



**FARKLI KURU MADDE VE
LAKTİK ASİT BAKTERİ İNOKULANTLARININ
MISIR SİLAJININ FERMANTASYON VE
AEROBİK STABİLİTE ÖZELLİKLERİ İLE
YEM DEĞERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Erdinç ALTINÇEKİÇ



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KURU MADDE VE LAKTİK ASİT BAKTERİ İNOKULANTLARININ
MISIR SİLAJININ FERMANTASYON VE AEROBİK STABİLİTE
ÖZELLİKLERİ İLE YEM DEĞERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Erdoğan ALTINÇEKİÇ
0000-0002-8728-3044

Prof. Dr. İsmail FİLYA
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI KURU MADDE VE LAKTİK ASİT BAKTERİ İNOKULANTLARININ MISIR SİLAJININ FERMANTASYON VE AEROBİK STABİLİTE ÖZELLİKLERİ İLE YEM DEĞERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Erdinç ALTINÇEKİÇ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail FİLYA

Bu çalışma, homofermantatif ve heterofermantatif laktik asit bakteri (LAB) inokulantlarının farklı kuru maddede (KM) hasat edilen mısır (*Zea mays* L.) silajlarının fermentasyon, aerobik stabilite ve yem değeri üzerine olan etkilerini araştırmak için tasarlanmıştır.

Araştırmada kullanılan mısır materyali, süt olum (SO), hamur olum (HO), diş olum (DO) ve fizyolojik olum (FO) dönemi olmak üzere dört farklı olgunlaşma döneminde ve sırasıyla %26,3, 31,4, 37,3 ve 42,7 KM içeriğinde hasat edilmiştir. Homofermantatif LAB olarak *Lactobacillus plantarum* (LP), heterofermantatif LAB olarak *Lactobacillus buchneri* (LB) ve bu iki bakterinin (LP+LB) 1:1 kombinasyonunu içeren inokulantlar 1×10^6 cfu g⁻¹ düzeyinde uygulanmıştır. Deneme grupları, dört olgunlaşma dönemi (SO, HO, DO ve FO) ve dört uygulamadan (kontrol (K), LP, LB ve LP+LB) oluşmuştur. Her deneme materyali dörder tekerrürlü olarak 1,5 L'lik anaerobik kavanozlara silolanmıştır. Silolamanın 60. gününde kavanozlar açılarak silajların kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Silolama döneminin sonunda açılan silajlara beş gün süreyle aerobik stabilite testi uygulanmıştır. Silajların yem değeri *in vitro* gaz üretim tekniği ile belirlenmiştir.

Olgunlaşma dönemlerinin tüm parametreler üzerindeki etkileri anlamlı bulunmuştur ($P < 0,0001$ ila $P = 0,0003$). İnokulantların KM, amonyak azotu, asit deterjan lif, hemisellüloz, metabolik enerji, net enerji laktasyon içerikleri ve organik madde sindirilebilirlikleri üzerine etkileri önemsiz bulunurken ($P > 0,05$), diğer parametreler üzerindeki etkileri farklı düzeylerde ($P < 0,0001$ ila $P = 0,02$) önemli bulunmuştur. İnokulantlar pH değerini tüm dönemlerde düşürmüşlerdir. Özellikle LP, pH düşüşü üzerine LB ve LP+LB'den daha etkili olmuştur. İnokulantların tümü kontrole göre laktik asit ve asetik asit üretimini artırmıştır. En yüksek laktik asit üretimi, LP uygulanan silajlarda olmuştur. LB ve LP+LB uygulamaları tüm dönemlerde aerobik stabiliteyi geliştirirken LP uygulaması bütün dönemlerde aerobik stabiliteyi düşürmüştür.

Anahtar Kelimeler: Aerobik stabilite, gelişim dönemleri, heterofermantatif, homofermantatif, *in vitro* sindirilebilirlik, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, laktik asit bakterileri, mısır, silaj, olgunlaşma, fermentasyon, silaj katkı maddesi, yem değeri, *Zea mays*

2022, viii + 81 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

EFFECT OF DIFFERENT DRY MATTER AND LACTIC ACID BACTERIAL INOCULANTS ON THE FERMENTATION, AEROBIC STABILITY, AND FEED VALUE OF MAIZE SILAGE

Erdinc ALTINCEKIC

Bursa Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Animal Science

Supervisor: Prof. Dr. Ismail FILYA

This study was designed to investigate the effects of homofermentative and heterofermentative lactic acid bacterial (LAB) inoculants on fermentation, aerobic stability, and feed value of maize (*Zea mays* L.) silages harvested at different dry matter (DM) contents.

The maize was harvested at four different maturity stages, namely milk stage (MS), dough stage (DoS), dent stage (DeS), and physiological maturity stage (PS), and at 26.3%, 31.4, 37.3 and 42.7 DM contents, respectively. Inoculants containing *Lactobacillus plantarum* (LP) as homofermentative LAB, *Lactobacillus buchneri* (LB) as heterofermentative LAB, and the 1:1 combination of these two inoculants (LP+LB) were applied at 1×10^6 cfu g⁻¹. The experimental groups consisted of four maturity stages (MS, DoS, DeS, and PS) and four treatments (control (C), LP, LB, and LP+LB). Each trial material was ensiled into 1.5 L anaerobic jars in four replicates. On the 60th day of ensiling, the jars were opened, and chemical and microbiological analyzes of the silages were made. The aerobic stability test was applied to the silages opened at the end of the ensiling period for five days. The feed value of silages was determined by *in vitro* gas production technique.

The effects of maturity stages on all parameters were significant ($P < 0.0001$ to $P = 0.0003$). While the impacts of the treatment groups on DM, ammonia nitrogen, acid detergent fiber, hemicellulose, organic matter digestibilities, and metabolizable energy contents were found to be insignificant ($P > 0.05$), the effects on other parameters were found to be significant at different levels ($P < 0.0001$ to $P = 0.02$). Inoculants were effective on pH decrease in all stages; in particular, LP was more effective than LB and LP+LB. All inoculants increased lactic acid and acetic acid production compared to control. The highest lactic acid production was in LP-treated silages. While LB and LP+LB applications improved aerobic stability in all stages, LP application decreased aerobic stability at all stages.

Keywords: Aerobic stability, feed value, heterofermentative, homofermentative, *in vitro* digestibility, inoculant, lactic acid bacteria, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, maize, silage, maturity, reproductive stages, additive, fermentation, *Zea mays*

2022, viii + 81 pages.

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenim dönemi ve tez aşaması süresince ilgisini ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. İsmail FİLYA'ya, laboratuvar çalışmalarındaki katkılarından dolayı Doç. Dr. Önder CANBOLAT'a ve Ziraat Yüksek Mühendisi Habil UMUR'a, istatistik analizlerde verdiği destekten dolayı Ziraat Yüksek Mühendisi Dr. Ömer ÖZBEK'e çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarım sırasında sevgisi ve özverisiyle her zaman yanımda olduğunu hissettiren sevgili eşim Dr. Öğr. Üyesi Şeniz ÖZİŞ ALTINÇEKİÇ'e, biricik oğlumuz Toprak ALTINÇEKİÇ'e ve annem Nafiye ÖZİŞ'e en içten duygularıyla şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Erdinç ALTINÇEKİÇ

..... / /

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Kuramsal Temeller	6
2.1.1. Silaj yapımında kullanılan bakteriyel inokulantlar	7
2.1.2. Mısır bitkisinin büyüme ve gelişimi	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Silaj materyali	23
3.1.2. İnokulant materyali	23
3.2. Yöntem	24
3.2.1. Mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerinin belirlenmesi	24
3.2.2. Silajların hazırlanması ve inokulantlarla muamele	24
3.2.3. pH ölçümü	25
3.2.4. Mikrobiyolojik analizler	26
3.2.5. Aerobik stabilite testi	26
3.2.6. Ham besin maddeleri analizleri	27
3.2.7. Organik asit analizi	29
3.2.8. Laktik asit analizi	30
3.2.9. Suda çözünebilir karbonhidratların analizi	30
3.2.10. Amonyak azotu (NH ₃ -N) analizi	32
3.2.11. Rumen sıvısının alınması	32
3.2.12. <i>In vitro</i> gaz üretim değerlerinin belirlenmesi	33
3.2.13. İstatistik analizler	34
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	35
4.1. Bitki Büyüme ve Gelişme Dönemi Bulguları	35
4.2. Taze Mısır ve Silajların Fermantasyon Özelliklerine İlişkin Kimyasal Analiz Bulguları	37
4.3. Taze Mısır ve Silajların Ham Besin Maddeleri İçeriklerine İlişkin Kimyasal Analiz Bulguları	45
4.4. Taze Mısır ve Silajların Hücre Duvarı Bileşenlerine İlişkin Kimyasal Analiz Bulguları	51
4.5. Taze Mısır ve Silajların Mikrobiyolojik Analiz Bulguları	57
4.6. Silajların Aerobik Stabilite Testine İlişkin Bulgular	60
4.7. Silajların <i>in vitro</i> Gaz Üretimi, Enerji ve OM Sindirilebilirliği Bulguları	64
5. SONUÇ	71
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	81

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
$\pm$	Artı-eksi
$\bar{x}$	Ortalama
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
S	Standart sapma
$^{\circ}$	Tescilli/Patentli ticari marka
TM	Ticari marka
%	Yüzde

Kısaltmalar	Açıklama
AA	Asetik asit
ADF	Asit deterjanda çözünmeyen lif
ADL	Asit deterjanda çözünmeyen lignin
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
BBHB	Büyükbaş hayvan birimi
cfu	Koloni oluşturan birim (Coloniform unit)
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondiyoksit (Carbon dioxide)
dk	Dakika
g	Gram
HEM	Hemisellüloz
HK	Ham kül
HP	Ham protein
HS	Ham sellüloz
HY	Ham yağ
kg	Kilogram
KM	Kuru madde
L	Litre
LA	Laktik asit
LAB	Laktik asit bakterileri (Lactic acid bacteria)
LB	<i>Lactobacillus buchneri</i>
LP	<i>Lactobacillus plantarum</i>
LP+LB	<i>L. plantarum</i> ve <i>L. buchneri</i> inokulantlarının 1:1 oranında kombinasyonu
m ³	Metreküp
ME	Metabolik Enerji
mg	Miligram
MJ	Megajoule
ml	Mililitre
NDF	Nötr deterjanda çözünmeyen lif
NH ₃ -N	Amonyak azotu
NÖM	Nitrojensiz öz maddeler
OM	Organik maddeler
OMS	Organik madde sindirilebilirliği
ÖD	Önemli değil
P	Olasılık

R1	Koçan püskülü çıkarma dönemi (Silking stage)
SO	Süt olum dönemi (Milk stage)
HO	Hamur (sarı) olum dönemi (Dough stage)
DO	Diş olum dönemi (Dent stage)
FO	Fizyolojik olum (siyah katman) dönemi (Physiological maturity)
SK	Suda ünebilir karbonhidratlar
SEL	Sellüloz
SH	Standart hata
sn	Saniye
TUAM	Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Silaj üretiminde yer alan ana parametreler arasındaki etkileşimler	7
Şekil 2.1.2. Mısırdaki büyüme ve gelişme dönemleri	13
Şekil.4.2.1. Taze mısırların KM ve SÇK içerikleri ile pH değerlerindeki değişimler	43
Şekil.4.2.2. Mısır silajlarının fermentasyon özelliklerine ilişkin değişimler	44
Şekil.4.3.1. Olgunlaşma dönemlerine göre taze mısırın besin maddeleri içeriğine ilişkin değişimler	48
Şekil.4.3.2. Mısır silajlarının ham besin maddeleri içeriğine ilişkin değişimler ...	50
Şekil.4.4.1. Olgunlaşma dönemlerine göre taze mısırın hücre duvarı bileşenlerindeki değişimler	54
Şekil.4.4.2. Mısır silajlarının hücre duvarı bileşenlerindeki değişimler	56
Şekil.4.5.1. Olgunlaşma dönemlerine göre <i>lactobacilli</i> , maya ve küf sayıları	59
Şekil.4.5.2. İnokulant uygulamalarına göre <i>lactobacilli</i> , maya ve küf sayıları	59
Şekil.4.6.1. Silajların aerobik stabilite testindeki pH ve CO ₂ değişimleri	63
Şekil 4.7.1. <i>In vitro</i> gaz üretim sonuçlarına ilişkin değişimler	67
Şekil 4.7.2. <i>In vitro</i> gaz üretim bulgularına ilişkin kümülatif değişimler	67
Şekil.4.7.3. Enerji düzeyleri ve <i>in vitro</i> organik madde sindirilebilirlik değerlerine ilişkin değişimler	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye mısır üretim istatistikleri	2
Çizelge 3.2.2. Silolama öncesi taze materyale ait agronomik veriler	25
Çizelge 4.1.1. Bitki büyüme ve gelişme dönemi tarihleri ve günleri	35
Çizelge 4.2.1. Taze mısır ve silajların fermantasyon özelliklerine ilişkin kimyasal analiz bulguları ($\bar{X} \pm S\bar{X}$, %KM)	37
Çizelge 4.2.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların fermantasyon özelliklerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)	38
Çizelge 4.2.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların fermantasyon özelliklerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)	38
Çizelge 4.3.1. Taze mısır ve silajların ham besin maddeleri içeriklerine ilişkin kimyasal analiz bulguları ($\bar{X} \pm S\bar{X}$, %KM)	45
Çizelge 4.3.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların besin maddeleri içeriklerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)	46
Çizelge 4.3.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların besin maddeleri içeriklerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)	46
Çizelge 4.4.1. Taze mısır ve silajların hücre duvarı bileşenlerine ilişkin kimyasal analiz bulguları ($\bar{X} \pm S\bar{X}$, %KM)	51
Çizelge 4.4.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların hücre duvarı bileşenlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)	52
Çizelge 4.4.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların hücre duvarı bileşenlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)	52
Çizelge 4.5. Taze mısır ve silajların mikrobiyolojik analiz bulguları ($\bar{X}$, log10 cfu g-1 KM)	57
Çizelge 4.6.1. Mısır silajlarına ait aerobik stabilite test bulguları ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	60
Çizelge 4.6.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların aerobik stabilite testlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, CO2 için g kg-1 KM)	61
Çizelge 4.6.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların aerobik stabilite testlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, CO2 için g kg-1 KM)	61
Çizelge 4.7.1. Mısır silajlarının in vitro gaz üretim bulguları ($\bar{X} \pm S\bar{X}$, ml)	64
Çizelge 4.7.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların in vitro gaz üretimlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, ml)	65
Çizelge 4.7.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların in vitro gaz üretimlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, ml)	65
Çizelge 4.7.4. Mısır silajlarının enerji düzeyleri ve in vitro sindirilebilirlik değerlerine ilişkin bulgular ($\bar{X} \pm S\bar{X}$)	68
Çizelge 4.7.5. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların metabolik enerji düzeyleri ve sindirilebilirlik değerlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$) ...	69
Çizelge 4.7.6. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların enerji düzeyleri ve sindirilebilirlik değerlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$)	69

1. GİRİŞ

Su içeriği yüksek yeşil yemlerin bünyesinde bulunan suda çözünebilir karbonhidratların (SÇK), laktik asit bakterileri (LAB) tarafından havasız bir ortamda ve doğal fermantasyon yoluyla laktik aside (LA) dönüştürülmesi işlemine silolama, bu işlemin yapıldığı yere silo, işlemin sonucunda oluşan fermente kaba yeme de silaj adı verilmektedir (Filya, 2014). Silolama işlemi, bitki bünyesindeki SÇK'nın LAB tarafından, anaerobik koşullar altında doğal fermantasyon yoluyla başta LA olmak üzere organik asitlere fermente edilmesi temeline dayanır. Sonuç olarak ortamın pH değeri düşer, zararlı aerobik mikroorganizmaların aktivitesi engellenir ve böylece silolanan materyal korunmuş olur (Weinberg ve Muck, 1996).

Yeşil yemlerin depolanması yöntemlerinden biri olan silolama, her geçen gün daha da popüler bir hale gelerek tüm dünyada artış gösteren bir kaba yem muhafaza yöntemidir (Karabulut & Filya, 2007). Yeşil yemlerin silolanması, kurutulmasına göre sindirilme dereceleri daha yüksek kaba yem üretimine olanak sağlar. Ayrıca silolama, kuru ot üretiminden farklı olarak, silolanacak bitkilerin farklı olgunlaşma dönemlerinde hasat edilebilmesi ve kayıp oranının daha az olması gibi çeşitli avantajlara da sahiptir (Filya, 2014).

Silo yemi üretiminin büyük bir sektör haline dönüştüğü gelişmiş ülkelerde ruminantların, özellikle de sığırların beslenmesinde tamamıyla silaja dayalı rasyonlar kullanılmaktadır. Silaj teknolojisindeki gelişmeler, katkı maddelerinin üretimindeki yenilikler ve başta mısır olmak üzere çeşitli bitkilerin yem bitkisi olarak kültüre alınması silaj kullanımının geniş ölçüde yaygınlaşmasında özellikle etkili olmuştur (Filya, 2001a).

Silaj teknolojisinde özellikle katkı maddelerinin kullanımında yaşanan gelişmeler silaj yapımını kaba yem muhafaza yöntemleri içerisinde ön plana çıkarmıştır (Filya, 2000). 1929 yılında Finlandiyalı bilim insanı Artturi Ilmari Virtanen, silajlık materyale mineral asitlerin (hidroklorik ve sülfürik) eklenmesiyle hızlı asit ortamın sağlandığı bir yöntem geliştirmiştir. Kısaca AIV yöntemi diye bilinen ve İskandinav çiftçiler tarafından on yıllarca kullanılan bu yöntem, yıllar içinde geliştirilerek organik asitlerin katkı maddesi

olarak kullanımına öncü olmuştur (Bolsen vd., 1995). Tarım ve beslenme kimyasındaki, özellikle de kaba yem koruma yöntemleri konusundaki öncü araştırmaları ve buluşları Virtanen'e 1945 yılında Nobel Kimya ödülünü kazandırmıştır (Anonim, 2021).

Fermantasyon etkinliği yüksek olduğu için silaj materyali olarak diğer yem bitkilerine göre daha fazla tercih edilen mısır; oransal olarak daha fazla kuru madde (KM) içeriğine, düşük tampon kapasitesine (asidifikasyona karşı gösterilen direnç) ve LA fermantasyonu için gerekli olan yeterli seviyede SÇK içeriğine sahip olduğundan kolayca silolanabilmektedir. Farklı mısır çeşitlerinin SÇK ve nişasta içerikleri bakımından aralarında önemli farklılıklar bulunabilirken; KM, ham protein (HP), organik maddeler (OM), ham kül (HK) ve hücre duvarı bileşenleri arasında çok büyük farklılıklar bulunmadığı bildirilmektedir (Filya, 2014; McDonald vd., 1991).

Kuzey yarım kürede 58°N (kuzey) enlemi ile güney yarım kürede 40°S (güney) enlemi arasındaki geniş coğrafyada ve çok farklı çevre koşullarında yetiştirilebilen mısır, bu yüksek adaptasyon yeteneği sayesinde çoğu ülkede olduğu gibi Türkiye'de de silaj yapmak amacıyla en fazla yetiştirilen materyaldir (Filya, 2014; Kün, 1985). Çizelge 1.1'de görüldüğü üzere Türkiye'de bir yandan mısır ekiliş alanları ve silajlık mısır üretimi artmakta iken bir yandan da verimde artış söz konusudur (Anonim, 2022).

Çizelge 1.1. Türkiye mısır üretim istatistikleri

Yıllar	Ekilen alan (da)	Hasıl (ton)	Silajlık (ton)	Verim (ton/da)
2010	2.937.336	207.899	12.446.450	4,237
2011	3.127.946	238.973	13.294.380	4,250
2012	3.540.882	302.014	14.956.457	4,224
2013	4.027.160	259.335	17.835.115	4,429
2014	4.149.529	251.645	18.563.390	4,474
2015	4.231.233	235.405	19.684.599	4,652
2016	4.257.753	230.645	20.139.033	4,730
2017	4.477.354	220.884	21.613.101	4,827
2018	4.726.428	215.443	23.197.536	4,908
2019	5.074.127	152.417	25.499.870	5,025
2020	5.262.613	126.142	27.186.949	5,166
2021	5.306.706	128.704	27.309.962	5,146

Kaynak: (Anonim, 2022).

McDonald (1980) tarafından bildirildiğine göre bir silajın hem kaliteli hem de yüksek besleme değerine sahip olabilmesi için gereken üç şartın ilki, silajı yapılacak materyalin uygun olgunlaşma döneminde hasat edilmesi, ikincisi, bitki üzerinde mevcut olan (epifitik) ancak arzu edilmeyen mikroorganizma ve enzim aktivitelerinin en düşük seviyede olması, üçüncüsü ise LAB'ın silo ortamında hızla dominant seviyeye ulaşmasıdır (aktaran Filya, 2001b).

Hasat zamanı, kaba yemlerin kalitesini ve besleme değerini üretim aşamasında etkileyen faktörlerden birisidir. Yem bitkilerinin büyüme döneminde bünyelerinde basit bileşikler halinde bulunan OM, gelişme döneminde büyük moleküllü bileşiklere dönüşür. Genel olarak, yem bitkileri olgunlaştıkça HP ve pektin içeriği azalırken HS içeriği ve bitki hücre duvarlarındaki lignifikasyon (odunlaşma) artar, dolayısıyla da sindirilme derecesi ve besleme değeri düşer (Karabulut & Filya, 2007; Önal Aşçı & Acar, 2018). Bu bağlamda mısır silajının yem değeri ile bitkinin hasat edildiği vejetasyon dönemi arasında yakın bir ilişki söz konusudur; çünkü silolama, kurutmaya göre hava koşullarına daha az bağımlı olduğundan, silajlık materyalin besin maddeleri içeriğinin farklı olduğu çeşitli dönemlerde hasat edilmesine olanak sağlamaktadır (Filya, 2014). Hem mısır bitkisinin hem de silolama yönteminin olanca avantajına rağmen tüm dünyada yaşanan iklim değişikliklerine bağlı olarak son zamanlarda ekilen mısırın, ekim tarihlerine bakılmaksızın, daha düşük verimli olma ve fizyolojik olgunluğa erişememe riski yüksektir (Akinuoye-Adelabu & Modi, 2017). Ayrıca bitkiler, olgunluğa ulaşmadan kuraklık, dolu vurma, yatma, hastalık gibi nedenlerle vaktinden önce de hasat edilebilmektedirler (Karabulut & Filya, 2007).

Silodaki fermentasyon, genellikle besin maddelerinin optimal düzeyde korunamamasına yol açan çok kontrolsüz bir süreçtir (Kung, 2001). Silolama sürecindeki risklerin bir kısmını azaltmak ve silajların besleyici değerlerini artırabilmek amacıyla yıllar içerisinde çeşitli kimyasal ve biyolojik silaj katkı maddeleri geliştirilmiştir. Merensalmi ve Virkki (1991) tarafından bildirildiğine göre ideal bir silaj katkı maddesi, KM kayıplarını ve hijyenik riskleri azaltmalı, aerobik stabiliteyi (silo ömrü) artırmalı, silajın kullanım verimliliğini artırarak besleyici değerini geliştirmeli, kullanımı güvenli olmalı ve

yetiştiriciye maliyetinden daha fazla bir ekonomik getiri sağlamalıdır (aktaran Henderson, 1993).

Fermantasyonu iyileştirmek için kaba yemlere LAB suşlarının uygulanması yeni bir kavram değildir (Henderson, 1993). Whittenbury (1961) tarafından bildirildiğine göre; tatmin edici bir şekilde saf kültürü geliştirememiş olmakla birlikte silajdan izole edilmiş bir dizi laktobasil ilk defa Keddie (1959) tarafından tanımlamıştır. Potansiyel bir organizmanın silajda kullanımı için karşılaması gereken kriterler ise ilk kez Whittenbury (1961) tarafından ortaya konmuştur. Ancak, dondurarak kurutma ve kapsülleme teknikleri geliştirilinceye kadar LAB kültürlerinin silaj için ticari bir katkı maddesi olarak kullanılması mümkün olmamıştır. Sonraki yıllarda ise mevcut populasyonu aşacak ve fermantasyona hkim olacak kadar yeterli canlı organizma içermeyen çeşitli ürünler piyasaya sürülmüştür (Henderson, 1993).

Bakteriyel inokulantlar, özellikle de silo yemleri üretiminin büyük bir sektör haline geldiği hayvancılığı gelişmiş ülkelerde en çok kullanılan biyolojik silaj katkı maddeleridir. Silaj katkı maddelerinin sınıflandırılmasında, fermantasyon uyarıcıları başlığı altında incelenen bakteriyel kültürler, silaj fermantasyonunu maksimum düzeyde kontrol altına alan katkı maddeleridir. Bu biyolojik ürünler, silolanan materyaldeki epifitik LAB ile beraber aktivite göstererek, fermantasyonun çok hızlı, istenen yönde ve etkili olmasını sağlarlar (Filya, 2000; Filya, 2014). Ticari olarak temin edilebilen inokulantların çoğunda, homofermantatif LAB kullanılmıştır; çünkü bunlar doğal silaj fermantasyonunu geliştirme yeteneğindeki hızlı ve verimli LA reticileridir. Ancak, bu tip inokulantlar her zaman avantajlı değildirler. Yüksek nem içeriğine sahip silajlarda *Clostridia* sporları tarafından oluşturulan ikincil fermantasyonu ister istemez engelleyemezler ve bazen de silajların aerobik stabilitesini bozarlar. Önceleri *Lactobacillus plantarum* (LP) içeren tek suşlu inokulantlar denenmiş ancak bu inokulant ile elde edilen sonuçlar her zaman tatmin edici olmadığından, fermantasyonun erken aşamalarında -pH>5,0- daha aktif olan LAB içeren kombine inokulantlar test edilmiştir. Nihayet bitki bünyesindeki SK'ı, LA ile birlikte asetik aside (AA) dönüştürerek aerobik stabiliteyi geliştirme yeteneğinde olduğu anlaşılan *Lactobacillus buchneri* (LB), mısır silajında deneme amaçlı kullanılmıştır (Weinberg & Muck, 1996). Ayrıca Driehuis vd.

(1999) tarafından bildirildiğine göre Driehuis vd. (1996), LB inokulasyonunun mısırdan başka, ot ve buğday silajlarının da aerobik stabilitesini geliştirdiğini göstermişlerdir.

Yapılan araştırmaların sonuçları, silaj inokulantları olarak mevcut olan birçok ticari ürünün genellikle fermantasyonu iyileştirdiğini ancak ihtiyaçları her zaman karşılamadığını göstermiştir. İnokulant endüstrisi için kılavuz olarak hizmet edebilecek ya test aşamasında olan ya da önerilen çeşitli yaklaşımlar günümüzde de sunulmaya devam etmektedir. Yeni ürünlerin etkinliğinin hem laboratuvar hem de saha şartlarında kanıtlanması önem taşımaktadır (Weinberg & Muck, 1996).

