



T.C.

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANABİLİM DALI



**BAKTERİYEL İNOKULANT OLARAK
HOMOFERMANTATİF *Lactobacillus plantarum*
KULLANIMININ ÇAVDAR (*Secale cereale* L.)
SİLAJİ KALİTESİNE ETKİLERİ**

KEVSER ŞEREMET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR

2023



T.C.

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ
ANABİLİM DALI



**BAKTERİYEL İNOKULANT OLARAK
HOMOFERMANTATİF *Lactobacillus plantarum*
KULLANIMININ ÇAVDAR (*Secale cereale* L.)
SİLAJİ KALİTESİNE ETKİLERİ**

KEVSER ŞEREMET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

DOÇ. DR. GÖKHAN FİLİK

KIRŞEHİR

2023

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. / / 20....

Öğrenci
KEVSER ŞEREMET

İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	I
TEŞEKKÜR.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
TABLolar DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Materyal.....	13
3.1.1. Silaj materyali.....	13
3.1.2. Silajın hazırlanması	13
3.1.3. Silajlarda kullanılan katkı maddeleri ve kullanım şekilleri	13
3.2. Metot.....	13
3.2.1. Kimyasal Analizler	14
3.2.2. Hesaplama ile Belirlenen Parametreler	19
3.2.3. Metabolize Edilebilir Enerji ve Protein Değeri Hesaplamaları	19
3.2.4. Nispi Yem Değeri ve Nispi Yem Kalitesi Hesaplamaları	20
3.2.5. Fiziksel Analizler.....	20
3.2.6. Mikrobiyolojik Analizler.....	21
3.2.7. İstatistiksel Analizler	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	31
6. KAYNAKLAR.....	33
ÖZGEÇMİŞ	39

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca tüm bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan gerek akademik gerekse kişisel hayatıma yönelik desteklerini her zaman gösteren danışmanım Sayın Doç. Dr. Gökhan FİLİK hocama içtenliği, yardımseverliği ve tüm emekleri için teşekkür ederim. Yine yüksek lisans eğitimimde manevi desteğini asla esirgemeyen, değerli fikir ve düşüncelerini benimle paylaşan gerektiğinde yol gösteren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Gül FİLİK hocama saygılarımı sunar teşekkürü borç bilirim.

Tez çalışmamda bilgi ve birikimlerini benimle paylaşıp, materyal konusunda yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hakan KIR ve Dr. Öğr. Üyesi Esin KIRAY hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimde hem ders döneminde hem de tez çalışmamda her daim yardım etmeye hazır olan, sosyal ve akademik hayatımda desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Ziraat Mühendisi Rohat Furkan ACAR ve Ziraat Mühendisi Burçin DURMUŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitim boyunca derslerimde ve seminerlerimde nasıl bir yol izlemem gerektiği konusunda yardımlarını esirgemeyen sevgili Ayla TUTAN'a, attığım adımlar ve aldığım kararlar karşısında bana hep yol gösteren Av. Önder SARALOĞLU'na, eğitim ve iş hayatında önemli kritik noktaları objektif bakış açısıyla benimle paylaşan, cesaret veren, yol gösteren sevgili Yunus Emre ERÇİN'e ve bir parçası olmaktan her zaman gurur ve mutluluk duyduğum yollarımız ayrılrsa bile kalbimde sevgisi ve varlığı sürekli devam edecek olan sevgili LAZİKA GIDA SAN. A.Ş. ailesine sonsuz teşekkürü borç bilirim.

Her daim yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, hayatımda var oldukları için kendimi hep şanslı hissetmeme sebep olan sevgili aileme, eşime ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos, 2023

KEVSER ŞEREMET

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAKTERİYEL İNOKULANT OLARAK HOMOFERMANTATİF *Lactobacillus plantarum* KULLANIMININ ÇAVDAR (*Secale cereale* L.) SİLAJİ KALİTESİNE ETKİLERİ

KEVSER ŞEREMET

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Gökhan FİLİK
Yıl: 2023 Sayfa: 39
Jüri: Doç. Dr. Gökhan FİLİK
Doç. Dr. Taki KARSLI
Dr. Öğr. Üyesi Esin KIRAY

Bu tez çalışması çavdar yem bitkisinden elde edilen silajlara *Lactobacillus plantarum* (LP) inokülasyonunun silaj kalitesi, fermantasyon, aerobik stabilite ve mikroorganizma gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma grupları çavdar kontrol (ÇK), çavdar + $LP 10^6$ (ÇLP6), çavdar + $LP 10^8$ (ÇLP8) ve çavdar + $LP 10^9$ (ÇLP9) şeklinde oluşturulmuştur. LP laktik asit bakterisi silajlara 1×10^6 , 1×10^8 ve 1×10^9 kob/g oranında püskürtülerek ilave edilmiştir. Araştırma grupları 4 grup, 5 tekerrür olmak üzere toplamda 20 adet silaj ile oluşturulmuştur. Hazırlanan silajlar laboratuvar ortamında 23 ± 2 °C'de 90 gün boyunca muhafaza edilmiştir. Silolama döneminin sonunda açılan silajlara kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır. Açım işlemleri tamamlanan silajlar 5 günlük aerobik stabilite testine tabi tutulmuştur. Araştırma neticesinde elde edilen bulgular incelendiğinde, LP kullanımının silajlarda laktik asit bakteri kullanımının pH miktarını düşürdüğü ve bununla birlikte maya ve küf gelişimini azalttığı belirlenmiştir. Gruplar incelendiğinde çavdar + $LP 10^8$ (ÇLP8) grubunda maya ve küf oluşumu gerçekleşmemiştir. Homofermantatif laktik asit bakterisi olan ev yapımı çeşitli turşu türlerinden izole edilen probiyotik özelliğe sahip *Lactobacillus plantarum* MF098786 suşunun 1×10^8 dozunun açım sonrası özellikle maya oluşumunu engellediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Silaj Fermantasyonu, aerobik stabilite, çavdar, inokulant, *Lactobacillus plantarum*, Silaj

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

THE EFFECTS OF THE USE OF HOMOFERMENTATIVE *Lactobacillus plantarum* AS BACTERIAL INOCULANT ON THE QUALITY OF RYE (*Secale cereale* L.) SILAGE

KEVSER ŞEREMET

KIRŞEHİR AHİ EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gökhan FİLİK
Year: 2023 Pages: 39
Juries: Assoc. Prof. Dr. Gökhan FİLİK
Assoc. Prof. Dr. Taki KARSLI
Assist. Prof. Dr. Esin KIRAY

This thesis was carried out to determine the effects of *Lactobacillus plantarum* (LP) inoculation into silages obtained from rye fodder plant on silage quality, fermentation, aerobic stability and microorganism growth. Research groups were formed as rye control (RC), rye + $LP 10^6$ (ÇLP6), rye + $LP 10^8$ (ÇLP8) and rye + $LP 10^9$ (ÇLP9). *LP* lactic acid bacteria were added to the silages by spraying at the rate of 1×10^6 , 1×10^8 and 1×10^9 cfu/g. The research groups were formed with 4 groups, 5 replications, a total of 20 silages. The prepared silages were stored in a laboratory environment at 23 ± 2 °C for 90 days. Chemical, physical and microbiological analyzes were applied to the silages opened at the end of the ensiling period. The silages, whose opening processes were completed, were subjected to a 5-day aerobic stability test. When the findings obtained as a result of the research were examined, it was determined that the use of LP in silages, the use of lactic acid bacteria in silages, reduced the pH amount, and also reduced the growth of yeast and mold. When the groups were examined, yeast and mold formation did not occur in the rye+ $LP 10^8$ (ÇLP8) group. It was concluded that 1×10^8 dose of *Lactobacillus plantarum* MF098786 strain, which has probiotic properties, isolated from various home-made pickles with homofermentative lactic acid bacteria, inhibited yeast formation especially after starvation.

Keywords: Silage fermentation, aerobic stability, rye, inokulant, *Lactobacillus plantarum*, Silage

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 4.1. Açım Sonrası Silajlara Ait Kimyasal Analiz Sonuçları	23
Tablo 4.2. Silajların SHP ve Enerji İçerikleri	25
Tablo 4.3. Silajların Yem Kalite Özellikleri	26
Tablo 4.4. Silajlara Ait Fiziksel Analiz Sonuçları	27
Tablo 4.5. Silajların Açım Zamanındaki Mikroorganizma Sayım Sonuçları	28
Tablo 4.6. Silajların Aerobik Stabilite Sonrası pH ₂ , CO ₂ ve Mikroorganizma Sayım Sonuçları	29



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
cm	: Santimetre
g	: Gram
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
kob	: Koloni Oluşturan Birim
L	: Litre
N	: Normalite

Kısaltmalar	Açıklama
ADF	: Asit Deterjanda Çözünemeyen Lif
DLG	: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Alman Tarım Örgütü)
HK	: Ham Kül
HP	: Ham Protein
HSel	: Ham Selüloz
HY	: Ham Yağ
KM	: Kuru Madde
HCl	: Hidroklorit Asit
H ₂ SO ₄	: Sülfürik Asit
KMT	: Kuru Madde Tüketimi
LAB	: Laktik Asit Bakterileri
LOK	: Lif Olmayan Karbonhidratlar
ME	: Metabolik Enerji
NaOH	: Sodyum Hidroksit
NE _G	: Net Enerji Verim Payı
NE _M	: Net Enerji Yaşama Payı
NE _L	: Net Enerji Laktasyon
NDF	: Nötr Deterjanda Çözünemeyen Lif
NFE	: Nitrogen Free Extract (Nitrojen İçermeyen Ekstrakt)
NYD	: Nispi Yem Değeri
NYK	: Nispi Yem Kalitesi
NH ₃ -N	: Amonyak Azotu
OM	: Organik Madde
SE	: Sindirilebilir Enerji
SHP	: Sindirilebilir Ham Protein
SKM	: Sindirilebilir Kuru Madde
TÇM	: Toplam Çözünebilir Maddeler
TK	: Toplam Karbonhidrat
TSM	: Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri

1. GİRİŞ

Hayvancılık gelişmekte olan ÷lkelerde tarımsal ekonominin en hızlı büyüyen bölümüdür. Ancak hayvancılık endüstrisinin sorunlardan biri hayvan beslemedeki zorluklar olarak kabul edilmektedir (Kızılışımşek ve ark., 2016). Hayvanların beslenme istekleri var olan yemlerin değişen iklim koşulları, toprak yapısı, hava, su, mevsimsel geçişler ve insanların gelişen yeni dünya düzenine ayak uydurma çabaları gibi sebeplere bağlı olarak yem üretimindeki azalma hayvancılık endüstrisinin gelişmesine olumsuz yönde etki etmektedir (Ergin ve Aydemir, 2018).

Hayvancılık, ÷lke ekonomisine önemli katkı sağlayan, yatırım için en yüksek katma değeri sağlayan en düşük maliyetle iş olanakları sunan sektördür. Hayvancılık tüm dünyada ve özellikle gelişmiş ÷lkelerde önemli bir endüstri ve yerel ekonominin bir parçasıdır. Gelişen ve değişen dünya düzeninde gıdaya olan talep de her geçen gün artmaktadır. Bununla birlikte hayvancılık sektörü dünya genelinde gıda üretiminin önemli bir parçasıdır olarak gör÷lmektedir. Hayvancılık sektörü, gıda üretimi ve ekonomik kalkınmada önemli rol oynamaktadır. Ancak hayvanların verimli ve sağlıklı bir şekilde büyümesini sağlamak için uygun beslenme ve kaliteli yemlerin kullanımı büyük önem taşımaktadır (Ergün ve Bayram, 2021).

Hayvancılık hem insan sağlığı hem de ÷lke ekonomisi açısından büyük önem taşımaktadır. İnsan sağlığı için önemli bir yere sahip olan esansiyel amino asitler gibi bazı besin madde elementleri hayvansal kaynaklıdır ve sadece hayvansal gıdalarla karşılanabilmektedir. Bu sebeple insanların hayvansal gıdalara yüksek ve kaliteli şekilde ulaşmaları için hayvancılığın gelişmesi ve bu sektörün devamlılığının korunması gerekmektedir (Görg÷lü, 2002).

Hayvancılık endüstrisinde yem kullanımı ve beslenme süt ve besi sığırcılığı sektöründe büyük önem taşımaktadır. Yem kaynaklarının yetersizliği ise hayvancılık sektörünün gelişmesinin önünde ciddi bir engel teşkil etmektedir. Silaj, taze ve suca zengin yem bitkilerinin fermantasyona uğratılması ile elde edilip, mevsimler arasında kullanılabilen alternatif bir yem kaynağıdır. Bu sayede hayvancılık işletmeleri hayvanların her dönem kaba yem ihtiyaçlarını silaj ile sağlanabilmektedir (şahin ve Zaman, 2010).

Hayvanların beslenmesi için kullanılan sulu kaba yemlerin oksijensiz ortamda fermantasyonu ile silaj elde edilmektedir. Büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık işletmelerinde yeşil yemlerin silaja dönüştür÷lmesi işletme masraflarını düşürmekle birlikte ruminant hayvanların beslenmesi için ihtiyaç duyduğu yemlere ulaşılmasını da

kolay hale getirmektedir. Hayvancılık sektörü, dünya genelinde gıda üretimi ve ekonomik kalkınma açısından büyük bir öneme sahiptir. Hayvanların sağlıklı büyüme, verimli üreme ve yüksek kaliteli ürünler sunabilmesi için doğru ve dengeli bir beslenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, yemlerin kalitesi ve besin değeri hayvancılık işletmeleri için önemli bir faktördür. Silaj taze ve yeşil yemlerin bulunmadığı dönemlerde alternatif ucuz ve değerli yem kaynağı olarak gösterilmektedir (Özdemir ve Okumuş, 2022).

