



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**YULAF SİLAJINDA *Lactobacillus plantarum*
KULLANIMININ SİLAJ KALİTESİ ÜZERİNE
ETKİLERİ**

JASIM MOHAMMED DAKHEEL DAKHEEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR / 2022



T.C.
KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

**YULAF SİLAJINDA *Lactobacillus plantarum*
KULLANIMININ SİLAJ KALİTESİ ÜZERİNE
ETKİLERİ**

JASIM MOHAMMED DAKHEEL DAKHEEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Gökhan FİLİK

KIRŞEHİR / 2022

Bu çalışma 09/09/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Gökhan FİLİK
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Ziraat Fakültesi

Dr. Öğr.Üyesi Serdar GENÇ
Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Ziraat Fakültesi

Dr. Öğr.Üyesi Bahar ARGUN KARSLI
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Ziraat Fakültesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

JASIM MOHAMMED DAKHEEL DAKHEEL



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca tüm bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan gerek akademik gerekse kişisel hayatıma yönelik desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Gökhan FİLİK hocama içtenliği, yardımseverliği ve tüm emekleri için teşekkür ederim. Yine yüksek lisans eğitimimde manevi desteğini hiçbir zaman 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 Dr. Öğr. Üyesi Esin KIRAY hocama 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 Burçin DURMUŞ, Ziraat Mühendisi Kevser ŞEREMET ve Ziraat Mühendisi Rohat Furkan ACAR'a teşekkürlerimi sunarım.

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

Eylül 2022

JASIM MOHAMMED DAKHEEL DAKHEEL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Silaj Materyali	11
3.1.2. Silajların Hazırlanması	11
3.1.3. Silajlarda Kullanılan Katkı Maddeleri ve Kullanım Şekilleri	11
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Kimyasal Analizler	12
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	19
3.2.5. Fiziksel Analizler.....	20
3.2.6. Mikrobiyolojik Analizler	20
3.2.7. İstatistiksel Analizler	21
4. BULGULAR.....	22
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	26
5.1. Tartışma.....	26
5.2. Sonuç.....	31
KAYNAKÇA.....	33
ÖZGEÇMİŞ	38

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1. Açım Sonrası Silajlara Ait Kimyasal Analiz Sonuçları	22
Tablo 4.2. Silajların SHP ve Enerji İçerikleri	23
Tablo 4.3. Silajların Yem Kalite Özellikleri	24
Tablo 4.4. Açım sonrası KM, pH ₁ ve Silajlara Ait Fiziksel Analiz Sonuçları.....	24
Tablo 4.5. Silajların Açım Zamanındaki Mikroorganizma Sayım Sonuçları	24
Tablo 4.6. Silajların Aerobik Stabilite Sonrası pH ₂ , CO ₂ ve Mikroorganizma Sayım Sonuçları.....	25



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
%	: Yüzde
°C	: Santigrat Derece
cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
kob	: Koloni Oluşturan Birim
L	: Litre
Mcal	: Megakalori
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
Kısaltmalar	Açıklama
ADF	: Asit Deterjanda Çözünemeyen Lif
ADFom	: ADF Organik Madde
DLG	: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (Alman Tarım Örgütü)
HK	: Ham Kül
HP	: Ham Protein
HSel	: Ham Selüloz
HY	: Ham Yağ
KM	: Kuru Madde
KMT	: Kuru Madde Tüketimi
LAB	: Laktik Asit Bakterileri
LOK	: Lif Olmayan Karbonhidratlar
ME	: Metabolik Enerji
NE _G	: Net Enerji Verim Payı
NE _M	: Net Enerji Yaşama Payı
NE _L	: Net Enerji Laktasyon
NDF	: Nötr Deterjanda Çözünemeyen Lif
NDFom	: NDF Organik Madde
NFE	: Nitrogen Free Extract (Nitrojen İçermeyen Ekstrakt)
NYD	: Nispi Yem Değeri
NYK	: Nispi Yem Kalitesi
NH ₃ -N	: Amonyak Azotu
OM	: Organik Madde
NYD	: Nispi Yem Değeri
NYK	: Nispi Yem Kalitesi
TÇM	: Toplam Çözünebilir Maddeler
TK	: Toplam Karbonhidrat
TSBM	: Toplam sindirilebilir besin maddeleri
SE	: Sindirilebilir Enerji

SHP : Sindirilebilir Ham Protein
SKM : Sindirilebilir Kuru Madde



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YULAF SİLAJINDA *Lactobacillus plantarum* KULLANIMININ SİLAJ KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

JASIM MOHAMMED DAKHEEL DAKHEEL

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Gökhan FİLİK

Bu çalışma yulaf (*Avena sativa* L.) bitkisinden hazırlanan silajlara *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakterisi inokülasyonunun silaj fermantasyonu, mikroorganizma gelişimi ve aerobik stabilite üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada silaj materyali katkı maddesi ilave edilmeden veya farklı dozlarda *L. plantarum* MF098786 ilave edilerek silolanmıştır. Çalışma grupları katkısız yulaf (kontrol, YK), yulaf + *L. plantarum* 10⁶ kob/g (LAB6), yulaf + *L. plantarum* 10⁸ kob/g (LAB8) ve yulaf + *L. plantarum* 10⁹ kob/g (LAB9) şeklinde oluşturulmuştur. Her grupta 5 silaj olmak üzere toplamda 20 adet silaj hazırlanmıştır. Laboratuvar koşullarında 20±2 °C’de muhafaza edilen silajlar 90. günde açılarak fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre silajlarda LAB⁶, LAB⁸ ve LAB⁹ gruplarında pH, ADF ve NDF düzeylerinin kontrol grubuna göre düştüğü ve kuru madde kaybının azaldığı, gruplar arasındaki farklılıkların önemli olduğu belirlenmiştir. Toplam çözünebilir madde (TÇM) miktarında ise gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. Maya ve küf oluşumunun hem aerobik stabilite testi sonrasında hem de açım sonrası silajlarda kontrol grubuna göre önemli ölçüde engellendiği belirlenmiş olup, silajlarda *lactobacilli* yoğunluğunda önemli bir artış olmadığı saptanmıştır.

Eylül 2022, 38 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Aerobik Stabilite, *Lactobacillus plantarum*, Nisbi Yem Değeri, Silaj Fermantasyonu, Yulaf

ABSTRACT

MASTER OF SCIENCE THESIS

THE EFFECTS OF THE USE OF *Lactobacillus plantarum* IN OAT SILAGE ON SILAGE QUALITY

JASIM MOHAMMED DAKHEEL DAKHEEL

Kırşehir Ahi Evran University

Graduate School of Sciences and Engineering

Agricultural Biotechnology Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gökhan FİLİK

This study was carried out to determine the effects of *Lactobacillus plantarum* lactic acid bacteria inoculation on silage prepared from oat (*Avena sativa* L.) plant on silage fermentation, microorganism growth and aerobic stability. In the study, silage materials were ensiled without adding additives or by adding *L. plantarum* MF098786 at different doses. Study groups were formed as pure oats (control, YK), oat + *L. plantarum* 10⁶ cfu/g (LAB⁶), oat + *L. plantarum* 10⁸ cfu/g (LAB⁸) and oat + *L. plantarum* 10⁹ cfu/g (LAB⁹). A total of 20 silages were prepared, with 5 silages in each group. The silages kept at 20±2 °C in laboratory conditions were opened on the 90th day and chemical and physical analyzes were carried out. According to the findings obtained because of the analyzes, it was observed that the pH, ADF, NDF levels, and the dry matter loss decreased in silages. The differences between the groups in the amount of total soluble matter (TSM) were found to be significant. It was observed that yeast and mold formation were significantly inhibited both after the aerobic stability test and in the post-starring silages compared to the control group, and it was determined that there was no significant increase in the *lactobacilli* density in the silages.

September 2022, 38 Pages

Keywords: Aerobic Stability, *Lactobacillus plantarum*, Relative Feed Value, Silage Fermentation, Oat

1. GİRİŞ

Hayvancılık endüstrisinde yem ve besleme sorunlarının büyük bir bölümü ruminantların beslenmesinde yaşanmaktadır. Nitekim söz konusu canlıların yılın her döneminde aynı şekilde beslenmesi güçtür. Bölgeden bölgeye değişiklik gösterse de genellikle yaz aylarında etkin bir kullanıma olanak sağlayan çayır ve meralar gibi doğal otlatma alanları, kaba yem ihtiyacının karşılanmasında bölgelere göre değişiklik göstermekle birlikte nispeten yeterli olabilmektedir. Ancak ruminantların daha nitelikli bir şekilde beslenebilmesi, verim ve kalitenin artması amacıyla alternatif besleme faaliyetlerinin de uygulanması önerilmektedir. Bu bağlamda temel amacı; kaba yemlerin ve taze yem bitkilerinin yeteri kadar bulunmadığı veya otlatma faaliyetlerinin gerçekleştirilemediği dönemlerde, hayvanların besin madde ve kaba yem ihtiyacının karşılanması olan silo yemler, hayvancılık işletmeleri için uygun ve ucuz bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Birçok entansif hayvancılık işletmesinde silajla besleme, yalnızca yılın belirli dönemlerinde değil, yıl boyunca rasyonlarda çeşitli bitki silajlarına yer verilerek etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sayede üretimin çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğine yardımcı olmaktadır (Yıldırım, 2015; Kızılsimşek ve diğ. 2016).

Dünya genelinde, silo yem üretiminde en yaygın olarak kullanılan bitki mısırdır. Bunun yanı sıra yulaf, arpa, buğday, fiğ, sorgum ve yonca gibi çeşitli bitkiler ile farklı üretim atık ve artıkları da silaj yapımında kullanılmaktadır. Dolayısıyla silaj ana materyali olarak kullanılacak maddelerin çeşitliliğinin fazla olduğunu söylenebilir (Kızılsimşek ve diğ. 2016). Üretimin yapıldığı bölgelere göre yetiştirilebilecek yem bitkilerinin özellikleri de değişiklik gösterebilmektedir. İşletmelerin ekonomik bir yetiştiricilik gerçekleştirebilmek adına özellikle işletmeye yakın bir bölgede yem bitkisi yetiştiriciliği ve buna bağlı olarak silaj üretimi yapması faydalı olmaktadır (Yolcu ve Tan, 2008). Birçok baklagil ve buğdaygil yem bitkisi silaj yapımında kullanılabilir. Silajların enerji ve protein içeriği gibi temel bileşenleri silaj materyaline göre değişiklik göstermektedir. Silajı yapılacak materyalin besin madde içeriği, yemin beslemedeki niteliği açısından son derece önemli olup, bazı katkı maddeleri yem kalitesini iyileştirebilmek adına kullanılabilir (Gül ve Tan, 2013).