Bu çalışmada, Türkiye’de kullanılmaya başlanan, ancak kullanımı oldukça yeni ve az olan homofermantatif ve heterofermantatif LAB inokulantlarının, dört farklı olgunlaşma döneminde hasat edilen mısır silajlarının fermantasyon özellikleri, kimyasal kompozisyonları, hücre duvarı bileşenleri, mikrobiyolojik yapıları ve aerobik stabiliteleri ile *in vitro* gaz üretim parametreleri üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kuramsal Temeller

Silaj yapımının amacı, bitkinin içerdği besin maddelerinin korunmasını en üst düzeyde sağlamaktır. Silaj yapım süreci çok basit bir şekilde açıklanabilse de aslında çok karmaşıktır. Silolamanın ana zorluğu, fermentasyon kayıplarını en aza indirirken yüksek besinsel ve mikrobiyolojik kalite ile sonuçlanan fermentatif bir süreçle yemi korumaktır. Siloda gerçekleşen fermentasyon, genellikle besinlerin optimum seviyeden daha az korunmasına yol açan oldukça kontrolsüz bir süreçtir. Silaj fermentasyonunu kontrol etmek, endüstriyel gıda fermentasyonu gibi diğer fermentasyon süreçlerinden çok daha zordur. Hasat yönetimi, doğal mikrobiyal popülasyon, sıkıştırma oranı, iklim şartları, materyalin SÇK içeriği ve katkı maddesi seçimi gibi çeşitli faktörlerin silaj kalitesi üzerine etkisi vardır. Şekilde 2.1’de de görüldüğü gibi silaj kalitesini etkileyen çeşitli biyokimyasal ve mikrobiyolojik olayları içeren silolama süreci, oldukça farklı kriterler tarafından kontrol edilmektedir ve bunlar kaba yemlerin ana fermentasyon parametrelerini ve hayvan verimliliğini doğrudan etkilemektedir (Carvalho vd., 2021; Drouin vd., 2020; Yitbarek & Tamir, 2014).

Silajlık materyalin seçiminden hasadına, siloya doldurulmasından sıkıştırılmasına ve üzerinin örtülmesine kadar her faktörün uygun olduğu durumlarda bile sorun çıkmayacağının garantisi bulunmamaktadır. Çeşitli faktörlerin etkisi altında elde edilen silajın yem değerinin iyi korunması ve hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmesi işletme için önemlidir. Bu şartların sağlanamaması durumunda besin maddeleri kaybı, bütirik asit oluşumuna neden olarak istenmeyen yönde gelişen kötü fermentasyon ve küf gibi istenmeyen mikroorganizma üremesi görülebilmektedir. Araştırmacılar bu tip riskleri azaltmak, besin maddeleri ve enerji geri kazanımını iyileştirmek, fermentasyon sürecine yardımcı olmak ve güvence altına almak için çeşitli silaj katkı maddeleri üzerinde durmuşlardır (Kung, 2001). Aşırı asidin hayvanların silaj tüketimini sınırlayabileceğine ve rumen protein sentezini etkileyebileceğine dair kanıtlar göz önüne alındığında, siloda fermentasyonun kısıtlanması veya ortadan kaldırılması yönünde bir eğilim olmakla birlikte, şekerler bakımından zengin olan silajlar aerobik bozulmaya karşı da oldukça

oluştugu diğer prosese ise “heterofermantatif proses” adı verilmektedir. Asit üretimi ve daha az ölçüde enerji kaybı açısından homolaktik yol, heterolaktik yola göre daha verimlidir (Pahlow vd., 2003). Eğer substrat olarak ksiloz veya arabinoz gibi beş karbon atomlu monosakkaritler (pentozlar) LAB tarafından kullanılırsa, her iki fermentatif tip tarafından oluşturulacak ürünler, genellikle CO₂ üretimi olmaksızın LA ve AA olacaktır (Woolford & Pahlow, 1998).

Lactobacillus cinsinin türleri için aldolaz ve fosfoketolaz enzimlerinin varlığına veya yokluğuna göre aşağıda bildirilen üç grup tanımlanmıştır. Gruplamalar, yakın zamanda tanımlanmış birçok türün veya yeni izolatların geleneksel sınıflandırma şemasına yetersiz uyumu nedeniyle artık morfoloji ve sıcaklık gereksinimleri gibi klasik kriterlere göre değil de esas olarak biyokimyasal ve fizyolojik özelliklere dayanmaktadır (Pahlow vd., 2003):

Grup I: Heksozları homolaktik olarak neredeyse tamamen (>85%) LA’ e fermente eden ancak fosfoketolaz içermediklerinden pentozları fermente edemeyen zorunlu homofermantatif LAB grubudur.

Grup II: Heksozlar için birinci grup ile aynı yolu kullanan ve ayrıca hem aldolaz hem de fosfoketolaza sahip oldukları için pentozları da fermente edebilen fakültatif (hem oksijenli hem de oksijensiz ortamda yaşayabilen) heterofermantatif LAB grubudur.

Grup III: Heksozların heterolaktik olarak LA’ e ek olarak diğer ürünlere de fermentasyonu ile karakterize edilen ve kalan diğer tüm üyelerin bulunduğu zorunlu heterofermantatif LAB grubudur.

Prensip olarak bu sistem, belirli bir tür ve hatta belirli bir suş tarafından fermente edilebilen karbonhidratların spektrumuna göre sınıflandırılan inokulant bakterilerin kullanılmasını sağlayarak bitkiye özgü özelliklerin daha iyi değerlendirilmesine izin vermektedir. Çizelge 2.1.1, taze ve silolanmış yem bitkileri üzerinde epifitik olan, bitkiyle ilişkili LAB türlerini özetlemektedir. Çoğu durumda, bir bitki üzerinde aynı anda birkaç farklı tür olabilmektedir (Pahlow vd., 2003). Bir çok ticari inokulant sadece

homofermantatif veya fakültatif heterofermantatif LAB'dan oluşur çünkü bunlar en etkili LA üreticileridirler (Seale vd., 1990).

Çizelge 2.1.1. Taze materyallerde ve silajlarda bulunan LAB türleri

Cins	Glukoz fermentasyonu	Tür
<i>Lactobacillus</i>	Homofermantatif	<i>L. acidophilus</i>
		<i>L. casei</i>
		<i>L. coryniformis</i>
		<i>L. curvatus</i>
		<i>L. delbrückii</i>
		<i>L. graminis</i>
		<i>L. helveticus</i>
		<i>L. homohiochii</i>
		<i>L. jensenii</i>
		<i>L. paracasei ssp. paracasei</i>
		<i>L. pentosus</i>
		<i>L. plantarum</i>
		<i>L. salivarius</i>
	Heterofermantatif	<i>L. brevis</i>
		<i>L. buchneri</i>
		<i>L. collinoides</i>
		<i>L. confusus</i>
		<i>L. divergens</i>
		<i>L. fermentum</i>
		<i>L. fructosus</i>
		<i>L. reuteri</i>
		<i>L. viridescens</i>

Pahlow vd. (2003)'den derlenmiştir.

Yirminci yüzyılda, silaj inokulantlarındaki türlerin çoğunda homolaktik LAB (ör.: *L. plantarum*, *Pediococcus spp.*) tercih edilmiştir. Homolaktik bakterilerin, Embden-Meyerhof-Parnas yoluyla sadece LA ürettikleri glikoz fermentasyonu, yüksek enerji (%99,3) ve KM (%100) geri kazanımı sağladığı ve tüm glikozu nispeten güçlü bir organik asit olan LA'ye dönüştürdüğü için arzu edilir. Buna karşılık, heterolaktik LAB, LA, etanol, AA ve CO₂ dahil olmak üzere çoklu son ürünler üretir, çünkü bu organizmalar fruktoz-difosfat aldolaz enziminden yoksundur. Enerji geri kazanımları hâlâ yüksektir ($\geq$ %98), ancak KM geri kazanımları azdır ($\geq$ %76). Ancak günümüzde birçok homolaktik tür, fakültatif heterolaktikler olarak yeniden sınıflandırılmıştır. Fakültatif heterolaktik LAB, glikozu sadece homolaktikler gibi LA'ye fermente eder, ancak zorunlu homolaktiklerin

aksine, LA ve AA üreterek pentozları fermente etmelerine izin veren fosfoketolaza sahiptirler (Muck vd., 2020).

Laktik asit bakterileri flora kompozisyonu, silajdaki fermantasyon ürünlerinin modelini etkilerken aerobik stabiliteyi de etkilemektedir. Örneğin, homofermantatif LAB suşları ile inokulasyonun, daha hızlı bir pH düşüşü ve daha yüksek bir LA:AA oranı sağladığı bilinmektedir (Driehuis vd., 1997; Henderson, 1993; Weinberg & Muck, 1996). Fermantasyonda homofermantatif LAB'nin dominant olması durumunda SÇK içeriğinin etkin kullanımı sağlanmakta ve hatta SÇK miktarının kritik durumlarında bile iyi fermente olmuş bir silaj elde etme şansı artmaktadır (Cai vd., 1998; Muck, 1996). Bununla birlikte, farklı çalışmalar, bu tip LAB'nin aerobik stabiliteyi bozabileceğini göstermiştir; bu, inokulant katılmış silajlardaki AA konsantrasyonunun yetersizliğine atfedilen bir etkidir (Herrmann vd., 2015; Selwet, 2020; Weinberg vd., 1993). Pek çok araştırmacı, aerobik stabiliteyi artıran inokulantların geliştirilmesine odaklanmış ve bu amaçla anaerobik koşullar altında SÇK'ı, LA, AA ve 1,2-propandiole (propilen glikol, $C_3H_8O_2$) dönüştürebilen LB suşlarını kullanmışlardır (Driehuis vd., 1999; Filya, 2003a; Filya vd., 2006; Ranjit vd., 2002; Schmidt vd., 2014; Selwet, 2020; Silva vd., 2018).

Silajlarda LAB'ini değerlendiren çalışmaların sayısı artmasına rağmen, bu mikroorganizmaların silajla birlikte potansiyel kullanımları yeterince çalışılmamıştır. Aynı suşu kullanan fermantasyon süreçleri, substratın benzersiz özelliklerine bağlı olarak çok farklı sonuçlar verebilir; bu nedenle, farklı başlangıç substratları için silaj inokulantı seçimi, nihai ürün olan silajın besin kalitesini en üst düzeye çıkarmak için son derece önemlidir (Carvalho vd., 2021).

Hu vd. (2009), çoğu fermantasyon ürünü üzerinde veya silajların aerobik stabilitesi üzerinde LB ile LP arasında herhangi bir interaksiyon olmadığını bildirmişlerdir. LB'nin tek başına silajdaki maya sayısını düşürmede etkili olduğu kanıtlanmış ve mısır silajlarının aerobik stabilitesini artırma kabiliyeti doğrulanmış olmakla birlikte başka mikroorganizmalar ile kombinasyonlarının etkileri araştırmacılar için hâlâ ilgi konusudur. Bu nedenle, mısır silajının fermantasyonunu ve aerobik stabilitesini iyileştirmek için her iki suşun da aynı anda kullanılma potansiyeli olduğunu ifade etmişlerdir. Nitekim LB'nin

hem homofermantatif LAB ile hem de kendisinin de dahil olduğu heterofermantatif LAB ile iki veya daha fazla sayıda kombinasyonunun yapıldığı çalışmalar mevcuttur (Arriola vd., 2021; Kung vd., 2021; Selwet, 2020).

Muck (2004), mısır silajındaki zayıf aerobik stabilite, iyileştirilmiş silo yönetimi ile çözülemeyen bir sorun ise LB içeren inokulantların daha fazla umut vadettiğini bununla birlikte birincil hedef hayvan performansının ve KM geri kazanımının iyileştirilmesi ise homofermantatif inokulantların başarıya ulaşma olasılığının daha yüksek görüldüğünü ifade etmiştir.

2.1.2. Mısır bitkisinin büyüme ve gelişimi

Mısır silajının besleme değeri ve enerji içeriği; kimyasal bileşim, bitkinin farklı fraksiyonlarının (sap, yaprak, koçan) nispi oranları ve sindirilebilirliği ile belirlenir. Bunlarla birlikte mısır silajının besin değerini etkileyen en önemli faktörlerden biri hasat zamanıdır. İlerleyen olgunluk ve artan KM içeriği ile bitki bünyesindeki toplam şeker içeriği azalırken asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) içeriği artar, böylece sindirilebilirliği azalır. Olgunlaşmanın ilerlemesi sırasında SÇK, -canlı iletken dokular var olduğu sürece- yeşil aksamdan koçanlara taşınarak nişastaya dönüşürler. Sonuç olarak, daha yüksek kuru madde içeriği ile koçan oranı ve koçanın nişasta içeriği artar. Diğer yandan olgunluk durumunun mısır silajının besleme değeri üzerindeki zaman zaman çelişkili etkileri, en uygun hasat zamanını belirlemenin zorluğunu göstermektedir. Ayrıca, hasat zamanı seçilirken tarla ve hasat kayıpları, KM içeriğinin silaj üretimine uygunluğu ve fermantasyon parametreleri üzerindeki etkisi gibi silaj üretiminin teknik yönleri de dikkate alınmalıdır (Ettle & Schwarz, 2003).

Mısır danesindeki süt çizgisi ile bitkinin KM düzeyi arasında bir ilişki vardır (Wiersma vd., 1993) ancak danelerdeki benzer süt çizgilerine göre hasat edilmiş farklı mısır çeşitlerinin KM içerikleri farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin Bagg vd. (2013), danedeki süt çizgisinin 1/2 olduğu dönemde tüm mısır bitkisindeki rutubetin, uzun yıllara ait verilere göre %52-72 (%28-48 KM) arasında değişiklik gösterdiğini ve bu varyasyonun iklim koşullarından ve çeşit farklılıklarından kaynaklandığını

bildirmişlerdir. Dane verimi yüksek mısır çeşitlerinde danenin olgunlaşması esnasında bitkinin vejetatif aksamı yeşil kalmakta iken silajlık amaçlı yetiştirilen çeşitlerde genellikle danenin olgunlaştığı dönemde bitkinin diğer kısımları daha hızlı kurumaktadır. Bu durum, silajlık mısır çeşitlerinde danedeki süt çizgisine bakarak hasada karar verilmesini diğer mısır çeşitlerine kıyasla daha az güvenilir kılmaktadır. Bu nedenle silajlık materyalin hasadına karar verirken sadece süt çizgisine değil bütün bitkinin KM içeriğine de bakılması gerekir. Kuru madde verimi ile besin değeri senkronizasyonu süt çizgisinin 1/2 ila 2/3 olduğu aşamada gerçekleşse de hedeflenen KM düzeyi için en iyi yöntem silolama öncesi sıklıkla tarladan örnek alarak bitkinin KM içeriğinin belirlenmesidir (Keleş & Çıbık, 2014).

Diğer yandan pek çok araştırmacı tarafından, mısır bitkisinin yetiştirme periyodu büyüme (vejetatif) ve gelişme (generatif) dönemleri olmak üzere iki temel döneme ayrılmış olmakla birlikte (Darby & Lauer, 2013; Israelsen vd., 2009; Ritchie vd., 1986) bu temel dönemlerin alt dönemlerinde de küçük farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin Nielsen (2000), görsel olarak, genellikle püskül oluşumunun ve tozlaşmanın üreme aşamasının başlangıcı olduğunu belirtmekle birlikte teknik olarak vejetatif aşamanın, çimlenmeden 6 yapraklı döneme (V6) kadar sürdüğünü, generatif aşamanın ise V6'da başlayıp dane olgunlaşma süreci boyunca, fizyolojik olum dönemine (FO) kadar devam ettiğini belirtmiştir. Ayrıca tarladaki bitkilerin hangi alt dönemde olduğuna karar vermek için örneği oluşturan bitkilerin en az yarısının, içinde bulundukları döneme ait özellikleri taşıyor ve emareleri gösteriyor olması gerekmektedir (Kaya, 2020).

Iowa Eyalet Üniversitesi (ABD) tarafından yayınlanan mısırın büyüme ve gelişme dönemlerini tanımlama yöntemine dair teknik rapora göre mısır gelişme dönemleri aşağıda özetlenmiştir (Abendroth vd., 2011):

Süt olum dönemi (SO)

Koçan püskülü çıkarma döneminden (R1) yaklaşık 20 gün sonra koçan püsküllerinin kurumuş olduğu dönemdir. Bu dönemde daneler sarıdır ve parmakla ezildiğinde süte benzer sıvı çıkar. Bu sıvı, nişasta biriktirme sürecinin başladığının göstergesidir.

Hamur (sarı) olum dönemi (HO)

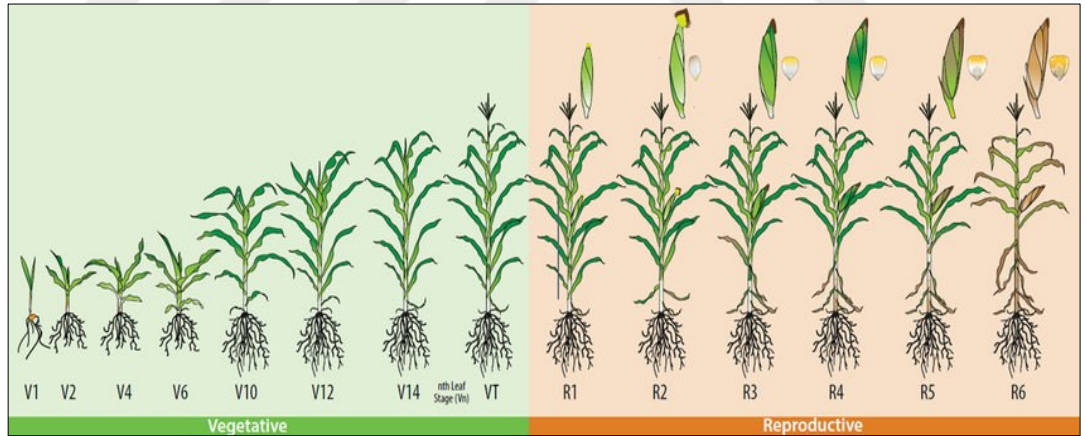
R1 döneminden 26 ila 30 gün sonra nişasta ve diğer besin maddeleri birikiminin hızlandığı dönemdir. Bu dönemde üstten çökmeye başlayan daneler yaklaşık %70 neme sahiptir ve parmakla ezildiğinde hamur kıvamında nişasta çıkar.

Diş olum dönemi (DO)

R1 döneminden 38 ila 42 gün sonra nişasta içeriğinin iyice arttığı ve danelerin kurumaya başladığı dönemdir. Bu dönemde daneler yaklaşık %55 nem içerir ve üst orta kısımlarında kuruma nedeniyle çökme oluşur.

Fizyolojik olum dönemi (FO)

R1 döneminden 50 ila 60 gün sonra artık danenin tabanında, besin maddelerinin bitkiden daneye geçişini engelleyen siyah bir tabakanın oluştuğu dönemdir. Daneler bu dönemde maksimum kuru ağırlığa (%30 ila %35 neme) ulaşır ve fizyolojik olarak olgunlaşmış olurlar.



Şekil 2.1.2. Mısırdaki büyüme ve gelişme dönemleri
(Abendroth vd., 2011)

2.2. Kaynak Araştırması

Mısırdaki olgunlaşma dönemlerine göre hasadın ve LAB'nin silajların besin maddeleri içerikleri, hücre duvarı bileşenleri, fermantasyon özellikleri, mikrobiyolojik yapıları, aerobik stabilite ve *in vitro* gaz üretimleri üzerine etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

Driehuis vd. (1999), mısır silajından izole edilen bir LAB suşunun, silajların aerobik stabilitesini artıran bir bakteri inokulanı olarak potansiyelini, farklı dozlar uygulayarak değerlendirdikleri çalışmada; asetik asit içeriğinin 10^4 cfu g⁻¹ dozun üzerinde muamele edilen silajlarda arttığını buna karşın laktik asit konsantrasyonlarının azaldığını belirtmişlerdir. Silaj inokulanı olarak LAB kullanımının maya sayısını azalttığını ve silaj oksijenle temas ettiğinde mayaların çoğalmasını engelleyerek aerobik stabiliteyi geliştirdiğini tespit etmişlerdir. Sonuçta, LAB ile inokulasyonun mayaların inhibisyonu yoluyla aerobik stabiliteyi artırabileceğini bildirmişlerdir.

Di Marco vd. (2002), mısır bitkisinde olgunlaşma dönemlerinin silajın kimyasal bileşimi ve sindirilebilirliği (*in vivo*, *in situ* ve *in vitro*) üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, mısır koçan püskülü çıkarma dönemi, süt olum dönemi ve 1/2 süt çizgisi dönemi olmak üzere 3 farklı olgunlaşma döneminde hasat etmişlerdir. Sonuçta, mısırın 1/2 süt çizgisi döneminden daha erken aşamalarda hasat edilmesinin KM içeriğini ve nişasta birikimini azalttığını, NDF sindirilebilirliğini artırdığını saptamışlardır. Bununla birlikte, NDF sindirilebilirliğindeki artışın daha düşük nişasta içeriği ile dengelenerek KM sindirilebilirliğinde herhangi bir kazanç sağlamadığını bildirmişlerdir.

Filya (2002), hamur olum döneminde hasat edilen mısır ve süt olum döneminde hasat edilen sorgum silajlarında LP içeren ve içermeyen inokulantları kullandığı çalışmada inokulant uygulamalarının silajların KM, SÇK, NDF, ADF, ADL, HK ve HP içeriklerini etkilemediklerini bildirmiştir. Diğer yandan LAB inokulantlarının fermantasyonun ilk gününden itibaren silajların pH değerlerini ve silolamanın son dönemindeki silajların AA içeriklerini kontrole göre önemli düzeyde düşürdüğünü ($P<0,05$) belirtmiştir. Ayrıca inokulantların fermantasyonun üçüncü gününden itibaren silajların LA

konsantrasyonlarını kontrole göre önemli düzeyde artırdığını ($P<0,05$) saptamıştır. Bununla birlikte inokulantların fermentasyonun başında bile silajların *lactobacilli* içeriklerini artırdığını ve fermentasyonun üçüncü gününden itibaren inokulant uygulanan silajlar ile kontrol arasında önemli düzeyde farklılıklar oluştuğunu ($P<0,05$) bildirmiştir. Diğer yandan inokulantların silajların maya içerikleri üzerinde herhangi bir etkisi olmamakla birlikte silolamanın son dönemindeki silajların küf içeriklerini kontrol gruplarına göre önemli düzeyde düşürdüğünü ($P<0,05$) belirtmiştir. Çalışmada uygulanan aerobik stabilite testi sonuçlarına göre her üç inokulantın da silajların, pH ve küf içeriklerini etkilemediğini ancak CO₂ üretimini ve maya içeriklerini kontrole göre önemli düzeyde artırdığını ($P<0,05$) saptamıştır. Çalışmada ayrıca 48 saatlik inkübasyon sonucunda inokulant kullanılan silajların *in situ* rumen KM ve OM parçalanabilirliklerinin kontrol grubuna göre önemli düzeyde arttığı da ($P<0,05$) bildirilmiştir.

Weinberg vd. (2002), tarafından buğday ve mısır silajlarında LP, LB ve bunların kombinasyonunun (LP+LB) aerobik stabilite üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada, LB ile muamele edilmiş buğday silajlarının kontrolden veya LP ile muamele edilmiş buğday silajından daha yüksek asetik asit içeriğine sahip olduğu ve küf içermediği bildirilmiştir. Diğer yandan mısır silajlarında LB'nin etkilerinin çok belirgin olmadığı ve tüm silajlarda üst tabakanın küflendiği, bununla birlikte LB ile muamele edilen mısır silajlarında daha düşük maya sayısı, daha az CO₂ üretimi ve stabil pH ile aerobik stabilitenin geliştiği belirtilmiştir.

Filya (2003a), buğday, sorgum ve mısır silajlarına katkı maddesi olarak LP, LB ve LP+LB kombinasyonu uyguladığı çalışmasında LB'nin, laboratuvar koşullarında oksijene maruz kalan silajların korunmasında oldukça etkili olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, LB uygulanmış silajların kontrol ve LP uygulanan silajlardan önemli ölçüde daha yüksek ($P<0,05$) pH'ya sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca LB ve LB+LP uygulanan silajların, kontrol grubu silajlardan ve LP uygulanan silajlardan önemli ölçüde daha yüksek ($P<0,05$) asetik asit seviyelerine sahip olduğu ve bu nedenle bu iki uygulamanın (LB ve LB+LP) silajlardaki maya aktivitesini bozarak silajların aerobik stabilitesini iyileştirdiği de çalışmada bildirilmiş; LP inokulantının ise silajlar oksijenle temas

ettiğinde aerobik stabiliteyi korumakta yetersiz kaldığı ve bu silajların diğer silajlara göre daha hızlı bozulduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte LP+LB kombinasyonunun tek başına LB ile karşılaştırıldığında silajlarda $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunu ve fermantasyon kayıplarını azalttığı saptanmıştır. Silajların rumen parçalanabilirlik parametrelerinin Mehrez & Ørskov (1977)'un *in situ* prosedürüne göre hesaplandığı bu çalışmada LP, LB ve LP+LB uygulamalarının 48 saatlik inkübasyondan sonra buğday, sorgum ve mısır silajlarının *in situ* rumen KM, OM ve NDF parçalanabilirliklerini etkilemediği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda ayrıca LP+LB kombinasyonunun, LA fermantasyonunu hızlandırması, pH değerini düşürmesi, daha düşük protein bozulması ve fermantasyon kayıplarını azaltması nedeniyle kullanılabileceği belirtilmiştir.

Filya (2003b), düşük KM'li mısır (%23,5 KM) ve sorgumda (%22,2 KM) LP, LB ve LP+LB kombinasyonu uyguladığı çalışmasında LB ve LP+LB ile muamele edilmiş silajların, kontrol ve LP ile muamele edilmiş silajlardan önemli ölçüde daha yüksek asetik asit seviyelerine sahip olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, LB ve LP+LB ile muamele edilmiş silajlarda maya aktivitesinin önlendiğini ve bunun sonucunda LB ve LP+LB'nin düşük KM'li mısır ve sorgum silajlarının aerobik stabilitesini geliştirdiğini belirtmiştir. Ayrıca LP+LB'nin LB ile karşılaştırıldığında silajlardaki $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonlarını ve fermantasyon kayıplarını azalttığını saptamıştır. Diğer yandan LB, LP ve LP+LB'nin, silajların *in situ* rumen KM, OM veya NDF parçalanabilirliğini etkilemediğini bildirmiştir. Çalışma sonucunda LP+LB'nin başlangıç laktik asit fermantasyonunu hızlandırdığı, pH'yı düşürdüğü ve daha düşük protein bozulması ve fermantasyon kayıpları verdiği belirtilmiştir.

Filya (2004), mısır silajlarında, olgunlaşma ile SÇK içeriğinin azaldığını, özellikle erken diş olum dönemindeki bitkiden yapılan silajlarda daha fazla LA, etanol, maya ve küf oluşumu ile daha yüksek CO_2 üretimi gerçekleştiğini bildirmiştir ($P<0,05$). Bununla birlikte diğer dönemlerde (1/3 süt çizgisi, 2/3 süt çizgisi ve FO), erken diş olum dönemine kıyasla lif içeriklerinin azaldığını ($P<0,05$), erken diş olum dönemindeki silajların aerobik koşullar altında stabil olmadığını, silajların NDF içeriklerinin %52,7'den %42,1'e düştüğünü belirtmiştir ($P<0,05$). Ayrıca hemisellüloz (HEM) içeriğinin mısırın büyüme periyodu boyunca pek değişmediği ancak HP içeriğinin, erken olum dönemi ve 1/3 süt

çizgisi dönemi ile karşılaştırıldığında FO döneminde önemli ölçüde azaldığını saptamıştır ($P<0,05$). Çalışma sonucunda mısır bitkisinin, hektar başına fermente edilebilir besin maddelerinin verimini en üst düzeye çıkarmak için 2/3 süt çizgisi (KM %35,8) aşamasında hasat edilmesini önermiştir.