Hayvanların kaba yem ihtiyaçlarının karşılanması için silaj yapımında en çok tercih edilen bitkiler arasında mısır (*Zea may L.*) yer almaktadır (Yozgatlı ve ark., 2019). Silaj yapımında mısır bitkisi ile soya, çavdar ve yulaf gibi bitkilerin karışımları da kullanılarak silaj elde edilmesi için çalışmalar devam etmektedir. Bölgeden bölgeye yetiştirme şartlarının farklılığından dolayı silajlık materyal çeşitliliğin çavdar, yulaf, buğday, yonca, arpa gibi kaba yemlerle artırılması gereklidir. Silajların yem değerlerinin, saklama şartlarının, fermentasyon süreçlerinin ve silaj kalitesinin iyileştirilmesi hammadde ve silaj katkı maddeleri ile ilişkilidir (Ergin ve Aydemir, 2018).

Silaj yapımında kullanılan bitkinin yapısında bulunan mikroorganizmaların çoğu farklı gruplara ayrılmaktadır. Bu mikroorganizmaların üremesi için fermente edildiği besin madde grupları ve en uygun pH değerleri farklılık gösterebilmektedir. Bu bağlamda silaj fermentasyonunda yer alan mikroorganizmalar; yararlı ve zararlı mikroorganizmalar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Silo yemler içerisinde heterofermantatif laktik asit bakteriler (*Lactobacil* ve *Leuconostoc*) ile homofermantatif laktik asit bakterilerinin (*Lactobacil*, *Enterococ*, *Pediococ* ve *Streptococ*) üremeleri istenmektedir. Ancak bazı mikroorganizma; mayalar, küfler, *Listeria* ve *Enterobacter* gruplarının üremesi ve çoğalması istenilmemektedir. Laktik asit bakterilerinin meydana getirdikleri fermentasyon ürünleri dikkate alındığında suda çözünebilir karbonhidratları laktik asit'e dönüştürebilenlere homofermantatif laktik asit bakterileri (HMLAB), dönüştüremeyenlere ise heterofermantatif laktik asit bakterileri denilmektedir. Silaj kalitesini iyileştirmek için laktik asit bakterileri dışında melas, enzim, ticari inokulantlar ve fermente edilmiş doğal LAB sıvıları da katkı maddesi olarak kullanılabilir (Atılğan, 2023)

Silaj, yem bitkilerinin fermentasyon süreciyle muhafaza edilmesi ve depolanması silaj kalitesini etkilemektedir. Silaj, yem bitkilerinin besin değerini koruyarak hayvanların beslenme ihtiyaçlarını karşılamayı sağlarken, yem kaynaklarının etkin bir şekilde hasat edilmesi ve depolanmasını da sağlamaktadır. Silaj süreci, yem bitkilerinin hasat edilmesinden başlayarak, fermentasyon sürecine kimyasal ve mikrobiyal

etkileşimlerin gerçekleştiği bir süreçtir. Bu süreçte, doğru bakterilerin kullanılması, silajın kalitesini belirleyen önemli faktörlerden biridir. Silaj kalitesi, yem bitkilerinin besin değeri, sindirilebilirlik ve dayanıklılık gibi özelliklerine bağlıdır. Son yıllarda, silaj kalitesini artırmak ve silaj sürecindeki olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla farklı silaj katkı maddeleri üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda, *Lactobacillus plantarum*, silaj fermantasyon sürecinde etkili olan laktik asit bakterilerinden biridir. *Lactobacillus plantarum*, çavdar silajı gibi yem bitkilerinin fermantasyonunda kullanılarak silajın kalitesini iyileştirmek için potansiyel bir katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir (Filya, 2001b).

Silaj kalitesini artırmak ve etkili fermantasyon sağlamak amacıyla silaj üretiminde laktik asit bakterileri (LAB) tercih edilmektedir. Bu bakteriler arasında *Lactobacillus*, *Streptococcus* ve *Pediococcus* türlerine ait laktik asit bakterileri olup, silaj kalitesini artırdığı belirlenmiştir. Laktik asit bakterileri ticari inokulant olarak kullanılmaktadır. Laktik asit bakterileri heterofermentatif ve homofermentatif olarak iki gruba ayrılmaktadır. Homofermentatif bakterilerin laktik asit üretimini hızlandırdığı için heterofermentatif bakteri türlerine göre daha çok tercih edilmektedir. Homofermentatif özellikteki laktik asit bakterileri arasında ilk sırada *Lactobacillus plantarum* yer alır ve bakteriyel inokulantların bir kısmını oluştururlar. Bu tür mikroorganizmalar şekerleri laktik aside fermente ederek silaj fermantasyonunu sağlamaktadır (Filya, 2001b; Uğurlu ve ark., 2022).

Serin iklim tahılları arasında çavdar (*Secale cereal L.*), dünyada ekim alanı kapsamında buğday, arpa ve yulaf bitkisinden sonra dördüncü, ülkemizde ise buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada bulunmaktadır. Türkiye’de çavdar bitkisinin yeşil ot olarak kullanım alanı oldukça kısıtlıdır. Çavdar bitkisinin yem değerini etkileyen en önemli faktör hasat zamanıdır. Kaba yem olarak hasat edilen çavdarın değerini üretilen kuru madde (KM) ve sindirilebilir besin madde miktarı belirlemektedir. Hamur olum döneminde hasat edilmesi KM verimini önemli derece artırmaktadır. Silaj fermantasyonu ve besin madde sindirilebilirliği suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) miktarı ve artan lignin oranı etkilemektedir. Çavdar gibi yem bitkilerinin alternatif olarak tek başına, diğer yem bitkileriyle ve inokulant katkılı veya katkısız silolanabilirlik potansiyelinin değerlendirilmesi, hazırlanabilir silo yemlerinin çeşitliliğinin ve ekonomik olması yönünden önemlidir. Nitelikli bir yem kaynağı için laktik asit bakteri inokulantlı silo yemlere kolay uygulanabilirliği ile mümkün olmaktadır. Silo yemlerin hayvancılıkta kullanımının yaygınlaşması ve işletmelerin ekonomik olarak fayda sağlayabilmesi adına

silaj materyallerinin çeşitliliği de son derece önemlidir. Bu nedenle çeşitli silajlarda farklı katkı maddelerinin kullanımı ile kaliteli ve ekonomik bir besleme faaliyetinin gerçekleştirilmesi adına yapılan çalışmalar güncelliğini korumaktadır (Uğurlu ve ark., 2022).

Homofermentatif laktik asit bakterilerinin silaj yapımında sıklıkla tercih edilmesi ile silaj kalitesini tamamen etkilediği bilinmektedir. Bu bağlamda ticari inokulantlara alternatif olarak geliştirilen laktik asit bakteri sınıflarının silaj katkı maddesi olarak kullanılması araştırma konusu niteliğindedir. Ticari inokulantlara alternatif olarak doğal fermente edilen homofermentatif laktik asit bakterilerini içeren çalışmaların heterofermentatif laktik asit bakteri çalışmalarına göre daha çok olması bu alandaki çalışmaların artırılması gerektiğini göstermektedir. Silaj fermantasyonuna olumlu veya olumsuz etkileri heterofermentatif laktik asit bakterileri içinde değerlendirilmesi gereklidir. Bu bağlamda çalışmada silaj katkı maddesi olarak homofermentatif laktik asit bakterisi olan ve ev yapımı çeşitli turşu türlerinden izole edilen probiyotik özelliğe sahip olan *Lactobacillus plantarum* MF098786 suşunun çavdar silajında fermantasyon, aerobik stabilitesi, CO₂ üretimi ve mikroorganizma gelişimi üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Çalışma sonuçları doğrultusunda çavdar silajı ve kullanılan laktik asit bakterileri ileride yapılması muhtemel silaj çalışmalarına yol göstereceği düşünülmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Silaj katkı maddesi olarak laktik asit bakterilerinin ve diğer katkı maddelerinin kullanımı silo yemlerde kullanımı, farklı alternatif bitkilerin silaj kalitesinin belirlenmesinde etkilidir. Diğer yandan laktik asit bakterilerinin silaj mikroflorası içerisindeki yoğunluğunun, istenmeyen mikroorganizmaların çoğalmasını önlemektedir. Silajlık yemlerde zararlı bakteri topluluklarının, küf ve mayaların oluşumu istenmeyen bir durumdur. Bu tür oluşumların gerçekleşmesinin silaj fermantasyonundaki olumsuz etkilerinin yanı sıra hayvanlarda verim kaybı, hastalıklar ve hatta hayvan ölümleri ile sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle, laktik asit bakterileri ve inokulantları istenmeyen mikrobiyal gelişimi engellenmesi amacıyla da sıklıkla kullanılmaktadır (Filya, 2001b).

Çavdar gibi yem bitkilerinin alternatif olarak tek başına, diğer yem bitkileriyle ve inokulant katkılı veya katkısız silolanabilirlik potansiyelinin değerlendirilmesi, hazırlanabilir silo yemlerinin çeşitliliğinin ve ekonomik olması yönünden önemlidir. Bu bağlamda silo yemlerin hayvancılıkta kullanımının yaygınlaşması ve işletmelerin ekonomik olarak fayda sağlayabilmesi adına silaj materyallerinin çeşitliliği de son derece önemlidir. Bu nedenle çeşitli silajlarda farklı katkı maddelerinin kullanımı ile kaliteli ve ekonomik bir besleme faaliyetinin gerçekleştirilmesi adına yapılan çalışmalar güncelliğini korumaktadır (Keleş ve Yazgan, 2005; Uğurlu, 2019). Bu çalışmada çavdar silajında homofermentatif ve heterofermentatif laktik asit bakterilerinin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmış olup, elde edilecek olan sonuçların söz konusu araştırmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasında homofermentatif laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus plantarum*'un katkı maddesi olarak çavdar ve farklı yem bitkilerinde kullanımına yönelik çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Roberto ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada silaj sindirilebilirliğini iyileştirmek için yeni *lactobacillus* bakteri cinslerinin tanımlanmasını ve karakterizasyonu araştırıp, öneride bulunmuştur. Silajlar çavdar otu- kırmızı yonca silajı, yulaf-fiğ silajı ve mısır silajı şeklinde hazırlanmıştır. Tüm silajlar için ortalama 3 kg silaj materyali 1-3 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Silajlık materyal 50 cm genişliğindeki PVC tüplere doldurulmuştur. Her karışım için üç adet olmak üzere toplam 9 adet mikro silaj yapılmış ve 45 gün boyunca bekletilmiştir. Bu karışımdan sırasıyla *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* ve *Pediococcus acidilactici* türleri tanımlanmıştır. Çalışmada kullanılan yem materyali ile 54 mikro silaj üretilmiş ve 27 mikro silaj bakteri katkılı iken geriye kalanı kontrol olarak değerlendirilmiştir. Çalışma bitiminde *Lactobacillus buchneri*,

Lactobacillus plantarum, *Lactobacillus brevis* ve *Pediococcus acidilactici* bakteri türleri silaj fermantasyonu etkilediği, hayvanların beslenme kalitesini artırmak için katkı maddesi olarak laktik asit bakterisinin alternatif olarak kullanılması ile yem kıtlığının azalmasına yardımcı olabileceğini ifade etmiştir.

Lee ve ark. (2016) yeni bir inokulant seçmek ve hamur olum aşamasında hasat edilen çavdar silajı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmalarının ilk aşamasında ticari besi çiftliklerinden 24 adet çavdar silajı toplamışlardır. Bu silajlardan *Lactobacillus* spp. türüne ait, antagonizma tarama yöntemiyle mikotoksijenik mantarlarına benzer antimikrobiyal aktivitelere sahip olan 180 baskın mikroorganizma seçmişlerdir. İzolatlar selüloz, ksilanaz, esteraz ve kitinaz enzimleri kullanılarak enzim aktivitesi test yoluyla fibrinoliz açısından değerlendirmişlerdir. Tüm izolatların sadece sekiz tanesi antimikrobiyal aktivite göstermiş olup, asitlenmenin yüksek olduğu izolatlar sırasıyla R4-26 ve R7-24, tüm enzimlerin için etkili olan izolat ise R48-27 olduğunu bildirilmişlerdir. Çalışmada seçilen izolatlar R48-27 (LP1) ve R4-26 (LP2), fermantasyon kalitesini iyileştirmek amacıyla çavdar silajında katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Silajlık çavdar Gyeongsang Ulusal Üniversitesi araştırma çiftliğinde yetiştirilmiş olup, hamur aşamasında hasat edilmiştir. Kontrol, LP1 (*Lactobacillus plantarum*) 4.0×10^4 cfu/g, LP2 (*Lactobacillus plantarum*) 4.0×10^4 cfu/g, 1:1 oranında LP1+LP2 ve LB (*Lactobacillus buchneri*) 4.0×10^4 cfu/g, olmak üzere 4 tekerrürlü 5 grup oluşturmuşlardır. İnokulant katkılı çavdar yem bitkisi 100 gün boyunca 10 L kapasiteli kovalarda silolanmıştır. Silolama süresinin ardından açılan silajlara kimyasal ve mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır. LB kullanılan silaj en yüksek laktat üretirken, LP2 silajında diğerlerine göre en yüksek asetat ve propiyonat üretildiği bildirilmiştir. LB silajında ise en yüksek laktat-asetat oranına sahip olduğu ifade edilmiştir. Çalışma bitiminde elde edilen bulgulara göre mikotoksin mantarlarına karşı güçlü bir etkiye sahip olan seçilmiş inokulant LP2'nin silaj kalitesini iyileştirdiği ve silaj güvenliğinin artırılmasına yardımcı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Kim ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada laktik asit bakterilerinin çavdar silajında fermantasyon ve aerobik stabilite üzerine etkisini araştırmışlardır. Çavdar bitkisi hamur olum aşamasında hasat edilip, 3-5 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Silajlık materyal 1. Kontrol, 2. *Lactobacillus plantarum* (LP) 1.5×10^5 koloni form ünite/g, 3. *L. buchneri* (LB) 1.2×10^5 koloni form ünite/g ve 4 x 1:1 oranında LP+LB karışımları ile 4'er gruplar halinde 20 L kapasiteli bidonlarda silolanmıştır. Silajlar 100 günlük silolanmanın ardından açılarak mikrobiyolojik ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. LB ile muamele edilen silajlarda ADF düşük ($p < 0.05$), *in vitro* sindirilebilirliğin yüksek, LB ve LP+LB muamelesinin pH'sını

kontrol ve LP muamelesine göre düşük, LP muamelesinin en düşük asetik asit miktarına sahipken, en yüksek propiyonik asit miktarına sahip olduğuna ulaşmışlardır. Çavdar bitkisinin laktik asit bakterilerinin kullanımı ile silajların fermantasyon özellikleri ve aerobik stabiliteyi iyileştirdiğini belirlenmişlerdir.