Çeşitli silaj katkı maddeleri; silaj materyalinin besin madde içerikleri açısından eksikliklerini gidermek veya silaj kalitesini ve buna bağlı olarak mevcut faydasını artırmak amacıyla kullanılabilir. Bu bağlamda üre, melas, bitkisel yağlar ve bakteriyel inokulantlar gibi birçok silaj katkı maddesi farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bakteriyel inokulantlar, kaliteli bir silaj hazırlanmasında en önemli faktörlerden birisi olan silaj fermantasyonunun iyileştirilmesi adına son dönemlerde sıklıkla kullanılmakta ve silaj üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Bakteriyel inokulantlar silaj fermantasyonunun iyi bir şekilde gerçekleşmesini sağlayabilecek konsantrasyonda laktik asit bakteri veya bakteri gruplarını içerisinde barındırmaktadır. Nitekim laktik asit bakterileri, silaj içerisindeki laktik asit fermantasyonunu hızlandırmakta, silaj pH'sının hızlı bir şekilde düşmesini sağlamakta ve buna bağlı olarak bütirik asit içeriğinin azalmasında etkili olmaktadır. Fermantasyon kalitesi, silaj bünyesindeki laktik ve bütirik asit yoğunluğuna göre değişmektedir. Bir silajın iyi olarak değerlendirilebilmesi için laktik asit içeriğinin fazla olması gerekirken, çok az veya hiç bütirik asit içermemesi gerekmektedir (Kiraz ve Kutlu, 2016).

Genel anlamda *Lactobacillus*, *Pediococcus* ve *Enterococcus* cinsi bakterileri içeren bakteriyel inokulantlar, silaj fermantasyonu ve aerobik stabilitesinin iyileştirilmesi ve bu konudaki etkilerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli çalışmalarda kullanılmaktadır. Birçok ticari inokulant içerisinde başta *Lactobacillus plantarum* olmak üzere *Pediococcus acidilatici* ve *Enterococcus faecium* gibi homofermantatif laktik asit bakterilerini içermektedirler. Homofermantatif laktik asit bakterileri, şekerleri çoğunlukla laktik aside fermente etmekte ve bu sayede silaj fermantasyonunun gelişmesine katkı sağlamaktadır. Nitekim homofermantatif laktik asit bakterilerinin kullanıldığı çalışmaların birçoğunda, silaj pH'sının hızla düştüğü laktik asit içeriği ile laktik asidin asetik aside oranının arttığı; amonyak azotu, etanol, asetik asit ve bütirik asit düzeylerini azalttığı ifade edilmiş bunun yanı sıra lactobacilli içeriğin artmasına bağlı olarak silaj fermantasyonunu gelişiminde etkili olduğu bildirilmiştir (Erbil, 2012).

Homofermantatif laktik asit bakterilerinin çeşitli silajlarda kullanımı ile silaj kalitesinin bütünüyle iyileştirilmesi güncel bir araştırma konusudur. Bu bağlamda homofermantatif laktik asit bakterileri olan *Lactobacillus plantarum*'un yulaf silajında silaj fermantasyonu, silaj aerobik stabilitesi ve mikroorganizma gelişimi üzerine etkileri araştırılacaktır. Araştırma neticesinde elde edilen bulguların, ilerleyen süreçte yulaf silajı ve söz konusu laktik asit bakterisi ile ilgili yapılacak silaj çalışmalarına ışık tutacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ruminantlar, hem hayvancılık sektörü açısından hem de insanların ihtiyaç duyduğu et ve süt gibi hayvansal ürünleri nedeniyle son derece önemlidir. Dolayısıyla hayvancılık sektörünün sürekliliği hem ekonomik hem de insan beslenmesi ve sağlığı açısından önem arz etmektedir. Hayvancılık sektörünün en büyük problemlerinden olan yem sorununun çözülmesi, hayvancılığın gelişimine katkı sağlayacak ve işletmelere sağlayacağı ekonomik fayda nedeniyle bireylerin de söz konusu hayvansal ürünleri daha makul fiyatlarla temin edebilecektir. Yem maliyetleri işletme giderlerinin büyük bir kısmını oluşturmakta ve bu ekonomik sorunla başlayan zincir tüketicilerin alım gücüne de etki etmektedir (Özkan ve Şahin Demirbağ, 2016). Silaj ve benzeri besleme alternatifleri yem maliyetleri ve besleme sorunlarını gidermek amacıyla kullanılmakta olup, bu yemlerin daha az maliyet ve iş gücü ile daha kaliteli bir şekilde üretilmesi önemli bir araştırma konusu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yulaf gibi alternatif yem bitkilerinin tek başına, farklı bitkiler ile birlikte veya katkı maddesi ilavesi ile silolanabilirlik potansiyelinin belirlenmesi, hazırlanabilecek silo yemlerin ekonomik olması ve çeşitliliği açısından önemlidir. Yem sorununun çözülmesini hedefleyen silo yemler, laktik asit bakteri inokulantları gibi ekonomik ve kolayca uygulanabilir katkı maddeleri ile daha nitelikli bir yem kaynağı haline getirilebilir. Silaj fermantasyonunun iyileştirilmesine katkı sağlayan ve arzu edilmeyen mikroorganizma gelişimini engelleyen laktik asit bakterileri, silaj kalitesinin artırılmasında önemli bir etkidir (Filya, 2002). Bu nedenle homofermantatif veya heterofermantatif laktik asit bakterilerinin çeşitli yem bitkileri üzerindeki etkilerinin belirlenmesini amaçlayan çalışmalar, hayvancılık sektöründeki yem sorunlarının çözülmesinde önem verilmesi gerek konular arasında yer almaktadır.

Ilavenil ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada, Kore Cumhuriyeti'nin 13 farklı bölgesinden 2013 ve 2014 yılları arasında rastgele toplanan silajlar üzerinde laktik asit bakterisinin olumlu etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada *Lactobacillus plantarum*'un (Chung-Mi Bio Co., Kore), hasattan sonra 12 saat soldurulan yulafların silaj sarma makinesi ile balyalanması sırasında, üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde steril su içerisinde çözündürülen

bakterilerin makineye aktarılması ve otomatik olarak püskürtülmesi şeklinde ilave edildiği bildirilmiştir. Silajların arazi koşullarında 3 ay boyunca muhafaza edilmesinin ardından doğrudan alınan örnekler üzerinde mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerin gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Yapılan analizler neticesinde elde edilen bulgulara göre, *L. plantarum* ile muamele edilmiş gruplardaki ham protein, ham kül, ADF ve NDF içeriklerinde, kontrol grubuna göre az miktarda azalma olduğu belirlenmiş; toplam sindirilebilir besin içeriğinin ise bakteri ilaveli silajlarda (60.72 ± 1.14), kontrol silajlarına göre (58.35 ± 0.90) daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. İnokulant ilaveli gruplardaki laktik asit yoğunluğunun kontrol grubuna oranla daha yüksek olduğu, ancak inokulant ilaveli silajlarda daha az sayıda küf, maya ve mantar oluşumuna rastlanmadığı bildirilmiştir. İnokulant ilaveli silajlardaki asetik ve bütirik asit yoğunluğunun kontrol silajına göre daha düşük olduğu, inokulant ilavesinin (4.40 ± 0.10) silaj pH'sını kontrol silajına (4.78 ± 0.08) göre düşürdüğü ve Fleig puanının inokulant ilaveli gruplarda kontrol grubuna oranla daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Laktik asit bakteri ilavesinin, ruminantlar için kalitesi yüksek silaj hazırlanmasında olumlu etkilerinin olabileceği bildirilmiştir.

Zhang ve diğ. (2015) yaptıkları çalışmada yulaf ve fiğ karışım silajlarına laktik asit bakterisi (LAB) ve propiyonik asit (PA) ilavesinin silaj fermantasyon kalitesi ve aerobik stabilite üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma Tibet bölgesinde yetişen yulaf ve fiğ karışımlarına inokulant olarak *Lactobacillus plantarum* (LP), propiyonik asit (PA) ve inokulant+propiyonik asit ilave edilmiştir. Yulaf süt olum, fiğ bakla olum aşamasında yaklaşık 5 cm olarak hasat edilmiştir. Bu yemler silaj makinesinde 2-3 cm uzunluğunda parçalanıp, 1 L polietilen poşetlerde 760 g olarak dört farklı şekilde silolanmıştır. Laktik asit bakterisi (*Lactobacillus plantarum*) 10^6 kob/g, propiyonik asit (PA) %0.4 ve 10^6 kob/g LP + %0.4 PA distile su ile seyreltilip, püskürtülerek uygulanmıştır. Hazırlanan silaj örnekleri 60 gün sonunda açılmış 15 gün boyunca aerobik stabilite testine tabi tutulmuştur. Tüm analizler sonucunda düşük pH, $\text{NH}_3\text{-N}$ ve laktik asit içerikleri iyi bir şekilde korunmuştur. LP ve PA uygulanan silajlarda laktik asit miktarının ve ham protein içeriğinin kontrol silajından daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. PA uygulanan silajlarda ise laktik asit üretimi engellenmiştir. Aerobik koşullarda LP silajında 10^5 kob/g kontrol silajına benzer şekillerde maya sayılarına, PA ve LP+PA silajında (10^5 kob/g) daha az mantar sayılarına ulaşılmıştır. Sonuçlar LP+PA ilavesinin fermantasyon ve aerobik stabilitesini arttıran en iyi katkı maddesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Chen ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada, laktik asit bakterisi, melas ve propiyonik asit ilavesinin yulaf ve adi fiğ ile hazırlanan karışık silajı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma gruplarının; kontrol (K), melas (M), inokulant (*Lactobacillus plantarum*, LP), propiyonik asit (P), propiyonik asit+melas (PM), propiyonik asit+inokulant (P+LP) olmak üzere toplamda 6 farklı deneme grubu olacak şekilde oluşturulduğu ve 45 gün süresince silolandığı bildirilmiştir. Yapılan analizler neticesinde elde edilen bulgulara göre bütün silajların 45 gün boyunca düşük amonyak azotu ve pH içeriği (<4.19) ile yüksek laktik asit içeriği sayesinde iyi bir şekilde muhafaza edildiği belirtilmiştir. LP ve P+LP silajlarının, *Lactobacillus plantarum* içermeyen silaj gruplarına göre daha nitelikli bir fermantasyon süreci geçirdiği; PM silajlarında ise laktik asit üretiminin engellendiği ifade edilmiştir. Aerobik koşullarda, M ve LP silajlarının aerobik stabiliteyi sırasıyla 15 ve 74 saat azalttığı belirtilmiştir. İçerisinde önemli derecede propiyonik asit bulunan bütün silajlarda aerobik stabilitenin iyileştiği; 72 saatlik inkübasyonun ardından muamele gruplarında kontrol grubuna kıyasla in vitro organik madde sindirilebilirliği ve gaz üretiminin arttığı bildirilmiş olup, LP ilavesinin in vitro NDF parçalanabilirliğini azalttığı ifade edilmiştir. Sonuç olarak yulaf + adi fiğ ile hazırlanan toplam karışım rasyon silajında laktik asit bakterileri ve propiyonik asidin beraber kullanılması halinde söz konusu silajlarda fermantasyon, aerobik stabilite ve in vitro sindirilebilirlik üzerinde küçük etkilere sahip olmasına rağmen silajın korunabileceği bildirilmiştir.