Muck (2004), mısır silajının aerobik stabilitesinin, özellikle sıcak havalarda büyük bir problem olduğunu; silaj inokulantlarının, en yaygın silaj katkı maddesi türü olmasına rağmen, aerobik stabiliteyi iyileştirmede tutarlı bir şekilde etkili olmadığını belirtmiş ve mini silolardaki mısır silajı üzerinde inokulantların etkinliğini araştırmıştır. Araştırma sonucunda standart homofermantatif inokulantların (Standard A: *Pediococcus pentosaceus* ve *Propionibacterium jensenii*, Standard B: LP ve *Enterococcus faecium* ve Standard C: LP ve *E. faecium*), aerobik stabiliteyi kontrol silajına göre ortalama 12 saat azalttığını, düşük canlılığa sahip olan biri dışında LB içeren tüm inokulantların stabiliteyi geliştirdiğini ve LB inokulantlarının, mısır silajının aerobik stabilitesini geliştirmede en uygun inokulantlar olduğunu bildirmiştir. Ayrıca çalışmada birincil hedefin KM geri kazanımı ve hayvan performansının iyileştirilmesi olması durumunda homofermantatif LAB inokulantlarının başarıya ulaşma olasılığının daha yüksek olduğunu; bununla birlikte mısır silajında zayıf aerobik stabilite probleminin varlığında ise LB inokulantlarının daha fazla umut vaat ettiğini belirtmiştir.

Jensen vd. (2005) üç farklı dönemde (KM %25,7, 35,0 ve 40,3) hasat edilerek silolanmış mısırın, nişasta ve NDF içeriklerinin sindirilebilirliklerini inceledikleri çalışma sonucunda, mısırın olgunlaşmasına bağlı olarak nişasta içeriğinin arttığı ve NDF içeriğinin azaldığı belirlenmiş, bu sonucun hem sindirilebilir nişasta ve hem NDF tüketimi hem de nişastanın toplam sindirilebilir karbonhidratlara oranı gibi beslenme özelliklerinin olgunluk dönemlerinden güçlü bir şekilde etkilendiği bildirilmiştir.

Altınçekiç (2006), LP+E. *faecium* inokulantı ve formik asit temelli bir katkı maddesi (FAT) uygulanan mısırdaki, en düşük pH değerini kontrol ve inokulant kullanılan grupta saptamış ve inokulant uygulamasının FAT ve inokulant + FAT uygulamalarına göre silajların pH değerlerini daha fazla düşürdüğünü ve uygulamalar arasında herhangi bir farklılığın olmadığını bildirmiştir ($P<0,05$). Bunun yanı sıra tüm uygulamaların, silajların

NH₃-N konsantrasyonlarını kontrol grubuna göre düşürdüğünü saptamıştır. Ayrıca mısır silajlarının hava ile temas ettiği 5 günlük süre boyunca uygulamaların hiçbirinin silajların pH ve CO₂ üretimlerini etkilemediğini; LAB inokulantının, kontrole göre silajların CO₂ üretimini sayısal olarak artırmış olsa da bu artışın önemsiz olduğunu bulmuştur (P>0,05). Bununla birlikte katkı maddesi uygulanan bütün silajlarda *in vitro* gaz üretimlerinin, ME değerlerinin ve *in vitro* OM sindirilebilirliklerinin kontrol grubuna göre düştüğünü (P<0,05); söz konusu parametreler açısından katkı maddeleri ve kombinasyonları arasında da herhangi bir farklılık görülmediğini bildirmiştir (P>0,05).

Kleinschmit & Kung (2006), %37 KM içeren mısırdaki LB+*Pediococcus pentosaceus* kullanımının silaj fermentasyonu ve aerobik stabilite üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmada, silajların laktik asit konsantrasyonunun inokulant uygulamasından etkilenmediğini ancak inokulant eklenmiş silajların daha yüksek asetik asit konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmada inokulantın silajların SÇK konsantrasyonunu azalttığını, bununla birlikte, inokulasyonun silajın aerobik stabilitesini tutarlı bir şekilde geliştirmediklerini ve bu aerobik kararsızlığa mayalar dışındaki mikroorganizmaların neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Hu vd. (2009), %33 ve %41 KM ile hasat edilen mısırdaki LP, LB ve LP+LB kullanımının silaj fermentasyonu ve aerobik stabilite üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, 240 günlük silolama süresi sonunda, %41 KM ile hasat edilen mısır silajının daha yüksek pH değerine sahip olduğunu ve %33 KM içeriğine sahip silajla karşılaştırıldığında daha fazla maya içerdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca LB'nin %41 KM düzeyindeki silajda laktik asit konsantrasyonunu etkilemediğini ancak %33 KM içeriğindeki silajda laktik asit konsantrasyonunu azalttığını; bununla birlikte diğer silajlara göre asetik asit konsantrasyonunu yükselttiği bildirilmiştir. Diğer yandan LP'nin %33 KM'li silajda laktik asit ve asetik asit konsantrasyonunu artırdığı, %41 KM'li silajda ise asetik asit konsantrasyonunu düşürdüğü belirtilmiştir. Çalışma sonucunda LB'nin silajlardaki NH₃-N konsantrasyonunu artırdığı LP'nin ise azalttığı, LB uygulanan tüm silajlarda aerobik stabilitenin arttığı LP'nin ise aerobik stabilite üzerinde hiçbir etkisi olmadığı bildirilmiştir.

Özdüven vd. (2009), üç farklı dönemde (erken süt olum, süt olum ve hamur olum dönemlerinde) biçilen dört farklı mısır çeşidi ile yaptıkları çalışmada fermantasyon özelliklerinin, ham besin maddelerinin, sindirilebilir OM miktarlarının, KM verimlerinin ve OM verimlerinin biçim dönemi ile çeşit farklılıklarından önemli derecede etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca taze materyalde KM içeriklerinin ve pH değerlerinin mısırın olgunlaşma döneminin ilerlemesine bağlı olarak arttığını, SÇK içeriklerinin düştüğünü, silajların KM içeriklerinin %18,35–30,72 arasında değiştiğini ve hasat dönemi ilerledikçe tüm çeşitlerde doğrusal bir biçimde artan KM içeriklerindeki farklılıkların önemli olduğunu bildirmişlerdir ($P<0,001$). Bununla birlikte silajların pH değerlerinin 3,63–3,98 arasında değiştiğini ve vejetasyonun ilerlemesine paralel olarak pH değerlerinin önemli düzeyde arttığını ($P<0,001$), silajların $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonları açısından çeşitler arasında farklılık bulunmadığını ($P>0,05$) ancak erken süt olumu döneminde konsantrasyonun daha fazla olduğunu ($P<0,001$), laktik asit içeriklerindeki farklılıkların gerek çeşitler gerekse dönemler bakımından önemli olduğunu ($P<0,001$), asetik asit içeriklerini tüm çeşitlerde ve dönemlerde, mısır silajları için kabul edilen %0,5-3,0 değerleri arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer yandan silajlarda LAB sayılarının 4,03–5,44 $\log_{10}$ cfu g^{-1} arasında olup tüm çeşitlerde en fazla değerlerin hamur olum döneminde saptandığını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda hasat dönemleri boyunca KM üzerinden HP, ham yağ (HY), HS; çeşitler arasında ise OM, HP ve HK içeriklerinde önemli düzeyde farklılıklar bulunduğu; tüm çeşitlerde NDF, ADF, HEM ve sellüloz (SEL) içeriklerinde vejetasyon döneminin ilerlemesiyle önemli düzeyde azalma, asit deterjanda çözünmeyen lignin (ADL) içeriklerinde ise artış olduğu ($P<0,001$) ve ayrıca vejetasyonun ilerlemesiyle mısır silajlarının OM sindirilebilirliğinde azalma, KM ve OM verimlerinin artmasıyla birim alandan elde edilen sindirilebilir OM içerikleri ve ME verimlerinde ise önemli düzeylerde artışlar olduğu bildirilmiştir ($P<0,001$).

Zhang vd. (2009), LP, LB ve LP+LB uygulanan yonca silajlarının kontrole göre daha fazla laktik asit, asetik asit ve LAB'ne sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanı sıra LP+LB'nin LP, LB ve kontrolden daha fazla asetik asit içeriğine ve daha az maya sayısına ($P<0,05$) ve kontrolden daha düşük $\text{NH}_3\text{-N}$ ($P<0,05$) içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda yonca silajlarında inokulant kullanımının pH'yı düşürdüğünü, laktik asit ve asetik asit üretimini artırdığını, maya ve küf sayısını

azalttığını ancak sadece LP'nin yonca silajının aerobik stabilitesini geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Kristensen vd. (2010), mısırdaki *Lactobacillus pentosus*+*Pediococcus pentosaceus* içeren bir inokulant ile sadece LB içeren bir inokulantın silaj fermentasyonu ve aerobik stabilite üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda *L.pentosus*+*P.pentosaceus*'nin kontrol silajına göre silaj fermentasyonunu ve aerobik stabiliteyi etkilemediğini, bunun inokulantın homofermantif olmasından ve epifitik mikrofloranın sayıca fazla olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Çalışmada ayrıca LB'nin mısır silajının aerobik stabilitesini, pH değerini, asetik asit içeriğini, toplam LAB sayısını artırdığı, laktik asit içeriğini ve maya sayısını ise azalttığı bildirilmiştir.

Arriola vd. (2011), %35 KM'de hasat edilen mısırdaki LB, *P.pentosaceus*+LB ve *P.pentosaceus*+*Propionibacteria freudenreichii* kullanımının silaj fermentasyonu ve kalitesine etkilerini inceledikleri çalışmada *P.pentosaceus*+*Propionibacteria freudenreichii*'nin asetik asit konsantrasyonunu LB ve *P.pentosaceus*+LB'ye göre artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca LB ve *P.pentosaceus*+LB'li silajların daha düşük pH ve daha yüksek laktik asit konsantrasyonuna sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte maya ve küf sayıları bakımından muameleler arasında farklılık görülmediğini, inokulant uygulanan tüm silajlarda aerobik stabilitenin geliştiğini tespit etmişlerdir.

Keles & Demirci (2011), tritikale-Macar fiğ silajında LB, LP ve LP+enzim kullandıkları çalışma sonucunda tüm silajların düşük NH₃-N konsantrasyonunda, düşük maya ve küf sayısında ve 4,5 ila 4,6 arasındaki pH değerlerinde iyi bir şekilde muhafaza edildiğini saptamışlardır. Bununla birlikte LP ve LP+enzim kullanılan silajların fermentasyon özellikleri üzerinde çok az etkisi olduğunu diğer yandan LB'nin silajın fermentasyonunu geliştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca LB'nin asetik asit konsantrasyonunu artırdığını, laktik asit ve SÇK içeriklerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra LB'li silajlarda aerobik stabilitenin LP'li silajlara göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Tabacco vd. (2011), mısırdaki LP, LB ve LP+LB kullanımının aerobik stabilite üzerine etkisini inceledikleri çalışmada; LB'nin diğer silajlara göre daha düşük laktik asit

konsantrasyonlarına, daha düşük maya sayısına ve daha yüksek aerobik stabiliteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, beklenmedik bir şekilde, LB aktivitesinin bir özelliği olan asetik asit konsantrasyonlarının muameleler arasında farklılık göstermediğini belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda LB'nin silajdaki maya sayısını $<2 \log_{10} \text{ cfu g}^{-1}$ 'a düşürmede etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Comino vd. (2014), dört farklı olgunluk döneminde (1/6 süt çizgisi, 2/5 süt çizgisi, 3/4 süt çizgisi ve FO) hasat edilen mısır silajında ferülat-esteraz enzimi üreten bir LB suşu + *Lactobacillus casei* içeren ticari bir inokulantın fermantasyon ürünleri, aerobik stabilite, mikrobiyal durum ve sindirilebilirlik üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada olgunlaşmaya bağlı olarak KM, nişasta, HY ve küf sayısının arttığını, HK, SÇK ve HP içeriklerinin azaldığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte ilk üç hasat döneminde inokulantların laktik asit içeriği ile maya ve küf sayılarını düşürdüğünü, asetik asit, pH ve aerobik stabiliteyi artırdığını, FO döneminde ise inokulant uygulanan ve uygulanmayan silajlar arasında herhangi bir farklılık gözlenmediğini belirtmişlerdir. Diğer yandan muamelelerden bağımsız olarak, maya sayısının azaldığını, asetik asit içeriği KM'de %2,5'i aştığında silajın aerobik stabilitesinin geliştiğini, ferülat-esteraz enzimi üreten LB kullanımında silajın fermantasyonunun heterolaktik yola kayarak aerobik stabiliteyi artırdığını bildirmişlerdir.

Kara vd. (2016), hasat öncesinde ve hasat sonrasında mısır silajına heterofermantatif (hetLAB) ve homofermantatif LAB (hoLAB) ilave edilen çalışmada farklı dönemlerde uygulanan inokulantların silajların fermantasyon parametreleri üzerinde belirgin bir fark oluşturmazlarken mikrobiyolojik özellikler bakımından hem fermantasyon dönemi boyunca hem de aerobik stabilite dönemi üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca inokulant uygulamalarının silajların LAB sayılarını kontrole göre yükselttiğini ve silajlarda küf oluşmadığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte hasat öncesi hetLAB kullanılan silajlarda maya üremesi tespit edilmediğini, küf popülasyonunun ise önemli derecede düşük saptandığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte hasat sonrası hetLAB uygulamasının silajların küflenmelerini önlediğini ve aerobik stabilite üzerine olumlu etki ettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca inokulant kullanımının mısır silajlarının amonyak azotu içeriklerini etkilemediğini ($P>0,05$) belirtmişlerdir.

Costa vd. (2021), geç olgunlukta (KM %45,4) hasat edilen mısırdaki 53 farklı LAB suşunu kullandıkları çalışmada silajların HP, HK ve nişasta içeriklerinin inokulantlardan etkilenmediğini, heterofermantatif suşların (*L. buchneri*, *L. hilgardii* ve *L. farraginis*) kullanıldığı silajların ise en yüksek aerobik stabiliteye, en düşük maya sayısına, en iyi asit üretimine ve pH'ya sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda geç olgunlukta hasat edilen mısır silajında bile LAB inokulantı kullanımını silaj muhafazasının iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Kung vd. (2021), LB+*P. pentosaceus* ile muamele edilen %24 KM içeren mısırdaki inokulant uygulamasının hava stresi durumundan bağımsız olarak LAB sayısını artırdığını gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte LB+*P. Pentosaceus*'un silajlarda asetik asit konsantrasyonu kontrole göre artırdığını, maya sayısını düşürdüğünü bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda inokulant uygulamasının kontrole göre aerobik stabiliteyi geliştirdiğini belirtmişlerdir.

Serva vd. (2021), LB inokulantının, istenen kalitede mısır silajı üretimini teşvik etmek amacıyla yaygın olarak kullanıldığını ancak aerobik stabilite ve silajın fermantatif profili üzerindeki etkisini araştıran az sayıda çalışma olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte mısırın üç farklı olgunluk aşamasında (KM %28,3, 29,9 ve 33,7), üç farklı havaya maruz kalma süresinde (0, 6, 20 saat) ve üç farklı dozajda (yarım doz, standart doz, çift doz) LB uyguladıkları çalışmada; silolama sonrası mısırın ana fermantasyon özellikleri üzerinde inokulant kullanımının önemli ($P<0,05$) olduğunu, erken hasat edilen mısırdaki fermantasyon özelliklerinin optimal aerobik stabilite için yetersiz olabileceğini ve bununla birlikte inokulantların aerobik stabiliteyi uzun süreli olarak destekleyebileceğini saptamışlardır. Çalışma sonucunda inokulantların dozajdan bağımsız olarak fermantasyonu etkilediğini ancak sadece standart dozun aerobik stabilite üzerinde etkili olduğunu ve inokulant dozajının etkinliği üzerinde hasat olgunluk aşamasının etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Silaj materyali

Araştırmada, 40°13'42.7"N (kuzey) enlemi ile 28°51'36.7"E (doğu) boylamında bulunan Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) Müdürlüğünde silaj üretimi amacıyla yetiştirilen, Almanya merkezli Bayer AG (Crop Science Division) firmasının geliştirdiği Dekalb® markalı C955™ melez mısır çeşidi kullanılmıştır.

C955™ çeşidinin, toplam sıcaklık ihtiyacı 1.550 ila 1.650°C arasında ve olgunlaşma gün sayısı 130 ila 140 gün arasında olup FAO-800 olum grubuna dahil geççi bir çeşittir. (Anonim, 2010, 2020). Geliştirici firma tarafından ana ürün olarak tavsiye edilmekle birlikte stabil verim potansiyeline ve geniş hasat periyoduna sahip olduğu için araştırmanın silaj materyali olarak tercih edilmiş ve 2018 yılında ikinci ürün olarak ekilişi yapılmıştır.

3.1.2. İnokulant materyali

Bu araştırmada Amerika Birleşik Devletleri (ABD) merkezli bir firmanın ürettiği sadece homofermantatif LAB içeren ve sadece heterofermantatif LAB içeren iki farklı inokulant ile bu iki inokulantın 1:1 oranında kombinasyonu kullanılmıştır:

1. Homofermantatif LAB inokulantı, *Lactobacillus plantarum* ATCC 55943 ve ATCC 55944 (LP) içermekte olup üretici firmanın bildirdiğine göre toplam mikroorganizma sayısı en az $1,25 \times 10^{11}$ cfu g⁻¹'dir.
2. Heterofermantatif LAB İnokulantı, *Lactobacillus buchneri* LN4637 ATCC PTA-2494 (LB) içermekte olup üretici firmanın bildirdiğine göre toplam mikroorganizma sayısı en az $1,0 \times 10^{11}$ cfu g⁻¹'dir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerinin belirlenmesi

Denemenin silajlık materyali, 08.06.2018 tarihinde ikinci ürün olarak ekilmiştir. Gübreleme, bakım, yabancı otun fiziksel kontrolü, zararlılar ile kimyasal mücadele ve sulama gibi kültürel işlemler TUAM Müdürlüğü ile koordineli bir şekilde takip edilmiştir. Bitkilerin %50'sinin çıkış tarihi 14.06.2018 olarak tespit edilmiştir. Denemenin silajlık materyalini oluşturan bitkiler; dört farklı olgunlaşma döneminde, süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum dönemlerine denk gelen tarihlerde hasat edilmiştir.

3.2.2. Silajların hazırlanması ve inokulantlarla muamele

Süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum dönemlerinde, sırasıyla 4 Eylül, 19 Eylül, 3 Ekim ve 12 Ekim 2018 tarihlerinde elle hasat edilen silajlık materyal, tek sıralı ve şanzımanlı mısır silaj makinesinde (Fimaks, Bursa, Türkiye) yaklaşık 1,5-2,0 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Parçalanan silaj materyali hemen laboratuvara getirilmiştir. İnokulantlar, 1×10^6 cfu g⁻¹ içerecek şekilde hesaplanan miktarlarda tartılıp (LP = 0,008 mg, LB = 0,010 mg ve LP+LB = 0,004 mg LP + 0,005 mg LB) 20 ml steril saf suda çözündürüldükten sonra, 4 m²'lik temiz bir alana yayılan 10 kg silajlık materyale homojen bir şekilde püskürtmek ve karıştırmak suretiyle muamele edilmiştir. Katkı maddesi içermeyen kontrol grubuna da aynı miktarda steril saf su ilave edilmiştir.

Deneme, dört uygulama (kontrol, LP, LB ve LP+LB), dört hasat dönemi (süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum) ve her uygulama için dörder tekerrür olarak planlanmıştır. Toplam 64 adet (4×4×4) silaj materyali, sadece gaz çıkışına izin veren 1,5 litre kapasiteli laboratuvar tipi özel anaerobik kavanozlara (Weck, Wehr-Oflingen, Germany) silolanmıştır. Bu cam silolara, ortalama 1,182 kg taze silaj materyali doldurulmuş ve sıkıştırma yoğunluğu ortalama 788,30 ton/m³ (273,12 ton KM/m³) olarak hesaplanmıştır. Silajların hazırlanma süreci, hasadı takiben yaklaşık üç saatte tamamlanmıştır. Silolamadan hemen önceki taze mısır materyaline ait agronomik veriler Çizelge 3.2.2'de verilmiştir. Silolar laboratuvar ortamında (27±2°C) tutulmuşlardır.

Çizelge 3.2.2. Silolama öncesi taze materyale ait agronomik veriler

Olgunlaşma Dönemi	Hasat Tarihi, (2018 Yılı)	Vejetasyon periyodu, gün	TSİ (°C)	kg/silo	KM (%)	Verim	
						ton/m ³	ton KM/m ³
Süt olum, SO	04.Eylül	88	1.238	1,183	26,26	789,04	207,21
Hamur olum, HO	19.Eylül	103	1.416	1,287	31,41	858,63	269,73
Diş olum, DO	03.Ekim	117	1.561	1,135	37,30	757,04	282,40
Fizyolojik olum, FO	12.Ekim	126	1.631	1,122	42,67	748,50	319,39
Ortalama				1,182		788,30	269,68

TSİ: Toplam sıcaklık ihtiyacı (Büyüme-derece-gün (GDD: Growing-degree-days)), KM: Kuru madde

Silajlar her olgunlaşma dönemi için silolamanın 60. gününde açılarak hiç vakit kaybetmeden pH ölçümü, KM tayini ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Açılan silajlardan steril naylon torbalara 40 g yaş örnek alınıp üzerine 360 ml (1:9) steril su ilave edilerek stomacher cihazında (IUL Instruments, Barcelona, Spain) 3 dakika çalkaladıktan sonra filtre kâğıdı ile (Whatman No 54, International Ltd. Maidstone, England) süzülmüştür. Elde edilen süzükler 12.000 devir/dk'da 20 dakika boyunca santrifüj (Sigma, 6K 15, Germany) edilmiş ve steril ependorf tüplere aktarılarak, analizlerin yapılacağı zamana kadar -20°C' de derin dondurucuda (İnoksan, Bursa, Türkiye) muhafaza edilmiştir. Ayrıca açılan her silajdan yaklaşık 200 g alınan örnekler 65°C'ye ayarlı etüvde 48 saat kurutulmuş ve daha sonra laboratuvar değirmeninde (Elmeksan 101, Türkiye) 1 mm elek kullanılarak öğütülmüştür. Öğütülen örnekler, analizlerin yapılacağı zamana kadar hava geçirmez numune kavanozlarında saklanmıştır.

3.2.3. pH ölçümü

Başlangıç materyallerinden ve açılan silajlardan steril naylon torbalara 40 g yaş örnek alınmış ve üzerine 360 ml (1:9) steril su ilave edilerek stomacher cihazında 3 dakika çalkaladıktan sonra filtre kâğıdı ile süzülmüştür. Elde edilen süzüklerin pH değerleri, tampon çözeltiler (pH=4 ve pH=7) kullanılarak kalibre edilmiş elektronik pH metre (Sartorius, Basic PB-20, Goettingen, Germany) ile ölçülmüştür (Anonim, 1981)

3.2.4. Mikrobiyolojik analizler

Araştırmada kullanılan taze ve silolanmış mısırın içerdiği *Lactobacilli*, maya ve küf gibi mikrobiyal popülasyonlar Seale vd. (1990), tarafından belirtilen yöntemlere göre saptanmıştır. Steril naylon torbalara 40'ar g örnek alınmış ve üzerlerine 360 ml steril deiyonize su ilave edilerek stomacher cihazında (IUL Instruments, Barcelona, Spain) 3 dakika çalkalanmıştır. Bu karışımdan steril fizyolojik su (8,5 g L⁻¹ saf NaCl) kullanarak seyreltme yöntemiyle yeni karışımlar elde edilmiştir.

Lactobacilli sayımında besi ortamı olarak Rogosa Agar (Oxoid CM627, Oxoid, Basingstoke, UK) kullanılmıştır. Rogosa Agar otoklavda (Nüve, OT 4060, Ankara, Türkiye) 121°C'de 30 dakika süre ile sterilize edilmiştir. Her örnekten 1 ml steril petri kabına aktarılmış ve üzerine yaklaşık 50°C'ye soğutulmuş Rogosa Agar dökülmüştür. Sonsuz hareketi işe yavaşça karıştırılan petri kapları 30°C'de 3 gün süre ile inkübatörde (Nüve, EN 500, Ankara, Türkiye) tutulduktan sonra koloni sayma cihazında (Funke Gerber, Colony Star, Germany) *Lactobacilli* sayımları gerçekleştirilmiştir.

Maya ve küf sayımı için besi ortamı olarak otoklavda 121°C'de 30 dakika süre ile sterilize edilmiş Malt Ekstrakt Agar (Difco, Detroit, MI, USA) ve %10'luk LA kullanılmıştır. Hazırlanan bu besi yeri steril petri kaplarına dökülmüş ve katılaşmasını takiben mikroorganizma yükü uygun düzeye indirgenmiş 0,1 ml örnek, drigalski spatülü ile tüm yüzeye yayılmıştır. Drigalski spatülü her kullanımda %96'lık alkole batırılıp çıkarıldıktan sonra yakılmış ve sönmesi beklendikten sonra kullanılmıştır. Petri kapları 30°C'de 3 gün süre ile inkübatörde tutulduktan sonra maya ve küf sayımı koloni sayma cihazında gerçekleştirilmiştir. Tüm sayımlar Log10 tabanında ifade edilmiştir.