Blagojević (2018), araştırmasında farklı zamanlarda hasat edilen yulaf, fiğ ve yem bezelyesi bitkilerine ve bitki karışımlarına *L.brevis*, *L.plantarum* ve *E.faecium* bakterilerini kullanarak silaj hazırlamıştır. Silajlarda hasat zamanları farklı olan bitkilerde katkı maddelerinin ve tohum miktarlarının silaj kalitesine etkisini belirlenmesi amaçlanmıştır. Bitki karışım silajında değerlendirilen baklagil yem bitkisi çiçeklenme, süt olum ve dane olum aşamasında hasat edilerek silajlarda değerlendirilmiştir. Yulaf (*Avena Sativa*) ve yem bezelyesi (*Pisum sativum L.*) karışımları %100 yem bezelyesi; %100 yulaf; yem bezelyesi: yulaf 1:1,5; yem bezelyesi: yulaf 1:1; yem bezelyesi: yulaf 1:0.5 oranlarında beş farklı karışım hazırlanmıştır. Benzer şekilde yulaf (*A.sativa*) ve fiğ (*Vicia sativa L.*) bitkilerinin karışımları %100 fiğ; %100 yulaf; fiğ: yulaf 1:1.5; fiğ:yulaf 1:1; fiğ:yulaf 1:0.5 oranlarında beş farklı karışım hazırlanmıştır. Katkı maddeleri 5×10^{10} kob/g miktarlarında 0.005 g/kg^{-1} oranında silajlara püskürtülerek uygulanıp, silaj karışımları 65L hacimli plastik kaplara üç tekerrürlü olacak şekilde hazırlanmış ve 90 gün boyunca fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonrasında açılan silajlar katkı maddesi kullanımının silaj fermantasyon kalitesini olumlu etkilediği ve bütirik asit içeriğini azalttığı belirlenmiştir. Ek olarak in vitro kuru maddesi sindirilebilirliğinde düşüş ve lignin miktarında net bir artış olduğu gözlemlendiğini bildirmiştir.

Lee ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada hamur aşamasında hasat edilen çavdar bitkisi silajlarında seçilen inokulantların kimyasal bileşimleri ve fermantasyon özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada kullanılan çavdar bitkisi Gyeongsang Ulusal Üniversitesinde yetiştirilmiş olup, hamur aşamasında hasat edilmiştir. Silajlık çavdar bitkisi 3-6 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Silajlık materyal 10 L kapasiteli kovalarda 4 tekerrürlü; 1) Kontrol, 2) *Lactobacillus plantarum* R48-27 (LP27) 4.0×10^4 cfu/g, 3) *Lactobacillus buchneri* R4-26 (LB26) 4.0×10^4 cfu/g, 4) LP27 + LB26 1:1 karışım ve 5) *L. bunchneri* KACC 12416 (LB) 4.0×10^4 cfu/g oranında ilave edilerek 5 farklı grup olarak silolanmıştır. Silajlar 100. günde açılarak mikrobiyolojik ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre en düşük NDF ve ADF içeriği LB26'da tespit edilmiştir. LP27 ve LB26 kullanılan silajlarda yüksek organik asit üretiminden dolayı kullanılmasının çavdar silajının fermantasyon özelliklerini iyileştirildiğini bildirmişlerdir.

Özdemir (2019), yaptığı çalışmada mısır silajında laktik asit bakteri + enzim karışımı inokulant kullanılmasının silaj kompozisyonuna ve rumende besin maddelerinin parçalanabilirliğine etkisini araştırmıştır. Çalışmada hayvan materyali olarak Karakaya koçunun rumenine kanül takılarak kullanmıştır. Bitki materyali olarak mısır çeşitlerinden Sakarya, Ada 351 ve Aga kullanılmış ve gelişme dönemi yani süt olum döneminde hasat edilmiştir. Mısır yem bitkisi 2 cm uzunluğunda parçalanmış ve inokulant olarak içerisinde *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus faecium* laktik asit bakterileri ile selüloz, hemiselüloz, amilaz ve pentosanaz enzimlerinden oluşan Sil All 4x4 (Alltech, UK) LAB+ E karışımını kullanmıştır. Karışım silaj gruplarına 10^6 cfu/g oranında püskürtülerek uygulanmıştır. Silajlık bitki materyali 2 kg kapasiteli kavanozlara doldurularak 50 gün fermantasyona bırakılmıştır. Rumende besin maddelerinin parçalanabilirliğini belirlemek için naylon torba tekniğini kullanmıştır. Çalışma, gelişme evresinin tamamlayan 3 ergin rumende iç çapı 3.5 cm olan kanüllü Karakaya koçu ile tesadüfi bloklar deneme prensibine göre yürütülmüştür. Silajlar açıldıktan sonra 5 g örnek torbalara doldurularak rumende 8, 16, 24, 48, 72 ve 96 saat süren 3 tekerrürlü inkübasyona bırakılmıştır. Mısır çeşitlerine enzim katkılı inokulant ilavesi KM, NDF ve HP miktarlarını değiştirmemiştir. Ek olarak LAB+E kullanımının kuru madde ve ham protein sindirilebilirliği üzerine farklı rumenden geçiş hızlarında önemli derece bir etki gözlememiştir. Mısır silajlarında laktik asit bakterileri ile enzim kullanımının silajların enerji değerini ve pH'sını düşürdüğü, silajların rumen içerisinde kuru madde parçalanabilirliğini etkilemediği tespit edilmiştir.

Uğurlu (2019), yaptığı çalışmada laktik asit bakterileri ile enzimlerin katkı maddesi olarak kullanımının çavdar silajına etkisini araştırmıştır. Çalışmada bakterilerin fermantasyon, aerobik stabilite ve yem değerleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Silajlık çavdar bitkisi süt olum aşamasında hasat edilmiş, silaj makinesiyle yaklaşık 2.0 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Katkı maddesi olarak Biosil *Lactobacillus plantarum* DSM 8862 ve *Lactobacillus plantarum* DSM 8866 bakterilerini, laktik asit bakterileri + enzim karışımı olarak Sil-All (Alltech, UK) *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Propionibacteria acidipropionici* bakterileri ile amilaz, selüloz, ksilenaz, β -glukanaz enzimi ve Sil Aprilis Pro (Timac Agro, USA) *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Propionibacteria acidipropionici* bakterileri ile ksilenaz ve β -glukanaz enzimini kullanmıştır. Çalışmada inokulantlar silajlara her grup için kontrol, LAB I, LAB+E II ve LAB III olmak üzere $6.00 \log^{10}$ koloni form ünite/g seviyelerinde ilave edilip, 1 litre hacimli özel vakum torbalarında toplam 48 torba

silolanmış ve torbalar laboratuvar şartlarında 20 ± 2 °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Silajlar 2, 4, 8 ve 75. günlerde açılarak kimyasal ve mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır. Silajların *in vitro* organik madde sindirilebilirliği belirlenmiştir. Silolanma süresinin sonunda bütün silajlara 5 gün boyunca aerobik stabilite testi yapılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlara göre, çavdar silajında kullanılan LAB ve LAB +E katkı maddelerinin silajlarda laktik asit üretimini artırdığı ve buna bağlı olarak silaj pH derecelerinin azalması sonucunda zararlı mikroorganizmaların çoğalmasının engellendiği belirtilmiştir. LAB+E inokulantlarının silajlarda NDF, ADF ve selüloz kapsamını azalttığı ifade edilirken *in vitro* organik madde sindirilebilirliğini artmasını sağladığı bildirilmiştir.

Jia ve ark. (2021), yaptıkları araştırmada izole laktik asit bakterilerinin kuru madde oranı düşük tam tahıllı yulaf silajlarında kullanılmasının *in vitro* sindirilebilirlik, aerobik stabilite ve silolanabilirlik üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Yulaf bitkisi çiçeklenme ve dane olum dönemi olmak üzere iki farklı zamanda hasat edilmiştir. Silaj materyaline *Lactobacillus buchneri* (LB), *Lactobacillus rhamnosus* (LR) ve *Lactobacillus plantarum* (LP) bakterileri 1×10^6 kob/g oranında ilave edilerek 45 gün silolanmaya bırakılmıştır. Araştırma bitiminde elde edilen bulgulara göre laktik asit bakteri kullanımının farklı dönemlerde hasat edilerek hazırlanan yulaf silajlarında laktik asit yoğunluğunu artırdığı; amonyak azot miktarını azalttığı belirtilmiştir. LP ve LR kullanılan silajlarda pH değerinin; kontrol ve LB ilaveli silajlara göre daha düşük bulunduğu ve Fleig puanının ise daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ek olarak *L.buchneri* katkısının silajların asetik asit içeriğinin diğer katkılı silajlara göre daha yüksek bulunduğunu saptamışlardır. Dane olum zamanında hasat edilen yulafardan hazırlanan silajlarda *in vitro* kuru madde sindirilebilirliğinin, *L. buchneri* ve *L. rhamnosus* ilaveli silajlarda diğer gruplara göre daha yüksek olduğu belirtmişlerdir. *L. plantarum* ve *L. rhamnosus* ilavesinin tam tahıllı yulaf silajlarında fermantasyon özelliklerini olumlu etkilediğini fakat aerobik stabiliteyi düşürdüğünü ifade etmişlerdir.

Okuyucu ve ark. (2021), yaptığı çalışmada olgunluk zamanları farklı olan yonca silajlarına laktik asit bakterileri ve enzim karışımları ilavesinin fermantasyon ve yem değerine etkisini araştırmışlar. Silaj materyali olan yonca bitkisi çiçeklenme başında, ortasında ve sonunda olmak üzere üç farklı dönemde hasat yapılmıştır. Laktik asit ve enzim karışımında inokulant olarak Sil-All (Alltech,UK) tercih edilmiştir. Laktik asit + enzim (LAB+E) yonca bitkisine 1×10^5 , 5×10^5 ve 1×10^6 kob/g miktarında uygulanmıştır. Kontrol ve inokulantlı hazırlanan silajlık yonca 1L hacimli polietilen yapıda torbalarda hazırlanan silajlar laboratuvar şartlarında 20 ± 2 °C sıcaklıkta fermantasyona bırakılmıştır. Silajlar 45 gün sonra açıp, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır. Enzim

inokulantlı silajlarda pH ve NH₃-N içeriklerinin düşürdüğünü, laktik asit bakteri sayılarının arttığını saptamıştır. Yüksek miktarda enzim inokulantlarının eklenmesi NDF ve ADF değerlerini azalttığını ve in vitro OMS ve ME değerlerini arttırdığını belirlemiştir. Yonca silajlarına LAB+E inokulantlarının uygulanmasının yem değerlerini ve fermantasyon özelliklerini düzelttiğini bununla birlikte yeni dozların silajlarda uygulanabileceğini ifade etmişlerdir.