Garcez Neto ve diğ. (2018) *Lactobacillus plantarum* ve *Pediococcus acidilactici* laktik asit bakterilerini kullanarak hazırladıkları beyaz yulaf (*Avena sativa* L.) silajının kimyasal, fiziksel ve biyolojik değişimlerini saptamak amacıyla çalışmalarını yürütmüşlerdir. Bitki materyali olan beyaz yulafı ekiminden 110 gün sonra silolanmak amacıyla hasat etmişlerdir. Hasat işleminden sonra bitki materyalini yaklaşık olarak 20 mm boyunda doğrama işlemine tabi tutmuşlardır. Toplamda 400 kg taze materyal 150 mm çapında ve 600 mm yükseklikteki PVC tüpleri kullanılarak silolanmışlardır. Silolama işleminde grupları rastgele olacak şekilde toplamda üç grup 6 tekrar olarak oluşturmuşlardır. Çalışma grupları: 1. grup yulaf (Y), 2. grup yulaf, *Lactobacillus plantarum* (MA 18/5U) ve *Pediococcus acidilactici* (MA 18/5U)'dan oluşan homofermantatif LAB (YB) 1×10^5 kob/g konsantrasyonunda, 3. grup yulaf, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici* ve amilaz enzimi (YBE) 1×10^5 kob/g konsantrasyonunda gruplar oluşturularak silolama işlemini yapmışlardır. Hazırladıkları siloları 108 gün süreyle fermantasyona tabi tutmuşlardır. Çalışmada aerobik stabilite, Y silajı için 9 gün ve YB silajı için ise 14 gün olarak bildirilmiştir. Bütün silajların

aerobik maruziyetinde lif olmayan karbonhidratların azalırken (%16.67 ile 14.05 kuru madde), ham proteinin değişmediğini (ortalama %8.98 KM) saptamışlardır. Ayrıca tampon kapasitesinin azaldığı, pH ve amonyak azotunun (NH₃-N) azaldığı sonucuna varmışlardır. YBE silajlarının tampon kapasitesi Y silajına göre daha yüksek (29.67'ye karşı 24.80 meq/100 g kuru madde) olduğunu bulmuşlardır. LAB sayılarına baktıklarında, YB silajının (7.83 log kob/g) Y ve YBE silajlarından (ortalama 5.24 log kob/g) daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Ayrıca, YB silajının YBE silajına kıyasladıklarında daha yüksek enterobakteri sayısına (2.49'a karşı 0.76 log kob/g) sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici* ve amilaz enzimi ile 1×10^5 konsantrasyonunda silaja ilave edildiğinde yulaf silajlarının aerobik stabilitesini, besin değerini, fermantasyonunu ve mikrobiyolojik durumlarını değiştirmediklerini bildirmişlerdir.

Wang ve diğ (2018) çalışmada mısır samanı, yulaf samanı, adi fiğ, uzun çayır otu ve çok yıllık çavdar otu silajlarından izole ettikleri sekiz adet laktik asit bakterisi (LAB) suşunu yulaf (*Avena sativa* L.) samanı silajıyla muamele ederek silaj kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. İzole edilen bakterilerden yüksek asitleştirme aktivitesine sahip olan sekiz suşu (M1, LM8, LO7, LOG9, LCG3, LTG7, I5 VE LI3) çalışmada kullanmışlardır. Seçilen sekiz suşun hepsi 5-20 °C'de, pH 3.5-7.0 ve NaCl (%3.0 ve %6.5) büyüme gösterebilen ve *Lactobacillus plantarum*, *L. coryniformis*, *Pediococcus pentosaceus*, *P. acidilactici*, *L. paraplantarum* ve *L. casei* olarak tanımlanan bakteriler olduğunu bildirmişlerdir. Tahıl hasadından sonra geriye kalan yulaf samanı 2 cm uzunluğunda doğranarak izole edilen sekiz suş ve ticari olarak kullanılan *L. plantarum* MTD-1 bitki materyaliyle muamele edilerek silolama işlemine tabi tutmuşlardır. LAB'leri 1×10^5 kob/g konsantrasyonunda kullanılmıştır. Daha sonra LAB suşları (M1, LM8, LO7, LOG9, LCG3, LTG7, I5, LI3 ve G) ve kontrol grubu: 1×10^5 kob/g bütün LAB suşlarını bitki materyaline ilave etmişlerdir, kontrol grubuna ise aynı hacimde distile su ekleyerek silajı hazırlamışlardır. Yaklaşık 550 g materyal 1 L hacimli plastik polietilen poşet içerisinde 35 gün fermantasyona bırakılmıştır. Her işlem için beş tekerrür olacak şekilde toplamda 50 poşet yulaf silajı hazırlamışlardır. Fermantasyon tamamlandığında analizleri yapılarak silaj üzerine etkileri incelemişlerdir. Bu bağlamda, bütün LAB suşları oldukça yüksek laktik asit (LA), suda çözünebilir karbonhidrat içerikleri ve LA'nın asetik aside (AA) oranı ile sonuçlanmış olup, düşük düzeyde olan pH ile amonyak nitrojen içeriğinin yulaf samanının silaj kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiğini saptamışlardır. Bütün LAB suşları arasında LOG9 en iyi performans gösteren suş olduğunu analizler sonucu bildirmişlerdir. En yüksek LA (94.19 g/kg⁻¹ kuru madde), suda çözünebilir

karbonhidrat içeriğine (44.53 g/kg⁻¹), LA/AA (18.18) ile LAB sayısı (8.86 kob/g taze ağırlık) oranı gösterdiğini ve en düşük pH (3.87) değerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun nedeninin konak özgüllüğünden kaynaklı olabileceğini ve yulaf samanı silajında başlangıç kültürü olarak LOG9 suşunun kullanılabilceğini bildirmişlerdir.

Zhao ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada silaj katkı maddesi ve çeşitlerinin yulaf silajında fermantasyon kalitesi, aerobik stabilite ve besin değerine üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada yaygın olarak kullanılan iki farklı yulaf çeşidi erken olgunlaşma evresinde hasat edilmiştir. Yulaf yem bitkisi silaj yapımı için doğranmış kontrol ve inokulant içerikli olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. İçeriği laktik asit, *L.plantarum*, *P. acidilactici*, *E. faecium*, *P. acidipropionici*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*, frukto-oligosakkarit, nişasta, demir oksit olan Sila Mix ve içeriği *L. plantarum*, *E. faecium*, *P. acidilactici*, *P. acidipropionici*, frukto-oligosakkarit ve nişastalı olan Sila-Max inokulantları 4 L destile su ile çözündürülüp, 3 kg yulaf numunelerine püskürtülerek uygulanmıştır. Numunelere log10⁸ oranında LAB eklenip 5 L kapasiteli polietilen kapaklı şişelere 9 tane silolanmıştır. Silajlar oda sıcaklığında 60 gün depolandıktan sonra örnekler alınıp besin içerikleri, besin sindirilebilirliği, mikrobiyolojik testler yapılmıştır. Geriye kalan yem örneklerine aerobik stabilitenin ölçümü için kullanılmıştır. Çalışmada yulaf çeşitlerine uygulanan inokulantlar silaj fermantasyon sürecini iyileştirmiştir. Sila-Max uygulamasının nötr deterjan lifi sindirimini, kuru madde geri kazanımı iyi sağladığını ve ruminant hayvanların beslenmesi için mükemmel aerobik stabilite sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Marković ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada, adi fiğ ve yulaf yem bitkisinin farklı oranlarda karışımlarına bakteriyel inokulant eklenmesinin etkilerini araştırmışlardır. Kruševac-Sırbistan Yem Bitkileri Enstitüsü'nün deneme arazisinde ikili karışımlar halinde yetiştirilen yulaf ve adi fiğden hazırlanan silajlarda bakteriyel inokulant olarak homofermantatif laktik asit bakterileri *Lactobacillus plantarum* ve *Enterococcus faecium* ile heterofermantatif laktik asit bakterisi *Lactobacillus brevis* bulunduran BioStabil Plus kullanıldığı ve 45 gün silolandığı ifade edilmiştir. Çalışmada adi fiğ ve yulafın; saf adi fiğ, saf yulaf, %25 adi fiğ + %75 yulaf, %50 adi fiğ + %50 yulaf ve %75 adi fiğ + %25 olacak şekilde 5 farklı oranlarda silolanmıştır. Bakteriyel inokulantın silaj içerisine 5 x 10⁵ kob/g oranında eklendiği belirtilmiştir. Silajlarda kuru madde miktarı pH, NH₃-N, bütirik asit, laktik asit ve asetik asit miktarının belirlendiği, silaj kalitesinin sınıflandırılmasında ise Alman Tarım Örgütü yöntemi kullanılmıştır. Çalışma bitiminde bakteriyel inokulant kullanımının asetik asit ve NH₃-N, miktarını yükselttiği ancak çözünür azot miktarının daha düşük olmasında etkisi

olduğu belirtilmiştir. Yüksek laktik asit içeriği ile düşük bütirik asit içeriğine sahip grubun %75:25 adi fiğ-yulaf silajı olduğu öğrenilmiştir. Yulaf ve adi fiğ karışım silajlarında bakteriyel inokulant kullanımının silaj fermantasyon aşamasında etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Tm silajların kaliteli olduğu ve adi fiğ + yulaf karışımının bakteriyel inokulant katkılı ve katkısız olarak silolanabilir olduğu belirtilmiştir.