3.2.5. Aerobik stabilite testi

Her olgunlaşma dönemi için 60 günlük silolama süresinin sonunda silajlar; Ashbell vd. (1990) tarafından geliştirilmiş yöntemle 5 gün süren aerobik stabilite testine tabi tutulmuştur. Bu testte, maya ve küf sayısı, pH değerindeki değişim ve test sırasında üretilen CO₂ miktarı aerobik bozulmanın göstergesi olarak kabul edilmektedir. Aerobik

stabilite testinde 1,5 L'lik polietilen (PET) şişeler kullanılmıştır. Pet şişeler kapak kısmında yaklaşık 1 L ve alt kısmında yaklaşık 0,5 L olmak üzere ikiye kesilmiştir. Pet şişenin 1 L'lik üst kısmındaki kapağa hava sirkülasyonunu sağlamak için 1 cm çapında delik açılıp üzeri telle kapatılarak 0,5 L'lik alt kısmın üzerine ters olarak yerleştirilmiştir. Ünitenin üst kısmına 250 ila 300 g kadar silaj örneği sıkıştırılmadan yerleştirilmiş ve ünitenin alt kısmına da %25'lik KOH çözeltisinden 100 ml konulmuştur. Oksijene maruz kalacak şekilde hazırlanan test üniteleri laboratuvar sıcaklığında 5 gün bekletilmiştir. Aerobik aktivite sonucu silaj örneklerinde oluşan ve havadan 1,5 kat daha yoğun olan CO₂ gazının alta çökerek KOH çözeltisinde absorbe edilmesi sağlanmıştır. Bu aşamadan sonra CO₂ gazını absorbe etmiş olan KOH çözeltisinden 10 ml alınmış önce 3N HCl ile titre edilerek yüksek olan pH değeri 8,1'e indirilmiştir. Sonra 1 N HCl ile pH değeri 3,6 oluncaya kadar titrasyona devam edilmiştir. Beş gün süre ile oksijene maruz kalan silajların ürettikleri CO₂ gazı miktarı aşağıda belirtilen denkleme göre hesaplanmıştır:

$$\text{CO}_2 \text{ (g kg}^{-1} \text{ KM)} = 0,044 \times T \times V / (A \times \text{SM} \times \text{KM}) \quad (3.1)$$

T : Titrasyonda harcanan 1 N HCl miktarı (ml)

V : %5'lik KOH çözeltisinin toplam hacmi (ml)

A : Ünitenin alt kısmına ilave edilen KOH miktarı (ml)

SM : Silaj materyalinin ağırlığı (kg)

KM : Silaj materyalinin KM miktarı (g kg⁻¹)

3.2.6. Ham besin maddeleri analizleri

Taze materyal ve silaj örneklerinin ham besin maddeleri analizleri AOAC (1990) tarafından bildirilen klasik analiz yöntemlerine göre yapılmıştır. Örneklerin havada KM içerikleri 65°C'ye ayarlı etüvde 48 saat kurutularak, KM içerikleri ise 105°C'ye ayarlı etüvde 4 saat kurutularak tayin edilmiştir. Örneklerin HK içerikleri, 3 g örneğin porselen kroze içerisinde tartılarak ayarlanabilir kül fırınında (Nüve, MF 120, Ankara, Türkiye) 550-600°C'de kademeli olarak ve toplamda 4 saat yakılmasıyla saptanmıştır. Örneklerin OM miktarı, KM ile HK arası farktan hesaplanmıştır. Azot (N) içeriğinin saptanmasında Kjeldahl cihazından yararlanılmış ve HP içerikleri N×6,25 formülü ile hesaplanmıştır.

Ham yağ analizi Soxhlet cihazında yapılmıştır. Ham sellüloz içeriği Ankom cihazında belirlenmiştir. Örneklerin ham besin maddeleri içeriklerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitliklere göre nitrojensiz öz maddeler (NÖM) ve organik maddeler (OM) içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{NÖM, \%} = (\text{KM} - (\text{HP} + \text{HY} + \text{HS} + \text{HK})) \quad (3.2)$$

$$\text{OM, \%} = \text{KM} - \text{HK} \quad (3.3)$$

Taze materyal ve silaj örneklerinin hücre duvarı bileşenleri, Van Soest vd. (1991) tarafından bildirilen yönteme göre ANKOM cihazında (Ankom® Technology Corp., Fairport, NY, USA) belirlenmiştir. Tüm örneklerin HEM ve SEL içerikleri hesaplama yoluyla bulunmuştur.

600 ml'lik bir beher içerisine elek çapı 1 mm olan değirmende öğütülmüş 0,5 g yem örneği, 50 ml NDF çözeltisi, 1 ml decahidro naftalin ($\text{C}_{10}\text{H}_{18}$) ve 0,25 g kadar sodyum bisülfid ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ilave edilmiştir. Karışım, ısıtıcı düzeneğe yerleştirilmiş ve kaynamaya başladıktan sonra 1 saat kaynatılmış ve bu süre bitiminde de dara ağırlığı kaydedilmiş olan (1. tartım) filtreli cam krozede (Gooch, porozite: 1) sıcak saf su ile yıkanmıştır. Cam kroze içindeki NDF kalıntısı asetonla son bir süzme işleminden geçirilmiştir. Daha sonra 1 gece boyunca etüvde 100°C 'de kurutulmuş ve soğuduktan sonra da tartılmıştır (2. tartım). Örneklerin NDF içerikleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{NDF, \%} = [(2. \text{ tartım} - 1. \text{ tartım}) / (\text{örnek miktarı})] \times 100 \quad (3.4)$$

1. tartım = Boş kroze ağırlığı, g

2. tartım = NDF kalıntısı içeren etüvde kurutulmuş olan krozenin ağırlığı, g

600 ml'lik bir beher içerisine elek çapı 1 mm olan değirmende öğütülmüş 0,5 g yem örneği, 50 ml ADF çözeltisi ve 1 ml decahidro naftalin ilave edilerek ısıtıcı düzeneğe yerleştirilmiş ve kaynamaya başladıktan sonra 1 saat daha kaynatılmıştır. Bu sürenin sonunda dara ağırlığı kaydedilmiş olan (1. tartım) filtreli cam krozede sıcak saf su ve asetonla süzdürüldükten sonra 1 gece boyunca etüvde 100°C 'de kurutulmuş ve

soğuduktan sonra da tartılmıştır (2. tartım). Örneklerin ADF içerikleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{ADF, \%} = (2. \text{ tartım} - 1. \text{ tartım}) / (\text{örnek miktarı}) \times 100 \quad (3.5)$$

1. tartım = Boş kroze ağırlığı, g

2. tartım = ADF kalıntısı içeren etüvde kurutulmuş olan krozenin ağırlığı, g

ADL analizi için ADF analizinde uygulanan prosedür kullanılmıştır. İçerisinde ADF kalıntısı bulunan cam kroze ADF hesabı için tartıldıktan sonra cam krozenin içinde kalan örnek, %72'lik H_2SO_4 ile 2-3 defa süzdürüldükten sonra oda sıcaklığında 3 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda asitten arındırmak için sıcak saf su ile yıkanmıştır. Bu işlemden sonra 1 gece boyunca etüvde 100°C 'de kurutulmuş ve soğuduktan sonra da tartılmıştır (3. tartım).

$$\text{ADL, \%} = [(3.\text{tartım} - 1. \text{ tartım}) / (\text{örnek miktarı})] \times 100 \quad (3.6)$$

1. tartım = Boş kroze ağırlığı, g

2. tartım = %72'lik H_2SO_4 ile süzdürülmüş ve etüvde kurutulmuş ADL kalıntısı içeren krozenin ağırlığı, g

Örneklerin NDF, ADF ve ADL içerikleri arasındaki farktan yararlanılarak SEL ve HEM içerikleri saptanmıştır.

$$\text{SEL, \%} = \text{ADF} - \text{ADL} \quad (3.7)$$

$$\text{HEM, \%} = \text{NDF} - \text{ADF} \quad (3.8)$$

3.2.7. Organik asit analizi

Örneklerin, organik asit analizleri gaz kromatografisinde (Agilent Technologies 6890N Network GC System, 7683 B Series Injector, China) yapılmıştır. Analiz sırasında gaz kromatografi cihazına uygun kapillar kolon (Stabilwax[®]-DA; Crossbond "Carbowax"-PEG asidik bileşikler için, 30 m, 0,25 mm ID, 0,25µm df, maksimum program sıcaklığı 260°C) kullanılmıştır. Analizlerde gaz kromatografisinin fırını 100°C 'de 5 dk, ardından

10°C/dk artışla 160°C' de 2 dk ve son olarak 80°C/dk artışla 5 dk bekleme şeklinde programlanmıştır. Sıvı örneklerin organik asit bileşimleri (asetik asit ve bütirik asit) standart kromatogramdan alınan piklere göre belirlenmiştir.

3.2.8. Laktik asit analizi

Örneklerin laktik asit içeriklerinin belirlenmesinde Barker & Summerson (1941) tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. Derin dondurucudan çıkartılan örnekler oda sıcaklığında çözündükten sonra saf su ile 1:100 oranında seyreltilerek kullanılmıştır. Seyreltilmiş örnekten 1 ml alınarak üzerine 0,1 ml bakır sülfat (5 g CuSO₄ /100 ml saf su) ile 6 ml %98'lik sülfürik asit ilave edilmiştir. Örnekler, 30 sn vortekste (Isolab, VM 20, Wertheim, Germany) karıştırılıp ve 5 dk soğuk suda tutulduktan sonra 0,1 ml p-hydroxydiphenyl (%0,5 NaOH/100 ml saf su + 2,5 g %97'lik 2-Phenylphenol (C₆H₅C₆H₄OH)) eklenerek tekrar 30 sn kadar vortekste karıştırılmış ve 10 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Sonrasında 90 sn kaynar suya daldırılan ve sonra soğutulan örneklerin 565 nm dalga boyunda okumaları yapılmıştır. Daha sonra 2,5, 5, 10, 15 µg/ml lityum laktat miktarına sahip karışımların elde edileceği stok çözelti (213 mg lityum laktat / 500 ml saf su) hazırlanmıştır. Stok çözeltiye 0,5 ml %98'lik sülfürik asit eklenerek önce 1:9 (40 µg/ml) daha sonra 1:1 (20 µg/ml, stok çözelti) oranında saf su ile seyreltilmiştir. Tüpler içerisine 1 ml miktarında konulan seyreltiğe 0,1 ml bakır sülfat ile 6 ml %98'lik sülfürik asit eklenmiştir. Tüpler vortekste 30 sn karıştırıldıktan sonra 5 dk soğuk suda soğutulmuştur. Üzerine 0,1 ml p-hydroxydiphenyl eklenerek, tüpler 30 sn vortekste tekrar karıştırılmış ve 10 dk oda sıcaklığında bırakılmışlardır. Sonra örnekler 90 sn kaynar suya daldırılıp çıkarılmıştır. Soğuyan örnekler 565 nm dalga boyunda okunmuştur. Standart eğri Microsoft Excel programında oluşturulmuştur. Standart eğriden elde edilen değerler, seyreltme kat sayısı (10) ile çarpılıp örneklerin KM oranlarına bölünerek, KM'de % laktik asit yoğunlukları belirlenmiştir.

3.2.9. Suda çözünabilir karbonhidratların analizi

Silaj örneklerinin SÇK analizleri; Dubois vd. (1956) tarafından bildirilen yöntemle yapılmıştır. Bu yöntem basit şekerlerin, oligosakaritlerin, polisakaritlerin ve bunların

türevlerinin, fenol ve derişik sülfürik asit ile işlendiklerinde hassas bir tepkimeye girerek sabit bir turuncu-sarı renk vermesi ilkesine dayanmaktadır.

Örneklerin SÇK içerikleri, önceden oluşturulacak standart bir eğriye referansla hesaplanacağı için; 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 ve 1,0 g L⁻¹ glikoz içeren standart çözeltiler hazırlanmıştır. Her konsantrasyondan 1'er ml alınarak deney tüpüne aktarılmıştır. Standart körü olarak kullanılacak tüpe sadece saf su eklenmiştir. Sonra 20 gram saf suyun 80 gram reaktif-tip fenole eklenmesiyle hazırlanmış olan kütlece %80'lik fenol çözeltisinden bu deney tüplerine 0,05'er ml ilave edilmiş ve vortekste karıştırılmıştır. Daha sonra tüplere 5'er ml %95-98'lik sülfürik asit ilave edilmiş ve tekrar vortekste karıştırılmıştır. Bu aşamada asidin tüpün kenarından sızdırılmadan direk olarak tüpte bulunan sıvıya temas etmesine dikkat edilmiştir. Tüpler laboratuvar ortamında 10 dakika bekletildikten sonra 25-30°C'deki su banyosunda 15 dakika daha bekletilmiş ve son olarak bir kez daha vortekste karıştırılmıştır.

Asit ilavesinden sonra dehidrasyona uğrayan glikoz ile fenol arasındaki tepkime sonucunda açığa çıkan bileşiklerdeki turuncu-sarı rengin yoğunluğu şeker miktarı ile doğru orantılıdır. Bu aşamada renk birkaç saat stabil olmakla birlikte yöntemde, heksozlar için belirtilen 490 nm dalga boyundaki absorpsanlar, spektrofotometre cihazında (Shimadzu, UV Mini 1240, Japan) vakit kaybedilmeden okunmuştur. Böylece analizi yapılacak maddeyi (glikoz) içeren ve derişimleri bilinen bir dizi standart çözeltinin, belirli bir dalga boyundaki absorpsan (A) değerleri ölçülmüş ve grafiğe geçirmek suretiyle standart eğrisi (kalibrasyon doğrusu) elde edilmiştir.

Derin dondurucudan çıkarılan örnekler çözününceye kadar laboratuvar ortamında bekletilmişlerdir. Çözünen örnekler saf su ile 1:9 oranında tekrar seyreltilmiştir. İkinciye seyreltilen bu süzükten 1 ml alınarak deney tüpüne aktarılmıştır. Bu süzüklerle ve ayrıca kontrol örneğine yapılan işlemlerin adımları, yukarıda açıklandığı gibi, standart çözeltilere yapılan işlemler ile aynıdır. Kontrol örneği, SÇK çözeltisi yerine saf su ikame edilerek hazırlanmıştır. Kontrol örneğinin değeri hesaplama esnasında örnek değerlerinden çıkarılmıştır.

Oluşturulan standart eğriden referansla elde edilen silaj örneklerine ait sonuçlar ($\mu\text{g ml}^{-1}$) 10 ile çarpılarak silajların KM'lerine bölünmüştür. Böylece silaj örneklerinin SÇK içerikleri, KM'de ve % bazında saptanmıştır.

3.2.10. Amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$) analizi

Derin dondurucudan çıkarılan örnekler çözününceye kadar laboratuvar ortamında bekletilmişlerdir. Çözünen süzükten 100 ml alınarak Kjeldahl distilasyon ünitesine (Gerhadth, Bonn, Germany) yerleştirilmiş ve 12 dakika süre ile distile edilmiştir. Damıtma sonucunda açık pembe renk elde edilinceye kadar %37'lik 0,1 N hidroklorik asit (HCl) ile titre edilmiştir. Bu şekilde harcanan HCl miktarı ml olarak kaydedilmiştir. Örneklerin amonyak azotu konsantrasyonları aşağıda belirtilen denkleme göre hesaplanmıştır:

$$\text{NH}_3\text{-N/TN (\%)} = \left[\frac{[T \times 4 \times 0,1 \times 14]}{[(40 \times \text{KM}/100)] \times [\text{HP}/100/6,25]} \right] / 100 \quad (3.9)$$

T = Titrasyonda harcanan 0.1 N HCl miktarı (ml)

4 = Seyreltme katsayısı ($40+360/100= 4$)

0,1 = HCl normalitesi (N)

14 = Azotun atom ağırlığı (g)

40 = Örnek miktarı (g)

KM = Kuru madde (%)

HP = KM'de HP (%)

6,25= Azotu HP'e dönüştürme katsayısı

3.2.11. Rumen sıvısının alınması

Araştırmada kullanılan silajların *in vitro* gaz üretim miktarlarını belirlemek amacıyla kullanılan rumen sıvısı, TUAM'da bulunan ve rumen kanülü takılı iki baş Merinos koçtan alınmıştır. Rumen sıvısının alındığı bu hayvanlar, TUAM'da yonca kuru otu ve yoğun

yem karması (%17 HP, 2700 kcal/kg ME, KM) ile yaşama payı gereksinimlerinin 1,25 katı düzeyinde beslenmişlerdir. Ayrıca hayvanların önlerinde sürekli temiz içme suyu bulundurulmuştur. Çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Hayvan Deneyleri ve Yerel Etik Kurulunun onayı ile (Karar No.: 2018-05/05) yapılmıştır.

3.2.12. *In vitro* gaz üretim değerlerinin belirlenmesi

Yemlerin sindirilebilirliği, sindirim sürecini simüle eden çeşitli biyolojik yöntemlerle tahmin edilebilir (Getachew vd., 1998). Bu amaçla, yemlerin rumende parçalanabilirlik parametrelerinin belirlenmesinde *in vitro* bir yöntem olan gaz üretim tekniği kullanılmıştır (Menke & Steingass, 1988). Yöntemde yemlerin gaz üretimini saptayabilmek için 100 ml hacimli özel sızdırmaz cam şırıngalar (Model Fortuna, Häberle Labortechnik, Lonsee- Ettlenschieß, Germany) kullanılmıştır. Şırıngalara yaklaşık 0,2 g örnek tartıldıktan sonra pistonlara uç kısımları hariç vazelin sürülmüş ve örnekler ile temas etmeyecek şekilde şırıngalara yerleştirilmiştir. Gaz oluşumunu sağlamak amacıyla şırıngalara 40 ml rumen sıvısı ve yapay tükrük (makro element, iz element, tampon, resazurin ve redüksiyon çözeltileri karışımı) eklenmiştir.

Araştırmada kullanılan yapay tükrük karışımı; 475 ml saf su + 240 ml tampon çözeltisi + 240 ml makro element çözeltisi + 0,12 ml iz element çözeltisi + 1,22 ml resazurin çözeltisi + 47,5 ml redüksiyon çözeltisi + 1 N NaOH çözeltisinden oluşturulmuştur. Hazırlanan yapay tükrük ağzı hava almayacak şekilde kapalı balon joje içerisinde, 39°C sıcaklığa sahip su banyosunda manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Yapay tükrüğe bir hortumla düşük debide CO₂ gazı verilmiştir. Tülbent ile süzülen 750 ml rumen sıvısı yapay tükrüğe eklenmiştir. Bu karışımdan önceden hazırlanmış şırıngalara 30 ml konularak 39°C sıcaklığa ayarlı termostatl su banyosuna uygun bir şekilde yerleştirilerek inkübasyona bırakılmıştır.

İnkübasyonun 3., 6., 12., 24., 48., 72. ve 96. saatlerinde şırıngalar içerisinde üretilen gaz miktarları saptanmıştır. Kör örneklerin inkübasyonu sonucu oluşan ortalama gaz hacmi her örneğin inkübasyonu sonucu oluşan gaz hacminden çıkarılarak örneklerin oluşturduğu net gaz hacimleri saptanmıştır. Kuru madde içerikleri bilinen söz konusu

örneklerin 0,2 g KM başına oluşturdıkları gaz miktarı basit matematiksel işlemlerle saptanmıştır.

Silaj örneklerinin, organik madde sindirilme derecesi (OMS) ve metabolik enerji (ME) içerikleri Menke & Steingass (1988) tarafından kaba yemler için bildirilen formüllere göre hesaplanmıştır:

$$\text{OMS (\%)} = 15,38 + 0,8453 \times \text{GÜ} + 0,0595 \times \text{HP} + 0,0675 \times \text{HK} \quad (3.10)$$

$$\text{ME (MJ/kg KM)} = 2,20 + 0,1357 \times \text{GÜ} + 0,0057 \times \text{HP} + 0,0002859 \times \text{HY}^2 \quad (3.11)$$

GÜ: 24 saatlik süre sonunda elde edilen net gaz üretimi (ml)

HP: Ham protein içeriği (g/kg KM)

HY: Ham yağ içeriği (g/kg KM)

HK: Ham kül içeriği (g/kg KM)

3.2.13. İstatistik analizler

Araştırma, tesadüf parselleri deneme deseninde dört tekerrürlü ve iki faktörlü olarak faktöriyel deneme deseninde tertiplenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde söz konusu deneme desenine uygun varyans analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıkların önem seviyesinin belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır (Snedecor & Cochran, 1989). Bu amaçla JMP Pro v.14 paket programı kullanılmıştır (JMP, 2021). Mikrobiyolojik analizlerde dört örnek karıştırılıp tek sonuç verildiği için istatistik analiz yapılamamıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Mısır hasadı süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum olmak üzere dört farklı olgunlaşma döneminde yapılmış, hasattan hemen sonra mısıra *Lactobacillus plantarum* (LP), *Lactobacillus buchneri* (LB) içeren inokulantlar ile bu iki inokulantın kombinasyonu (LP+LB) uygulanmıştır. Bu üç muamele grubunun ve kontrol grubunun silajları dörder tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Daha sonra silajların fermentasyon özellikleri, besin maddeleri içerikleri, hücre duvarı bileşenleri, aerobik stabilite, mikrobiyolojik özellikleri ve yem değerleri incelenmiştir.

4.1. Bitki Büyüme ve Gelişme Dönemi Bulguları

Çalışmanın yürütüldüğü 2018 yılında ikinci ürün olarak ekilişi yapılan mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerine ulaşma tarihleri Çizelge 4.1.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1.1. Bitki büyüme ve gelişme dönemi tarihleri ve günleri

Büyüme ve Gelişme Dönemleri	Tarih	Gün Sayısı	Kümülatif Gün
Ekiliş tarihi	08.06.2018	0	-
Çıkış tarihi	14.06.2018	6	6.
4 Yapraklı dönem	25.06.2018	11	17.
8 Yapraklı dönem	13.07.2018	18	35.
12 Yapraklı dönem	26.07.2018	13	48.
16 Yapraklı dönem	03.08.2018	8	56.
Tepe püskülü çıkarma dönemi	09.08.2018	6	62.
Büyüme dönemi uzunluğu (gün)		62	
Koçan püskülü çıkarma dönemi	13.08.2018	4	66.
Kabarcık dönemi	21.08.2018	8	74.
Süt olum dönemi, SO	04.09.2018	14	88.
Hamur (sarı) olum dönemi, HO	19.09.2018	15	103.
Diş olum dönemi, DO	03.10.2018	14	117.
Fizyolojik olum dönemi, FO	12.10.2018	9	126.
Gelişme dönemi uzunluğu (gün)		64	
Vejetasyon periyodu (gün)		126	

Çizelge 4.1.1’de görüldüğü üzere denemenin silaj materyalini oluşturan bitkilerin büyüme dönemi süresi 56 gün, gelişme dönemi süresi ise 64 gün olarak gerçekleşmiştir. Mısırın ekiminden danelerin koçana bağlandığı yerde siyah noktanın görüldüğü zamana (fizyolojik olum dönemi) kadar geçen bütün vejetasyon periyodu toplam 126 gün sürmüştür. Bu araştırmada mısır bitkisinin büyüme ve gelişme dönemlerine ait gözlenen veriler, Filya (2004), N. A. Khan vd. (2012) ile Koca & Erekul (2016) tarafından bildirilen verilerle uyum içerisinde dir.



4.2. Taze Mısır ve Silajların Fermantasyon Özelliklerine İlişkin Kimyasal Analiz Bulguları

Araştırmada kullanılan taze ve silolanmış mısırların fermantasyon özelliklerine ait kimyasal analiz bulguları Çizelge 4.2.1’de, ortalamaları Çizelge 4.2.2 ile Çizelge 4.2.3’te, grafikleri ise Şekil 4.2.1 ile Şekil 4.2.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2.1. Taze mısır ve silajların fermantasyon özelliklerine ilişkin kimyasal analiz bulguları ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, %KM)

Olgunluk Dönemi	Uygulama	KM	pH	SÇK	NH ₃ -N	LA	AA
SO	Taze	26,3±0,54 ^d	5,57±0,01 ^b	22,7±0,76 ^a	-	-	-
HO		31,4±0,77 ^c	5,78±0,01 ^a	16,5±0,57 ^b	-	-	-
DO		37,3±0,58 ^b	5,79±0,02 ^a	13,4±0,49 ^c	-	-	-
FO		42,7±0,89 ^a	5,80±0,03 ^a	12,3±0,39 ^c	-	-	-
SH		2,02	0,00	0,64	-	-	-
Önem Seviyeleri		**	**	**	-	-	-
		<,0001	<,0001	0,0007	-	-	-
SO	Kontrol	25,3±1,41 ^f	4,41±0,01 ^d	16,9±1,76 ^a	8,8±0,62 ^{ab}	2,4±0,11 ^h	0,8±0,03 ^{de}
	LP	25,0±1,63 ^f	3,72±0,02 ^m	6,3±1,27 ^{hi}	9,6±0,19 ^a	9,3±0,26 ^a	0,9±0,01 ^{bcd}
	LB	23,1±0,21 ^g	3,93±0,02 ⁱ	5,7±2,04 ⁱ	7,7±0,67 ^c	4,3±0,26 ^{fg}	1,3±0,03 ^a
	LP+LB	25,5±0,29 ^f	3,84±0,01 ^k	9,4±0,06 ^{defg}	8,0±0,52 ^{bc}	8,7±0,02 ^a	1,1±0,27 ^{abc}
HO	Kontrol	29,2±0,16 ^e	4,83±0,02 ^c	15,1±0,29 ^{ab}	8,8±0,62 ^{ab}	3,9±0,01 ^g	0,6±0,02 ^{ef}
	LP	28,4±0,27 ^e	3,79±0,01 ^l	11,5±1,34 ^{cde}	8,0±0,10 ^{bc}	7,0±0,48 ^b	0,9±0,12 ^{cd}
	LB	29,8±0,38 ^e	4,06±0,01 ^f	12,3±0,02 ^{bcd}	6,7±0,10 ^{de}	5,5±0,35 ^{cde}	1,2±0,04 ^{ab}
	LP+LB	28,2±0,45 ^e	3,97±0,00 ^h	12,9±0,02 ^{bc}	8,1±0,05 ^{bc}	6,2±0,36 ^{bcd}	0,8±0,07 ^{de}
DO	Kontrol	36,8±0,25 ^{cd}	5,25±0,02 ^b	10,0±0,12 ^{cdef}	4,5±0,38 ^{gh}	2,7±0,45 ^h	0,3±0,06 ^f
	LP	36,8±0,08 ^{cd}	3,81±0,01 ^{kl}	6,1±0,93 ^{hi}	6,2±0,08 ^{def}	7,1±0,28 ^b	0,7±0,05 ^{de}
	LB	36,4±0,30 ^d	4,08±0,01 ^{ef}	8,8±1,80 ^{efgh}	5,7±0,05 ^{ef}	5,3±0,28 ^e	0,8±0,05 ^{cde}
	LP+LB	36,2±0,41 ^d	3,98±0,01 ^{gh}	6,3±0,03 ^{ghi}	7,1±0,36 ^{cd}	5,0±0,03 ^{ef}	0,7±0,13 ^{de}
FO	Kontrol	39,2±0,09 ^b	5,31±0,01 ^a	7,1±0,04 ^{fghi}	5,4±0,30 ^{fg}	4,1±0,47 ^g	0,3±0,01 ^f
	LP	41,2±0,36 ^a	3,88±0,01 ^j	4,3±0,79 ⁱ	4,1±0,13 ^h	6,4±0,07 ^{bc}	0,8±0,02 ^{de}
	LB	38,2±0,04 ^{bc}	4,11±0,01 ^e	6,6±1,33 ^{ghi}	6,4±0,39 ^{def}	5,2±0,24 ^e	0,8±0,05 ^{de}
	LP+LB	39,7±0,17 ^{ab}	4,01±0,01 ^g	5,9±0,03 ^{hi}	5,9±0,07 ^{ef}	5,5±0,39 ^{de}	0,6±0,11 ^{ef}
SH		1,08	0,00	2,11	0,39	0,18	0,02
Önem Seviyeleri	Dönem	**	**	**	**	**	**
	LAB	ÖD	**	**	ÖD	**	**
	İnteraksiyon	*	**	**	**	**	ÖD
	Dönem	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0003	<,0001
	LAB	0,1362	<,0001	<,0001	0,0684	<,0001	<,0001
	İnteraksiyon	0,0269	<,0001	0,0048	<,0001	<,0001	0,4416