Atılgan (2023), yaptığı çalışmada pamuk tarımı yapılan alanlarda ikinci ürün olarak yetiştirilen fiğ (*Vicia sativa L.*) ve arpa (*Hordeum vulgare L.*) karışımlarına farklı silaj katkı maddeleri ekleyerek silaj kalitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Silaj materyali olarak kullanılan fiğ çiçeklenme zamanında arpa ise süt olum döneminde hasat edilmiştir. Bu çalışmada fiğ + arpa karışımları, melas, doğal yollardan fermente edilmiş laktik asit bakteri sıvısı (FDLAB), homofermentatif laktik asit bakterisi (HMLAB), heterofermentatif laktik asit bakterisi (HTLAB) ve fruktoz şurubu kullanılarak silajlar hazırlanmıştır. Homefermentatif laktik asit bakterisi (FDLAB) sıvısı Masuko ve ark. (2002) tarafından belirtilen yöntemle göre bakteri miktarının artırılması için kullanılan saf su miktarı azaltılarak hazırlanmıştır. Silajlık fiğ+arpa karışımları kontrol, %2 melas, FDLAB sıvısı, HMLAB inokulantı, HTLAB inokulantı ve %0.2 fruktoz eklenerek 5 tekerrürlü 6 grup olmak üzere toplam 120 adet 3L'lik plastik bidonlara silolanmıştır. Silajlık yem bitkileri 5-7 cm boyutlarında parçalanmış ve 4 inkübasyon süresine (6, 12, 24 ve 48 gün) tabi tutulmuştur. Kontrol grubuna muamele grupları ile kuru madde homojenizasyonunun sağlanması için saf su eklenmiş, melaslı gruba ise silajlık materyale oranla %2 oranında melas ilave edilmiştir. HMLAB olarak *L.plantarum* (1.25×10^{11} cfu/g) ve *Enterococcus faecium* suşu bulunduran Pioneer 1188 ve HTLAB olarak *L.buchenri* (1.0×10^{11} cfu/g) suşunu içeren Pioneer 11A44 ticari inokulantlar kullanılarak FDLAB sıvısı 10^6 kob/g ile taze silajlara ilave edilmiştir. Fruktoz şurubu ise silajlara %0.2 oranında eklenmiştir. Silajlar açıldıktan sonra katkılı grupların bazılarında HMLAB katkısının pH değerini düşürdüğü, FDLAB, melas ve HMLAB ilavesinin silaj amonyak azot değerlerinin düştüğü, en yüksek laktik asit değerinin melas ilaveli grupta, en düşük asetik asit değeri ise melas grupları, FDLAB, HMLAB ve fruktoz şurubu ilavesinde belirlenmiştir. Karışım silajlarında probiyonik asit ve bütirik asite ulaşılmamıştır. Tüm gruplar incelendiğinde; melas, HMLAB, HTLAB ve fruktoz şurubu kullanılarak kaliteli silaj elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda silajlık materyalin iyice sıkıştırılması ve katkı maddelerinin uygulanmasında silajların kullanım süresinin artabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Khalaf (2023), yapmış olduğu çalışmada macar fiğ ve avdar karışım silajlarında, fermente edilmiş *Lactobacillus plantarum* (LP) bakterisinin fermantasyon, aerobik stabilite, mikroorganizma gelişimi araştırmıştır. Araştırmada ev yapımı çeşitli turşulardan izole edilen probiyotik özelliğe sahip *Lactobacillus plantarum* MF098786 suşunu kullanmıştır. Deneme grupları 5'er tekkerürlü olmak üzere macar fiğ kontrol (MF), avdar kontrol (), macar fiğ + avdar + LP (MFÇLAB), Macar fiğ + LP (MFLAB), avdar + LP (LAB) şekilde oluşturmuştur. Çalışmada kullanılan bitkiler dane olum döneminde hasat edilmiş ve 3-5 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Hazırlanan silajlık materyallere LP bakterisi enjektör yardımıyla paket başına 1 ml olmak üzere 1×10^9 oranında eklenmiştir. Silo yemler 2 kg'lık plastik torbalara doldurulup vakumlanarak 90 gün boyunca laboratuvar ortamında fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyondan sonra açılan silajlara fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır. Tüm gruplar incelendiğinde laktik asit bakteri ilavesinin MFÇLAB grubunda besin madde içerikleri artmış, tüm gruplarda kontrole göre sıcaklık derecesi azalmıştır. Aerobik stabilite testi sonrasında LP bakteri ilavesinin maya içeriğini önemli oranda azalttığı görülmüştür. Çalışmada elde edilen bulgulara göre söz konusu bakterinin farklı dozlarıyla, bitkilerde veya bitki karışımlarında etkilerinin araştırılması için daha fazla çalışma yapılması öngörülmüştür.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Silaj materyali

Çalışma materyali olan silajlık çavdar bitkisi Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü araştırma arazisinden temin edilmiştir (Enlem: 39.1286°K, Boylam: 34.1078°D). Silaj materyallerinin hazırlanması, silaj yapımı ve analizler Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Hayvansal Biyoteknolojisi Laboratuvarıyla, Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. Silajın hazırlanması

Bitkiler dane olum döneminde hasat edilmiş olup, hasat sonrası 3.0-5.0 cm uzunluğunda parçalama işlemine tabi tutulmuştur. Parçalama işlemi tamamlandıktan sonra 2 kg'lık plastik torbalara 1000 g bitki materyali konularak içerisine 1×10^9 kob/g konsantrasyonundaki *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakterisi püskürtülmüştür. Ekim işleminin ardından vakum cihazı (Packtech PT-VKM-CPRO) yardımıyla paketlerin içerisinde bulunan hava vakumlanarak alınmıştır. Çalışmada 4 grup oluşturulmuş, her grupta 5 tekerrür olacak şekilde toplamda 20 adet silaj hazırlanmış ve laboratuvar koşullarında 20-25 °C karanlık bir ortamda 90 gün boyunca fermantasyona bırakılmıştır.

3.1.3. Silajlarda kullanılan katkı maddeleri ve kullanım şekilleri

Silajlarda katkı maddesi olarak homofermantatif laktik asit bakterisi olan ev yapımı çeşitli turşu türlerinden izole edilen probiyotik özelliğe sahip *Lactobacillus plantarum* MF098786 suşu kullanılmıştır. Katkı maddesinin silajlara uygulanma şekli ve gruplar aşağıdaki gibidir.

- Çavdar (Kontrol),
- 1000 g doğranmış çavdar tartılarak 2 kg'lık plastik torbalara alınmıştır. Plastik torbalara alınan materyal üzerine 1 ml *L. plantarum* MF098786 suşu 10^6 , 10^8 ve 10^9 dozlarında homojen şekilde püskürtülmüştür.

3.2. Metot

Tezde çavdar silajlarının içerisine *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakterisi enjektör yardımıyla püskürtülmüş ve 2 kg'lık plastik torbalarda vakumlanarak muhafaza edilmiştir. *L. plantarum* laktik asit bakterisi, paket başına 1 ml olacak şekilde hazırlanan

silajlara 1×10^6 , 1×10^8 ve 1×10^9 oranında ilave edilmiştir. Deneme grupları 5'er tekerrürlü olarak; kontrol (ÇK), çavdar + *L. plantarum* (ÇLP6), çavdar + *L. plantarum* (ÇLP8), ve çavdar + *L. plantarum* (ÇLP9) şeklinde hazırlanmıştır. Silajlar hazırlandıktan sonra 90 gün boyunca fermantasyona bırakılmıştır. Belirlenen süre tamamlandıktan sonra, silajlardan altı grup üçer paralel olacak şekilde, örnekler alınarak fiziksel (sıcaklık, renk, pH), kimyasal (havada kuru madde, kuru madde, ham kül, ham yağ, ham protein, ham selüloz, ADF, NDF, suda çözünebilir karbonhidrat), mikrobiyolojik (laktik asit bakterisi, maya ve küf sayımı) ve istatistik analizleri yapılmıştır.

Silajların havada kuru madde (%HKM), kuru madde (%KM), ham protein (%HP), ham kül (%HK) analizleri AOAC (1998) standart prosedürüne göre, ham yağ içeriği (EE) ANKOM XT15 Ekstraksiyon Sistemi kullanılarak AOCS (2005)'e göre, ham selüloz (%HS), %ADF ve %NDF analizleri Van Soest ve ark., (1991)'e göre ANKOM 200 Fiber Analyzer cihazı kullanılarak yapılmış olup; pH değerleri Chen ve ark. (1994); toplam çözülebilir madde (TÇM) içerikleri Singh ve ark. (2020)'de açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada silajların içerdiği laktik asit bakterisi, maya ve küf sayımı Seale ve ark., (1990) tarafından bildirilen yöntemler ile belirlenmiştir.

3.2.1. Kimyasal Analizler

3.2.1.1. Kuru madde

Silaj paketlerinden alınan örnekler darası alınmış alüminyum kaplarda etüve yerleştirilmiş 105 °C derecede 3,5 saat bekletilerek kurutulmuştur. Kurutma süresinin sonunda etüvden alınan örnekler desikatör içerisine koyulmuş ve oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Daha sonra yem örneklerinin son tartımı yapıp, dara+ kuru örnek ağırlığı hesaplanmıştır (AOAC, 1998).

Hesaplama:

$$\% \text{ Kuru Madde} = [(C-A) * 100] / (B-A)$$

A= Alüminyum kap darası

B= Alüminyum kap + örnek ağırlığı

C= Kurutma İşlemi Sonunda Alüminyum Kap +Yem Örneği Ağırlığı

3.2.1.2. Ham kül

Analiz için kurutulan ve öğütülen örneklerden 5 g, daha önce kül fırınından çıkartılıp desikatör içerisinde soğutulan porselen krozelerin darası alınarak içerisine eklenmiştir. Örnek rengi açık gri ile beyazlaşma arasında değişkenlik gösteren renk tonu

elde edilinceye kadar 550 °C derecede 4,5-5 saat yakılmıştır. Bu süreçte örneklerde kömürleşme olmamasına dikkat edilmiştir. Kül fırını sıcaklığı 100 °C civarına kadar düştükten sonra, örnekler desikatöre yerleştirilmiş ve yem örneklerinin son tartımı yapılarak kuru örnek ağırlığı hesaplanmıştır (AOAC, 1998).

Hesaplama:

$$\% \text{ Ham Kül} = (C - A / B - A) * 100$$

A: Porselen Kroze Darası

B: Porselen Kroze Darası + Örnek Ağırlığı

C: Yakma İşlemi Sonrası Porselen Kroze Darası + Kül Ağırlığı

3.2.1.3. Ham yağ

Öğütülmüş örnekten 0.5 g alınarak TX4 Ankom yağ torbaları içerisine konularak ağzı sealer cihazı ile kapatıldıktan sonra Ankom Yağ Analiz Cihazı içerisine yerleştirilen örnek torbalarının hekzan vasıtasıyla içerisindeki yağın uzaklaştırılması prensibi ile ilk tartım ve son tartım arasındaki fark % ham yağ olarak belirlenmiştir (AOAC, 1998).

Hesaplama:

$$\% \text{ Ham Yağ} = 100 * (W2 - W3) / W1$$

W1: Örnek Ağırlığı

W2: Ekstraksiyondan işleminden önce kurutma sonrası örnek ve torba ağırlığı

W3: Ekstraksiyondan işleminden sonra kurutma sonrası örnek ve torba ağırlığı

3.2.1.4. Ham protein

Silaj örneği, boyutu 1 mm olan elekte öğütme işlemine tabi tutulmuştur. Öğütme işlemi tamamlanan silaj materyalinden yaklaşık olarak 1 g alınarak Kjeldahl tüpüne konulmuştur. Etkileşimi hızlandırmak amacıyla Kjeldahl tüpünün içerisine 2 tane katalizör tableti eklenmiştir. Derişik durumdaki H₂SO₄ (Sülfürik asit) disperser kullanılarak 12,5 ml ilave edilmiştir. Bu aşamada tüpün iç kısmına yapışmış materyalin asit yardımıyla dip kısmına yıkanmasını sağlamak amacıyla, tüp hafif eğimli tutularak yavaşça döndürülmüştür. Deneme amacıyla tüpün birine yem materyali eklemeyen analizde kullanılan kimyasallar konularak kör çalışma yapılmıştır. Herhangi bir köpürme ve taşma durumunu engellemek amacıyla Kjeldahl tüpler 15-20 dakika boyunca 200 °C'de ön yakma işlemine bırakılmıştır. Sonrasında 45-60 dakika 380 °C'de yağ yakma işlemi yapılmıştır (Velp Dk8 Yakma Ünitesi).

Yakma işlemi sona erdiğinde kjedahl tüpler dışarı alınarak soğumaya bırakılmıştır. 300 ml hazneli ve geniş ağızlı erlene 50 ml %2'lik borik asit, 3-4 damla indikatör konularak damıtma aygıtında bulunan soğutucu bölümüne yerleştirilmiştir (Velp UDK 149 Kjeldahl Azot Protein Tayin Cihazı). Distilasyon ünitesine takılan kjedahl tüpü içerisine ilk olarak 50 ml saf su sonrasında 75 ml %40'lık NaOH çözeltisi eklenerek, distilasyon işlemi başlatılmıştır. Bu aşamada açığa çıkan amonyak, borik asit ile birleşip amonyum borat kompleksini oluşturmuştur. Bunun sonucunda bordo renk yeşil renge dönüşmüştür. Erlenlerin içerisinde 150-200 ml kadar distilat birikmesi sağlanıncaya kadar işlem devam ettirilmiştir.

Distilasyon işlemi tamamlandığında distilasyon ünitesinde bulunan erlenler alınıp, 0.1 N HCl kullanılarak yeşil renk açık pembe rengine dönüşüncüye kadar titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Titrasyon işleminde kullanılan HCl miktarı not edilerek aşağıdaki formül kullanılarak %HP içeriği hesaplanmıştır (AOAC, 1998).

Hesaplama:

$$\% \text{ HP} = [K * V * N * f_{\text{HCl}}] * [100 / M * 1000 * fp]$$

K: 14.007 (Azotun atom ağırlığı)

V: Kullanılan HCl (ml)

N: HCl'nin normalitesi (0,1)

fHCl: 0.1 N HCl'nin faktörü

fp: Proteine çevirme faktörü (6.25)

M: Tartılan örnek miktarı

3.2.1.5. ADF, NDF, Ham Selüloz

Kuru madde analizi yapılan örneklerden 0.5 g alınarak F57 Ankom lif torbaları içerisine konularak ağız sealer cihazı ile kapatıldıktan sonra Ankom Ham Selüloz Analiz Cihazı içerisine yerleştirilen örnek torbalarının ilgili çözeltileri vasıtasıyla yıkanması prensibi ile ilk tartım ve son tartım arasındaki fark ile ham selüloz %ADF ve %NDF değerleri Van Soest ve ark., (1991)'in bildirdiğine göre belirlenmiştir.

ADF analizinde kullanılmak üzere F57 Ankom lif torbaları asitlere karşı dayanıklı kalem aracılığıyla numaralandırılmış ve torbaların her birine ortalama 0,5 g örnek ilave edilmiştir. Örnek ilaveli torbalar ve kör örnek için tartılan boş torbanın ağızları sealer cihazı ile kapatılmış ve ANKOM Fiber Analyzer A2001 cihazında katlı torba raflarına yerleştirilmiştir. Örneklerin yerleştirilmesinin ardından sülfirik asitte FAD20C kimyasalının çözdürülmesiyle hazırlanan çözelti cihaz içerisine dökülmüş ve cihaz 60

dakika boyunca çalıştırılmıştır. 60 dakika sonunda çözelti tahliyesi yapılmıştır. Tahliye işleminin ardından cihaz içerisine katlı raf torbaları geçecek seviyede 80-90 °C sıcaklığında su eklenmiş ve cihaz yalnızca agitate komutu ile 5 dakika çalıştırılmıştır. Bu işlem iki kez tekrar edildikten sonra torbaların rahatça alınabilmesi için aynı seviyede normal çeşme suyu ilave edilmiştir. Torbalar dikkatlice alınarak hafifçe sıkılmıştır. 250 ml'lik behere yerleştirilen torbaların üzeri kaplanacak şekilde aseton ilave edilmiş ve 3 dakika bekletilmiştir. Laboratuvar ortamında bir süre bekletilen torbalar 105 °C'de etüvde 2-4 saat süresince kurutulmuştur. Bu süre sonunda desikatör içerisine alınan örnekler oda sıcaklığına ulaştıktan sonra tartılmış ve elde edilen veriler kaydedilmiştir (Van Soest ve ark., 1991).