Wang ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada İtalyan imi (*Lolium multiflorum* Lam.), uzun ayır otu (*Festuca arundinacea* Schred.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) bitkilerini *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakteri suşları ile silolayarak fermantasyon özelliklerini, besin değerini ve in vitro sindirilebilirliği üzerindeki etkiyi belirlemeyi amaçlamışlardır. Silaj matertallerinden italyan imi ve uzun ayır otu çiçeklenme aşamasında, yulaf ise dane olum aşamasında hasat edilmiştir. Hasat işleminin ardından 2-3 cm uzunluğunda doğrama işlemi yapılmıştır. Çalışmada kullanılacak olan laktik asit bakteri suşları (LAB) 30° C’de 24 saat süresince MRS broth içerisinde yetiştirilmiştir. *L. plantarum*’dan izole ettikleri LAB suşları HG24, M1 ve TG1 yüksek düzeyde asitleştirme aktivitesine sahip oldukları için çalışmada kullanılmıştır. Yüksek performanslı silaj bakterisi ve ticari olarak kullanılan *L. plantarum* MTD-1, silaj yapımında pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Hazırlanan bitki materyallerine LAB muamelesi, bütün suşlar için 1×10^5 kob/g konsantrasyonunda muamele edilmiş ve kontrol grubu için aynı hacimde damıtılmış su kullanılmışlardır. Homojen bir şekilde karıştırdıktan sonra 1 L kapasiteli plastik polietilen şişelere silolamışlardır. Her muamele için 5 tekerrür grubu olmak üzere toplamda 75 şişe hazırlamışlardır. Silolama işlemi tamamlandıktan sonra bütün muameleler 30 gün boyunca fermantasyona bırakılmışlardır. 30 günün sonunda açılan silajlar üzerinde fiziksel ve kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, LAB muameleli bütün silajların kontrol grubuna göre in vitro kuru madde sindirilebilirliğinin daha yüksek ve silajda istenmeyen mikroorganizma popülasyonunun daha düşük düzeyde olduğunu saptamışlardır. İtalyan imi ve yulaf silajlarında kullanılan bütün LAB suşlarının, pH, bütirik asit ve amonyak nitrojen içeriğinin daha düşük düzeyde olmasını sağlayarak fermantasyon kalitesini iyileştirdiğini bildirmiştir. HG24 suşları ticari olarak kullanılan *L. plantarum* MTD-1 (G) diğer suşlardan daha iyi performans göstermiş olduğunu saptamışlardır. Uzun ayır silajından izole edilen tüm LAB suşları, G suşuna kıyasla in vitro kuru madde sindirilebilirliğini net bir şekilde arttırdığı sonucuna varmışlardır. Bu analiz sonuçlarına bağlı olarak *L. plantarum* HG24 suşunun farklı kaba yem kaynaklarından silaj yapımında etkili bir LAB inokulantı olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Chen ve diğ. (2020) yulaf balya silajlarına düşük sıcaklığa toleranslı *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Lactobacillus buchneri* laktik asit bakterileri ile muamele ederek silajın fermantasyon kalitesi ile bakteri topluluğa üzerine etkisini araştırmayı amaçlamışlardır. Taze bitki materyali çiçeklenme döneminde hasat edilerek yaklaşık olarak 270 g/kg kuru madde içeriği olana kadar soldurma işlemine tabi tutmuşlardır. Hazırlamış oldukları balya silajlarını iki farklı konuma (L-H) koyarak sıcak (A)-serin (B), ılık (C)-soğuk (D) hava koşullarında 120 gün fermantasyona bırakmışlardır. Silajlarda kontrol grubu C ile inokulant kullanılan gruplar I ile gösterilmiştir. Bu bağlamda, CLA, ILA, CHB, IHB, CLC, ILC, CHD, IHD gruplarında sırasıyla pH değeri 4.56, 4.46, 4.49, 4.36, 4.42, 4.19, 4.67, 4.45, TÇM (g/kg KM) değerleri 3.0, 14.6, 15.1, 28.5, 29.4, 37.7, 19.9, 20.5, ham protein (g/kg KM) 78.7, 84.6, 79.2, 83.2, 73.1, 77.5, 62.6, 69.0, NDF (g/kg KM) değeri 509, 572, 517, 551, 495, 540, 490, 525, ADF (g/kg KM) 297, 312, 294, 318, 292, 329, 291, 318 olarak saptamışlardır. Laktik asit bakteri sayısını 6.82, 7.26, 6.61, 7.48, 7.33, 8.45, 6.16, 7.04 log₁₀ kob/g ve mayayı ise 3.72, 3.18, 3.86, 2.88, 2.24, 2.03, 3.75, 2.96 log₁₀ kob/g olarak bildirmişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda, silajlara laktik asit bakteri ilave edilmesinin TÇM, HP, NDF ve ADF değerlerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir. Laktik asit bakteri popülasyonunda artışa neden olurken, maya oranında düşüşe neden olmuştur. Silajların pH değerinin de düşmesini sağlayarak olumlu yönde silajları etkilemiştir.

Jia ve diğ. (2021) çalışmasında çiçeklenme öncesi ve dane olum dönemi olacak şekilde iki farklı olgunlaşma döneminde hasat edilen yulaf bitkisine 1×10^6 kob/g oranında *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus* ve *Lactobacillus buchneri* laktik asit bakterilerini ilave ederek 45 gün fermantasyona bırakmışlardır. Fermantasyon sonucunda pH değerleri çiçeklenme öncesi dönemde kontrol, LP, LR, LB sırasıyla 3.99, 3.85, 3.86, 3.95; dane olum döneminde sırasıyla 3.75, 3.68, 3.66, 3.75 olarak bildirilmiştir. Çiçeklenme döneminde sırasıyla toplam çözünebilir maddeler (g/kg KM) 15.3, 13.1, 12.6, 8.5, ham protein (g/kg KM) 123.9, 129.6, 124.0, 125.1, NDF (g/kg KM) 539.1, 516.6, 515.3, 538.8, ADF (g/kg KM) 315.2, 300.3, 298.8, 310.0, hemiselüloz değerleri (g/kg KM) 223.9, 216.3, 216.6, 228.7 olarak saptamışlardır. Dane olum döneminde ise bu değerler sırasıyla toplam çözünebilir maddeler (g/kg KM) 12.3, 21.6, 15.7, 10.3, ham protein (g/kg KM) 94.0, 119.7, 123.3, 111.4, NDF (g/kg KM) 491.3, 487.7, 489.2, 489.9, ADF (g/kg KM) 309.0, 302.1, 308.0, 306.1, hemiselüloz (g/kg KM) 182.4, 185.6, 181.3 ve 183.9 olarak bildirilmiştir. Çalışma sonucunda elde ettikleri veriler doğrultusunda çiçeklenme dönemi öncesi hasat edilerek silaj yapılan yulaf bitkisinin fermantasyon kalitesi ve aerobik stabilitesinin dane

olum dönemi hasat edilerek hazırlanan yulaf silajından daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Silajlara ilave edilen inokulantlardan *Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus rhamnosus* laktik asit bakterilerinin fermantasyon kalitesini iyileştirirken aerobik stabiliteyi düşürdüğü bildirilmiştir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Silaj Materyali

Çalışma materyali olan silajlık yulaf 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 Biyoteknoloji Laboratuvarıyla, Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. Silajların Hazırlanması

Silaj materyali olan yulaf bitkisi dane olum döneminde hasat edilmiş olup, hasat sonrası 1.5-2.0 cm uzunluğunda parçalama işlemine tabi tutulmuştur. Parçalama işlemi tamamlandıktan sonra 2 kg'lık plastik torbalara 1000 g bitki materyali konularak içerisinde 1×10^6 kob/g, 1×10^8 kob/g ve 1×10^9 kob/g konsantrasyonunda *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakterisi püskürtülmüştür. Ekim işleminin ardından vakum cihazı (Packtech PT-VKM-CPRO) yardımıyla paketlerin içerisinde bulunan hava vakumlanarak alınmıştır. Çalışmada her grupta 5 tekerrür olacak şekilde toplamda 20 adet silaj hazırlanmış ve laboratuvar koşullarında 20-22 °C karanlık bir ortamda 90 gün boyunca fermantasyona bırakılmıştır.

3.1.3. Silajlarda Kullanılan Katkı Maddeleri ve Kullanım Şekilleri

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

- Yulaf (Kontrol)
- 1000 g doğranmış yulaf tartılarak 2 kg'lık plastik torbalara alınmıştır. Plastik torbalara alınan materyal üzerine 1×10^6 kob/g konsantrasyonunda 1 ml *L. plantarum* enjektör yardımıyla ilave edilmiştir (Yulaf + *L. plantarum* 10^6 , LAB6).

- 1000 g parçalanmış yulaf tartılarak 2 kg'lık plastik torbalara alınmıştır. Plastik torbalara alınan materyal üzerine 1×10^8 kob/g konsantrasyonunda 1 ml *L. plantarum* enjektör yardımıyla ilave edilmiştir (Yulaf + *L. plantarum* 10^8 , LAB8)
- 1000 g parçalanmış yulaf tartılarak 2 kg'lık plastik torbalara alınmıştır. Plastik torbalara alınan materyal üzerine 1×10^9 konsantrasyonunda 1 ml *L. plantarum* enjektör yardımıyla ilave edilmiştir (Yulaf + *L. plantarum* 10^9 , LAB9).

3.2.Yöntem

Araştırmada, yulaf içerisine *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakterisi enjektör yardımıyla ilave edilmiş 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 oranlarında ilave edilmiştir. Deneme grupları 5'er tekerrürlü olarak; yulaf (kontrol, YK), yulaf + *L. plantarum* 1×10^6 kob/g (LAB6) yulaf + *L. plantarum* 1×10^8 kob/g (LAB8), yulaf + *L. plantarum* 1×10^9 kob/g (LAB9) 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 diğ. (1991)'e göre ANKOM 200 Fiber Analyzer cihazı kullanılarak yapılmış olup; pH değerleri Chen ve diğ. (1994); toplam çözülebilir madde (TÇM) içerikleri Singh ve diğ. (2020)'de açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada silajların içerdiği laktik asit bakterisi, maya ve küf sayımı Seale ve diğ. (1990) tarafından bildirilen yöntemler ile belirlenmiştir.

3.2.1. Kimyasal Analizler

- a) **Havada kuru madde (%)**: Silajlar açıldıktan sonra besin madde analizleri öncesinde, silaj gruplarından alınan örnekler tartılmış ve darası alınan alüminyum kaplara koyulmuştur. Örnekler alüminyum kaplar içerisinde etüve yerleştirilmiş ve 65 °C derecede 48 saat bekletilerek kurutulmuştur. Etüvden alınan örnekler oda

sıcaklığında bir süre soğutularak, yem örneklerinin son tartımı yapıp dara + kuru örnek ağırlığı hesaplanmıştır (AOAC, 1998).

Hesaplama;

$$\% \text{ Havada kuru madde} = ((C-A) \times 100) / (B-A)$$

A= Alüminyum Kap Darası

B= Alüminyum Kap + Örnek Ağırlığı

C= Kurutma İşlemi Sonunda Alüminyum Kap + Örnek Ağırlığı

- b) 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:

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

A= Alüminyum kap darası

B= Alüminyum kap + örnek ağırlığı

C= Kurutma İşlemi Sonunda Alüminyum Kap +Yem Örneği Ağırlığı

- c) 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 yapıp dara + kuru örnek ağırlığı hesaplanmıştır (AOAC, 1998).

Hesaplama:

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

A: Porselen Kroze Darası

B: Porselen Kroze Darası + Örnek Ağırlığı

C: Yakma İşlemi Sonrası Porselen Kroze Darası + Kül Ağırlığı

- d) **Ham yağ (%)**: Öğütülmüş örnekden 0.5 g alınarak TX4 Ankom yağ torbaları içerisine konularak ağız 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 (AOCS. 2005).