KM: Kuru madde, pH: Potansiyel hidrojen, SÇK: Suda çözünabilir karbonhidrat, NH₃-N: Amonyak azotu, LA: Laktik asit, AA: Asetik asit, SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, LB: *Lactobacillus buchneri*, LP: *Lactobacillus plantarum*, LP+LB: *L. plantarum* ve *L. buchneri* inokulantlarının 1:1 oranında kombinasyonu, SH: Standart Hata, ÖD: Önemli değil
Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.2.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların fermentasyon özelliklerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)

Parametreler	Olgunlaşma Dönemleri					Önemlilik Seviyesi		
	SO	HO	DO	FO	SH	O	U	O×U
KM	24,7 ^d	28,9 ^c	36,6 ^b	39,6 ^a	1,08	<,0001	ÖD	0,0269
pH	3,97 ^d	4,16 ^c	4,29 ^b	4,33 ^a	0,00	<,0001	<,0001	<,0001
SÇK	12,9 ^a	9,6 ^b	7,8 ^c	6,0 ^d	2,11	<,0001	<,0001	0,0048
NH ₃ -N	8,5 ^a	7,9 ^b	5,9 ^c	5,5 ^c	0,39	<,0001	ÖD	<,0001
LA	6,2 ^a	5,7 ^b	5,0 ^c	5,3 ^{bc}	0,18	0,0003	<,0001	<,0001
AA	1,0 ^a	0,9 ^b	0,7 ^c	0,6 ^c	0,02	<,0001	<,0001	ÖD

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, KM: Kuru madde, pH: Potansiyel hidrojen, SÇK: Suda çözünabilir karbonhidrat, NH₃-N: Amonyak azotu, LA: Laktik asit, AA: Asetik asit, ÖD: Önemli değil
Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.2.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların fermentasyon özelliklerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)

Parametreler	Uygulamalar					Önemlilik Seviyesi		
	K	LB	LP	LP+LB	SH	O	U	O×U
KM	32,7	31,9	32,9	32,4	1,08	<,0001	ÖD	0,0269
pH	4,95 ^a	4,04 ^b	3,80 ^d	3,95 ^c	0,00	<,0001	<,0001	<,0001
SÇK	12,3 ^a	8,4 ^{bc}	7,0 ^c	8,6 ^b	2,11	<,0001	<,0001	0,0048
NH ₃ -N	6,9	6,6	7,0	7,3	0,39	<,0001	ÖD	<,0001
LA	3,3 ^d	5,1 ^c	7,4 ^a	6,4 ^b	0,18	0,0003	<,0001	<,0001
AA	0,5 ^c	1,0 ^a	0,8 ^b	0,8 ^b	0,02	<,0001	<,0001	ÖD

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, KM: Kuru madde, pH: Potansiyel hidrojen, SÇK: Suda çözünabilir karbonhidrat, NH₃-N: Amonyak azotu, LA: Laktik asit, AA: Asetik asit, ÖD: Önemli değil
Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.2.1’de görüldüğü gibi süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum olmak üzere dört farklı olgunlaşma döneminde hasat edilen taze mısırların ortalama KM içerikleri sırasıyla %26,3, %31,4, %37,3 ve %42,7 olarak saptanmıştır. Silolama süresinin sonunda açılan mısır silajlarının KM içerikleri ise olgunlaşma dönemlerine göre sırasıyla %24,7, %28,9, %36,6 ve %39,6 olarak elde edilmiş ve taze materyale göre azaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4.2.2). Mısırın olgunlaşma dönemleri ilerledikçe hem taze materyalin hem de silajların KM’leri önemli düzeyde artmıştır (P<0,0001). Bu bulgularla uyumlu olarak Johnson vd. (2002) ile Özdüven vd. (2009), farklı dönemlerde hasat edilen mısır silajlarında KM içeriklerinin vejetasyonun ilerlemesiyle doğrusal bir biçimde arttığını belirtmişlerdir. Yine benzer şekilde Yıldız vd. (2011), farklı mekanik işlemler

uygulanan süt ve hamur olum dönemindeki mısırdaki hasat dönemi ilerledikçe KM içeriğinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca KM içeriğindeki bu artışın bitkiler olgunlaştıkça bünyelerindeki su miktarının azalması ve madde birikiminin artmasına bağlı olarak gerçekleştiğini de belirtmişlerdir. Çizelge 4.2.3'te görüldüğü üzere inokulant uygulamalarının KM üzerine etkileri ise önemsiz bulunmuş, başka bir ifadeyle LP, LB veya LP+LB uygulamaları silajların KM içeriklerini etkilememiştir. Buna karşın dönem ve uygulama interaksyonu önemli bulunmuştur ($P=0,0269$). Bu sonuçlara benzer şekilde Filya vd. (2006), Kleinschmit vd. (2005) ve Kleinschmit & Kung (2006), LP ve/veya LB içeren inokulantların KM üzerindeki etkilerini önemsiz bulmuşlardır.

Çizelge 4.2.1'de görüldüğü gibi taze mısırların pH değerleri süt olum, hamur olum, dış olum ve fizyolojik olum dönemlerinde sırasıyla 5,57, 5,78, 5,79 ve 5,80 olarak belirlenmiştir. Başka bir ifadeyle taze mısırların pH değerleri, olgunlaşmanın ilerleyen dönemleriyle birlikte yükselmiştir. Silolamanın 60. gününde açılan mısır silajlarının pH değerleri olgunlaşma dönemlerine göre sırasıyla 3,97, 4,16, 4,29 ve 4,33 olarak bulunmuş ve taze materyale göre azaldığı görülmüştür (Çizelge 4.2.2). Silajdaki pH değerlerinin düşmesinde mısırın SÇK içeriğinin fermantasyon için yeterli olmasının ve düşük tampon kapasitesine sahip olmasının etkili olduğu ve böylece kullanılan inokulantların, fermantasyon için bu SÇK içeriklerini kullanarak asit ortamı sağladığı ve hızlı pH düşüşünü garanti altına aldığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Filya (2004), silajlarda en yüksek pH değerini fizyolojik olum döneminde tespit etmiştir. Bal (2006) tarafından mısırın erken sütlenme ve 1/2 sütlenme dönemlerine kıyasla fizyolojik olum döneminde pH değerinin daha yüksek ve 4,15 ila 4,82 arasında olduğu bildirilmiştir. Bu bulgulardan farklı olarak Yıldız vd. (2011) süt ve hamur olum dönemindeki mısırdaki hasat dönemi ilerledikçe pH değerinin düştüğünü bildirmiştir. Diğer yandan Çizelge 4.2.3'te görüldüğü üzere inokulant uygulamaları, silajların pH'larını kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürmüş ve pH değerindeki en fazla düşüş LP uygulanan silajlarda görülmüştür ($P<0,0001$). Benzer şekilde Altınçekiç (2006), mısır silajlarında en düşük pH değerini kontrol ve LP inokulantı kullanılan grupta belirlemiştir. Bu bulgularla uyumlu olarak Irsyammawati vd. (2020), LP ilavesinin silaj fermantasyonunu hızlandırdığı sonucuna varmışlardır. Nitekim Ashbell vd. (2002), LP kullanımının buğday ve mısır silajlarında pH değerini, hem LB hem de LP+LB kullanımına göre daha hızlı düşürdüğünü; Filya &

Sucu (2010), mısırdaki kullanılan tüm homofermantatif LAB inokulantların, özellikle de tek başına LP uygulamasının, fermentasyonun hızlı olmasını sağlayarak LA üretim hızını artırdığını ve böylece silajların pH değerlerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Kung & Shaver (2004), pH değerinin silajda önemli bir kalite kriteri olduğunu ve %30-40 KM içeriğine sahip silajlar için önerilen normal değerlerin 3,7-4,2 aralığında olması gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırmada inokulant kullanılan gruplarda elde edilen pH değerleri, önerilen bu değerler ile uyumludur.

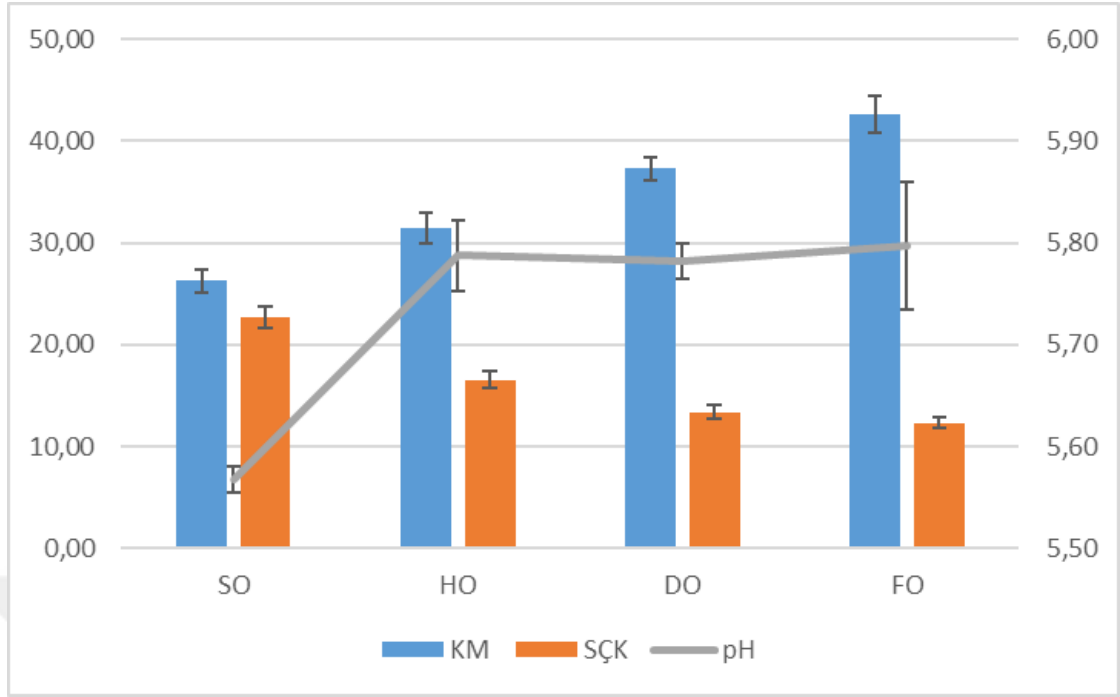
Çalışmada süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum olmak üzere dört farklı olgunlaşma döneminde hasat edilen taze mısırların SÇK içerikleri sırasıyla %22,7, %16,5, %13,4 ve %12,3 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.2.1). Çizelge 4.2.2’de görüldüğü gibi silolama süresinin sonunda açılan mısır silajlarının SÇK içerikleri ise dönemlere göre sırasıyla %12,9, %9,6, %7,8 ve %6,0 olarak tespit edilmiş ve taze materyale göre azaldığı gözlenmiştir. Olgunlaşma dönemlerinin SÇK üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,0001$). Hem taze materyalin hem de bütün silajların SÇK içerikleri, olgunlaşma döneminin ilerlemesiyle azalmıştır. En yüksek SÇK içeriği süt olum döneminde hasat edilen taze mısırdaki ve silajlarda saptanmıştır. Benzer şekilde Filya (2004) mısır silajlarında, olgunlaşma ile SÇK içeriğinin azaldığını bildirmiştir. Johnson vd. (2002) ile Comino vd. (2014) tarafından mısırın SÇK içeriklerinin vejetasyon döneminin ilerlemesiyle azaldığı şeklinde bu araştırmadakilere benzer bulgular elde edilmiştir. Diğer yandan Çizelge 4.2.3’te görüldüğü üzere inokulant uygulamaları, silajların SÇK içeriklerini kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşürmüş ve en fazla düşüş LP uygulanan silajlarda görülmüştür ($P<0,0001$). Bu bulgunun homofermantatif LAB inokulantlarının daha fazla pH düşüşünü sağlayabilecek bir biçimde SÇK içeriğinden etkin bir şekilde faydalanmalarının sonucu olduğu düşünülmektedir. Böylece silajda daha fazla LA üretilmiş ve daha asidik bir ortam oluşturulmuştur. Diğer yandan LP+LB uygulanan silajlarda diğer uygulamalara göre SÇK içeriği daha yüksek kalmıştır. Benzer şekilde Keles & Demirci (2011) de LP uygulamasının, daha düşük ($P<0,05$) SÇK konsantrasyonuna sahip bir silaj ortaya çıkardığını bildirmişlerdir. Selwet (2020) *Lactobacillus* kombinasyonlarının mısırdaki SÇK içeriğini önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir ($P<0,05$). Bu çalışmada elde edilen bulgulardan farklı olarak Li vd. (2016) LB uygulanan silajların daha yüksek SÇK içeriğine sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2.2’de görüldüğü üzere mısır silajlarının $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonları süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum dönemlerinde sırasıyla %6,9, %6,6, %7,0 ve %7,3 olarak belirlenmiş ve olgunlaşma dönemlerinin $\text{NH}_3\text{-N}$ üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($P<0,0001$). Mısır silajlarının $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonları olgunlaşma dönemi boyunca azalış trendi göstermiştir. Benzer şekilde Özdüven vd. (2009) de mısırın vejetasyon dönemleri arasında $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonları bakımından farklılık olduğunu ve erken süt olum döneminde $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunun daha yüksek olduğunu ($P<0,001$) bildirmişlerdir. Ayrıca bu durumun erken dönemlerde bitki bünyesindeki yüksek protein oranına bağlanabileceğini belirtmişlerdir. Xie vd. (2012) de buğdayda olgunlaşma dönemlerinin $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonları üzerinde önemli olduğunu ($P<0,01$) ve buğday olgunlaştıkça $\text{NH}_3\text{-N}$ içeriğinin daha düşük olduğunu saptamışlardır.

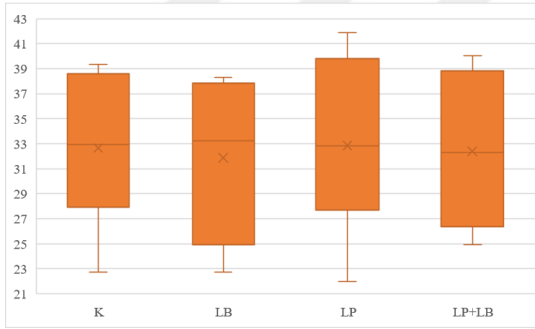
Diğer yandan Çizelge 4.2.3’te görüldüğü gibi inokulant uygulamalarının $\text{NH}_3\text{-N}$ üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($P>0,05$) bulunmakla birlikte en düşük $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu LB uygulanan mısır silajında saptanmıştır. Ayrıca bu araştırmada LP ve LP+LB uygulamaları mısır silajlarının $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunu kontrole göre artırmıştır. Bu bulgulara benzer şekilde çavdar silajında Li vd. (2016), LP, LB ve LP+LB uygulamasının $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonlarını kontrol silajına göre düşürdüğünü saptamışlardır. Bu araştırma bulgularından farklı olarak Filya (2003) buğday, sorgum ve mısır silajlarında kullanılan LP+LB kombinasyonunun silajların $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonlarını azalttığını; Altınçekiç (2006) mısır silajında LAB uygulamasının $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonlarını kontrol grubuna göre düşürdüğünü ($P<0,05$); Zhang vd. (2009) LP+LB uygulanan silajların kontrolden daha az $\text{NH}_3\text{-N}$ ($P<0,05$) içeriğine sahip olduğunu; Serva vd. (2021), LB uygulamasının silajlardaki $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunun artırdığını bildirmişlerdir. Filya & Sucu (2010) ve Weinberg vd. (2002) LAB inokulantlarının $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonlarını silajlarda protein parçalanmasını azaltmak suretiyle düşürdüğünü belirtmişlerdir. Bununla birlikte Kara vd. (2016), mısır silajlarının $\text{NH}_3\text{-N}$ içeriklerinin heterofermantatif veya homofermantatif inokulant kullanımından etkilemediğini ($P>0,05$) belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2.2’de görüldüğü gibi mısır silajlarının LA konsantrasyonları süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum dönemlerinde sırasıyla %6,2, %5,7, %5,0 ve %5,3; AA

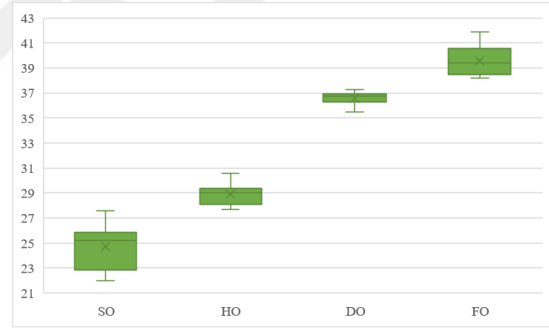
konsantrasyonları ise sırasıyla %1,0, %0,9, %0,7 ve %0,6 olarak saptanmıştır. Olgunlaşma dönemlerinin hem LA ($P=0,0003$) hem de AA ($P<0,0001$) üzerine etkisi önemli bulunmuş ve olgunlaşma dönemleri ilerledikçe silajların LA ve AA konsantrasyonlarının azaldığı gözlenmiştir. Bu bulgular Filya (2004) tarafından erken olum döneminde biçilmiş mısır silajlarında daha fazla LA gözlendiği bildirisi ile uyum içerisinde. Özduven vd. (2009), mısırdaki vejetasyonun ilerlemesiyle birlikte LA konsantrasyonunun azalma eğilimi gösterdiğini; AA konsantrasyonunun ise bütün dönemlerde %0,5 ila 3,0 arasında bulunduğunu belirtmişlerdir. Xie vd. (2012), olgunlaşma döneminin LA ve AA konsantrasyonları üzerinde önemli etkileri olduğunu saptamışlardır ($P<0,01$). Diğer yandan Çizelge 4.2.3'te görüldüğü gibi inokulant uygulamalarının LA ve AA üzerine etkisi önemlidir ($P<0,0001$). En yüksek LA konsantrasyonu LP uygulanan silajlarda, en yüksek AA konsantrasyonu ise LB uygulanan silajlarda saptanmıştır. Silajlarda yüksek AA konsantrasyonunu sağlayan LB uygulamasının aerobik koşullarda silajların daha stabil kalmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Bu araştırmada elde edilen bulgulara benzer şekilde Selwet (2020) tarafından mısır silajında kombine LAB inokulantı uygulamalarının LA ve AA konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığı ($P<0,05$); Kung vd. (2021) tarafından LB+*Pediococcus pentosaceus* uygulamasının kontrole göre silajların AA konsantrasyonunu artırdığı; Weinberg vd. (2002) tarafından LB uygulamasının hem kontrol hem de LP uygulanan silajlara göre AA konsantrasyonunu yükselttiği bildirilmiştir. Tabacco vd. (2011) tarafından bildirilen LB uygulanan silajların diğer inokulant gruplarına göre daha düşük LA konsantrasyonlarına sahip olduğu bulgusu da bu araştırma bulgularını desteklemektedir. Buna karşın Zhang vd. (2009), yonca silajlarında LP+LB uygulamasının LP ve LB uygulamalarına göre AA konsantrasyonunu artırdığını; Keles & Demirci (2011), tritikale-Macar fiği silajında LP uygulamasının, AA konsantrasyonunu artırdığını LA konsantrasyonunu ise düşürdüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca Hu vd. (2009), düşük KM'li (%33) mısır silajında LB uygulamasının LA konsantrasyonunu azalttığını, LP uygulamasının ise LA konsantrasyonunu artırdığını buna karşın yüksek KM'li (%41) mısır silajında LB uygulamasının LA konsantrasyonunu etkilemediğini LP uygulamasının ise sadece AA konsantrasyonunu azalttığını bildirmişlerdir.



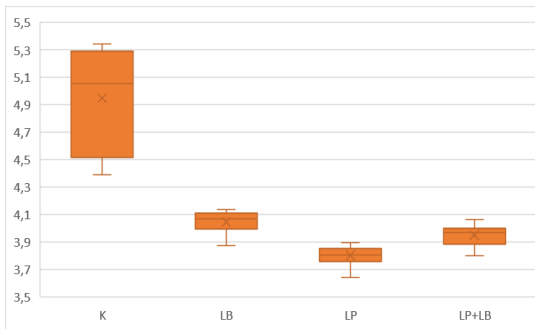
Şekil.4.2.1. Taze mısırların KM ve SÇK içerikleri ile pH değerlerindeki değişimler



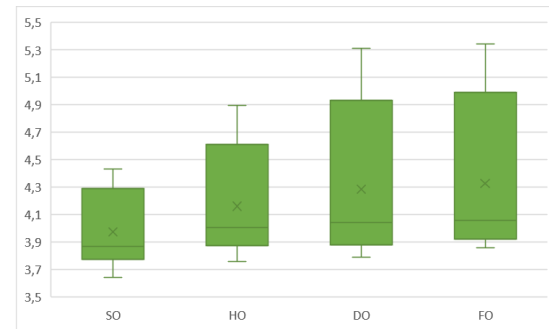
A) Uygulamalara göre silajların KM içeriğindeki değişimler



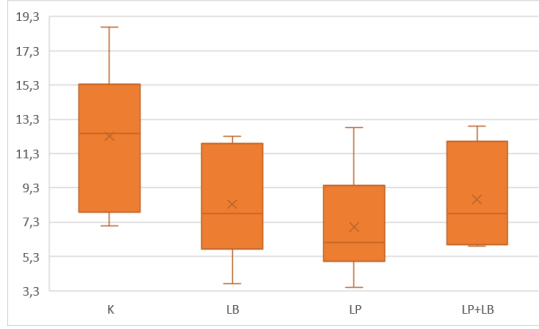
B) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların KM içeriğindeki değişimler



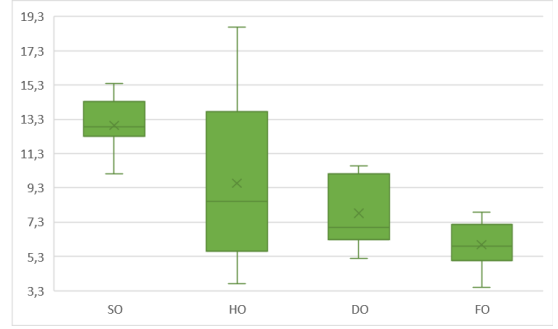
C) Uygulamalara göre silajların pH içeriğindeki değişimler



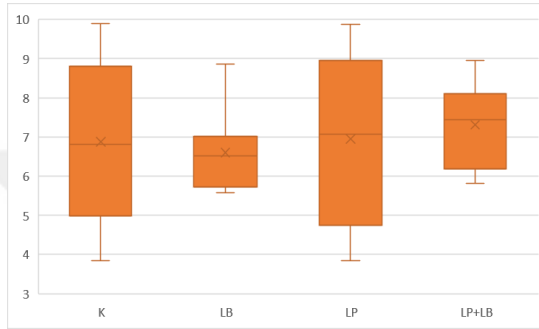
D) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların pH içeriğindeki değişimler



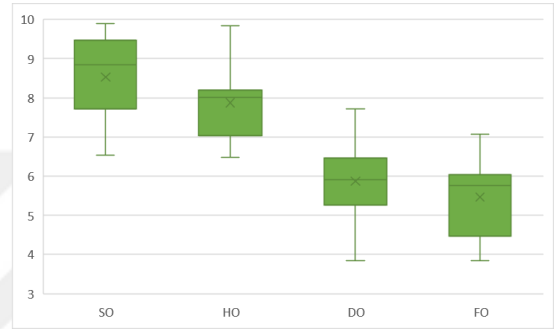
E) Uygulamalara göre silajların SCK içeriğindeki değişimler



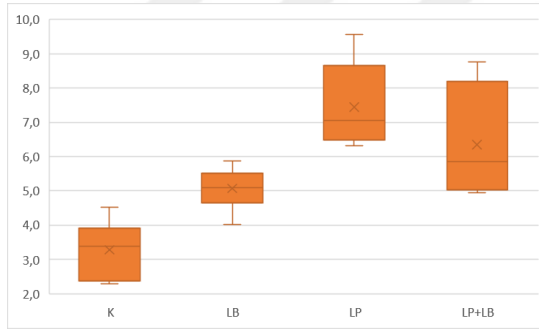
F) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların SCK içeriğindeki değişimler



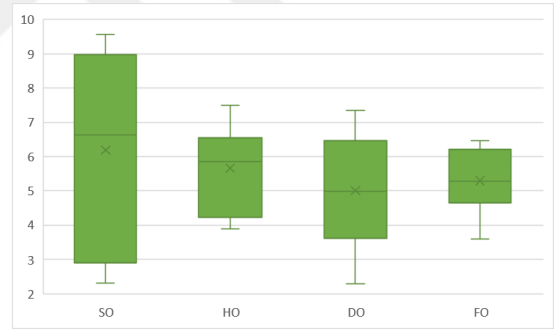
G) Uygulamalara göre silajların NH₃-N içeriğindeki değişimler



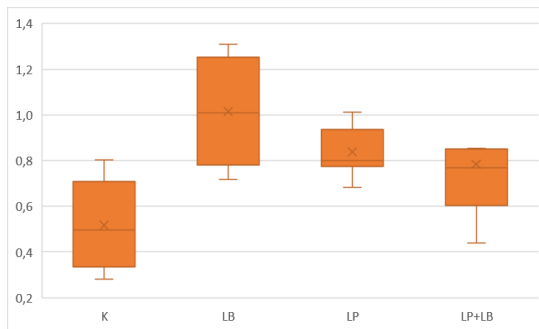
H) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların NH₃-N içeriğindeki değişimler



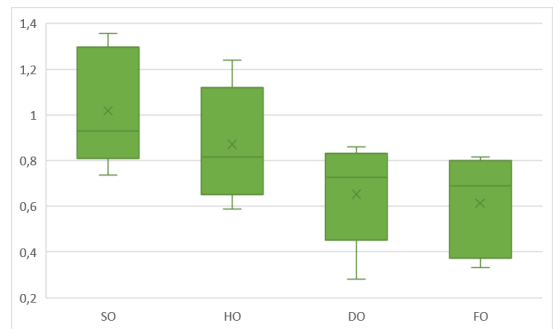
I) Uygulamalara göre silajların LA içeriğindeki değişimler



J) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların LA içeriğindeki değişimler



K) Uygulamalara göre silajların AA içeriğindeki değişimler



L) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların AA içeriğindeki değişimler

Şekil.4.2.2. Mısır silajlarının fermentasyon özelliklerine ilişkin değişimler

4.3. Taze Mısır ve Silajların Ham Besin Maddeleri İçeriklerine İlişkin Kimyasal Analiz Bulguları

Araştırmada kullanılan taze ve silolanmış mısırın ham besin maddeleri içeriklerine ait kimyasal analiz bulguları Çizelge 4.3.1’de, ortalamaları Çizelge 4.3.2 ile Çizelge 4.3.3’te, grafikleri ise Şekil 4.3.1 ile Şekil 4.3.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.3.1. Taze mısır ve silajların ham besin maddeleri içeriklerine ilişkin kimyasal analiz bulguları ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, %KM)