Hesaplama:

$$\text{ADF (\%, Kuru madde bazında)} = [W3 - (W1 \times C1) \times 100] / W2 \times \text{KM}$$

W1= F57 Ankom lif torba darası, g

W2= Örnek ağırlığı

W3= "Örnek + torba" nın kurutma işlemi sonrası ağırlığı, g

C1= Kör ağırlığı (boş torbanın kurutma işlemi sonrası ağırlığı), g

NDF analizinde örnekler, ADF analizinde olduğu gibi cihaza yerleştirilmek üzere hazırlanmıştır. Örnekler cihaza yerleştirildikten sonra saf suda FND20C çözdürülerek üzerine gerekli miktarlarda trietilen glikol, sodyum sülfid ve alfa amilaz eklenmesiyle elde edilen çözelti cihaza dökülmüştür. Örnekler ve çözelti cihaza yerleştirildikten sonra cihaz 75 dakika boyunca çalıştırılmıştır. 75 dakika sonunda çözelti tahliyesi yapılmıştır. Tahliye işleminin ardından cihaz içerisine katlı raf torbaları geçecek seviyede 80-90 °C sıcaklığında su eklenmiş ve cihaz yalnızca agitate komutu ile 5 dakika çalıştırılmıştır. Bu işlem iki kez tekrar edildikten sonra torbaların rahatça alınabilmesi için aynı seviyede normal çeşme suyu ilave edilmiştir. Torbalar dikkatlice alınarak hafifçe sıkılmıştır. 250 ml'lik behere yerleştirilen torbaların üzeri kaplanacak şekilde aseton ilave edilmiş ve 3 dakika bekletilmiştir. Laboratuvar ortamında bir süre bekletilen torbalar 105 °C'de etüvde 2-4 saat süresince kurutulmuştur. Bu süre sonunda desikatör içerisine alınan örnekler oda sıcaklığına ulaştıktan sonra tartılmış ve elde edilen veriler kaydedilmiştir (Van Soest ve ark., 1991).

Hesaplama:

$$\text{NDF (\%, Kuru madde bazında)} = [W3 - (W1 \times C1) \times 100] / W2 \times \text{KM}$$

W1= F57 Ankom lif torba darası, g

W2= Örnek ağırlığı

W3= “Örnek + torba” nın kurutma işlemi sonrası ağırlığı, g

C1= Kör ağırlığı (boş torbanın kurutma işlemi sonrası ağırlığı), g

Ham selüloz analizinde, F57 Ankom lif torbaları asitlere karşı dayanıklı kalem aracılığıyla numaralandırılmış ve torbaların darası alındıktan sonra her birine ortalama 0,5 g örnek ilave edilmiştir. Örnek ilaveli torbalar ve kör örnek için tartılan boş torbanın ağızları sealer cihazı ile kapatılmıştır. Örnekler katlı torba laflarına yerleştirilerek cihaz içerisine koyulmuş ve cihaza 0.255±0.005 Normallik Sülfirik asit (H₂SO₄) çözeltisi ilave edildikten sonra cihazın kapağı sıkıca kapatılmıştır. Cihaz 40 dakika süresince çalıştırılmış ve bu süre sonunda içerisindeki çözelti tahliye edilmiştir. Tahliye işleminin ardından cihaz içerisine katlı raf torbaları geçecek seviyede 80-90 °C sıcaklığında su eklenmiş ve cihaz yalnızca agitate komutu ile 5 dakika çalıştırılmıştır. Asit çözeltisi için yapılan işlemler ayrıca 0.313±0.005 Normallik Sodyum hidroksit (NaOH) alkali çözeltisi için de tekrarlanmıştır. Torbalar dikkatlice alınarak hafifçe sıkılmıştır. 250 ml'lik behere yerleştirilen torbaların üzeri kaplanacak şekilde aseton ilave edilmiş ve 3 dakika bekletilmiştir. Laboratuvar ortamında bir süre bekletilen torbalar daha tartılarak daha önceden kurutulmuş ve tartılmış krozelere yerleştirilmiştir. Krozeler 105 °C'de etüvde 2-4 saat süresince kurutulmuştur. Bu süre sonunda krozeler desikatör içerisine alınmış ve örnekler oda sıcaklığına ulaştıktan sonra tartılmış ve elde edilen veriler kaydedilmiştir (A1: torba + lif + kroze). Daha sonra krozeler içerisinde torbalar ile 600 ± 15 °C'de kül fırınında 2 saat boyunca yakma işlemi uygulandıktan sonra desikatöre alınmıştır. Örnekler oda sıcaklığına gelene kadar soğuduktan sonra tartılmış ve elde edilen veriler kaydedilmiştir. Boş torbaya ait organik madde değeri ayrıca hesaplanmış ve W3 olarak kaydedilmiştir (Van Soest ve ark., 1991).

Hesaplama:

Ham selüloz (%) = 100 x [W3 – (W1 x C1)] / W2

W1= F57 Ankom lif torba darası, g

W2= Örnek ağırlığı

W3= Organik madde ağırlığı, g

C1= Boş torba faktörü düzeltilmiş Kül

3.2.1.6. Toplam çözünebilir maddeler

Oda sıcaklığında 0.2 Brix hassasiyete sahip dijital sakaroz refraktometresi (HI 96801, Hanna Instruments Deutschland GmbH, Vöhringen, Almanya) ile bir sarımsak ezeceği yardımıyla cihazın cam yüzeyine birkaç damla silaj suyu damlatılarak

belirlenmiştir. Ölçümler % Bx olarak kaydedilmiştir (Singh ve ark., 2020; Filik ve Filik, 2021).

3.2.1.7. Aerobik stabilite

Fermentasyon süresi sonunda açılan silajlar 5 gün boyunca aerobik stabilite testine tabi tutulmuştur (Ashbell ve ark., 1991). Test sonucunda örneklerle ait pH, üretilen CO₂ miktarı, maya ve küf miktarları kaydedilmiştir. Aerobik stabilite testi için 1.5 L hacimli polietilen şişelere 250 g silaj materyali eklenmiş, şişenin kapak ve dip kısmına O₂ sirkülasyonu için 1 cm çapında delikler açılmıştır. Şişeler kapak kısmı aşağıya bakacak şekilde, 100 ml %25'lik potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi ilave edilen cam beherlere dik olarak yerleştirilmiştir. Düzenek 5 gün boyunca laboratuvar ortamında muhafaza edilmiştir. 5 günlük test sonucunda aerobik etkinlik neticesinde açığa çıkan CO₂ gazının beherde bulunan KOH çözeltisine tutunma prensibine dayanarak, 10 ml KOH çözeltisi alınmış ve dijital büret yardımıyla 1 N HCl çözeltisi ile titrasyon yapılmıştır. Titrasyonda pH'nın ilk olarak 8.1'e daha sonra 3.6'ya düşmesi sağlanmış ve bu iki değer arasında harcanan HCl miktarı kaydedilmiştir. Elde edilen verilerle silajların CO₂ üretim miktarları hesaplanmıştır.

Hesaplama:

$$CO_2 = 0.044 * T * V / [A * TM * KM]$$

T= titrasyon işleminde harcanan 1 N HCl asit miktarı (ml)

V= %25 KOH çözeltisinin toplam hacmi (ml)

A= behere ilave edilen KOH miktarı (ml)

TM= silaj örneğinin ağırlığı (kg)

KM= silaj örneğinin kuru madde miktarı (g/kg)

3.2.2. Hesaplama ile Belirlenen Parametreler

Söz konusu hesaplamalar Filik (2020)'in bildirdiğine göre gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Toplam Karbonhidrat (TK, g/kg KM)} = 100 - [\text{HP} + \text{HY} + \text{HK}]$$

$$\text{Hemiselüloz} = [\text{NDF}\% - \text{ADF}\%]$$

$$\text{Nitrojen İçermeyen Ekstrakt (NFE, g/kg)} = [\text{KM} - (\text{HP} + \text{HK} + \text{HY} + \text{HS})]$$

$$\text{Lif Olmayan Karbonhidratlar (LOK, g/kg)} = 100 - [\text{NDF} + \text{HP} + \text{HY} + \text{HK}]$$

3.2.3. Metabolize Edilebilir Enerji ve Protein Değeri Hesaplamaları

Metabolize edilebilir enerji ve protein değerleri Filik (2020)'in bildirdiğine göre hesaplanmıştır.

$$\text{SHP (Sindirilebilir Ham Protein, \%)} = \text{HP} \cdot 0.908 - 3.77$$

$$\text{TSM (Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri, \%)} = 50.41 + 1.04 \text{HP} - 0.07 \text{HS}$$

$$\text{SE (Sindirilebilir Enerji, Mcal/kg)} = 0.04409 \cdot \text{TSM}\%$$

$$\text{ME (Metabolik Enerji, Mcal/kg)} = 0.82 \cdot \text{SE} \quad (50\% \text{ TSM: } 6.40 \text{ MJ/kg Kuru Maddedeki ME)}$$

$$\text{NE}_L \text{ (Net Enerji Laktasyon, Mcal/kg)} = [0.0245 \cdot \text{TSM} (\%) - 0.12]$$

$$\text{NE}_M \text{ (Net enerji Yaşama Payı, Mcal/kg)} = 1.37 \text{ME} - 0.138 \text{ME}^2 + 0.0105 \text{ME}^3 - 1.12$$

$$\text{NE}_G \text{ (Net Enerji Verim Payı, Mcal/kg)} = 1.42 \text{ME} - 0.174 \text{ME}^2 + 0.0122 \text{ME}^3 - 1.65$$

3.2.4. Nispi Yem Değeri ve Nispi Yem Kalitesi Hesaplamaları

Nispi yem değeri ve nispi yem kalitesi parametreleri Kılıç ve Abdiwali (2016) ve Filik (2020)'in bildirdiğine göre hesaplanmıştır.

$$\text{SKM (Sindirilebilir Kuru Madde, \%)} = 88.9 - [0.799 \cdot \text{ADF}\%]$$

$$\text{KMT (Kuru Madde Tüketimi, \%)} = 120 / [\text{NDF}\%]$$

$$\text{NYD (Nispi yem değeri)} = [\text{SKM} \cdot \text{KMT}] / 1.29$$

$$\text{NYK (Nispi yem kalitesi)} = [\text{KMT} \cdot \text{TSM}] / 1.23$$

Kaba yem kalitesinin belirlenmesinde “The Hay Marketing Task Force of the American Forage and Grassland Council” tarafından yapılan sınıflandırmaya göre NYD bakımından yemlerde “5” (<75) reddedilecek düzeyde kötü kaliteyi; (75-86) arası 4. kaliteyi; (87-102) arası 3. kaliteyi; (103-124) arası 2. kaliteyi; (125-151) arası iyi kaliteyi ifade ederken, “prime” (>151) ise en iyi kaliteyi ifade etmektedir (Kılıç ve Abdiwali, 2016).

Süt sığırları için kaba yem kalitesini belirlemek amacıyla geliştirilen NYK metoduna göre “140-160” inek, ilk 3 aylık buzağı; “125-150” inek, düveyi damızlığa almadan son 200 gününde, 3-12 aylık besi dönemi sığır; “115-130” düve, 12-18 aylık besi danası ya da buzağısı ve “100-120” düve, 18-24 aylık kurudaki ineklerin beslenmesinde kullanılacak kaba yemler olarak nitelendirilmektedir (Filik, 2020).

3.2.5. Fiziksel Analizler

Araştırmada silajların renk, dış görünüş, pH değeri gibi fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla aşağıdaki analizler yapılmıştır.

3.2.5.1. Sıcaklık analizi

Açılan silajların 4 farklı noktasından Dijital Termometre ölçer yardımı ile silaj paketlerinin farklı katmanlardaki sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

3.2.5.2. Renk analizi

Silaj numuneleri açıldıktan sonra Konica-Minolta CR-410 renk ölçer ile silajın dört farklı kısmından L*, a* ve b* renk değerleri ölçülmüştür. Bu veriler aşağıdaki ölçeklerde kaydedilmiştir: (L*) parlaklık (0: siyah, 100: beyaz), (a*) kırmızıdan yeşile (+a*: kırmızı; -a*: yeşil) ve (b*) sarıdan maviye (+b*: sarı, -b*: mavi). Elde edilen a* ve b* değerleri kullanılarak aşağıdaki formüller yardımıyla Chroma (C*, doygunluk indeksi) ve hue açısı (h°) değerleri hesaplanmıştır. Kroma [(C*, doygunluk indeksi) = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$]. Ton açısı [(h°) = $h^\circ ab = \arctan(b^*/a^*)$] (AMSA, 2012; Çayıroğlu ve ark., 2020; Filik ve Filik, 2021).

3.2.5.3. pH analizi

Silajların pH değerleri kalibre edilmiş elektronik pH ölçer (Eutech Instruments pH 700, Nijkerk, Netherlands) aracılığıyla ölçülmüş ve elde edilen veriler kaydedilmiştir.

3.2.6. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.6.1. LAB sayımı

Silajlar açıldıktan sonra her paketten 10 g örnek alınarak otoklavlanmış erlene aktarılmıştır. Daha sonra her erlen içerisine 90 ml izotonik su ilave edilmiştir. Dilüsyon işlemi 10^4 , 10^5 ve 10^6 oranlarına kadar gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan dilüsyonlardan 1 ml steril petri kutularına alınarak ve 45 °C'ye kadar soğutularak MRS Agar'dan 15 ml petri kutusuna dökülmüştür. Anaerobik şartlar altında 30 °C'de 3 gün süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda gelişen koloniler sayılarak, LAB spp. sayısı bulunmuştur (Seale ve ark., 1990).