Hesaplama:

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

W1 : Örnek Ağırlığı

W2 : Ekstraksiyondan işleminden önce kurutma sonrası örnek ve torba ağırlığı

W3 : Ekstraksiyondan işleminden sonra kurutma sonrası örnek ve torba ağırlığı

- e) **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 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 ekmeden analizde kullanılan kimyasallar konularak kör çalışma yapılmıştır. Herhangi bir köpürme ve taşma durumunu engellemek amacıyla kjedahl 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’lük 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:

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

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

f) 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 diğ. (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 ulaşıktan sonra tartılmış ve elde edilen veriler kaydedilmiştir (Van Soest ve diğ. 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 ulaşıktan sonra tartılmış ve elde edilen veriler kaydedilmiştir (Van Soest ve diğ. 1991).

Hesaplama:

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

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 birlikte 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 diğ. 1991).

Hesaplama:

$$\text{Ham selüloz (\%)} = 100 \times [W3 - (W1 \times C1)] / W2$$

W1= F57 Ankom lif torba darası, g

W2= Örnek ağırlığı

W3= Organik madde ağırlığı, g

C1= Boş torba faktörü düzeltilmiş Kül

- g) Toplam çözünebilir maddeler (TÇM):** 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 diğ. 2020; Filik ve Filik, 2021).
- h) Aerobik Stabilite:** Fermentasyon süresi sonunda açılan silajlar 5 gün boyunca aerobik stabilite testine tabi tutulmuştur (Ashbell ve diğ. 1991). Test sonucunda örneklere 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:

$$CO_2 = 0.044 \times T \times V / (A \times TM \times KM)$$

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.

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

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 kullanılabilecek 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.

- a) **Sıcaklık analizi:** Açılan silajların 4 farklı noktasından Dijital Termometre ölçer yardımı ile silaj paketlerinin farklı katmanlardaki sıcaklık değerleri elde edilmiştir.
- b) **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 $[(C^*, \text{doygunluk indeksi}) = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$. Ton açısı $[(h^\circ) = h^\circ_{ab} = \text{arctanjant}(b^*/a^*)]$ (AMSA, 2012; Çayiroğlu ve diğ. 2020; Filik ve Filik, 2021).
- c) **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

- a) **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 soğutulularak

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 diğ. 1990).

b) 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 diğ. 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

Doksan günlük fermantasyon süresi tamamlandıktan sonra açılan yulaf silajlarının kuru madde değerlerine bakıldığında (Tablo 4.1.) en düşük değer LAB⁸ (933.05 g/kg) grubunda olup, en yüksek değer ise LAB⁹ (935.00 g/kg) grubunda saptanmıştır (p<0.05). Çalışma gruplarının organik madde içerikleri YK, LAB⁶, LAB⁸, LAB⁹ gruplarında, sırasıyla; %92.50, 92.29, 92.05 ve 92.28 olarak belirlenmiştir (P<0.01). Kontrol grubu ve laktik asit bakterisi ilaveli grup değerlerine bakıldığında inokulant ilavesinin organik madde değerlerinde düşüşe neden olduğu saptanmıştır. Ham kül %7.51-7.95 arasında değişiklik gösterirken, en yüksek değer LAB⁸ grubunda olduğu ve LAB⁶ ile LAB⁹ grubunun değerlerinin aynı olduğu tespit edilmiştir (P<0.01).

Tablo 4.1. Açım Sonrası Silajlara Ait Kimyasal Analiz Sonuçları

GRUP	YK	LAB ⁶	LAB ⁸	LAB ⁹	P
KM	934.10±0.20 ^b	933.55±0.25 ^{bc}	933.05±0.05 ^c	935.00±0.30 ^a	0.0132
OM	92.50±0.01 ^a	92.29±0.05 ^b	92.05±0.06 ^c	92.28±0.04 ^b	0.0085
HK	7.50±0.00 ^c	7.73±0.04 ^b	7.95±0.06 ^a	7.72±0.04 ^b	0.0085
HP	10.22±0.09 ^c	11.87±0.01 ^a	11.76±0.11 ^a	11.11±0.03 ^b	0.0003
HY	5.22±0.00 ^d	6.28±0.04 ^a	6.05±0.06 ^b	5.81±0.02 ^c	0.0001
HS	27.54±0.13 ^a	25.77±0.08 ^b	25.62±0.07 ^b	25.77±0.07 ^b	0.0003
ADF	33.50±0.12 ^a	30.96±0.13 ^b	30.50±0.13 ^c	30.93±0.00 ^b	0.0001
ADFom	26.00±0.11 ^a	23.24±0.08 ^b	22.55±0.07 ^c	23.21±0.04 ^b	0.0001
NDF	55.19±0.40 ^a	50.42±0.26 ^b	48.83±0.53 ^c	49.18±0.03 ^{bc}	0.0007
NDFom	47.69±0.40 ^a	42.71±0.30 ^b	40.88±0.47 ^c	41.46±0.01 ^{bc}	0.0005
Hsel	21.69±0.28 ^a	19.47±0.39 ^b	18.32±0.39 ^b	18.25±0.03 ^b	0.0040
TK	77.06±0.09 ^a	74.14±0.09 ^c	74.24±0.01 ^c	75.38±0.05 ^b	0.0001
LOK	21.87±0.49 ^c	23.72±0.16 ^b	25.42±0.53 ^a	26.20±0.08 ^a	0.0042
NFE	49.53±0.04 ^a	48.37±0.18 ^b	48.62±0.08 ^b	49.61±0.12 ^a	0.0033
TÇM	19.58±0.25 ^a	18.18±0.44 ^b	19.23±0.28 ^a	19.45±0.26 ^a	0.0337

KM: Kuru madde (g/kg), OM: Organik madde (%), HK: Ham kül (%), HP: Ham protein (%), HY: Ham yağ (%), HS: Ham selüloz (%), ADF: Asit deterjanda çözünemeyen lif (%), ADFom: ADF organik madde NDF: Nötr deterjanda çözünemeyen lif (%), NDFom: NDF organik madde 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), YK: Yulaf kontrol, LAB⁶: Yulaf + LP 1 x 10⁶, LAB⁸: Yulaf + LP 1 x 10⁸, LAB⁹: Yulaf + LP 1 x 10⁹.

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Yulaf silajlarının ham protein ve ham yağ içeriklerinin kontrol (YK) grubuna göre önemli düzeyde artış göstermiştir. Ham selüloz değeri bakıldığında kontrol (YK) grubuna göre inokulant ilaveli grupların değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yulaf silajlarının

ADF ve NDF değerleri YK, LAB⁶, LAB⁸ ve LAB⁹ sırasıyla %33.50, 30.96, 30.50, 30.93 ve (P<0.01) %55.19, 50.42, 48.83, 49.18 (P<0.01) olup laktik asit ilaveli grupların kontrol (YK) grubunun değerlerinden daha düşük olarak bulunmuştur. ADFom ve NDFom oranlarına bakıldığında diğer gruplara göre kontrol grubunun değerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmada laktik asit bakteri ilavesi silajların hemiselüloz değerlerinde düşüşe neden olduğu saptanmıştır. Toplam karbonhidrat değeri kontrol (YK) grubuna göre diğer gruplarda düşük bulunmuştur. Lif olmayan karbonhidrat (LOK) değerine bakıldığında inokulant ilaveli silaj gruplarının kontrol grubu değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Silajlar NFE bakımından incelendiğinde, LAB⁶ ve LAB⁸ grubunun değeri YK grubundan düşük bulunurken, LAB⁹ silaj grubunda herhangi bir değişime neden olmadığı çalışma bulgularından saptanmıştır. TÇM değerinin kontrol grubuyla muameleli gruplar arasında değerleri önemli bulunmuş olup, en düşük değer LAB⁶ (18.18 %Bx) grubunda saptanmıştır (P<0.05).

Tablo 4.2. Silajların SHP ve Enerji İçerikleri

GRUP	YK	LAB ⁶	LAB ⁸	LAB ⁹	P
SHP	5.51±0.08 ^c	7.01±0.00 ^a	6.91±0.10 ^a	6.31±0.02 ^b	0.0003
TSBM	59.11±0.11 ^c	60.95±0.00 ^a	60.85±0.12 ^a	60.15±0.02 ^b	0.0003
SE	2.61±0.00 ^c	2.69±0.00 ^a	2.69±0.00 ^a	2.65±0.00 ^b	0.0002
ME	2.14±0.01 ^c	2.20±0.00 ^a	2.20±0.00 ^a	2.18±0.01 ^b	0.0006
NE_L	1.33±0.00 ^c	1.37±0.00 ^a	1.37±0.00 ^a	1.35±0.00 ^b	0.0001
NE_M	1.28±0.00 ^c	1.34±0.00 ^a	1.34±0.01 ^a	1.32±0.01 ^b	0.0009
NE_G	0.71±0.00 ^c	0.76±0.00 ^a	0.77±0.01 ^a	0.74±0.00 ^b	0.0003

SHP: Sindirilebilir ham protein (%), TSBM: 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-bakım (Mcal/kg), NE_G: Net enerji kazanç (Mcal/kg), YK: Yulaf kontrol, LAB⁶: Yulaf + LP 1 x 10⁶, LAB⁸: Yulaf + LP 1 x 10⁸, LAB⁹: Yulaf + LP 1 x 10⁹.

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Analiz bulguları sonucunda sindirilebilir ham protein (SHP) değerleri Tablo 4.2’de verildiği üzere YK, LAB⁶, LAB⁸, LAB⁹ gruplarında sırasıyla %5.51, 7.01, 6.91, 6.31 olarak bulunmuş olup (P<0.001), inokulant ilave edilmiş olan grupların değeri kontrol grubundan daha yüksek bulunmuştur. TSBM (Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri) değeri en düşük 59.11 ile YK grubunda en yüksek değer 60.95 ile LAB⁶ silaj grubunda olduğu saptanmıştır (P<0.001). SE değeri YK, LAB⁶, LAB⁸ ve LAB⁹ sırasıyla 2.61, 2.69, 2.69, 2.65 olarak bulunmuştur (P<0.01). Metabolik enerji (ME) ise 2.14 ile 2.20 arasında farklılık göstermiştir (P<0.001). NE_L, NE_M ve NE_G değerlerinin kontrol grubuna göre inokulant ilaveli gruplarda artış olduğu belirlenmiştir (P<0.001).

Tablo 4.3. Silajların Yem Kalite Özellikleri

GRUP	YK	LAB6	LAB8	LAB9	P
SKM	62.80±0.09 ^c	64.79±0.10 ^b	65.14±0.10 ^a	64.81±0.01 ^b	0.0001
KMT	2.18±0.01 ^c	2.38±0.01 ^b	2.46±0.02 ^a	2.44±0.00 ^{ab}	0.0006
NYD	105.86±0.92 ^c	119.54±0.44 ^b	124.13±1.53 ^a	122.58±0.08 ^{ab}	0.0005
NYK	104.49±0.58 ^c	117.94±0.62 ^b	121.61±1.55 ^a	119.33±0.03 ^{ab}	0.0005

SKM: Sindirilebilir kuru madde (%), KMT: Kuru madde tüketimi, NYD: Nispi yem değeri, NYK: Nispi yem kalitesi, YK: Yulaf kontrol, LAB⁶: Yulaf + LP 1 x 10⁶, LAB⁸: Yulaf + LP 1 x 10⁸, LAB⁹: Yulaf + LP 1 x 10⁹.
*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Sindirilebilir kuru madde (SKM) oranı %62.80 ile 65.14 arasında değişiklik göstermiş olup, en yüksek değer LAB8 grubunda belirlenmiştir (P<0.001) (Tablo 4.3.). KMT değerinin inokulant ilave edilmiş olan LAB8 grubunda diğer gruplara göre yüksek bulunmuştur (P<0.001). NYD ve NYK düzeylerine bakıldığında kontrol grubuna göre diğer gruplarda önemli düzeyde artmış olduğu belirlenmiştir (P<0.001).