Olgunluk Dönemi	Uygulama	HP	HY	HS	HK	OM
SO	Taze	6,9±0,24 ^a	1,2±0,06 ^d	15,5±0,32 ^c	4,7±0,05 ^a	21,6 ± 0,56 ^d
HO		7,1±0,10 ^a	1,9±0,09 ^c	21,2±0,27 ^a	4,6±0,05 ^a	26,8 ± 0,80 ^c
DO		6,8±0,16 ^{ab}	2,2±0,03 ^b	17,7±0,36 ^b	4,4±0,05 ^b	32,9 ± 0,58 ^b
FO		6,3±0,10 ^b	2,6±0,01 ^a	13,1±0,66 ^d	3,2±0,06 ^c	39,5 ± 0,92 ^a
SH		0,05	0,01	0,55	0,01	2,10
Önem Seviyeleri		ÖD	**	**	**	**
		0,0696	0,0003	<,0001	0,0001	<,0001
SO	Kontrol	7,4±0,11 ^b	1,4±0,02 ^f	20,9±0,09 ^c	5,3±0,05 ^a	20,0 ± 1,46 ^g
	LP	7,0±0,13 ^{cde}	1,0±0,04 ^g	23,0±0,24 ^{ab}	4,8±0,09 ^c	20,2 ± 1,55 ^h
	LB	7,5±0,19 ^{ab}	1,3±0,03 ^f	23,6±0,53 ^a	5,2±0,06 ^{ab}	17,9 ± 0,19 ^g
	LP+LB	7,7±0,13 ^a	1,4±0,08 ^f	22,4±0,54 ^b	5,3±0,14 ^a	20,2 ± 0,37 ^g
HO	Kontrol	7,3±0,11 ^{bc}	2,0±0,06 ^d	19,4±0,56 ^d	5,2±0,07 ^{ab}	24,0 ± 0,21 ^f
	LP	7,2±0,07 ^{bcd}	1,7±0,03 ^e	19,5±0,17 ^d	4,7±0,10 ^c	23,7 ± 0,21 ^f
	LB	7,5±0,14 ^{ab}	2,1±0,05 ^d	19,6±0,38 ^d	5,0±0,17 ^b	24,8 ± 0,55 ^f
	LP+LB	7,1±0,07 ^{cde}	1,7±0,03 ^c	19,5±0,33 ^d	5,1±0,09 ^{ab}	23,1 ± 0,54 ^f
DO	Kontrol	7,0±0,10 ^{de}	2,5±0,07 ^{bc}	17,0±0,27 ^f	4,7±0,07 ^c	32,1 ± 0,18 ^e
	LP	7,4±0,09 ^b	2,5±0,03 ^{bc}	16,9±0,22 ^f	4,2±0,04 ^{de}	32,6 ± 0,12 ^e
	LB	7,2±0,08 ^{bcd}	2,5±0,03 ^{bc}	17,9±0,22 ^e	4,3±0,06 ^d	32,1 ± 0,36 ^{de}
	LP+LB	7,3±0,06 ^{bc}	2,6±0,03 ^{bc}	16,4±0,15 ^{fg}	4,3±0,06 ^d	31,9 ± 0,44 ^e
FO	Kontrol	7,3±0,07 ^{bc}	2,4±0,06 ^c	15,7±0,12 ^{gh}	4,3±0,04 ^d	34,9 ± 0,08 ^{bc}
	LP	6,7±0,07 ^f	2,8±0,07 ^a	13,3±0,07 ⁱ	3,7±0,09 ^f	37,4 ± 0,44 ^{cd}
	LB	6,8±0,09 ^{ef}	2,6±0,12 ^b	15,8±0,30 ^{gh}	4,3±0,04 ^d	33,9 ± 0,01 ^a
	LP+LB	7,0±0,12 ^{de}	2,6±0,05 ^b	15,2±0,18 ^h	4,0±0,13 ^{ef}	35,7 ± 0,24 ^{ab}
SH		0,07	0,01	0,58	0,02	1,13
Önem Seviyeleri	Dönem	**	**	**	**	**
	LAB	*	*	**	**	*
	İnteraksiyon	**	**	**	ÖD	*
	Dönem	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
	LAB	0,0276	0,0262	<,0001	<,0001	0,0330
	İnteraksiyon	<,0001	<,0001	<,0001	0,1588	0,0250

HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HS: Ham sellüloz, HK: Ham kül, OM: Organik maddeler, SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi LB: *Lactobacillus buchneri*, LP: *Lactobacillus plantarum*, LP+LB: *L. plantarum* ve *L. buchneri* inokulantlarının 1:1 oranında kombinasyonu, SH: Standart Hata, ÖD: Önemli değil

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.3.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların besin maddeleri içeriklerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)

Parametreler	Olgunlaşma Dönemleri					Önemlilik Seviyesi		
	SO	HO	DO	FO	SH	O	U	O×U
HP	7,4 ^a	7,3 ^{ab}	7,2 ^b	7,0 ^c	0,07	<,0001	0,0276	<,0001
HY	1,3 ^d	1,9 ^c	2,5 ^b	2,6 ^a	0,01	<,0001	0,0262	<,0001
HS	22,5 ^a	19,5 ^b	17,1 ^c	15,0 ^d	0,58	<,0001	<,0001	<,0001
HK	5,2 ^a	5,0 ^b	4,4 ^c	4,1 ^d	0,02	<,0001	<,0001	ÖD
OM	19,6 ^d	23,9 ^c	32,2 ^b	35,5 ^a	1,13	<,0001	0,0330	0,0250

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HS: Ham sellüloz, HK: Ham kül, OM: Organik maddeler, ÖD: Önemli değil

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.3.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların besin maddeleri içeriklerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)

Parametreler	Uygulamalar				SH	Önemlilik Seviyesi		
	K	LB	LP	LP+LB		O	U	O×U
HP	7,3 ^a	7,3 ^a	7,1 ^b	7,3 ^a	0,07	<,0001	0,0276	<,0001
HY	2,1 ^a	2,1 ^a	2,0 ^b	2,1 ^{ab}	0,00	<,0001	0,0262	<,0001
HS	18,3 ^b	19,2 ^a	18,2 ^b	18,4 ^b	0,58	<,0001	<,0001	<,0001
HK	4,9 ^a	4,7 ^b	4,3 ^c	4,7 ^b	0,02	<,0001	<,0001	ÖD
OM	27,8 ^{ab}	27,2 ^b	28,5 ^a	27,7 ^{ab}	1,13	<,0001	0,0330	0,0250

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HS: Ham sellüloz, HK: Ham kül, OM: Organik maddeler, ÖD: Önemli değil

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

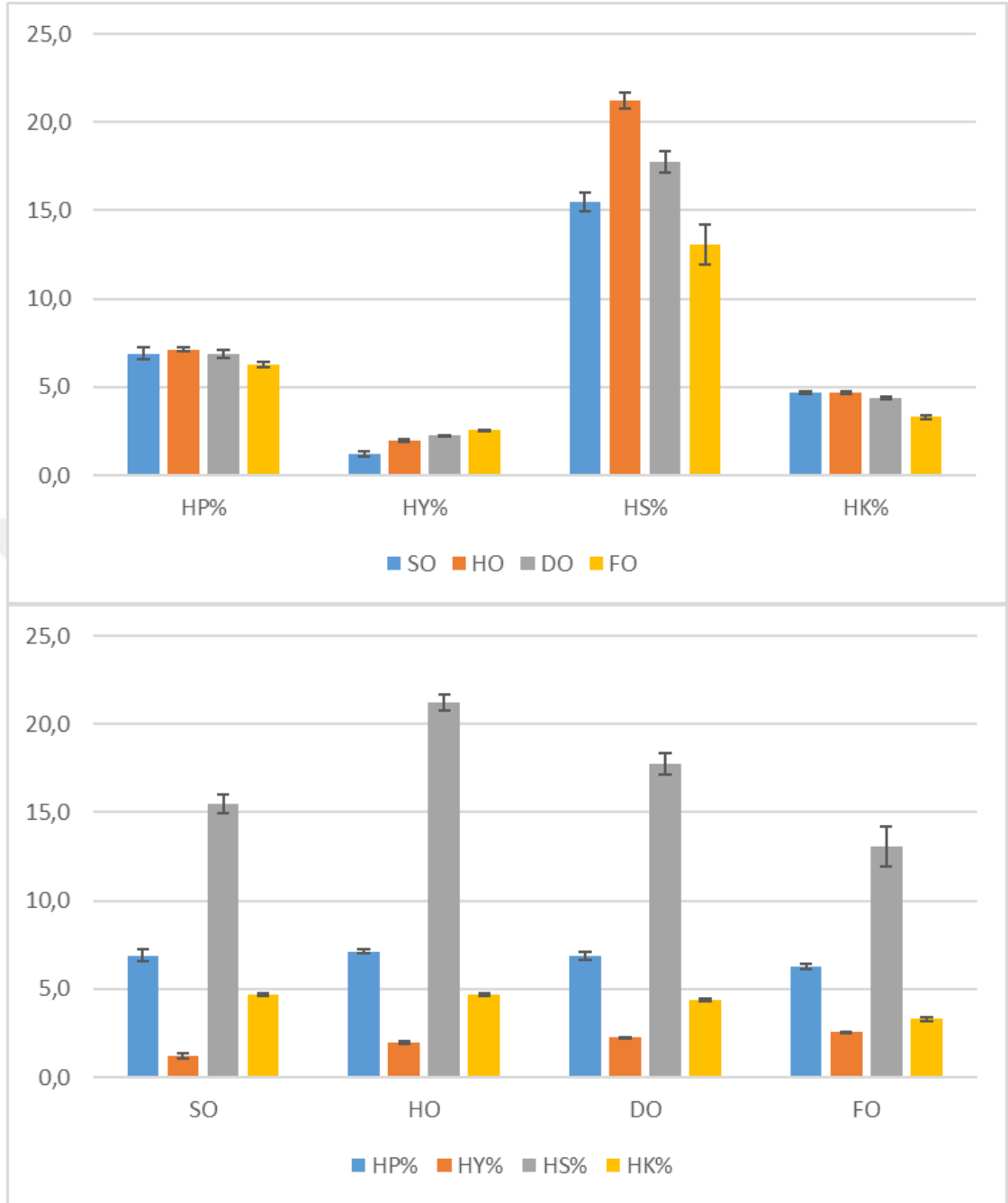
Taze materyalde olgunluk dönemine göre HY ve OM içerikleri artmış, HK azalmıştır. HP ve HS içerikleri ise süt olum dönemine göre hamur olum döneminde artarken mısır olgunlaştıkça azalmıştır (Çizelge 4.3.1).

Çizelge 4.3.2’de görüldüğü üzere mısır silajlarının süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum dönemlerinde HP değerleri sırasıyla %7,4, %7,3, %7,2, ve %7,0; HY içerikleri sırasıyla %1,3, %1,9, %2,5 ve %2,6; HS içerikleri sırasıyla %22,5, %19,5, %17,1 ve 15,0; HK içerikleri sırasıyla %5,2, %5,0, %4,4 ve %4,1 ve OM içerikleri ise sırasıyla %19,6, %23,9, %32,2 ve %35,5 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi mısır silajlarının HP, HS ve HK içerikleri mısırın olgunlaşma döneminin ilerlemesiyle birlikte azalmıştır (P<0,0001). Tam tersine mısır silajlarının HY ve OM içerikleri ise olgunlaşma döneminin ilerlemesiyle birlikte artış göstermiştir (P<0,0001). Yıldız vd. (2011), hasat

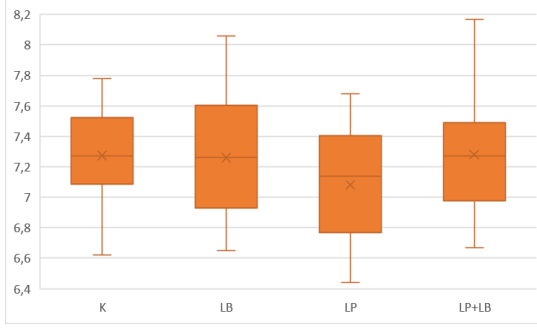
dönemi ilerledikçe mısır silajının HP içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. Filya (2004) mısır silajlarının HK içeriğinin bitki olgunlaştıkça düştüğünü; HP içeriğinin ise erken olum dönemi ve 1/3 süt çizgisi dönemlerine kıyasla fizyolojik olum döneminde önemli ölçüde azaldığını belirtmiştir ($P<0,05$). Johnson vd. (2002), vejetasyon döneminin ilerlemesiyle mısırın HP içeriklerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Özdüven vd. (2009), mısırın olgunlaşma dönemleri boyunca kullanılan çeşide bağlı olarak silajların HP, HY, HS, HK ve OM içeriklerinin artış ve azalış şeklinde dalgalandığını belirtmişlerdir ($P<0,01$). Comino vd. (2014), olgunlaşma ilerledikçe HY, HK ve HP içeriklerinin kademeli olarak azaldığını bildirmişlerdir.

İnokulant uygulamalarının ham besin maddeleri içerikleri üzerine etkileri Çizelge 4.3.3'te verilmiştir. Hem LB hem de LP+LB uygulamalarının mısır silajının HP içeriği üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı, LP uygulamasının ise HP içeriğini azalttığı saptanmıştır ($P=0,0276$). En düşük HY ve HK içerikleri LP uygulanan silajda tespit edilmiştir. En yüksek HS içeriği LB uygulanan silajda bulunmuştur ($P<0,0001$). Ayrıca hem kontrole hem de LP+LB uygulamasına göre en fazla OM içeriği LP uygulanan silajlarda ve en az OM içeriği ise LB uygulanmış silajlarda bulunmuştur ($P=0,0330$). Irsyammawati vd. (2020), farklı LP ilavesinin ve fermantasyon periyotlarının pH, KM, HP, OM, HS ve HY değeri üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir ($P<0,01$). Ayrıca silajda HP içeriğinin artmasının olası nedeninin fermantasyon sırasında proteolitik aktivitenin NH_3 üretmesinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Li vd. (2016) LB ile muamele edilen silajların daha yüksek HP içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Costa vd. (2021), fizyolojik olgunluğun ileri bir aşamasında (%45,4 KM) hasat edilen mısır silajlarında HP ve HK içeriklerinin inokulant uygulamalarından etkilenmediğini bildirmişlerdir.

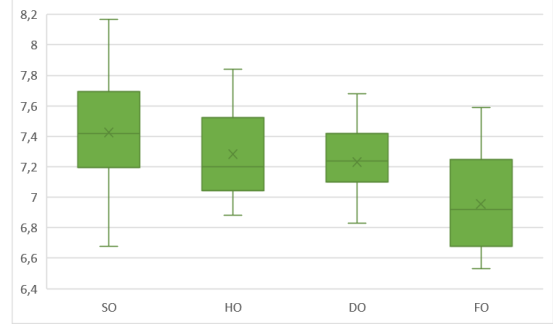
Silajların ham besin maddeleri içeriklerinde görülen bu farklılıkların farklı hasat zamanının yanı sıra mısır çeşidi, iklim, toprak ve bitki besleme şartlarındaki değişkenliklerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



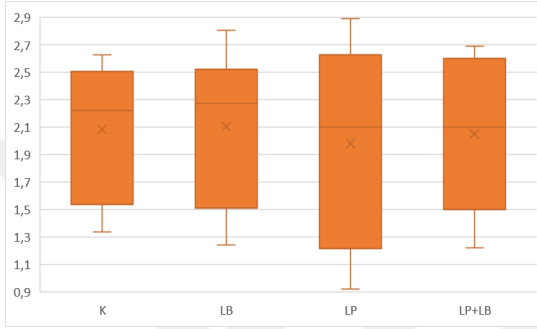
Şekil.4.3.1. Olgunlaşma dönemlerine göre taze mısırın besin maddeleri içeriğine ilişkin değişimler



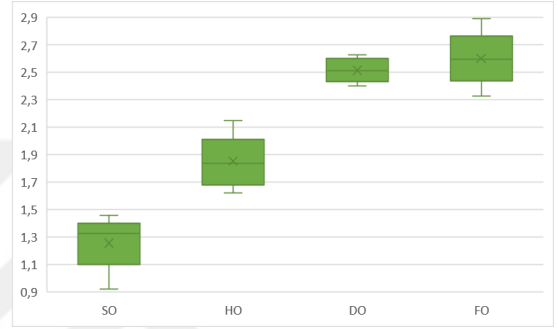
A) Uygulamalara göre silajların HP içeriğindeki değişimler



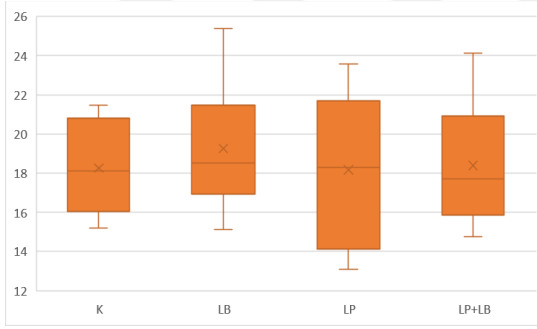
B) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların HP içeriğindeki değişimler



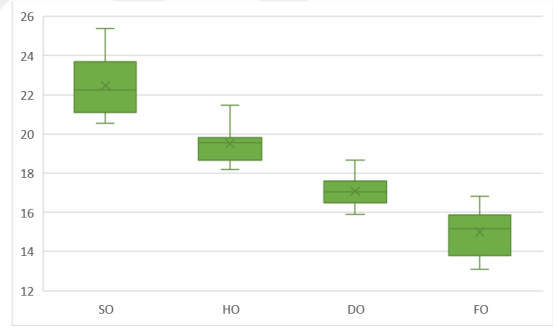
C) Uygulamalara göre silajların HY içeriğindeki değişimler



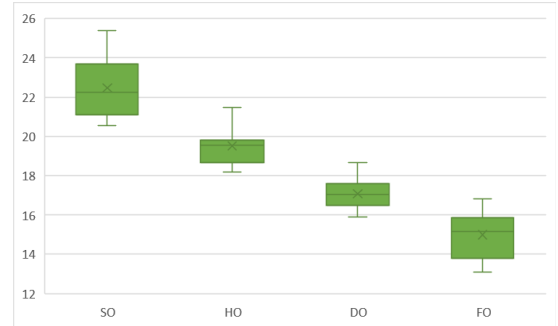
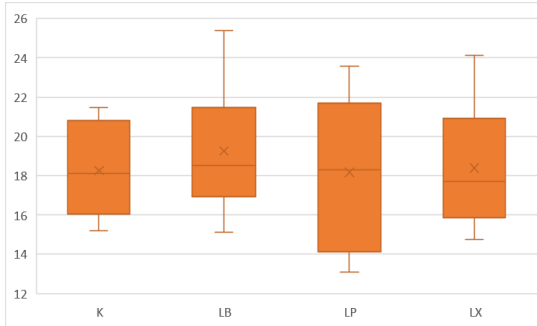
D) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların HY içeriğindeki değişimler

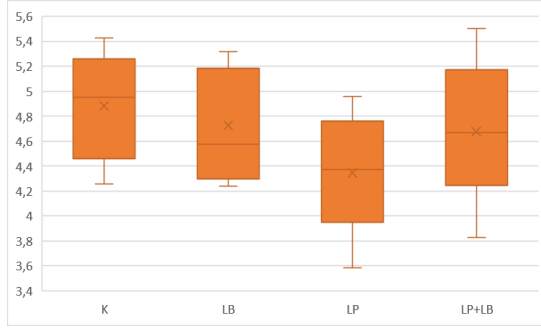


E) Uygulamalara göre silajların HS içeriğindeki değişimler

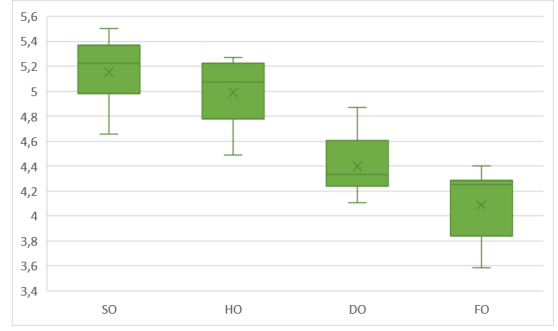


F) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların HS içeriğindeki değişimler

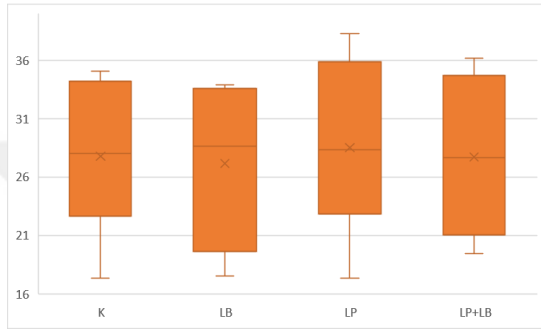




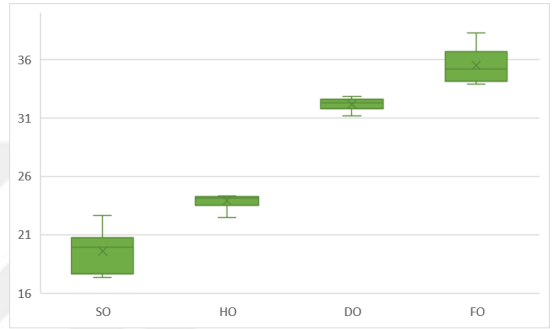
G) Uygulamalara göre silajların HK içeriğindeki değişimler



H) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların HK içeriğindeki değişimler



I) Uygulamalara göre silajların OM içeriğindeki değişimler



J) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların OM içeriğindeki değişimler

Şekil.4.3.2. Mısır silajlarının ham besin maddeleri içeriğine ilişkin değişimler

4.4. Taze Mısır ve Silajların Hücre Duvarı Bileşenlerine İlişkin Kimyasal Analiz Bulguları

Araştırmada kullanılan taze ve silolanmış mısırların hücre duvarı bileşenlerine ait kimyasal analiz bulguları Çizelge 4.4.1’de, ortalamaları Çizelge 4.4.2 ile Çizelge 4.4.3’te, grafikleri ise Şekil 4.4.1 ve Şekil 4.4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.4.1. Taze mısır ve silajların hücre duvarı bileşenlerine ilişkin kimyasal analiz bulguları ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, %KM)

Olgunluk Dönemi	Uygulama	NDF	ADF	ADL	HEM	SEL
SO	Taze	36,7±1,03 ^b	20,2±0,46 ^b	6,3±0,38 ^a	16,5±1,46 ^a	13,9±0,81 ^b
HO		44,1±0,47 ^a	28,1±0,45 ^a	6,7±0,09 ^a	16,1±0,81 ^{ab}	20,5±1,23 ^a
DO		34,0±1,08 ^c	19,9±0,86 ^b	5,3±0,10 ^b	14,1±1,75 ^{ab}	14,6±0,93 ^b
FO		29,1±0,41 ^d	17,0±0,57 ^c	5,0±0,16 ^b	12,1±0,21 ^b	12,0±0,45 ^b
SH		1,95	1,11	0,14	4,42	2,43
Önem Seviyeleri		** <,0001	** <,0001	** 0,0014	ÖD 0,1121	** 0,0008
SO	Kontrol	44,1±0,77 ^b	27,5±0,28 ^b	2,7±0,22 ^{bc}	16,6±0,67 ^a	24,9±0,35 ^{bc}
	LP	45,9±0,49 ^a	28,9±0,25 ^a	3,4±0,44 ^a	17,0±0,47 ^a	25,5±0,50 ^{ab}
	LB	46,5±0,42 ^a	28,9±0,49 ^a	2,9±0,58 ^{ab}	17,6±0,24 ^a	26,0±0,46 ^a
	LP+LB	44,2±0,44 ^b	26,8±0,36 ^b	2,8±0,20 ^{ab}	17,5±0,62 ^a	23,0±0,35 ^{cde}
HO	Kontrol	39,6±0,82 ^d	25,6±0,29 ^c	2,3±0,21 ^{bcd}	14,0±0,73 ^{bcd}	23,3±0,26 ^e
	LP	40,3 ±0,45 ^{cd}	25,3±0,42 ^c	1,6±0,22 ^{ef}	15,0±0,52 ^b	23,7±0,27 ^{de}
	LB	41,3±0,34 ^c	27,0±0,37 ^b	2,4±0,18 ^{bcd}	14,4±0,53 ^{bc}	24,6±0,37 ^{bcd}
	LP+LB	40,1±0,39 ^{cd}	25,7±0,17 ^c	2,0±0,14 ^{cde}	14,4±0,36 ^{bc}	23,7±0,04 ^{de}
DO	Kontrol	35,6±0,36 ^e	22,3±0,24 ^{de}	2,2±0,27 ^{bcd}	13,2±0,20 ^{cde}	20,1±0,15 ^{gh}
	LP	35,0±0,80 ^e	22,4±0,35 ^{de}	1,8±0,14 ^{def}	12,6±0,49 ^{ef}	20,7±0,27 ^{fg}
	LB	36,2±0,37 ^e	22,8±0,28 ^d	1,5±0,11 ^{ef}	13,4±0,40 ^{cde}	21,3±0,27 ^f
	LP+LB	34,9±0,49 ^e	21,5±0,25 ^e	2,0±0,17 ^{cde}	13,4±0,39 ^{cde}	19,6±0,20 ^h
FO	Kontrol	33,1±0,24 ^f	20,3±0,29 ^f	1,9±0,09 ^{de}	12,8±0,37 ^{def}	18,4±0,31 ⁱ
	LP	28,8±0,50 ^h	17,6±0,39 ^h	1,0±0,09 ^f	11,2±0,41 ^g	16,6±0,39 ^j
	LB	33,5±0,38 ^f	21,7±0,33 ^e	2,1±0,39 ^{cde}	11,8±0,23 ^{fg}	19,6±0,53 ^h
	LP+LB	30,5±0,39 ^g	18,8±0,35 ^g	1,5±0,13 ^{ef}	11,7±0,37 ^{fg}	17,2±0,33 ^j
SH		1,54	0,65	0,40	1,28	0,69
Önem Seviyeleri	Dönem	**	**	**	**	**
	LAB	**	**	ÖD	ÖD	**
	İnteraksiyon	**	**	*	ÖD	**
	Dönem	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
	LAB	<,0001	<,0001	0,2872	0,6932	<,0001
	İnteraksiyon	<,0001	<,0001	0,0252	0,1991	0,001

NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif, ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif, ADL: Asit deterjanda çözünmeyen lignin, HEM: Hemisellüloz, SEL: Sellüloz, SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, LB: *Lactobacillus buchneri*, LP: *Lactobacillus plantarum*, LP+LB: *L. plantarum* ve *L. buchneri* inokulantlarının 1:1 oranında kombinasyonu, SH: Standart Hata, ÖD: Önemli değil, Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.4.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların hücre duvarı bileşenlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)

Parametreler	Olgunlaşma Dönemleri					Önemlilik Seviyesi		
	SO	HO	DO	FO	SH	O	U	O×U
NDF	45,2 ^a	40,3 ^b	35,4 ^c	31,5 ^d	1,54	<,0001	<,0001	<,0001
ADF	28,0 ^a	25,9 ^b	22,3 ^c	19,6 ^d	0,65	<,0001	<,0001	<,0001
ADL	2,9 ^a	2,1 ^b	1,9 ^{bc}	1,6 ^c	0,40	<,0001	ÖD	0,0252
HEM	17,2 ^a	14,4 ^b	13,2 ^c	11,9 ^d	1,28	<,0001	ÖD	ÖD
SEL	25,1 ^a	23,8 ^b	20,4 ^c	18,0 ^d	0,69	<,0001	<,0001	0,0010

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif, ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif, ADL: Asit deterjanda çözünmeyen lignin, HEM: Hemisellüloz, SEL: Sellüloz, ÖD: Önemli değil

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0,05$).