3.2.6.2. Maya sayımı

Silajlar açıldıktan sonra her paketten 10 g örnek alınarak otoklavlanmış erlene aktarılmıştır. Daha sonra her erlen içerisine 90 ml izotonik su ilave edilmiştir. Dilüsyon işlemi 10^4 , 10^5 ve 10^6 oranlarına kadar gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan dilüsyonlardan 1 ml örnek steril petri kutularına alınarak ve 45 °C'ye kadar soğutularak Malt Extract Agar'dan 15 ml petri kutusuna dökülmüştür. 30 °C' de 2-4 gün inkübasyona bırakıldıktan sonra gelişen koloniler toplam maya olarak sayılmıştır (Seale ve ark., 1990).

3.2.7. İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucunda elde edilen bulguların istatistiksel analizlerinde SAS (2001) paket programı kullanılmış olup, çalışmanın deneme modeline (tesadüf parselleri deneme planı) uygun olarak General Linear Model (PROC GLM) prosedürü ile varyans analizine tabi tutulup, deneme grupları arasındaki linear ilişkiler aynı paket programda ortogonal polinom kontrast uygulanarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki farklar çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Genç ve Soysal, 2018) .



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde çavdar yem bitkilerine *Lactobacillus plantarum* (10^6 , 10^8 ve 10^9) laktik asit bakterisi ilaveli/ilavesiz şekilde silajlar hazırlanıp 90 gün boyunca silolanarak süre sonunda açılan çalışma gruplarının silaj kalite parametreleri, fermantasyon, aerobik stabilite ve mikroorganizma gelişimi üzerine yapılan analizlerin bulgularına yer verilmiştir.

Tablo 4.1. Açım Sonrası Silajlara Ait Kimyasal Analiz Sonuçları

GRUP ^{1,2}	ÇK	ÇLP6	ÇLP8	ÇLP9	P
KM	94.08±0.65 ^a	93.62±0.20 ^b	93.71±0.80 ^b	93.62±0.25 ^b	0.0105
OM	93.00±0.16 ^a	92.37±0.03 ^b	92.52±0.07 ^b	92.56±0.11 ^b	0.0466
HK	7.01±0.16 ^b	7.63±0.03 ^a	7.48±0.07 ^a	7.44±0.11 ^a	0.0466
HP	9.76±0.09 ^c	11.23±0.07 ^a	10.98±0.08 ^a	10.51±0.09 ^b	0.0008
HY	4.49±0.00 ^b	4.66±0.06 ^a	4.77±0.03 ^a	4.76±0.03 ^a	0.0130
HS	29.98±0.37	28.74±0.02	28.79±0.02	29.05±0.40	0.0920
ADF	36.92±0.02 ^a	35.94±0.04 ^a	36.17±0.09 ^a	34.89±0.49 ^b	0.0204
ADFom	29.91±0.13 ^a	28.31±0.07 ^b	28.69±0.02 ^b	27.45±0.38 ^c	0.0047
NDF	62.71±0.20 ^a	63.29±0.40 ^a	63.68±0.15 ^a	59.44±0.96 ^b	0.0153
NDFom	55.70±0.04 ^a	55.66±0.38 ^a	56.20±0.22 ^a	52.00±0.85 ^b	0.0100
Hsel	25.79±0.16 ^b	27.35±0.45 ^a	27.52±0.23 ^a	24.55±0.47 ^b	0.0110
TK	78.75±0.06 ^a	76.48±0.15 ^c	76.78±0.18 ^c	77.29±0.05 ^b	0.0007
LOK	22.41±0.46 ^b	13.39±0.23 ^d	13.76±0.10 ^d	24.30±0.12 ^a	0.0001
NFE	48.77±0.43	47.76±0.16	47.99±0.15	48.25±0.46	0.3008
TÇM	26.20±0.78	25.40±0.37	25.65±0.39	25.15±0.90	0.7079

KM: Kuru madde (%), OM: Organik madde (%), HK: Ham kül (%), HP: Ham protein (%), HY: Ham yağ (%), HS: Ham selüloz (%), ADF: Asit deterjanda çözünemeyen lif (%), NDF: Nötr deterjanda çözünemeyen lif (%), Hsel, : Hemiselüloz (%), TK: Toplam karbonhidrat (g/kg), LOK: Lif olmayan karbonhidratlar (g/kg), NFE: Nitrogen free extract (Nitrojen içermeyen ekstrakt) (g/kg), TÇM: Toplam çözünebilir maddeler (%Bx), ÇK: Çavdar kontrol, ÇLP6: Çavdar + LP 1×10^6 , ÇLP8: Çavdar + LP 1×10^8 , ÇLP9: Çavdar + LP 1×10^9 ¹ADFom = ADF – Kül, NDFom=NDF – Kül ² a, b, c, d *Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Tablo 4.1’de, silolama sürecinin sona ermesinin ardından açılan silajlara ait kimyasal analiz sonuçları yer almaktadır. Kuru madde (KM) içerikleri sırasıyla 94.08, 93.62, 93.71 ve 93.62 g/kg şeklindedir. En yüksek kuru madde (KM) içeriği 94.08 g/kg ile kontrol çavdar grubunda bulunmuş ve bakteri uygulanan gruplar arasında 93.71 g/kg yani ÇLP8 grubunda bulunmuştur. Genel olarak muamele gruplarında kuru madde miktarının kontrol gruplarına göre azaldığı belirlenmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar çok önemli bulunmuştur (P<0.01). Uğurlu (2019) çavdar silajına üç farklı ticari inokulant Biosil (*Lactobacillus plantarum* DSM 8862, *Lactobacillus plantarum* DSM 8866, LABI),

Silaprilis Pro (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus*, *Propionibacteria acidipropionici*, ksilenaz, β -glukanaz, LABII) ve Sill-All (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Propionibacteria acidipropionici*, amilaz, selülaz, ksilenaz, β -glukanaz, LABIII) ilave ettikleri çalışmalarında kontrol, LABI, LABII ve LABIII gruplarında KM içeriklerini sırasıyla 381.74, 391.99, 394.10 ve 402.57 şeklinde bulmuş ve gruplar arasındaki farklılıkların önemli olduğunu bildirmiştir ($P<0.05$). Ham kül (HK) ve ham protein (HP) değeri ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 7.01, 7.63, 7.48, 7.44 ve 9.76, 11.23, 10.98, 10.5 olarak belirlenmiştir. En yüksek HK içeriği ÇLP6 grubunda, en düşük HP içeriği ise ÇLP9 grubunda bulunup, gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklar belirlenmiştir. Silajların ham protein (HP) değerlerine bakıldığında kontrollerine göre artış yaşandığı belirlenmiştir ($P<0.001$). Ham kül (HK) incelendiğinde kontrol gruplarına göre artış gösterdiği ve en yüksek HK içeriği ÇLP6 grubunda olduğu belirlenmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar çok önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Joo ve ark., (2015) çavdar silajında *Lactobacillus plantarum* (LP), *Lactobacillus buchneri* (LB) ve karışımlarının etkisini araştırdıkları çalışmada kontrol, LP, LB, LP+LB gruplarında HK ve HP değerlerini sırasıyla 7.06, 6.96, 6.89, 7.07 ve 9.51, 9.81, 9.41, 9.71 olarak bildirmişlerdir. Ham yağ (HY) içerikleri sırasıyla sırasıyla 4.49, 4.66, 4.77 ve 4.76 şeklinde bulunmuş ve gruplar arasında farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Silajların ham yağ (HY) içerikleri muamelelerden etkilenecek artış yaşandığı, en yüksek HY içeriğinin ÇLP8 grubunda belirlenmiştir. Ham selüloz (HS) içerikleri ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 29.98, 28.74, 28.79 ve 29.05 olarak bulunmuştur. HS değerlerinin muamele gruplarında kontrollerine göre düştüğü belirlenmiş olup, en yüksek HS değeri 29.05 ile ÇLP9 grubunda en düşük ise 28.74 ile ÇLP6 gruplarında bulunmuş ve arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P<0.001$).

Silajların ADF değerlerine bakıldığında ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 36.92, 35.94, 36.17 ve 34.89 olarak belirlenmiş olup, gruplar arasındaki farklılıkların önemli oluşu belirlenmiştir ($P<0.05$). Benzer şekilde İke (2019) adi fiğ, buğday, yulaf karışımı silajlarda homofermantatif *Lactobacillus plantarum* ve *Enterococcus faecium* (SILAID LAB, HMLAB), heterofermantatif *Lactobacillus buchneri* (Pioneer, HTLAB) laktik asit bakterileri ve enzim (selülaz, pentozanaz ve amilaz, SILAID, E) karışımlarını ilave ettiği çalışmada kontrol, HMLAB, HMLAB+E, HTLAB, HTLAB+E ve HM+HTLAB+E gruplarında ADF içeriklerini sırasıyla 34.69, 35.44, 32.77, 36.24, 33.94 ve 32.41 olarak belirlenmiş olup, gruplar arasındaki farklılıkların önemli olduğunu

bildirmiştir (P<0.05). Silajların ADF içerikleri tüm muamele gruplarında kontrole göre düşmüş ve gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0.05). Grupların NDF değerleri incelendiğinde ise ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 62.71, 63.29, 63.68 ve 59.44 şeklinde bulunmuştur. Verilerden de anlaşılacağı üzere LAB ilavesi tüm muamele gruplarında ADF değerlerini düşürmüş ve NDF içeriklerinde ise ÇK grubuna göre ÇLP6 ve ÇLP8 gruplarına göre artırmış, ÇLP9 grubu ise azalmıştır. Chen ve ark., (2016)'nın yaptıkları çalışmada elde edilen verileri göre ADF içeriklerinde gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuş olup (P>0.05); NDF değerlerinde LAB katkılı gruplarda kontrol gruplarına göre düşüş olduğu bildirilmektedir (P<0.05). Çalışmamızda elde edilen verilerde benzer çalışmalardaki sonuçlarla benzerlik gösterdiği ortaya çıkmıştır. Tüm muamele gruplarının toplam karbonhidrat (TK) değerleri kontrole ile kıyaslandığında düşüş meydana gelmiştir. Lif olmayan karbonhidrat (LOK) değerleri ÇLAB9 hariç, kontrollerine göre azalmış olup, nitrojen içermeyen ekstrakt (NFE) değerlerinde ise tüm muamele gruplarında kontrole göre düşmüştür. Silajların toplam çözünebilir madde (TÇM) değerlerine bakıldığında yine yalnızca ÇK grubuna göre muamele gruplarında düşüş yaşandığı görülmektedir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre toplam çözünebilir madde (TÇM) değerleri ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 26.20, 25.40, 25.65 ve 25.15 olarak bulunmuştur (P<0.001). Yapılan benzer çalışmada Zhang ve ark., (2015) yulaf ve fiğ bitkileri ile hazırlanmış oldukları silajlarda TÇM değerini kontrol grubunda 40.3 inokulant katkılı grupta ise 35.9 (P>0.01); Chen ve ark., (2016) de benzer şekilde yulaf ve fiğ bitkileri ile hazırlanmış oldukları silajlara laktik asit ilavesinin TÇM değeri kontrol ve inokulantlı grup sırasıyla 59.4, 64.0 (P<0.05) olarak bildirmişlerdir.

Tablo 4.2. Silajların SHP ve Enerji İçerikleri

GRUP	ÇK	ÇLP6	ÇLP8	ÇLP9	P
SHP	5.09±0.08 ^c	6.43±0.06 ^a	6.20±0.07 ^a	5.78±0.08 ^b	0.0009
TSM	58.46±0.12 ^c	60.08±0.07 ^a	59.81±0.08 ^a	59.31±0.13 ^b	0.0013
SE	2.58±0.01 ^c	2.65±0.00 ^a	2.64±0.01 ^a	2.62±0.01 ^b	0.0010
ME	2.12±0.01 ^c	2.17±0.00 ^a	2.17±0.00 ^a	2.15±0.00 ^b	0.0028
NE _L	1.32±0.01 ^b	1.35±0.00 ^a	1.35±0.01 ^a	1.34±0.01 ^a	0.0162
NE _M	1.36±0.01 ^c	1.31±0.00 ^a	1.31±0.01 ^a	1.29±0.01 ^b	0.0028
NE _G	0.69±0.00 ^d	0.74±0.00 ^a	0.73±0.00 ^b	0.72±0.01 ^c	0.0006

SHP: Sindirilebilir ham protein (%), TSM: Toplam sindirilebilir besin maddeleri (%), SE: Sindirilebilir enerji (Mcal/kg), ME: Metabolik enerji (Mcal/kg), NE_L: Net enerji-laktasyon (Mcal/kg), NE_M: Net enerji-yaşama payı (Mcal/kg), NE_G: Net enerji-verim payı (Mcal/kg), ÇK: Çavdar kontrol, ÇLP6: Çavdar + LP 1 x 10⁶, ÇLP8: Çavdar + LP 1 x 10⁸, ÇLP9: Çavdar + LP 1 x 10⁹. *Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Silajlara ait sindirilebilir ham protein (SHP) ve toplam sindirilebilir madde (TSM) ve enerji içeriklerine ait sonuçlar Tablo 4.2’de verilmiştir. Silajların SHP içerikleri incelendiğinde ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 grupları sırasıyla 5.09, 6.43, 6.20, 5.78 ve 58.46, 60.08, 59.81, 59.31 ($P<0.01$) bulunmuştur. SHP ve TSM değerleri incelendiğinde SHP ve TSM değerlerinde de kontrol grubuna göre artış gözlenmiş ve gruplar arasındaki farklılıklar çok önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Silajların enerji içeriklerine bakıldığında, sindirilebilir enerji (SE), metabolik enerji (ME), net enerji-laktasyon (NE_L), net enerji-yaşama payı (NE_M) ve net enerji-verim payı (NE_G) değerlerinin tümü için gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0.01$, 0.05). SE, ME, NE_L ve NE_G değerlerinde diğer muamele gruplarında kontrollerine göre artış olduğu belirlenmiştir. NE_M değerine bakıldığında kontrol gruplarına göre düşüş olduğu ve istatistiksel olarak farkların önemli olduğu görülmüştür ($P<0.05$).