Tablo 4.4. Açım sonrası KM, pH₁ ve Silajlara Ait Fiziksel Analiz Sonuçları

GRUP	YK	LAB ⁶	LAB ⁸	LAB ⁹	P
ASKM	41.83±0.16 ^{bc}	40.96±0.00 ^c	43.29±0.57 ^a	42.59±0.32 ^{ab}	0.0023
pH ₁	5.45±0.05 ^a	4.93±0.04 ^c	5.06±0.01 ^b	4.98±0.01 ^{bc}	0.0001
Sıcaklık	21.38±0.33	20.58±0.03	20.69±0.24	20.83±0.08	0.0756
L*	42.68±3.26	39.24±1.20	37.24±1.67	42.75±2.64	0.3069
a*	5.48±1.10	3.79±0.21	3.96±0.38	4.35±0.16	0.2357
b*	16.33±1.84	14.42±0.29	14.16±0.88	15.57±1.06	0.5377
C*	17.25±2.07	14.92±0.27	14.74±0.78	16.19±0.99	0.4556
h ^o	71.85±1.84	75.27±0.91	74.11±2.17	74.14±1.49	0.5509

ASKM: Açım sonrası kuru madde, L: Parlaklık, a: Kırmızı ve yeşilliği, b: Sarı ve maviliği, C: Chroma, h^o: Hue angle, YK: Yulaf kontrol, LAB⁶: Yulaf + LP 1 x 10⁶, LAB⁸: Yulaf + LP 1 x 10⁸, LAB⁹: Yulaf + LP 1 x 10⁹.

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Fermantasyon süresi tamamlandıktan sonra açılmış olan silajların fiziksel analiz sonuçları Tablo 4.4.'te gösterilmiştir. Silajların ASKM içeriklerine bakıldığında en yüksek değer LAB8 (%43.29) grubunda olduğu belirlenmiştir (P<0.01). Silajların pH₁ dereceleri incelendiğinde, kontrol grubu ve inokulant ilaveli gruplar arasında önemli derecede değişiklik göstermiş olup, en düşük pH₁ derecesi 4.93 ile LAB⁶ grubunda bulunmuştur (P<0.01). Bulunun veriler doğrultusunda yulaf silajına *Lactobacillus plantarum* ilave edilmesiyle birlikte silajların pH₁ dereceleri düşmüştür. Silajların renk parametrelerine bakıldığında gruplar arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir (P>0.05).

Tablo 4.5. Silajların Açım Zamanındaki Mikroorganizma Sayım Sonuçları

GRUP	YK	LAB ⁶	LAB ⁸	LAB ⁹	P
LAB, log ₁₀ kob/g	2.67±0.33	YDKA	1.00±0.00	1.00±0.00	0.1667

Maya, log₁₀ kob/g	2.33±0.33	1.50±0.50	1.67±0.33	1.00±0.00	0.1591
Küf, log₁₀ kob/g	YDKA	YDKA	YDKA	YDKA	-

LAB: Laktik asit bakterileri, YK: Yulaf kontrol, LAB⁶: Yulaf + LP 1 x 10⁶, LAB⁸: Yulaf + LP 1 x 10⁸, LAB⁹: Yulaf + LP 1 x 10⁹. YDKA: yok denecek kadar az.

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Silajların açım zamanındaki mikroorganizma sayım sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir. Tabloya bakıldığında laktik asit bakteri yoğunlukları açısından gruplar arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Maya içeriğine bakıldığında ise en yüksek maya içeriği kontrol grubunda (2.33 log₁₀ kob/g) en düşük maya içeriği ise LAB9 grubunda (1.00 log₁₀ kob/g) saptanmış olup gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

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

GRUP	YK	LAB⁶	LAB⁸	LAB⁹	P
pH₂	5.52±0.03 ^a	4.92±0.02 ^c	5.07±0.01 ^b	5.03±0.01 ^b	0.0001
CO₂	4.15±0.63	2.51±0.00	3.52±0.25	3.46±0.81	0.5667
ASS Maya log₁₀ kob/g	13.33±2.03 ^a	1.00±0.00 ^b	6.67±0.88 ^{ab}	1.00±0.00 ^b	0.0325
ASS Küf, log₁₀ kob/g	YDKA	YDKA	YDKA	YDKA	-

CO₂: Karbondioksit miktarı, ASS: Aerobik Stabilite Sonrası, YK: Yulaf kontrol, LAB⁶: Yulaf + LP 1 x 10⁶, LAB⁸: Yulaf + LP 1 x 10⁸, LAB⁹: Yulaf + LP 1 x 10⁹. YDKA: yok denecek kadar az.

*Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir.

Silajların 5 günlük aerobik stabilite sonuçları Tablo 4.6’da belirtilmiştir. Tablodaki sonuçlar doğrultusunda pH₂ değeri YK, LAB⁶, LAB⁸ ve LAB⁹ sırasıyla 5.52, 4.92, 5.07 ve 5.03 olarak bulunmuştur. pH₂ değeri en yüksek kontrol grubunda belirlenmiş olup, muameleli gruplarda pH değerinin düşüş gösterdiği saptanmıştır (P<0.001). CO₂ değerinin gruplar arasında farklılık göstermediği belirlenmiştir (P>0.05). Gruplar arasında aerobik stabilite sonrası maya içeriği incelendiğinde en yüksek maya içeriğinin kontrol grubunda (13.33 log₁₀ kob/g) olduğu, inokulant ilave edilen grupların maya içeriklerinin kontrol grubuna göre önemli derecede düştüğü ve gruplar arasındaki farklılıkların önemli olduğu sonucuna varılmıştır (P<0.05).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1.Tartışma

Araştırmadaki silajların besin madde içeriklerine bakıldığında KM değeri en düşük değer 933.05 g/kg olarak LAB⁸ grubunda, en yüksek değer ise 935.00 g/kg ile LAB⁹ grubunda tespit edilmiştir. Araştırmada pH değerlerine bakıldığında en yüksek pH değerinin 5.45 ile yulaf kontrol (YK) grubunda olduğu en düşük pH değerinin ise 4.93 ile yulaf + *L. plantarum* 10⁶ (LAB⁶) grubunda olduğu görülmektedir. Genel olarak LP ilavesinin tüm dozlarda pH değerlerini kontrol grubuna göre düşürdüğü belirlenmiştir. Garcez Neto ve diğ. (2018)'in yulaf silajlarına LAB ve LAB + enzim ilave ettiği çalışmalarında pH değerlerinin kontrol ve yulaf + LAB gruplarında, sırasıyla 4.23 ve 4.33; Ilavenil ve diğ. (2015)'in 13 farklı bölgeden rastgele toplanılan yulaf silajlarına *L. plantarum* ilave ettikleri çalışmalarında pH değerlerinin kontrol ve LAB ilaveli gruplarda sırasıyla 4.78 ve 4.40; Zhang ve diğ. (2015)'in yulaf ve fiğ karışım silajlarına *L. plantarum*, propiyonik asit ilave ettikleri çalışmalarında pH değerlerinin kontrol ve *L. plantarum* ve ilaveli gruplarda sırasıyla 3.98, 3.83 ve 3.78 olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmada elde edilen bulgular ve literatür taramalarında görülen sonuçlara bakıldığında genel olarak *L. plantarum* ilavesinin yulaf silajlarında pH değerlerinin düşmesinde etkili olduğu fakat bu durumun dozlara göre değişiklik gösterebileceği söylenebilir. Bu durumun silaj mikroflorasında arzu edilmeyen mikroorganizma oluşumunun önüne geçebileceği düşünülmektedir. Nitekim *Clostridial* sporlar ve *Enterobacteria* familyasına ait mikroorganizmalar genellikle silaj pH derecesinin 6-7 civarında olduğu durumlarda aktivite göstermektedir. Silaj pH'sının 5 ve altı olması durumunda söz konusu bakteri grubu ve sporların gelişim göstermediği bildirilmektedir (Filya, 2001).

Organik madde içeriği incelendiğinde kontrol grubuna göre muamele gruplarında kayıplar meydana gelmiştir. Bu kayıpların silajlara ilave edilen inokulantların yaşamsal aktivitelerini devam ettirmek amacıyla kullandığı kullanılma oranları ile orantılı olarak şekeri kullanmalarından kaynaklandığı söylenebilir. Nitekim *Lactobacillus plantarum* homofermantatif laktik asit bakterisi ortamdaki şekeri çoğunlukla laktik aside dönüştürmektedir (Can, 2010). HP ve HK değerleri YK kontrol grubunda sırasıyla %10.22

ve 7.51 olarak bulunmuş olup en düşük değerlerin bu grupta olduğu saptanmıştır. Fermantasyon tamamlandığında HP ve HK değerlerinin, kontrol grubuna göre muamele gruplarında önemli derecede artış olduğu belirlenmiştir. Pienaar (2010) yapmış olduğu çalışmada HP içeriğini kontrol grubunda 101.0, LAB muameleli grupta 103.0, Romero ve diğ. (2017) polietilen poşet kullanarak yaptıkları çalışmada HP içeriğini kontrol ile inokulant ilaveli gruplarda sırasıyla 6.82 ve 7.03, Wang ve diğ. (2019) dört farklı *Lactobacillus plantarum* suşlarını kullanarak yapmış oldukları çalışmada HP içeriğini kontrol grubunda 70.7 olarak bulurken inokulant ilave edilen gruplarda sırasıyla 82.4, 82.4, 83.7 ve 82.2 değerlerini bulmuşlardır. Garcez Neto ve diğ. (2018) yulaf silajına *L. plantarum* bakterisini ilave ederek yapmış olduğu silajda HK değerini kontrol grubunda 6.44, inokulant ilave ederek yaptığı grupta 6.23, Ilavenil ve diğ. (2015) yapmış olduğu çalışmada HK değerini kontrol grubunda 9.15 bulurken, muameleli grupta 7.71 olarak bulmuştur. Chen ve diğ. (2016) çalışmada HK değerini kontrol grubunda 19.15, *L. plantarum* ilave edilen grupta 19.2, Zhang ve diğ. (2015) yapmış oldukları çalışmada fermantasyonun 60. gününde HK değerini kontrol grubunda 7.17 bulurken inokulant ilave edilen grupta 7.37 değerini bulmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda HP değeri homofermantatif laktik asit bakteri ilave edildiğinde gruplarda artış göstermiş olup, benzer şekilde yapılmış olan çalışmalarla uyum içerisinde olduğu saptanmıştır. Araştırmamızda HK değeri kontrol grubu ile inokulant ilaveli gruplar karşılaştırıldığında LAB ilavesinin HK değerini arttırdığı saptanmıştır. Benzer şekilde yapılan çalışmalarda Garcez Neto ve diğ. (2018) ve Ilavenil ve diğ. (2015)'nin yaptıkları çalışmalarda HK değerinde homofermantatif LAB ilavesinin düşüşe neden olduğu saptanırken, Chen ve diğ. (2016) ve Zhang ve diğ. (2015) yapmış oldukları çalışmada sayısal bir artış olurken, istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Bu bağlamda, Chen ve diğ. (2016) ve Zhang ve diğ. (2015) çalışmada silajı karışım olarak yapmış olmalarından dolayı tez ile uyum göstermediği, Garcez Neto ve diğ. (2018) ve Ilavenil ve diğ. (2015) çalışmalarının silaj materyalini yulaf ve aynı bakteriyi kullanmış olmalarına rağmen homofermantatif bakteri ilavesinin gruplarda değişime neden olmaması bitki materyalinin yetiştirildiği bölgeden, hasat zamanından, silolama şeklinden ve silolama süresinden kaynaklı olarak farklı olabileceği düşünülmektedir.

