 877–880). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü; Gıda Teknolojisi Derneği Yayını No: 37.
63. Unban, K., Puangkhamkham, N., Kanpiengjai, A., Govindarajan, R. K., Kalaimurugan, D., & Khanongnuch, C. (2020). Improvement of polymer grade L-lactic acid production using *Lactobacillus rhamnosus* SCJ9 from low-grade cassava chips by simultaneous saccharification and fermentation. *Processes*, 8(9), 1143.
64. Uygur M. (2012). Silaj Yapımında Kullanılan Katkı Maddeleri-1 Çiftçi Broşürü No:132 Tarım ve Orman Bakanlığı Ankara Erişim adresi <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/132-ciftcibro.pdf> Erişim Tarihi 15.01.2026
65. Van Zyl, W. F., Deane, S. M., & Dicks, L. M. T. (2019). Bacteriocin production and adhesion properties as mechanisms for the anti-listerial activity of *Lactobacillus plantarum* 423 and *Enterococcus mundtii* ST4SA. *Beneficial microbes*, 10(3), 329-350.
66. Veringa, H. A. (1994). U.S. Patent No. 5,322,781. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
67. Vinderola, G., Ouwehand, A., Salminen, S., ve von Wright, A. (2019). Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects. Crc Press.
68. Von Wright, A., & Axelsson, L. (2019). Lactic acid bacteria: an introduction. In *Lactic acid bacteria* (pp. 1-16). CRC Press.
69. Wang, L., Lin, Z., Ali, M., Zhu, X., Zhang, Y., Li, S., ... & Li, J. (2023). Effects of lactic acid bacteria isolated from Tibetan chickens on the growth performance and gut microbiota of broiler. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1171074.
70. Wu, G. (2024). Hayvan beslemenin ilkeleri (V. Doğan, Çev. & Ed.). Akademisyen Kitapevi.
71. Xiao, X., Cui, T., Qin, S., Wang, T., Liu, J., Sa, L., ... & Yang, C. (2024). Beneficial effects of *Lactobacillus plantarum* on growth performance, immune status, antioxidant function and intestinal microbiota in broilers. *Poultry Science*, 103(12), 104280.
72. Yafetto, L., Odamtten, G. T., & Wiafe-Kwagyan, M. (2023). Valorization of agro-industrial wastes into animal feed through microbial fermentation: A review of the global and Ghanaian case. *Heliyon*, 9, e14814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14814>.
73. Yang, K., Qing, Y., Yu, Q., Tang, X., Chen, G., Fang, R., & Hu, L. (2021). By-product feeds: Current understanding and future perspectives. *Agriculture*, 11(3), 207. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030207>.
74. Yıldırım, B. (2015). “Türkiye’deki Silaj Çalışmaları: 2005-2014”, *İğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der*, 5(2), 79-88.
75. Yusuf, M. A., & Hamid, T. H.(2013). Lactic acid bacteria: Bacteriocin producer: A mini review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 3(4), 44–50. <https://doi.org/10.9790/3013-034104450>.
76. Zhang, D.X., ve Cheryan, M. (1991). “Direct fermentation of starch to lactic acid by *Lactobacillus amylovorus*”, *Biotechnol Lett*, 13, 733–738.