Tablo 4.3. Silajların Yem Kalite Özellikleri

GRUP	ÇK	ÇLP6	ÇLP8	ÇLP9	P
SKM	60.14±0.02 ^b	60.90±0.03 ^b	60.73±0.07 ^b	61.72±0.38 ^a	0.0200
KMT	1.92±0.01 ^b	1.90±0.02 ^b	1.89±0.01 ^b	2.02±0.03 ^a	0.0154
NYD	89.22±0.30 ^b	89.52±0.53 ^b	88.71±0.12 ^b	96.64±2.15 ^a	0.0201
NYK	90.96±0.47 ^b	92.62±0.48 ^b	91.63±0.35 ^b	97.38±1.77 ^a	0.0293

SKM: Sindirilebilir kuru madde (%), KMT: Kuru madde tüketimi, NYD: Nispi yem değeri, NYK: Nispi yem kalitesi, ÇK: Çavdar kontrol, ÇLP6: Çavdar + LP 1 x 10⁶, ÇLP8: Çavdar + LP 1 x 10⁸, ÇLP9: Çavdar + LP 1 x 10⁹. *Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Silajların yem kalite özelliklerine ait bulgular Tablo 4.3’te verilmiştir. Muamele gruplarının kontrol gruplarına göre sindirilebilir kuru madde (SKM) oranında artış olduğu belirlenmiştir. Bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($P<0.05$). Kuru madde tüketimi (KMT) miktarı en düşük 1.89 ile ÇLP8 grubunda, en yüksek 2.02 ile ÇLP9 grubunda olduğu bu farkların önemli olduğu ortaya çıkmıştır ($P<0.05$). Nispi yem değeri (NYD) muamele gruplarında en düşük 88.71 ile ÇLP8 grubunda, en yüksek ise 96.64 ile ÇLP9 grubunda olduğu bu farkların önemli olduğu ortaya çıkmıştır ($P<0.05$). Nispi yem kalitesi (NYK) değerlerinde artış olduğu ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$).

Tablo 4.4. Silajlara Ait Fiziksel Analiz Sonuçları

GRUP	ÇK	ÇLP6	ÇLP8	ÇLP9	P
ASKM	47.79±0.03 ^a	45.26±0.00 ^d	46.68±0.00 ^c	46.97±0.00 ^b	0.0012
pH ₁	6.26±0.04 ^a	5.29±0.03 ^b	5.16±0.02 ^c	4.88±0.01 ^d	<.0001
Sıcaklık	20.88±0.09 ^c	20.90±0.12 ^c	21.63±0.13 ^a	21.23±0.05 ^b	0.0006
L*	45.26±0.64	47.71±1.87	42.97±1.29	45.72±2.31	0.2938
a*	3.29±0.29	4.23±0.32	3.65±0.25	3.92±0.95	0.6512
b*	17.06±0.34	18.52±0.66	16.25±0.41	17.77±0.96	0.1289
C*	17.38±0.34	19.01±0.59	16.66±0.40	18.24±1.13	0.1469
h°	79.13±0.79	77.03±1.29	77.34±0.93	77.9±2.20	0.7346

ASKM: Açım sonrası kuru madde (%), L: Parlaklık, a: Kırmızı ve yeşilliği, b: Sarı ve maviliği, C: Chroma, h°: Hue angle), ÇK: Çavdar kontrol, ÇLP6: Çavdar + LP 1 x 10⁶, ÇLP8: Çavdar + LP 1 x 10⁸, ÇLP9: Çavdar + LP 1 x 10⁹. *Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Çalışmanın 90. gününde açılan silajlara ait fiziksel analiz sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre silajların açım sonra kuru madde (ASKM) değerleri ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla %47.79, %45.26, %46.68, %46.97 şeklinde olduğu ve gruplar arasındaki farklılıkların önemli olduğu saptanmıştır (P<0.05). Filya (2001a), mısır ve sorgum silajlarında kontrol, IA (*Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, Inoculant 1199, Pioneer), IB (*Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium*, H/M F Inoculant No. 9927) ve IC (*Enterococcus faecium*, Lacticil M74) gruplarında mısır silajı için ASKM içeriklerinin sırasıyla %35.2, 33.6, 33.5 ve 35.0; sorgum silajı için sırasıyla 28.1, 27.4, 27.9 ve 27.0 olarak belirlemiş ve gruplar arasındaki farklılıkların önemsiz olduğunu bildirmiştir (P>0.05). Çalışmada çavdar silajlarına farklı oranlarda ilave edilen LAB suşunun ÇK, LAB6, LAB8 ve LAB9 gruplarının pH₁ değerleri sırasıyla 6.26, 5.29, 5.16 ve 4.88 olarak belirlenmiş, gruplar arasındaki farklılıklar çok önemli bulunmuştur (P<0.001). Zhang ve ark., (2015)'nin fiğ ve yulaf yem bitkilerinin karışımlarından elde edilen silajlara *Lactobacillus plantarum*, propiyonik asit ilave ettikleri çalışmalarında pH değerlerinin kontrol ve LAB gruplarda sırasıyla 3.98, 3.83 şeklinde bulmuştur (P<0.05). Çalışma elde edilen pH değerlerine bakıldığında, pH'nın LP ilavesi ile kontrol gruplarına göre düştüğü görülmektedir. Fakat elde edilen pH derecelerinin silaj kalitesi ve mikroorganizma oluşumu açısından olumsuz etkilere sahip *Enterobacteriales* ve *Clostridial* sporların gelişim gösterdiği pH düzeyi olan 6-7 civarlarına yakın olmasının risk teşkil ettiği düşünülmektedir. Nitekim söz konusu etmenler pH'nın 5 ve altında olduğu durumlarda gelişim göstermediği bildirilmektedir (Filya, 2001a). Açım sonrası tüm muamele gruplarında kontrole göre sıcaklık derecesinde azalma meydana gelmiş, gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz

bulunmuştur (P>0.01). Benzer çalışma İke (2019) çalışmasında pH değerlerini sırasıyla 4.16, 4.09, 4.03, 4.20, 4.19 ve 4.09 olarak tespit etmiş ve gruplar arasındaki farklılıkların çok önemli olduğunu bildirmiştir (P=0.001). Özdüven ve ark., (2010) tritikale silajlarında laktik asit bakterilerinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, LAB (*Lactobacillus plantarum* + *Enterococcus faecium*), Enzim (amilaz, selülaz, hemiselülaz, pentozanaz), LAB + enzim (*Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* + amilaz, selülaz, hemiselülaz, pentozanaz) gruplarında lactobacilli içeriklerini 4.6, 6.0, 5.7 ve 6.1 (P<0.05); maya miktarlarını sırasıyla 5.2, 5.1, 5.2 ve 5.1 (P>0.05); küf miktarlarının ise sırasıyla 3.2, 2.3, 2.8 ve 2.2 (P<0.05) olarak tespit etmiştir. Uğurlu (2019) yaptığı çalışmada çavdar silajına LAB ilavesinin aerobik stabiliteyi önemli oranda etkilediğini bildirmiştir.

Silajların fiziksel analiz sonuçları bakıldığında ise, (L*, a*, b* c* ve h°) gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz olduğu görülmektedir. L* ve a* değerlerine bakıldığında muamele gruplarında kontrole göre artış görülmektedir. b* ve c* değerlerinde ise kontrol grubuna göre muamele gruplarında artış olduğu, ancak ÇLP8 grubunda kontrole göre azalma olduğu tespit edilmiştir. h° değerinde ise kontrol grubuna göre muamele gruplarında azalma olduğu görülmüştür.

Tablo 4.5. Silajların Açım Zamanındaki Mikroorganizma Sayım Sonuçları

Group	ÇK	ÇLP6	ÇLP8	ÇLP9	P
LAB, log ₁₀ kob/g	1.00±0.00	-	-	-	-
Maya, log ₁₀ kob/g	1.00±0.00	1.00±0.00	-	-	-
Küf, log ₁₀ kob/g	-	-	-	-	-

ÇK: Çavdar kontrol, ÇLP6: Çavdar + *Lactobacillus plantarum* 1 x 10⁶, ÇLP8: Çavdar + *Lactobacillus plantarum* 1 x 10⁸, ÇLP9: Çavdar + *Lactobacillus plantarum* 1 x 10⁹ log₁₀ kob/g; koloni form ünite. *Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Araştırmanın 90. gününde açılan silajlara ait mikroorganizma sayım sonuçları Tablo 4.5'te verilmiştir. Silajların LAB yoğunluğuna bakıldığında, kontrol grubunda 1.00 olduğu görülmektedir. Khalaf (2023), macar fiğ ve çavdar karışım silajlarında *Lactobacillus plantarum* etkisini araştırdığı tezinde macar fiğ kontrol (MF), çavdar kontrol (Ç), macar fiğ + çavdar + LP (MFÇLAB), Macar fiğ + LP (MFLAB), çavdar + LP (ÇLAB) gruplarına ait lactobacilli içerikleri sırasıyla 3.00, 1.00, 9.00, 5.00, 1.00 ve 2.00 olarak saptanmış ve muamele gruplarında beklenen artışın olmadığını belirlemiş gruplar arasındaki farklılıkları önemli bulunmuştur. Silajların açım zamanı maya ve küf değerlerine bakıldığında, silaj gruplarının maya içerikleri ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 1.00, 1.00, YDKA, YDKA ve küf değerleri tüm gruplarda yok denecek kadar az

olarak belirlenmiştir. Benzer çalışmada Khalaf (2023), maya ve küf değerlerine bakıldığında, kontrol (Ç), macar fiği + çavdar + LP (MFÇLAB), macar fiği + LP (MFLAB), çavdar + LP (ÇLAB) gruplarının maya içerikleri sırasıyla 1.00, 0.00, 5.50, 2.00, 0.00, 1.00 olarak küf değerleri yok denecek kadar az olarak belirlenmiştir ($P>0.05$). Bu sonuçlar doğrultusunda maya ve küf oluşumunun büyük ölçüde engellendiği görülmektedir. Özellikle MFÇLAB grubunda, MFÇ grubuna göre maya oluşumu büyük ölçüde azalmıştır, fakat gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Fermantasyonda boyunca tüm gruplardaki maya ve küf sayılarında artış görülmemiştir. Bu bağlamda laktik asit bakteri varlığı maya ve küf gelişimini azalttığı yorumu yapılabilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde LAB varlığında istenilen artışın gerçekleşmemesi kullanılan bitkinin yetiştirilme koşulları veya hasat zamanı olabileceği ön görülmüştür. Bununla birlikte LAB inokulantının içeriğinin ve kullanım dozunun da etkili olabileceği düşünülmüştür. Benzer bir çalışmada Kızıllışımşek ve ark., (2016) fermantasyon gerçekleşirken maya sayılarında azalmalar meydana geldiğini, silajın depoloma sırasında mayaların varlığının sürdürmesi sadece aneorobik şartların sürdürülmesine, pH değeri, maya türü ve organik asitlerin yoğunluğuna bağlı değiştiğini saptamışlardır.

Tablo 4.6. Silajların Aerobik Stabilite Sonrası pH₂, CO₂ ve Mikroorganizma Sayım Sonuçları

GRUP	ÇK	ÇLP6	ÇLP8	ÇLP9	P
pH ₂	19.24±3.78	5.60±1.83	5.60±1.83	15.65±5.72	0.0851
CO ₂	5.97±0.08 ^a	5.14±0.16 ^b	5.02±0.08 ^b	5.00±0.11 ^b	0.0092
ASS Maya log ₁₀ kob/g	50.00±4.16 ^a	20.67±3.71 ^b	-	40.67±6.36 ^a	-
Küf, log ₁₀ kob/g	-	-	-	-	-

CO₂: Karbondioksit miktarı, ASS: Aerobik Stabilite Sonrası, ÇK: Çavdar kontrol, ÇLP6: Çavdar + LP 1 x 10⁶, ÇLP8: Çavdar + LP 1 x 10⁸, ÇLP9: Çavdar + LP 1 x 10⁹ log₁₀ kob/g; koloni form ünite. *Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Silaj gruplarına ait aerobik stabilite testi sonrası pH₂, CO₂ ve aerobik stabilite sonrası mikroorganizma sayım sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir. Silajların pH₂ değerleri ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 19.24, 5.60, 5.60 ve 15.65 olarak belirlenmiştir. CO₂ değerleri ise ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 5.97, 5.14, 5.02 ve 5.00 olarak belirlenmiş olup, gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0.01$). Khalaf (2023), macar fiği ve çavdar karışım silajlarında *Lactobacillus plantarum* etkisini araştırdığı tezinde macar fiği kontrol (MF), çavdar kontrol (Ç), macar fiği + çavdar + LP (MFÇLAB), macar fiği + LP (MFLAB), çavdar + LP (ÇLAB) gruplarına ait aerobik

stabilite testi sonrası pH₂, CO₂ değerleri sırasıyla 6.56, 5.70, 5.39, 6.10, 5.45 ve 5.21; 5.15, 6.23, 3.33, 3.59, 6.23 ve 4.09 olarak belirlenmiş gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0.01). Silajların 5 günlük aerobik stabilite sonrasındaki maya (ASS Maya) sayım sonuçları ÇK, ÇLP6, ÇLP8 ve ÇLP9 sırasıyla 50.00, 20.67, 0.00 ve 40.67 olarak belirlenmiş, en yüksek maya içeriğinin kontrol grubunda olduğu tespit edilmiştir. Benzer çalışmada Khalaf (2023), maya sayım (ASS Maya) sonuçlarını çalışmada macar fiği kontrol (MF), çavdar kontrol (Ç), macar fiği + çavdar + LP (MFÇLAB), macar fiğ + LP (MFLAB), çavdar + LP (ÇLAB) sırasıyla 5.50, 28.00, 0.00, 0.00, 1.00 ve 0.00 olarak belirlemiş ve LAB ilavesinin genel olarak maya içeriğinin önemli oranda azalttığını bildirmişlerdir. Tüm gruplardaki küf değerlerine bakıldığında genel olarak yok denecek kadar az olduğu görülmüştür.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda bulgular incelendiğinde, *Lactobacillus plantarum* MF098786 homofermentatif laktik asit bakteri suşunun kullanımının çavdar silajında pH miktarını düşürdüğü ve buna bağlı olarak maya ve küf gelişimini azalttığı belirlenmiştir. Özellikle ÇLP8 grubunda aerobik stabilite sonrası maya oluşumu gerçekleşmemiştir. Söz konusu dozun, bozulmanın engellenmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Yem bitkilerinin karışım oranları ve silolama süreleri de silajların besin madde değerlerini etkileyen önemli bir faktördür. Ayrıca katkı maddesinin suşu 1×10^6 , 1×10^8 ve 1×10^9 kob/g oranında kullanılmış olması, aynı dozların farklı bitkilerde denenmesi gerektiğini düşündürmektedir. Bu nedenle *Lactobacillus plantarum* MF098786 suşunun farklı baklagil ve buğdaygil yem bitkilerinin yalın ve karışım silajlarına ilave edilerek, söz konusu bakterinin dozlarıyla birlikte etkilerinin araştırılmasına ihtiyaç olduğunu söylemek mümkündür.