Çizelge 4.4.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların hücre duvarı bileşenlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, %KM)

Parametreler	Uygulamalar				SH	Önemlilik Seviyesi		
	K	LB	LP	LP+LB		O	U	O×U
NDF	38,1 ^b	39,4 ^a	37,5 ^b	37,4 ^b	1,54	<,0001	<,0001	<,0001
ADF	23,9 ^b	25,1 ^a	23,6 ^{bc}	23,2 ^c	0,65	<,0001	<,0001	<,0001
ADL	2,3	2,2	1,9	2,1	0,40	<,0001	ÖD	0,0252
HEM	14,2	14,3	13,9	14,2	1,28	<,0001	ÖD	ÖD
SEL	21,7 ^b	22,9 ^a	21,6 ^b	21,1 ^c	0,69	<,0001	<,0001	0,0010

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif, ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif, ADL: Asit deterjanda çözünmeyen lignin, HEM: Hemisellüloz, SEL: Sellüloz, ÖD: Önemli değil

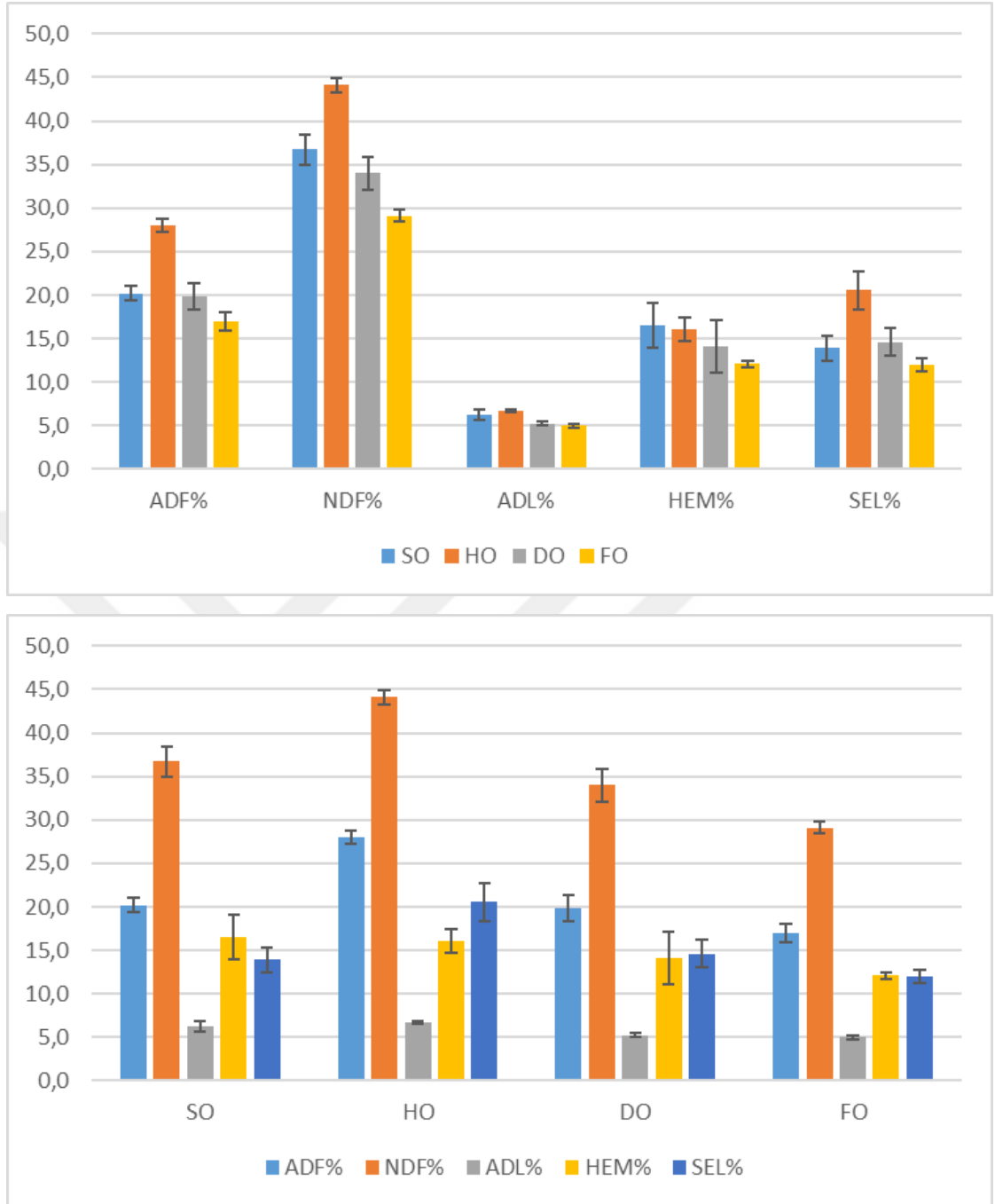
Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0,05$).

Mısır olgunlaştıkça taze materyalin HEM içerikleri azalmıştır. Hücre duvarı bileşenlerine ait diğer parametreler ise süt olum dönemine göre hamur olum döneminde artarken mısırın olgunlaşması ile azalmıştır (Çizelge 4.4.1).

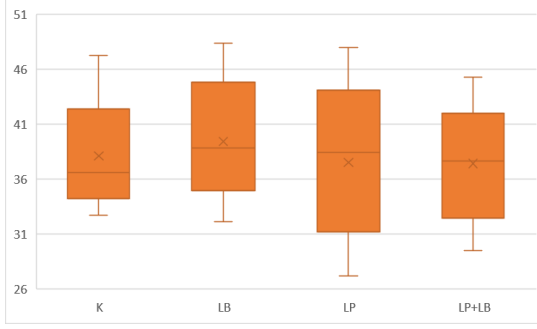
Çizelge 4.4.2’de görüldüğü üzere mısır silajlarının en yüksek NDF, ADF, ADL, HEM ve SEL içerikleri süt olum döneminde; en düşük içerikler ise fizyolojik olum döneminde saptanmıştır ($P<0,0001$). N. A. Khan vd. (2012), hücre duvarı bileşenlerinin olgunlaşma dönemi boyunca azalmasının yine olgunlaşma sürecinde dane bünyesindeki nişasta miktarında oluşan önemli artışlardan kaynaklandığını ve mısır danelerinin oranının artmasının tüm ürünün NDF içeriğinin azalmasına sebep olduğunu ifade etmiştir. Benzer şekilde Buck vd. (1969), silajların süt olum döneminde daha fazla olan NDF ve ADF

konsantrasyonlarının fizyolojik olum dönemine kadar olan süreçte dane dolumuna bağlı olarak azaldığını bildirmiştir. Johnson vd. (2002) ile Jensen vd. (2005) vejetasyon döneminin ilerlemesiyle mısırın nişasta içeriğinin arttığını NDF ve ADF içeriklerinin azaldığını belirtmişlerdir. Filya (2004), dört farklı olgunluk döneminde hasat edilen mısırdaki NDF ve ADF içeriklerinin bu araştırmada elde edilen bulgularla benzer şekilde dönemler ilerledikçe azaldığını saptamıştır. Buna karşın ADL içeriğinin, bu araştırmada elde edilen bulgudan farklı olarak artış trendinde olduğunu, HEM içeriğinin ise mısırın büyüme periyodu boyunca değişmediğini bildirmiştir. Özduven vd. (2009), mısır çeşitlerinin tamamında NDF, ADF, HEM ve SEL içeriklerinin olgunlaşmanın ilerlemesiyle önemli düzeyde azaldığını, ADL içeriklerinin ise artış gösterdiğini bildirmişlerdir ($P<0,001$). Bal vd. (1997), mısır silajında NDF, ADF ve ADL içeriklerinin, Wiersma vd. (1993) de NDF ve ADF içeriklerinin olgunlaşma dönemleri boyunca önce azalış sonra artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Adams (1995), mısır silajındaki NDF ve ADF konsantrasyonlarının, dönemler ilerledikçe önce azaldığını, 2/3 süt çizgisi döneminden fizyolojik olum dönemine kadar da değişmediğini bildirmiştir (aktaran Filya, 2004).

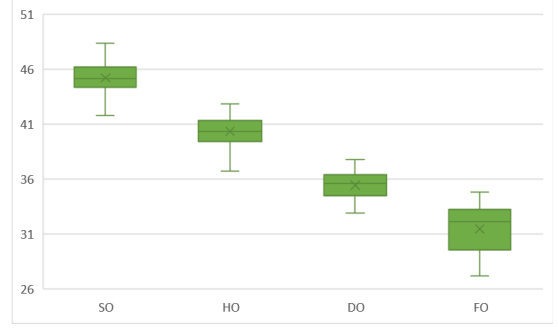
Çizelge 4.4.3'te görüldüğü üzere silajların NDF, ADF ve SEL içerikleri inokulant uygulamalarından etkilenmiştir ($P<0,0001$). Hem kontrole hem de diğer uygulamalara göre LB uygulanan silajların NDF, ADF ve SEL içerikleri daha yüksek tespit edilmiştir ($P<0,0001$). Altınçekiç (2006), Filya & Sucu (2010 ve Ranjit & Kung (2000), inokulant uygulamalarının mısır silajlarının hücre duvarı bileşenlerini etkilemediğini bildirmişlerdir.



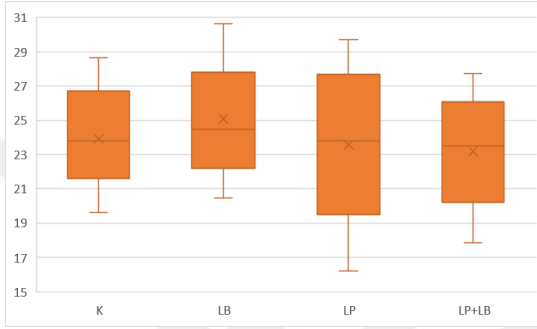
Şekil.4.4.1. Olgunlaşma dönemlerine göre taze mısırın hücre duvarı bileşenlerindeki değişimler



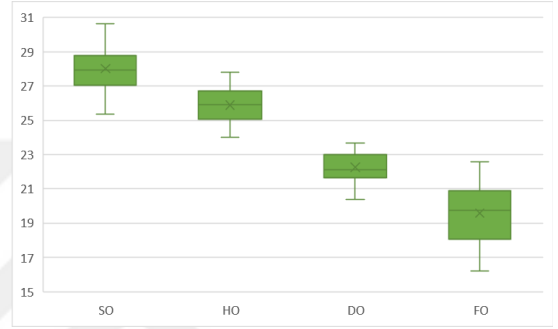
A) Uygulamalara göre silajların NDF içeriğindeki değişimler



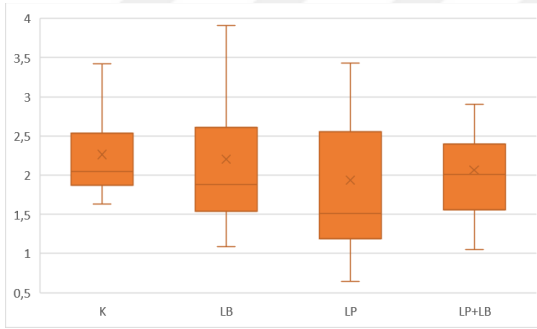
B) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların NDF içeriğindeki değişimler



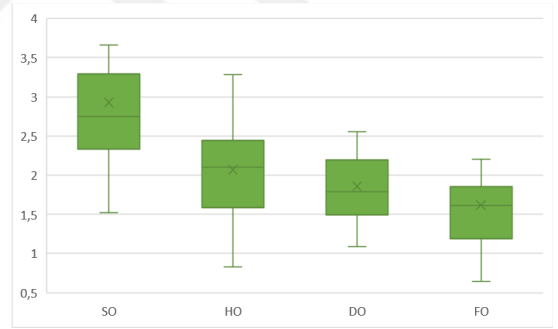
C) Uygulamalara göre silajların ADF içeriğindeki değişimler



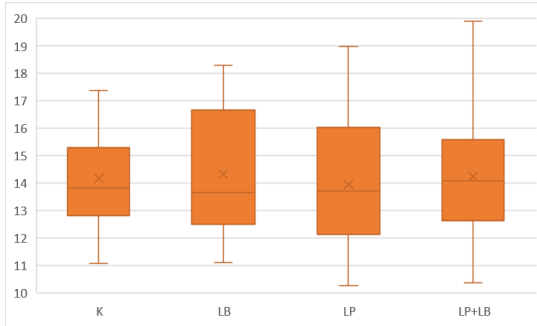
D) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların ADF içeriğindeki değişimler



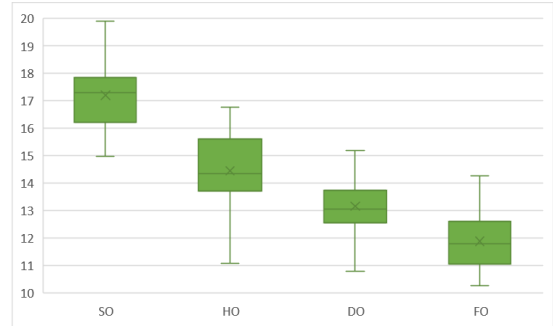
E) Uygulamalara göre silajların ADL içeriğindeki değişimler



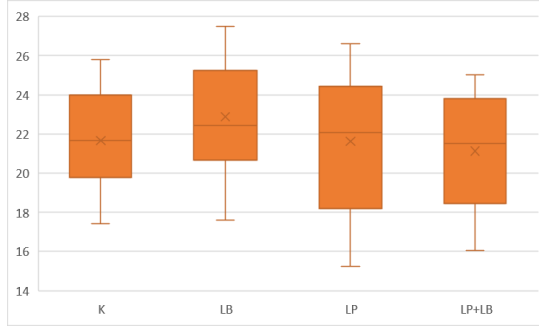
F) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların ADL içeriğindeki değişimler



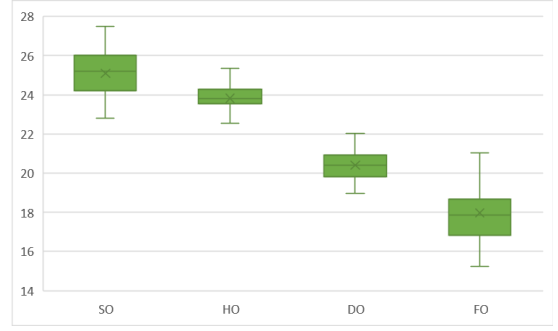
G) Uygulamalara göre silajların HEM içeriğindeki değişimler



H) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların HEM içeriğindeki değişimler



I) Uygulamalara göre silajların SEL içeriğindeki değişimler



J) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların SEL içeriğindeki değişimler

Şekil.4.4.2. Mısır silajlarının hücre duvarı bileşenlerindeki değişimler

4.5. Taze Mısır ve Silajların Mikrobiyolojik Analiz Bulguları

Araştırmada kullanılan taze ve silolanmış mısırların analizlerine ait bulgular Çizelge 4.5'te, grafikler ise Şekil 4.5.1 ve Şekil 4.5.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Taze mısır ve silajların mikrobiyolojik analiz bulguları ($\bar{X}$, $\log_{10}$ cfu g⁻¹ KM)

Olgunluk Dönemi	Uygulama	<i>Lactobacilli</i>	Maya	Küf
SO		2,4	5,0	2,8
HO	Taze	2,9	4,8	2,8
DO		2,6	4,9	2,8
FO		2,6	4,8	2,8
SO	Kontrol	6,6	4,9	3,0
	LP	7,1	5,0	2,9
	LB	6,3	4,9	3,0
	LP+LB	6,5	4,8	3,0
HO	Kontrol	6,9	5,0	2,9
	LP	8,8	4,8	2,8
	LB	6,3	4,8	3,0
	LP+LB	6,8	4,9	2,9
DO	Kontrol	7,8	4,8	3,0
	LP	9,8	4,9	2,8
	LB	6,5	4,9	2,9
	LP+LB	7,3	4,8	3,0
FO	Kontrol	8,4	4,9	3,0
	LP	9,9	4,8	2,8
	LB	7,6	4,9	2,9
	LP+LB	8,3	5,0	3,0

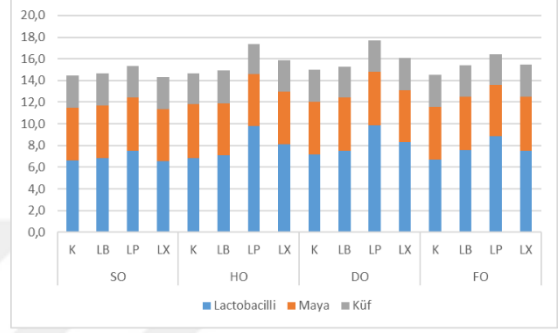
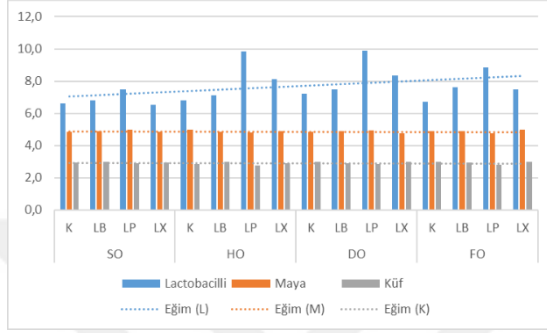
log: Logaritma, cfu: Koloniform ünite, KM: Kuru madde, SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, LB: *Lactobacillus buchneri*, LP: *Lactobacillus plantarum*, LP+LB: *L. plantarum* ve *L. buchneri* inokulantlarının 1:1 oranında kombinasyonu, SH: Standart Hata, ÖD: Önemli değil, Mikrobiyolojik analizlerde dört örnek karıştırılıp tek sonuç verildiği için değerlendirme yapılamamıştır.

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum dönemlerinde hasat edilen taze materyalin *lactaobacilli* sayıları sırasıyla 2,4, 2,9, 2,6 ve 2,6 $\log_{10}$ cfu g⁻¹ KM olarak; kontrol grubu silajların *lactaobacilli* sayıları ise sırasıyla 6,6, 6,9, 7,8 ve 8,4 $\log_{10}$ cfu g⁻¹ KM olarak tespit edilmiş ve mısır olgunlaştıkça sayısal olarak arttığı saptanmıştır. Diğer yandan mısırın olgunluk dönemlerinin tümünde en yüksek

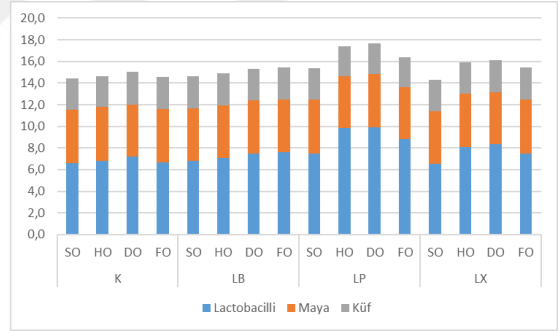
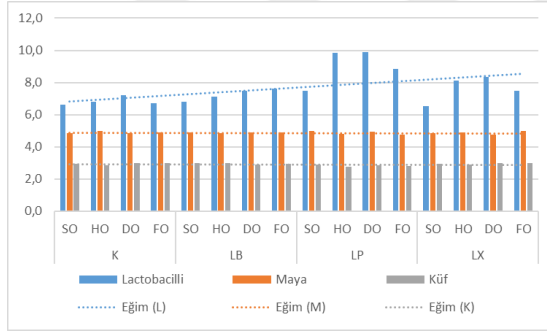
lactobacilli sayısı LP uygulanan silajlarda belirlenmiştir. Kristensen vd. (2010), LB uygulanan silajda *lactobacilli* sayısının arttığını bildirmişlerdir. Kung vd. (2021), LB+*P. pentosaceus* uygulanan silajda *lactobacilli* sayısını diğer gruplara göre en yüksek yoğunlukta saptamışlardır. LP+LB ile LB uygulanan silajlarda ise *lactobacilli* içeriği bütün dönemlerde kontrol grubundan düşük kalmıştır. Kara vd. (2016), bu bulgudan farklı olarak heterofermantatif ve homofermantatif LAB uygulanan silajların *lactobacilli* sayılarının kontrole göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. McDonald (1981), başlangıç materyalinin epifitik LAB içeriğinin oldukça düşük düzeyde olduğunu, bitkinin gelişimi ile sayılarının arttığını; Henderson vd. (1972) de başlangıçta düşük düzeyde olan LAB içeriğinin ilerleyen dönemlerde yaklaşık 8-9 kat artabildiğini ve silaj içerisinde dominant mikroflora durumuna geçebildiğini ifade etmişlerdir (aktaran Basmacıoğlu & Ergül, 2002). Bu çalışmada da benzer şekilde olgunluk dönemleri ilerledikçe *lactobacilli* sayıları artış göstermiştir. Özdüven vd. (2009), taze materyaldeki epifitik LAB sayısının; sıcaklık, nispi nem, morötesi ışınlar, radyasyon gibi çeşitli faktörlerin etkisi altında ve 1,0 ila 6,0 log₁₀ cfu g⁻¹ sınırları arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmada saptanan epifitik LAB yoğunluğu belirtilen sınırlar içerisinde.

Taze materyalde olgunlaşma dönemlerindeki maya sayısı 4,8 ila 5,0 log₁₀ cfu g⁻¹ KM arasında tespit edilmiş ve silajlara inokulant uygulamalarının maya popülasyonunda sayısal bir değişikliğe neden olmadığı saptanmıştır. Diğer yandan taze materyalin küf sayısı tüm olgunlaşma dönemlerinde 2,8 log₁₀ cfu g⁻¹ KM olarak belirlenmiş, silajların küf sayısı ise 2,8 ila 3,0 log₁₀ cfu g⁻¹ KM arasında tespit edilmiş ve LP uygulanan silajlarda küf popülasyonunun sayısal olarak daha düşük olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde Kara vd. (2016), heterofermantatif LAB kullanılan silajlarda hasat öncesinde maya üremesi tespit edilmediğini ve küf popülasyonun ise önemli derecede düşük saptandığını; hasat sonrasında ise hetLAB uygulamasının silajların küflenmelerini önlediğini bildirmişlerdir. Bu araştırmanın bulgularından farklı olarak Kristensen vd. (2010), LB uygulanan silajda maya sayısının azaldığını bildirmişlerdir. Tengerdy vd. (1991), LAB inokulantı kullanılan yonca silajlarında maya ve küf düzeyinin düşük olduğunu saptamışlardır. Zhang vd. (2009), tampon kapasitesi yüksek olan yonca silajlarında LAB uygulamasının maya ve küf sayısını azalttığını belirtmişlerdir. Tabacco vd. (2011), LB uygulamasının, silajdaki maya sayısını <2 log₁₀ cfu g⁻¹ seviyesine

düşürmede etkili olduğunu gözlemlemiştir. Kung vd. (2021), LB+*P. pentosaceus* uygulanan silajda diğer gruplara göre maya miktarını en az sayıda saptamışlardır. Hu vd. (2009) tarafından yüksek KM içeriği (%41) ile hasat edilen mısır silajının %33 KM içeriğine sahip silajla karşılaştırıldığında daha fazla maya içerdiği bildirilmiştir.



Şekil.4.5.1. Olgunlaşma dönemlerine göre *lactobacilli*, maya ve küf sayıları
A) Kümelenmiş bar grafiği B) Yığılmış bar grafiği



Şekil.4.5.2. İnokulant uygulamalarına göre *lactobacilli*, maya ve küf sayıları
A) Kümelenmiş bar grafiği B) Yığılmış bar grafiği

4.6. Silajların Aerobik Stabilite Testine İlişkin Bulgular

Araştırmada kullanılan silajların aerobik stabilite testlerine ait bulgular Çizelge 4.6.1’de, ortalamalar Çizelge 4.6.2 ile Çizelge 4.6.3’te, grafikler ise Şekil 4.6.1, Şekil 4.6.2 ve Şekil 4.6.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.6.1 Mısır silajlarına ait aerobik stabilite test bulguları ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Olgunluk Dönemi	Uygulama	pH (5. günde)	CO ₂ (g kg ⁻¹ KM)	Maya (log ₁₀ cfu g ⁻¹ KM)	Küf (log ₁₀ cfu g ⁻¹ KM)
SO	Kontrol	5,1±0,08 ^d	4,5±0,45 ^d	6,7	3,4
	LP	5,8±0,06 ^a	12,7±0,44 ^a	5,9	2,9
	LB	4,1±0,01 ^{jk}	1,6±0,03 ^{efg}	2,6	2,0
	LP+LB	4,5±0,03 ^{gh}	3,1±0,53 ^{def}	3,3	2,7
HO	Kontrol	4,9±0,01 ^e	4,0±1,01 ^{de}	6,0	3,1
	LP	5,6±0,08 ^{ab}	11,8±0,20 ^{ab}	5,7	2,8
	LB	4,0±0,02 ^{kl}	1,4±0,16 ^{fg}	2,5	2,0
	LP+LB	4,4±0,03 ^{hi}	2,5±0,24 ^{def}	3,1	2,4
DO	Kontrol	4,8±0,06 ^{ef}	3,7±0,31 ^{def}	5,7	2,8
	LP	5,4±0,01 ^{bc}	9,4±0,57 ^{bc}	5,6	2,7
	LB	3,9±0,01 ^{lm}	1,2±0,26 ^g	2,3	2,0
	LP+LB	4,3±0,01 ^{ij}	2,1±0,18 ^{def}	2,6	2,0
FO	Kontrol	4,6±0,04 ^{fg}	3,2±0,37 ^{def}	5,0	2,7
	LP	5,3±0,02 ^{cd}	7,4±0,65 ^c	4,7	2,7
	LB	3,7±0,03 ^m	0,9±0,07 ^g	2,0	2,0
	LP+LB	4,2±0,02 ^{jk}	1,7±0,67 ^{efg}	2,4	2,0
SH		0,005	0,63	-	-
Önem Seviyeleri	Dönem	**	**	-	-
	LAB	**	**	-	-
	İnteraksiyon	ÖD	**	-	-
	Dönem	<,0001	<,0001	-	-
	LAB	<,0001	<,0001	-	-
	İnteraksiyon	0,214	0,0007	-	-

pH: Potansiyel hidrojen, CO₂: Karbondioksit, log: Logaritma, cfu: Koloniform ünite, KM: Kuru madde, SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, LB: *Lactobacillus buchneri*, LP: *Lactobacillus plantarum*, LP+LB: *L. plantarum* ve *L. buchneri* inokulantlarının 1:1 oranında kombinasyonu, SH: Standart Hata, ÖD: Önemli değil

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05)

Çizelge 4.6.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların aerobik stabilite testlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, CO₂ için g kg⁻¹ KM)

Parametreler	Olgunlaşma Dönemleri				SH	Önemlilik Seviyesi		
	SO	HO	DO	FO		O	U	O×U
pH (5.gün)	4,87 ^a	4,72 ^b	4,57 ^c	4,46 ^d	0,005	<,0001	<,0001	ÖD
CO ₂	5,49 ^a	4,92 ^a	4,09 ^b	3,33 ^c	0,63	<,0001	<,0001	0,0007

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, pH: Potansiyel hidrojen, CO₂: Karbondioksit, log: Logaritma, cfu: Koloniform ünite, KM: Kuru madde, ÖD: Önemli değil
Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.6.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların aerobik stabilite testlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, CO₂ için g kg⁻¹ KM)

Parametreler	Uygulamalar				SH	Önemlilik Seviyesi		
	K	LB	LP	LP+LB		O	U	O×U
pH (5.gün)	4,86 ^b	3,93 ^d	5,51 ^a	4,33 ^c	0,005	<,0001	<,0001	ÖD
CO ₂	3,83 ^b	1,28 ^d	10,35 ^a	2,37 ^c	0,63	<,0001	<,0001	0,0007

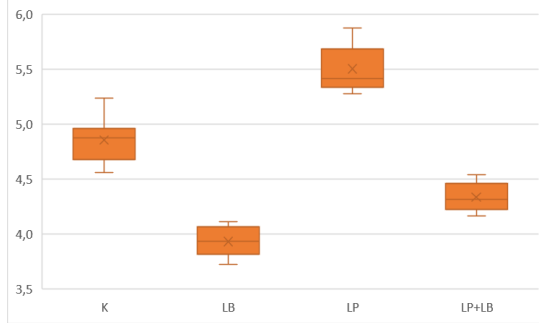
SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, pH: Potansiyel hidrojen, CO₂: Karbondioksit, log: Logaritma, cfu: Koloniform ünite, KM: Kuru madde, ÖD: Önemli değil
Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.6.1’de görüldüğü gibi maya sayısı mısır olgunlaştıkça azalmış küf sayısı ise diş olum dönemine kadar azalmış sonra sabit kalmıştır. Tüm uygulamalar kontrol silajına göre maya ve küf sayısını azaltmış, en düşük maya ve küf sayısı LB uygulanan silajlarda gözlenmiştir. Benzer şekilde Weinberg vd. (2002), LB uygulanmış mısır silajlarında daha düşük maya sayısı olduğunu bildirmişlerdir.