Silajların ADF ve NDF değerlerine bakıldığında en düşük ADF değerinin %30.50 ile yulaf + *L.plantarum* 10^8 (LAB8), en yüksek ADF değerinin ise 33.50 ile yulaf kontrol (YK) grubunda olduğu görülmektedir. NDF değerlerinde ise en düşük değer %48.83 ile yine LAB8, en yüksek değer ise 55.19 ile YK grubunda olduğu belirlenmiştir. Genel olarak

ADF ve NDF değerleri tm LAB dozlarında kontrol grubuna göre düşüş göstermiştir. Ilavenil ve diğ. (2015)'in 13 farklı bölgeden rastgele toplanılan yulaf silajlarına *L. plantarum* ilave ettikleri çalışmalarında ADF değerlerinin kontrol ve LAB gruplarında sırasıyla %38.67, 35.68; NDF değerlerinin ise %59.16 ve 55.06; Zhang ve diğ. (2015)'in yulaf ve fiğ karışım silajlarına *L. plantarum*, propiyonik asit ilave ettikleri çalışmalarında ADF değerlerinin kontrol ve LAB gruplarında sırasıyla %22.22 ve 21.85 NDF değerlerinin kontrol ve LAB gruplarında sırasıyla %45.20 ve 43.50; Jia ve diğ. (2021)'in farklı dönemlerde hasat edilen yulaf silajlarına *L. plantarum*, *L. buchneri* ve *L. rhamnosus* ilave ettikleri çalışmalarında çiçeklenme öncesi dönemde hasat edilerek hazırlanan yulaf silajlarında kontrol ve *L. plantarum* gruplarında ADF değerlerinin sırasıyla %31.52 ve 30.03, dane olum döneminde hasat edilen yulaf silajında ise sırasıyla %30.90 ve 30.21, NDF değerlerinin ise çiçeklenme öncesi dönemde %53.91 ve 51.66, dane olum döneminde ise %49.13 ve 48.77; Chen ve diğ. (2016)'nın yulaf silajında *L. plantarum*, propiyonik asit, melas ve karışımlarının etkilerini araştırdıkları çalışmalarında ADF değerlerinin kontrol ve *L. plantarum* ilaveli gruplarda sırasıyla %35.29 ve 34.65, NDF değerlerinin kontrol ve *L. plantarum* ilaveli gruplarda sırasıyla %76.23 ve 69.76 olduğunu bildirmişlerdir. Söz konusu çalışmalarda da ADF ve NDF değerlerinin *L. plantarum* ilaveli gruplarda kontrole göre azaldığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda tezden elde edilen sonuçların, *L. plantarum*'un ADF ve NDF zerindeki genel etkisi bakımından diğer çalışmalardaki sonuçlar ile uyum içerisinde olduğunu söylemek mümkündür.

Grupların hemiselüloz içeriklerine bakıldığında en yüksek değer kontrol grubunda saptanırken, inokulant ilaveli gruplar arasında farklılık belirlenmemiştir (Tablo 4.1). Chen ve diğ. (2016)'nın yulaf ve adi fiğ karışım silajlarına homofermantatif *L. plantarum* laktik asit bakterisini ilave ederek yapmış olduğu çalışmada kontrol grubunda %40.95 inokulant ilave edilen grupta 35.53, Garcez Neto ve diğ. (2018) *L. plantarum* ve *P. acidilactici* laktik asit bakterisini kullanarak yapmış olduğu yulaf çalışmasında kontrol ve inokulant ilaveli grubun hemiselüloz değerleri sırasıyla %31.59 ve 31.06 olarak bildirilmiştir. Bulgular doğrultusunda benzer şekilde yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlar ile tez çalışması sonuçlarının uyumlu olduğu saptanmıştır. Bu bağlamda homofermantatif laktik asit bakteri ilave edilmesi bitki çeşidine, protein içeriğine, karbonhidrat içeriğine ve bitkinin olgunlaşma döneminde göre silajların hemiselüloz değerinde değişikliklere neden olduğunu söylemek mümkündür.

Silajların toplam çözünebilir madde (TÇM, % Bx) miktarlarına bakıldığında en yüksek değer 19.58 ile kontrol grubunda, en düşük değer ise 18.18 ile LAB⁶ grubunda olduğu belirlenmiş olup, doz yoğunluğunun tersine bağlı olarak TÇM değerlerinde bir azalma meydana gelmiştir. Gruplar arasındaki TÇM değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Xiong ve diğ. (2022)'nin farklı laktik asit bakterilerinin yulaf silajında etkilerinin belirlenmesinin amacıyla yaptıkları çalışmalarında kontrol ve *L. plantarum* ilaveli gruplarda TÇM değerlerinin sırasıyla 5.1 ve 7.9; Jia ve diğ. (2021)'in farklı dönemlerde hasat edilen yulaf silajlarına *L. plantarum*, *L. buchneri* ve *L. rhamnosus* ilave ettikleri çalışmalarında çiçeklenme öncesi dönemde hasat edilerek hazırlanan yulaf silajlarında kontrol ve *L. plantarum* ilaveli gruplarda TÇM değerlerinin sırasıyla 15.3 ve 13.1, dane olum döneminde hasat edilen yulaf silajında ise TÇM değerlerinin sırasıyla 12.3 ve 21.6 olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada elde edilen bulgular ve literatürde yer alan sonuçlar arasında görülen farklılıklar silaj materyalinin vejetasyon farklılıkları ve silaj yapım tekniğindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülürken, diğer yandan *L. plantarum* doz oranı seyredikçe TÇM içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Nitekim Çayıroğlu ve diğ. (2016)'nın bildirdiğine göre yüksek TÇM içeriği silajlarda kuru madde kaybının azaltılmasında ve silaj kalitesinin artırılmasında etkili olmaktadır. Ayrıca bir silajın TÇM içeriğinin en az %3 olması gerektiği belirtilmiştir.

Silajların SHP, TSBM ve enerji içerikleri incelendiğinde, LAB ilavesi tüm doz gruplarında kontrol grubuna göre bir artış meydana getirmiştir. Fakat SE, ME, NE_L, NE_M ve NE_G değerlerinde LAB⁶ ve LAB⁸ grupları arasındaki istatistiksel benzerlik bu iki dozun etki potansiyelinin aynı olduğunu düşündürmektedir (Tablo 4.2). Genel anlamda yulaf silajına *L. plantarum* ilavesinin fermantasyonun daha nitelikli bir şekilde gerçekleşmesinde ve silaj kalitesinin artmasında etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Açılan silajlar nispi yem değeri (NYD) ve nispi yem kalitesi (NYK) bakımından incelendiğinde (Tablo 4.3.), besin madde değerlerindeki artışla doğru orantılı olarak bu değerlerin de artış gösterdiği belirlenmiştir. NYD ve NYK parametreleri Kılıç ve Abdiwali (2016) ile Filik (2020)'in bildirmiş olduğu derecelere göre değerlendirildiğinde NYD bakımından tüm gruplardaki silajların 2. kalite, yani "iyi kalite" derecesinin bir alt derecesinde yemler olduğu görülmektedir. NYK bakımından ise tüm silaj gruplarının düve ve 18-24 aylık kurudaki ineklerin beslenmesinde kullanılacak yemler olduğu belirlenmiştir.

Fermentasyon süresi tamamlandıktan sonra açılan silajda ısı kaybı ve herhangi bir bozulma olmadan kaldığı sürenin uzunluğu aerobik stabilite olarak tanımlanmaktadır (Koç ve diğ., 2018). Aerobik stabilite süresinin uzun sürmesi çok iyi, kısa sürmesi de kötü olarak derecelendirilmektedir. Genel anlamda silajlardaki aerobik bozulmalar pH değerinde farklılıklar, CO₂ üretimi, maya ile küf sayılarının artış göstermesi ve KM'de kayıplar olarak kendini göstermektedir (Ashbell ve diğ. 1991; Franco ve diğ. 2019). Bu tez çalışmasında, aerobik bozulmanın göstergesi olarak pH₂, CO₂ üretimi ve mikroorganizma gelişimindeki değişiklikler göz önünde bulundurulmuştur. CO₂ üretiminin fazla pH₂ değerinin yüksek olması bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların gelişiminde artış meydana geldiğini göstermektedir. CO₂ üretiminin yüksek olması silajın raf ömrünün kısılmasına neden olmaktadır. Yani aerobik stabilitenin zayıf olduğu bildirilmektedir. Çalışmamızda 5 gün süren aerobik stabilite testinin sonucunda YK, LAB⁶, LAB⁸ ve LAB⁹ sırasıyla pH₂ değeri 5.52, 4.92, 5.07 ve 5.03, CO₂ değerleri 4.15, 2.51, 3.52 ve 3.46 g/kg KM, maya sayısı 13.33, 1.00, 6.67 ve 1.00 log₁₀ kob/g olarak bulunmuştur (Tablo 4.6). Bu çalışmada kullanılan laktik asit bakterisi genel anlamda silajların aerobik stabilitesini iyileştirmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda silaja *L. plantarum* laktik asit bakterisinin ilave edilmesiyle silaj içerisindeki arzu edilmeyen mikroorganizma gelişimini yavaşlatmış olup, 5 günlük aerobik stabilite testi süresince de aynı şekilde aktivasyonuna devam etmiş olduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, çalışmamızda kullanmış olduğumuz LAB suşunun açıldıktan sonra bekleme durumu sözü konusu olan silajlarda kullanımının silaj ömrünün uzatılmasında önemli rol oynayacağı düşünülmektedir. Pienaar (2010) yulaf silajına homofermantatif *Pediococcus acidilactici* ve *Lactobacillus buchneri* laktik asit bakterinin ilave ederek yapmış olduğu çalışmada CO₂ üretimi kontrol grubunda 6.45, inokulant ilave edilen grupta ise 3.90 g/kg KM olarak bildirmiştir. Tez çalışması sonucu ve literatür bildirişlerine bakıldığında homofermantatif *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakteri kullanımının silaj aerobik stabilitesinin iyileşmesini sağlamaktadır. Çalışmada açım sonrası mikroorganizma sayım sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir. Silajların LAB içerikleri YK, LAB⁶, LAB⁸ ve LAB⁹ gruplarında sırasıyla 2.67, YDKA, 1.00 ve 1.00 şeklinde bulunmuş, gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Sonuçlara bakıldığında homofermantatif *Lactobacillus plantarum* laktik asit bakterisinin silajların LAB içeriğine beklenen etkiyi göstermediği, bu durumun bitki materyali ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Koç ve diğ. (2019)'un bildirdiğine göre; silajlık materyalde hasat öncesinde bitki bünyesinde bulunan doğal LAB popülasyonunun miktarı, doğal halde bulunan laktik asit bakterilerinin fermentasyona etkisinin katkı maddesi olarak kullanılan LAB ile benzer olması, silaj materyali ile kullanılan

LAB interaksyonu ve bakteriofajların fermantasyonda bir gelişimin gerçekleşmemesinin muhtemel sebepleri olabilmektedir.