Mevcut çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ve literatür taramaları sonucunda önemli olduğunu düşündüğümüz bazı öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1) Katkı maddesi olarak kullanılan *Lactobacillus plantarum* MF098786 homofermentatif laktik asit bakteri suşunun, silajlarda lactobacilli yoğunluğu üzerinde beklenen etkiyi göstermemiş olsa da genel olarak maya ve küf oluşumunu baskıladığı görülmektedir. Bu nedenle lactobacilli içeriğini artmamasındaki sebeplerin araştırılması faydalı olacaktır.

2) Çalışmada *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakteri suşu 1×10^6 , 1×10^8 ve 1×10^9 kob/g oranında kullanılmıştır. Bu bakterinin aynı veya farklı dozlarda kullanılarak farklı bitkilerin veya bitki karışımlarında etkilerinin araştırılmasıyla literatüre katkı sağlayacağı ön görülmektedir.

3) *Lactobacillus plantarum* homofermentatif laktik asit bakterisi suşunun çavdar silajlarında etkilerinin araştırıldığı çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular, söz konusu bakterinin farklı bitki veya bitki karışımlarından elde edilen silajlar üzerindeki etkileri konusunda merak uyandırmıştır. Farklı bitkilerin, farklı olgunlaşma dönemlerinde, yalın veya karışımlarından hazırlanan silajlara *Lactobacillus plantarum* suşunun farklı dozlarda veya çeşitli laktik asit bakterileri ile ilave edilmesinin etkilerine dair araştırmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

4) Ticari inokulantlara alternatif olarak üretilen *Lactobacillus plantarum* MF098786 homofermentatif laktik asit bakteri suşunun etkileri değerlendirildiğinde yeni bir silaj katkı maddesi olarak gelecekteki araştırmalara ışık tutacağı tahmin edilmektedir.



6. KAYNAKLAR

- AMSA (American Meat Science Association) (2012). Meat Color Measurement Guidelines. Erişim Adresi: <https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/hot-topics/download-the-ebook-format-pdf-of-the-meat-color-measurement-guidelines.pdf?sfvrsn=a218b8b3> , Erişim Tarihi: 24.06.2023
- AOAC (1998). Official Methods of Analysis. 16th Edition, 4th Revision, Washington, D. C.
- AOCS (2005). Official Procedure. Approved procedure Am 5-04, rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Urbana, IL: American Oil Chemists' Society.
- Ashbell, G., Weinberg, Z., Azrieli, A., Hen, Y., Horev, B. (1991). A simple system to study the aerobic deterioration of silages. *Can Agric Eng*, 33, 391-394.
- Atılğan, G. B. (2023). Pamuk Tarımı Yapılan Arazilerde İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Fiğ ve Arpa Karışımlarına Farklı Silaj Katkıları İlavesinin Silaj Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması (Doctoral dissertation).
- Blagojević, M. B. (2018). Effect of mutual relationship, stage of development and inoculation on silage quality of annual legume and grain. *National Repository of Dissertations in Serbia*
- Chen, J., Stokes, M. R., & Wallace, C. R. (1994). Effects of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of haycrop and corn silages. *Journal of Dairy Science*, 77(2), 501-512.
- Chen, L., Guo, G., Yuan, X., Zhang, J., Li, J., & Shao, T. (2016). Effects of applying molasses, lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality, aerobic stability and in vitro gas production of total mixed ration silage prepared with oat–common vetch intercrop on the Tibetan Plateau. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(5), 1678-1685.
- Çayıroğlu, H., Filik, G., Coşkun, İ., Filik, A. G., Çayan, H., & Şahin, A. (2020). Spraying opened sugar beet pulp silage with oregano essential oil helps to sustain quality and stability. *South African Journal of Animal Science*, 50(1), 9-16.
- Ergin, N., & Aydemir, S. K. (2018). Soya bitkisinin hayvan beslenmesindeki yeri ve önemi. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 1(1), 143-157.

- Ergün, O. F., & Bayram, B. (2021). Türkiye'de hayvancılık sektöründe yaşanan değişimler. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 10(2), 158-175.
- Filik, A. G., & Filik, G. (2021). Nutritive value of ensiled *Amaranthus powellii* Wild. treated with salt and barley. *Tropical Animal Health and Production*, 53(1), 1-8.
- Filik, G. (2020). Biodegradability of quinoa stalks: The potential of quinoa stalks as a forage source or as biomass for energy production. *Fuel*, 266, 117064.
- Filya, İ. (2001a). Bakteriyel İnokulantların Sorgum Silajlarının Fermantasyon, Aerobik Stabilite ve Rumen Parçalanabilirlik Özellikleri Üzerine Etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 7(02).
- Filya, İ. (2001b). Silaj fermantasyonu. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 32(1), 87-93.
- Genç, S., Soysal, M. İ. (2018). Parametric and nonparametric post hoc tests. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 1(1), 18-27.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/bsengineering/issue/38497/448288>, 07.01.2022
- Görgülü, M. (2002). Büyük ve küçükbaş hayvan besleme. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü. Ders Kitabı. Genel Yayın*, (244).
- İke, F. (2019). The effects of lactic acid bacteria and enzyme additive on the fermentation with aerobic stability of common vetch, wheat, oat mixture silages (Turkish: Laktik asit bakterisi ve enzim ilavesinin adi fiğ, buğday, yulaf karışımı silajlarda fermantasyon ile aerobik stabilite özellikleri üzerine etkileri). Master's thesis, Namık Kemal University. Türkiye. <https://hdl.handle.net/20.500.11776/3455>, 24.02.2022
- Jia, T., Wang, B., Yu, Z., & Wu, Z. (2021). The effects of stage of maturity and lactic acid bacteria inoculants on the ensiling characteristics, aerobic stability and in vitro digestibility of whole-crop oat silages. *Grassland Science*, 67(1), 55-62.
- Keleş, G., & Yazgan, O. (2005). Bakteriyel İnokulantların Silaj Fermantasyonu Ve Hayvan Performansına Etkileri, *Hayvancılık Araştırma Dergisi* (2005) 15, 1:26-34
- Khalaf, M. H. A. (2023), Macar fiğ ve Çavdar Karışım Silajlarında *Lactobacillus Plantarum* Kullanımının Silaj Kalitesi Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir, 76690.
- Kılıç, Ü., & Abdiwali, M. A. (2016). Alternatif kaba yem kaynağı olarak şarapçılık endüstrisi üzüm atıklarının in vitro gerçek sindirilebilirlikleri ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(6).

- Kızılışımşek, M., Adem, E., Dönmez, R., & Katrancı, B. (2016). Silaj mikro florasının birbirleri ile ilişkileri, silaj fermentasyonu ve kalitesi üzerine etkileri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(2), 136-140.
- Kim, D. H., Lee, S. S., Paradipta, D. H., Joo, Y. H., Lee, H. J., Kwak, Y. S., Han, O. K., & Kim, S. C. (2017). Effect of Homo or Heterofermentative Inoculants on Fermentation Characteristics and Aerobic Stability of Rye Silage. *Journal of Agriculture & Life Science*, 51(5), 81-89.
- Lee, S. S., Joo, Y. H., Lee, H. J., Jang, J. W., Han, O. K., Kim, J. H., & Kim, S. C. (2016). 0637 Screening of microorganism and effects of different bacterial additives on fermentation quality of rye silage harvested at dough stage. *Journal of Animal Science*, 94(suppl_5), 304-304.
- Lee, S., Paradipta, D. H., Joo, Y., Lee, H., Kwak, Y., Han, O., & Kim, S. (2018). Effects of selected inoculants on chemical compositions and fermentation indices of rye silage harvested at dough stage. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 38(2), 99-105.
- Masuko T, Hariyama Y, Takahashi Y, Coa LM, Goto M, Ohshima M. Effect Of Addition of Fermented Juice Epiphytic Lactic Acid Bacteria Prepared from Timothy and Orchardgrass Fermentation Quality of Silages. *Japanese Journal of Grassland Science*, 48 (2):2002:120-125.
- Okuyucu, B., Beyzi, S. B., & Özdüven, M. L. (2021). The Effects of Lactic Acid Bacteria and Enzyme Mixture Inoculants on Silage Fermentation Characteristics and Feed Values of Silage Prepared from Alfalfa Harvested at Different Maturities. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(6), 1062-1069.
- Özdüven, M. L., Onal, Z. K., & Koc, F. (2010). The effects of bacterial inoculants and/or enzymes on the fermentation, aerobic stability and in vitro dry and organic matter digestibility characteristics of triticale silages. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 16(5), 751-756.
- Özdemir, M. (2019). Laktik Asit Bakterisi+Enzim Karışımı İnokulantın Farklı Mısır Çeşitleri Silajlarının Kimyasal Kompozisyonu Rumende Kuru Madde Parçalanabilirlik Özellikleri Üzerine Etkileri. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Özdemir, M., & Okumuş, O. (2022). Türkiye'de son beş yılda yapılan bazı silaj çalışmaları. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 4(2), 30-39.

- Roberto, F., Diana, C., Julio, P., Ruedal, D., Johana, Z., Diegol, R., Manjunathal, B., Ravi, M., & Selvanayagam, M. (2016). Identification and characterization of Lactobacillus bacterial genera most prevalent used to improve silage digestibility of important forage species for livestock sector. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(01), 035-041.
- SAS, (2001). Sas/State User's Guide 6.03 ed. SAS. Ins. Cary. N.C.
- Seale, D. R., Pahlow, G., Spoelstra, S. F., Lindgren, S., Dellaglio, F., Lowe, J. F. (1990). Methods for the microbiological analysis of silage. Proceeding of the Eurobac Conference, 147, Uppsala.
- Singh, D., Chauhan, A., & Chaudhary, A. (2020). Evaluation of maize cultivars for forage yield, silage quality traits and nutrient uptake in agro-climatic conditions of central Gujarat, India. *Range Management and Agroforestry*, 41(1), 133-140.
- Şahin, İ. F., & Zaman, M. (2010). Hayvancılıkta önemli bir yem kaynağı: Silaj. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 15(23), 1-18.
- Şen, G., Erol, T., Kara, K., Demirci, M., & Karsli, M. A. (2022). The effect of microbial inoculants and molasses on quality and in vitro digestibility of silages prepared with different proportions of ryegrass and Hungarian vetch. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 46(4), 629-637.
- Uğurlu, S. (2019). *Bakteriyel inokulantların çavdar silajlarında fermantasyon, aerobik stabilite ve yem değeri üzerine etkileri* (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Uğurlu, S., Okuyucu, B., & Özdüven, M. L. (2022). Bakteriyel İnokulantların Çavdar (Secale cereale L.) Hasılı Silajlarında Fermantasyon, Aerobik Stabilite ve Yem Değeri Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(3), 426-433.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
- Yozgatlı, O., Başaran, U., Gülümser, E., Hanife, M. U. T., & Doğrusöz, M. Ç. (2019). Yozgat ekolojisinde bazı mısır çeşitlerinin morfolojik özellikleri, verim ve silaj kaliteleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 170-177.
- Zhang, J., Guo, G., Chen, L., Li, J., Yuan, X., Yu, C., Shimojo, M., & Shao, T. (2015). Effect of applying lactic acid bacteria and propionic acid on fermentation quality

and aerobic stability of oats-common vetch mixed silage on the Tibetan plateau.
Animal Science Journal, 86(6), 595-602.





ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Kevser ŞEREMET
Uyruğu:	Türkiye Cumhuriyeti
Orcid Numarası:	0000-0002-6946-1599

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı
Mezuniyet Yılı	2020
Yüksek Lisans	
Üniversite	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı
Programı	-
Mezuniyet Tarihi	2023

Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler
Şeremet, K, Khatabi, A., Dakheel, J.M, (2022). Heterofermantatif Laktik Asit Bakterilerinin Silaj Katkı Maddesi Olarak Kullanımı, 12. Ulusal Tarım Öğrenci Kongresi, Kırşehir- Türkiye (20-22 Mayıs 2022)