5.2.Sonuç

Tez çalışmasında yulaf gibi buğdaygil yem bitkilerinin çeşitli katkı maddeleri ile birlikte tek başına silolanabilirliği değerlendirilmektedir. Araştırmada bir homofermantatif/seçici heterofermantatif laktik asit bakterisi olan *Lactobacillus plantarum* yulaf silajına farklı dozlarda ilave edilmiştir. Genel anlamda tüm doz grupları maya ve küf oluşumunu önemli ölçüde engellemiştir. Silajların *lactobacilli* yoğunluğunun artmasında ise beklenen etkiyi göstermemiştir. Bu durumun LAB'nin silaj besin madde özellikleri üzerindeki etkileri gerek çalışma sonuçları gerekse literatür araştırmaları doğrultusunda silajlık materyalin türü, hasat zamanı, silolama süresi ve bakteri suşuna göre değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. LAB ilavesinin silajlarda HP, HK ve HY değerlerini artırdığı; ADF, NDF ve ham selüloz değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir.

Silajların TÇM miktarı incelendiğinde en düşük LAB6 (%18.18) grubunda olduğu görülmekte olup, gruplar arasındaki farkın önemli olduğu ve muamele gruplarının TÇM değerlerinde linear bir artış olduğu belirlenmiştir. Silajın açım sonrası gerçekleşen kuru madde kaybının istatistiksel olarak kontrol grubuna ile muamele grupları arasındaki farkın kullanılan inokulant ve dozlarına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Silajların aerobik stabilitelerinin iyileşme olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak, aerobik stabilite sonrası yapılan analizlerde maya ve küf oluşumunun önemli ölçüde engellendiği ve pH düzeylerinde diğer çalışmalarla benzer şekilde düşüş olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, CO₂ miktarlarında gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır.

Çalışma neticesinde elde edilen bulgular ve yapılan literatür taramaları sonucunda gerekli olduğu düşünülen bazı öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- 1) Araştırmada katkı maddesi olarak kullanılan *Lactobacillus plantarum*'un maya ve küf oluşumu üzerinde etkili olduğu fakat silajların laktik asit bakteri yoğunluğunun beklenen düzeyde artmadığı gözlemlenmiştir. Bu durumun silaj materyali veya silaj materyalinin hasat zamanı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.
- 3) Araştırmada katkı maddesi 1×10^6 kob/g, 1×10^8 kob/g ve 1×10^9 kob/g oranlarında ilave edilmiştir. Silajların *lactobacilli* miktarında açım sonrası yapılan analizlerde

beklenen artışın olmaması, silaj materyali veya silaj materyalinin hasat zamanı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Araştırmada bir turşu türünden izole edilen *Lactobacillus plantarum* MF098786 suşu kullanılmıştır. Farklı gıdalardan izole edilen farklı *L. plantarum* suşlarının yulaf ya da farklı bitkilerin tek başına veya karışımlarına ilave edilmesi hakkında çalışma yapılması gerektiği düşünülmektedir. Böylece silaj mikrobiyolojisi hakkında literatüre zenginlik sağlayacağı ön görülmektedir.



KAYNAKÇA

- AMSA. (2012). Meat Color Measurement Guidelines. American Meat Science Association. <https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/hot-topics/download-the-ebook-format-pdf-of-the-meat-color-measurement-guidelines.pdf?sfvrsn=a218b8b3>, 24.11.2021
- 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. https://library.csbe-scgab.ca/docs/journal/33/33_2_391_ocr.pdf, Access Date: 02.12.2021
- Can, L. (2010). Triticale-Macar fiği hasılına enzim ve laktik asit bakterileri inokulant ilavesinin silaj kalitesi üzerine etkileri (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- 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.
- Chen, L., Bai, S., You, M., Xiao, B., Li, P., & Cai, Y. (2020). Effect of a low temperature tolerant lactic acid bacteria inoculant on the fermentation quality and bacterial community of oat round bale silage. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114669.
- Çayroğlu, H., Coşkun, İ., & Şahin, A. (2016). Silajın Aerobik Stabilesini Etkileyen Faktörler ve İyileştirme Stratejileri. *Alınteri Zirai Bilim Dergisi*, 31 (B), 91-

- 97.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.
- Erbil, N. İ. (2012). Homofermantatif ve/veya heterofermantatif laktik asit bakterileri inokulantların Macar fiği-buğday karışımı silajların fermantasyon ve aerobik stabilite özellikleri üzerine etkileri (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- 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.
- 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.
- Filya, İ. (2001). Silaj fermantasyonu. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 32(1), 87-93.
- Filya, İ. (2002). Laktik asit bakteri ve laktik asit bakteri+ enzim karışımı silaj inokulantlarının mısır silajı üzerine etkileri.
- Franco, M., Stefanski, T., Jalava, T., Kuoppala, K., Huuskonen, A., Rinne, M. (2019). Fermentation quality and aerobic stability of low moisture-crimped wheat grains manipulated by organic acid-based additives. *The Journal of Agricultural Science*, 157(3), 245-253. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000546>
- Garcez Neto, A. F., Silva, J. D., Santos, T. M. D., Fernandes, S. R., & Nascimento, E. M. (2018). Chemical, physical and biological changes of white oat ensiled with different additives. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 19, 1-10.
- 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
- Gül, Z. D., & Tan, M. (2013). Baklagil yem bitkilerinin silajlık olarak kullanılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(2), 189-193.
- Ilavenil, S., Srigopalram, S., Park, H. S., Kim, W. H., Lee, K. D., & Choi, K. C. (2015). Beneficial effects of lactic acid bacteria inoculation on oat based silage in South Korea. *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, 35(3), 207-211.

- 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.
- 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., Erol, A., 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.
- Kiraz, A. B., & Kutlu, H. R. (2016). Bakteriyel İnokulant Kullanımının Silajlarda Fermantasyon Özellikleri Üzerine Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3), 230-238.
- Koç, F., Hotun, G. C., Tuncay, Y. (2019). Silaj inokulantları kullanarak yapılan araştırmaların meta analitik değerlendirilmesi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 2(2), 21-34.
- Koç, F., Özdüven, M. L., Demirci, A. Ş., Şamlı, H. E. (2018). Mısır Silajlarında Saha Şartlarında Aerobik Stabilitate Süresince Mikrobiyal Kompozisyondaki Değişikliklerin Termal Kamera Görüntüleme Tekniği ile Değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(2), 167-174.
- Marković, J., Blagojević, M., Kostić, I., Vasić, T., Anđelković, S., Petrović, M., & Štrbanović, R. (2018). Effect of bacterial inoculants application and seeding rate on common vetch-oat silage quality. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 34(2), 251-257.
- Özkan, U., & Şahin Demirbağ, N. (2016). Türkiyede kaliteli kaba yem kaynaklarının mevcut durumu. *Türkiye Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 9(1), 23-27.
- Pienaar, J. (2010). Fermentation, stability and degradability of whole-crop oat silage ensiled with a commercial inoculant (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

- Romero, J. J., Zhao, Y., Balseca-Paredes, M. A., Tiezzi, F., Gutierrez-Rodriguez, E., & Castillo, M. S. (2017). Laboratory silo type and inoculation effects on nutritional composition, fermentation, and bacterial and fungal communities of oat silage. *Journal of dairy science*, 100(3), 1812-1828.
- 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.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and non-starch carbohydrates in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Wang, S., Yuan, X., Dong, Z., Li, J., & Shao, T. (2018). Characteristics of lactic acid bacteria isolated from different sources and their effects on the silage quality of oat (*Avena sativa* L.) straw on the Tibetan Plateau. *Grassland science*, 64(2), 128-136.
- Wang, S., Li, J., Dong, Z., Chen, L., & Shao, T. (2019). Effect of microbial inoculants on the fermentation characteristics, nutritive value, and in vitro digestibility of various forages. *Animal Science Journal*, 90(2), 178-188.
- Xiong, Y., Xu, J., Guo, L., Chen, F., Jiang, D., Lin, Y., Guo, C., Li, X., Chen, Y., Ni, K., & Yang, F. (2022). Exploring the Effects of Different Bacteria Additives on Fermentation Quality, Microbial Community and In Vitro Gas Production of Forage Oat Silage. *Animals*, 12(9), 1122.
- Yıldırım, B. (2015). Türkiye'deki Silaj Çalışmaları: 2005-2014. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 79-88.
- Yolcu, H., & Tan, M. (2008). Ülkemiz yem bitkileri tarımına genel bir bakış. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3), 303-312.

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.

Zhao, G. Q., Ju, Z. L., Chai, J. K., Jiao, T., Jia, Z. F., Casper, D. P., Zeng, L., & Wu, J. P. (2018). Effects of silage additives and varieties on fermentation quality, aerobic stability, and nutritive value of oat silage. *Journal of animal science*, 96(8), 3151-3160.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Jasım Mohammed DAKHEEL DAKHEEL
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input type="checkbox"/> T.C. <input checked="" type="checkbox"/> Diğer: IRAK

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Middle Euphrates University (Orta Fırat Üniversitesi)
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Hayvan Yetiştiriciliği ve Sağlığı Bölümü
Mezuniyet Yılı	2019

Yüksek Lisans	
Üniversite	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Tarımsal Biyoteknoloji
Programı	Hayvansal Biyoteknoloji
Mezuniyet Tarihi	2022