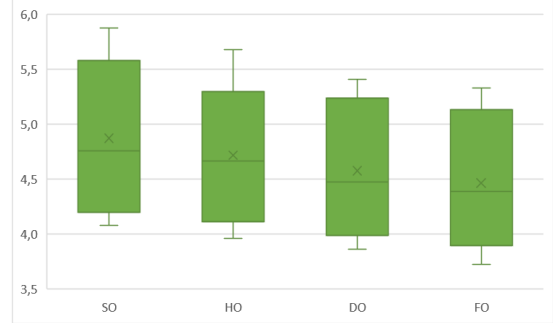
Çizelge 4.6.2’de görüldüğü gibi süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum dönemlerinde hasat edilerek yapılan silajların 5 günlük süre sonundaki pH’ları sırasıyla 4,87, 4,72, 4,57 ve 4,46; CO₂ içerikleri sırasıyla 5,49, 4,92 4,09 ve 3,33 g kg⁻¹ KM olarak saptanmıştır. Görüldüğü üzere çalışmada yapılan aerobik stabilite testi sonucuna göre mısırın olgunlaşma dönemlerinin ilerlemesine paralel olarak 5 günlük süre sonundaki hem pH değerleri hem de CO₂ üretim miktarları azalmıştır (P<0,0001). Bu çalışmada elde edilen bulgular Filya (2004) tarafından erken olum döneminde yapılan mısır silajlarında daha fazla CO₂ üretimi gerçekleştiği (P<0,05) ve bu silajların aerobik koşullar altında stabil olmadığı yönündeki bildirisi ile uyum içerisindedir.

Diğer yandan Çizelge 4.6.3'te görüldüğü üzere inokulant uygulanan silajların 5. gün sonundaki en yüksek pH değerleri LP uygulanan grupta (5,51) saptanırken en düşük değer LB uygulanan grupta (3,93) tespit edilmiştir ($P<0,0001$). Benzer şekilde CO_2 değerleri de $10,35 \text{ g kg}^{-1}$ ile en yüksek LP uygulanan silajlarda, $1,28 \text{ g kg}^{-1}$ ile en düşük LB uygulanan silajlarda belirlenmiştir ($P<0,0001$). Dolayısıyla LB uygulaması hem kontrol hem de diğer uygulamalara göre aerobik stabiliteyi iyileştirmiştir. Benzer şekilde Weinberg vd. (2002), LP uygulanmış buğday ve mısır silajlarının aerobik olarak stabil olmadıklarını, LB uygulanmış mısır silajlarının ise daha düşük maya sayıları, daha az CO_2 üretimi ve ideal bir pH ile aerobik açıdan stabil olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte pek çok araştırmacı LB içeren inokulantların, aerobik stabilitede en tutarlı gelişmeyi sağladığını bildirmiştir (Comino vd., 2014; Filya, 2003a; Hu vd., 2009; Keles & Demirci, 2011; Kristensen vd., 2010; Muck, 2004; Puntillo vd., 2020; Tabacco vd., 2011). Diğer yandan Serva vd. (2021), LB uygulamasının, istenen kalitede mısır silajı üretimini teşvik etmek amacıyla yaygın olarak kullanıldığını ancak aerobik stabilite ve silajın fermantatif profili üzerine az sayıda çalışma olduğunu bildirmişlerdir. M. Khan vd. (2021), mısırdaki hem LP hem de LB uygulamalarının aerobik stabiliteyi iyileştirdiği sonucuna varmışlardır. Bazı araştırmacılar da homofermantatif LAB inokulantlarının buğday, mısır ve sorgum silajlarının aerobik stabiliteyi geliştirdiğini belirtmişlerdir (Filya, 2003a; Ranjit & Kung, 2000). Li vd. (2016), çavdar silajında LB uygulamasının kontrol, LP ve LP+LB uygulamalarına göre daha stabil olduğunu bildirmişlerdir. Zhang vd. (2009), LP uygulamasının yonca silajlarının aerobik stabilitesini iyileştirdiğini, LP+LB uygulamasının ise hem yonca silaj kalitesini hem de aerobik stabilitesini artırdığını belirtmişlerdir. Aksu vd. (2021), LP uygulanan yoncada daha düşük CO_2 üretimi gerçekleştiğini ve silajın kalitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Silajlarda LP kullanımının, aerobik stabilite açısından olumlu veya olumsuz sonuçlandığı çalışmalar olduğu gibi etkisinin olmadığını bildiren çalışmalar da vardır. Filya vd. (2000), soldurulmamış buğdayda, Altınçekiç (2006) ile Hu vd. (2009) ise mısırdaki LP inokulantların aerobik stabiliteyi etkilemediğini bildirmişlerdir. Kristensen ve diğerleri, (2010) de epifitik mikrofloranın sayıca fazla olması durumunda homofermantatif inokulantların kullanılmasının silaj fermantasyonunu veya aerobik stabiliteyi etkilemediğini belirtmişlerdir. Filya (2002), silaj fermantasyonu sonucunda ortamda oluşan laktatların hava ile temas edilen bu dönemde bazı mayalar tarafından tüketilmesine

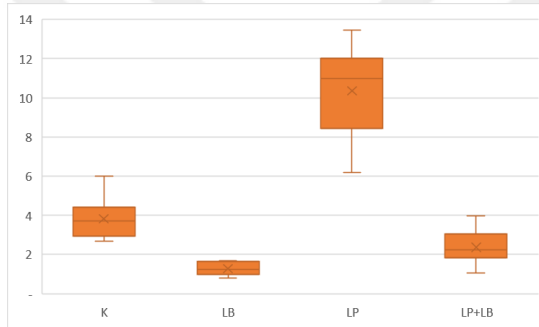
bağlı olarak silajların maya populasyonlarında artış görüldüğünü ve bunun silajlarda CO₂ üretimine yol açtığını belirlemişlerdir.



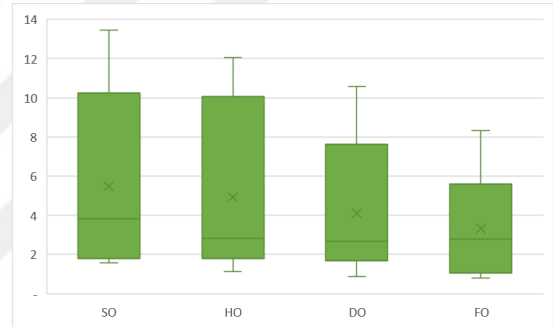
A) Uygulamalara göre silajların 5. gündeki pH değerlerindeki değişimler



B) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların 5. gündeki pH değerlerindeki değişimler



C) Uygulamalara göre silajların CO₂ içeriğindeki değişimler



D) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların CO₂ içeriğindeki değişimler

Şekil.4.6.1. Silajların aerobik stabilite testindeki pH ve CO₂ değişimleri

4.7. Silajların *in vitro* Gaz Üretimi, Enerji ve OM Sindirilebilirliği Bulguları

Araştırmada kullanılan silajların *in vitro* gaz üretim miktarlarına ait bulgular Çizelge 4.7.1’de, ortalamalar Çizelge 4.7.2 ile Çizelge 4.7.3’te, grafikleri ise Şekil 4.7.1 ile Şekil 4.7.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.7.1. Mısır silajlarının *in vitro* gaz üretim bulguları ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$, ml).

Olgunluk Dönemi	Uygulama	İnkübasyon zamanları (saat)						
		3	6	12	24	48	72	96
SO	Kontrol	10,5±0,50 ^d	14,5±0,50 ^d	20,3±0,75 ^{bc}	35,5±0,00 ^{ef}	41,0±1,00 ^e	48,5±1,00 ^{cde}	52,8±2,75 ^e
	LP	10,5±0,50 ^d	14,3±0,75 ^d	20,5±0,50 ^{bc}	36,5±1,50 ^{def}	41,5±0,50 ^{de}	49,0±1,00 ^{cde}	54,3±2,25 ^{cde}
	LB	10,0±1,00 ^d	14,3±1,25 ^d	20,0±1,00 ^{bc}	35,0±1,00 ^f	40,0±1,00 ^e	47,5±1,50 ^e	53,8±0,75 ^{de}
	LP+LB	10,0±1,00 ^d	13,5±0,50 ^d	19,5±0,50 ^c	35,3±1,25 ^{ef}	40,0±1,00 ^e	48,0±0,50 ^{de}	54,0±0,50 ^{de}
HO	Kontrol	11,3±0,75 ^{cd}	15,3±0,75 ^{cd}	21,5±1,00 ^{bc}	37,5±1,00 ^{def}	40,5±0,50 ^e	47,8±0,25 ^e	53,5±0,50 ^{de}
	LP	11,5±0,50 ^{cd}	15,5±0,50 ^{cd}	23,8±2,25 ^{ab}	39,0±2,00 ^{cdef}	42,5±2,50 ^{de}	49,5±2,50 ^{cde}	54,3±2,25 ^{cde}
	LB	10,5±0,50 ^d	14,8±0,25 ^{cd}	21,0±3,00 ^{bc}	37,5±4,50 ^{def}	39,5±4,50 ^e	48,0±4,00 ^{de}	53,5±4,50 ^{de}
	LP+LB	11,0±1,00 ^d	15,0±1,00 ^{cd}	22,3±0,25 ^{bc}	36,0±0,00 ^{ef}	40,0±0,00 ^e	48,0±0,50 ^{de}	53,5±0,50 ^{de}
DO	Kontrol	12,0±1,00 ^{bcd}	15,8±1,25 ^{cd}	22,0±1,00 ^{bc}	39,5±1,50 ^{cdef}	42,5±1,50 ^{de}	51,5±1,50 ^{bcd}	57,0±2,00 ^{bcd}
	LP	12,3±0,25 ^{bcd}	16,0±0,00 ^{bcd}	22,5±1,50 ^{abc}	41,8±1,25 ^{abcd}	44,5±1,00 ^{bcd}	53,3±1,25 ^{abcd}	58,8±0,75 ^{bcd}
	LB	11,3±1,75 ^{cd}	15,3±2,25 ^{cd}	23,8±2,25 ^{ab}	40,5±0,50 ^{bcd}	44,8±0,25 ^{bcd}	53,5±0,50 ^{abc}	59,5±0,50 ^{abc}
	LP+LB	13,5±0,50 ^{abc}	17,3±0,25 ^{abc}	21,5±1,00 ^{bc}	40,0±1,00 ^{cdef}	43,5±1,00 ^{cde}	52,0±1,00 ^{bcd}	58,3±0,75 ^{bcd}
FO	Kontrol	14,8±0,25 ^a	19,0±0,00 ^a	24,0±0,00 ^{ab}	43,5±1,50 ^{abc}	46,8±1,25 ^{abcd}	55,3±0,75 ^{ab}	60,5±0,50 ^{abc}
	LP	14,3±0,75 ^{ab}	18,5±0,50 ^{ab}	26,5±1,50 ^a	47,0±3,00 ^a	50,3±2,75 ^a	58,5±2,50 ^a	64,0±2,00 ^a
	LB	13,5±0,50 ^{abc}	17,3±0,25 ^{abc}	22,5±0,50 ^{abc}	46,3±0,75 ^a	49,0±0,50 ^{ab}	57,8±0,25 ^a	64,0±0,50 ^a
	LP+LB	13,5±0,50 ^{abc}	17,3±0,75 ^{abc}	22,8±0,25 ^{abc}	45,0±2,50 ^{ab}	48,5±3,00 ^{abc}	56,5±3,50 ^{ab}	61,8±4,75 ^{ab}
SH		1,25	1,51	3,63	6,64	6,58	6,40	8,96
Önem Seviyeleri	Dönem	**	**	**	**	**	**	**
	LAB	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
	İnteraksiyon	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD
	Dönem	<,0001	<,0001	0,0080	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
	LAB	0,4325	0,6080	0,2740	0,3751	0,4427	0,5245	0,5825
	İnteraksiyon	0,8666	0,7870	0,7716	0,9963	0,9830	0,9956	0,9983

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, LB: *Lactobacillus buchneri*, LP: *Lactobacillus plantarum*, LP+LB: *L. buchneri* ve *L. Plantarum* inokulantlarının 1:1 oranında kombinasyonu SH: Standart Hata, ÖD: Önemli değil

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.7.2. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların *in vitro* gaz üretimlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, ml)

Parametreler	Olgunlaşma Dönemleri					Önemlilik Seviyesi		
	SO	HO	DO	FO	SH	O	U	O×U
3. saat	10,3 ^c	11,1 ^{bc}	12,3 ^b	14,0 ^a	1,26	<,0001	ÖD	ÖD
6. saat	14,1 ^c	15,1 ^{bc}	16,1 ^b	18,0 ^a	1,51	<,0001	ÖD	ÖD
12. saat	20,1 ^b	22,1 ^a	22,4 ^a	23,9 ^a	3,63	0,0080	ÖD	ÖD
24. saat	35,6 ^c	37,5 ^c	40,4 ^b	45,4 ^a	6,64	<,0001	ÖD	ÖD
48. saat	40,6 ^c	40,6 ^c	43,8 ^b	48,6 ^a	6,58	<,0001	ÖD	ÖD
72. saat	48,3 ^c	48,3 ^c	52,5 ^b	57,0 ^a	6,40	<,0001	ÖD	ÖD
96. saat	53,7 ^c	53,7 ^c	58,4 ^b	62,6 ^a	8,96	<,0001	ÖD	ÖD

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, ÖD: Önemli değil
Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

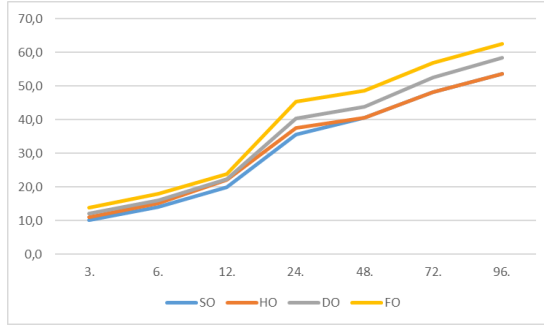
Çizelge 4.7.3. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların *in vitro* gaz üretimlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$, ml)

Parametreler	Uygulamalar					Önemlilik Seviyesi		
	K	LB	LP	LP+LB	SH	O	U	O×U
3. saat	12,1	11,3	12,1	12,0	1,26	<,0001	ÖD	ÖD
6. saat	16,1	15,4	16,1	15,8	1,51	<,0001	ÖD	ÖD
12. saat	21,9	21,8	23,3	21,5	3,63	0,0080	ÖD	ÖD
24. saat	39,0	39,8	41,1	39,1	6,64	<,0001	ÖD	ÖD
48. saat	42,7	43,3	44,7	43,0	6,58	<,0001	ÖD	ÖD
72. saat	50,8	51,7	52,6	51,1	6,40	<,0001	ÖD	ÖD
96. saat	55,9	57,7	57,8	56,9	8,96	<,0001	ÖD	ÖD

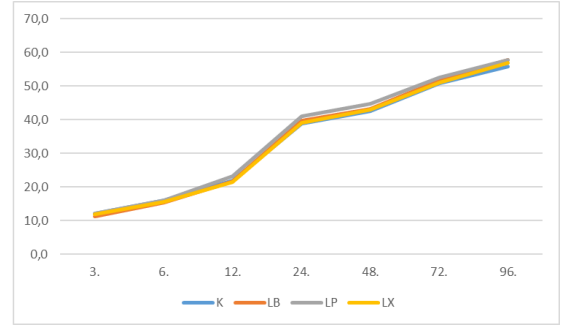
SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, ÖD: Önemli değil
Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.7.2’de görüldüğü gibi süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum dönemlerinde hasat edilerek yapılan silajların tüm inkübasyon saatlerinde mısır olgunlaştıkça *in vitro* gaz üretiminin arttığı gözlenmiştir (P<0,001). Benzer şekilde Mould vd. (1999) farklı dönemlerde hasat edilmiş mısırdaki toplam gaz üretimindeki artışın KM içeriğinin artmasına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Kılıç & Sarıçiçek (2006) hasat zamanının gaz üretimini etkileyen faktörlerden biri olduğunu bildirmiştir. Nitekim hasadın gecikmesinin gaz üretim miktarını azalttığını (Kamalak vd., 2005) bildiren çalışmalar olduğu gibi en düşük gaz üretiminin genç bitkilerde gözlemlendiğini (Mould vd., 1999) bildiren çalışmalar da mevcuttur. Kamalak vd. (2002), üretilen gaz miktarının mısır çeşitlerine göre önemli farklılıklar gösterdiğini (P<0,001) bildirmişlerdir. Bu farklılığın

karbonhidratların fermente edilebilirliği açısından önemli olduğunu bildiren araştırmacılar düşük KM'li bazı çeşitlerin daha kolay fermente olabilen karbonhidratlara; bazı çeşitlerin de mikroorganizmalar tarafından daha yavaş fermente edilebilen karbonhidratlara sahip olduğunu belirtmişlerdir. Menke ve Steingass (1988), yaptıkları çalışmada toplam gaz üretiminin HK ile ters orantılı olduğunu bildirmişlerdir (aktaran Atalay & Kamalak, 2021). Başka bir deyişle HK içeriği düşük olan yemlerin toplam gaz üretimi yüksek olmaktadır. Ayrıca Atalay & Kamalak (2021), bitki bünyesindeki hücre duvarı unsurları ile toplam gaz üretiminin de ters orantılı olduğunu; ADF ve NDF miktarı arttıkça üretilen gaz miktarında azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmadaki en yüksek gaz üretimi ve en düşük ADF, NDF ve HK içeriği, fizyolojik olum döneminde saptanmıştır. Çalışmada mısırın olgunlaştıkça daha fazla gaz üretimine sahip olduğu görülmektedir. Hocking ve Meyer (1985) tarafından bitkilerde olgunlaşma ile birlikte HP'nin azaldığı, karbonhidrat oranının arttığı ve Schofield (2000) tarafından karbonhidratların parçalanması ile açığa çıkan gaz miktarının, proteinlerin parçalanması ile açığa çıkan gaz miktarından fazla olduğu şeklinde yapılan bildirişler bu çalışmada elde edilen bulguları desteklemektedir (aktaran Atalay & Kamalak, 2021). Diğer yandan Çizelge 4.7.3'te görüldüğü gibi inokulant uygulamalarının silajların *in vitro* gaz üretimlerini etkilemediği belirlenmiştir ($P>0,05$). Bu bulgularla uyumlu olarak mısır silajlarının yem değeri üzerine homofermantatif LAB inokulantlarının etkileri ile ilgili yapılmış çalışmalarda Filya & Sucu (2010), *in vitro* OM sindirilebilirliği ve ME değerinin; Polat vd. (2005), *in situ* OMS'nin etkilenmediğini bildirmişlerdir. Ayrıca Meeske vd. (1993), homofermantatif LAB uygulamasının iki farklı olgunluk dönemde hasat edilmiş sorgum silajlarının *in vitro* OM sindirilebilirliklerini etkilemediğini belirtmişlerdir. Diğer yandan Koc vd. (2017), LAB inokulantının yonca silajlarında NDF içeriğini azaltarak *in vitro* OMS düzeyini artırdığını; Muck vd. (2007), yoncada LP ve LB dahil inokulant uygulanan tüm silajların, kontrol silajlarından daha az *in vitro* gaz ürettiğini bildirmişlerdir.

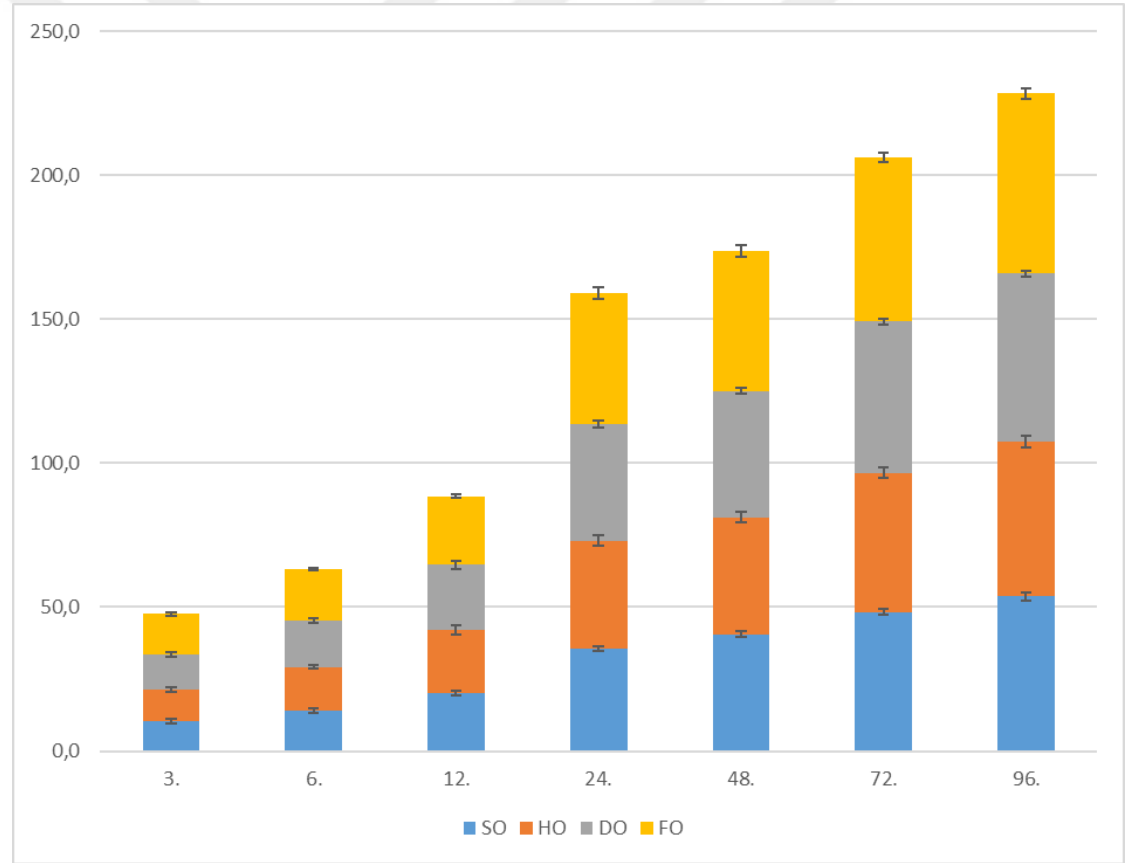


A) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların *in vitro* gaz üretimindeki değişimler



B) Uygulamalara göre silajların *in vitro* gaz üretimindeki değişimler

Şekil 4.7.1. *In vitro* gaz üretim sonuçlarına ilişkin değişimler



Şekil 4.7.2. *In vitro* gaz üretim bulgularına ilişkin kümülatif değişimler

Silajların *in vitro* gaz üretim miktarları ile hesaplanan metabolik enerji düzeyleri ve *in vitro* OMS değerleri Çizelge 4.7.4'te, ortalamaları Çizelge 4.7.5. ile Çizelge 4.7.6'da, grafikleri ise Şekil 4.7.3 ile Şekil 4.7.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.7.4. Mısır silajlarının enerji düzeyleri ve *in vitro* sindirilebilirlik değerlerine ilişkin bulgular ($\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$)

Olgunluk Dönemi	Uygulama	ME (MJ/kg KM)	<i>In vitro</i> OMS (%)
SO	Kontrol	7,5±0,00 ^{gh}	53,4±0,00 ^{de}
	LP	7,6±0,29 ^{fgh}	53,6±1,79 ^{de}
	LB	7,4±0,19 ^h	52,9±1,20 ^e
	LP+LB	7,5±0,24 ^h	53,4±1,49 ^e
HO	Kontrol	7,8±0,19 ^{efgh}	54,9±1,20 ^{cde}
	LP	8,0±0,38 ^{defgh}	55,8±2,39 ^{bcd}
	LB	7,8±0,86 ^{efgh}	54,9±5,38 ^{cde}
	LP+LB	7,6±0,00 ^{fgh}	53,5±0,00 ^{de}
DO	Kontrol	8,1±0,29 ^{defgh}	56,1±1,79 ^{bcd}
	LP	8,5±0,24 ^{bcd}	58,0±1,49 ^{abcd}
	LB	8,3±0,10 ^{cdef}	56,8±0,60 ^{bcd}
	LP+LB	8,2±0,19 ^{cdefg}	56,4±1,20 ^{bcd}
FO	Kontrol	8,7±0,29 ^{abcd}	59,4±1,79 ^{abc}
	LP	9,2±0,58 ^a	61,6±3,59 ^a
	LB	9,1±0,14 ^{ab}	61,5±0,90 ^a
	LP+LB	8,9±0,48 ^{abc}	60,3±2,99 ^{ab}
SH		0,12	4,75
Önem Seviyeleri	Dönem	**	**
	LAB	ÖD	ÖD
	İnteraksiyon	ÖD	ÖD
	Dönem	<,0001	<,0001
	LAB	0,3772	0,3742
	İnteraksiyon	0,9959	0,9963

MJ: Megajoule, ME: Metabolik enerji, OMS: Organik madde sindirilebilirliği, SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, LB: *Lactobacillus buchneri*, LP: *Lactobacillus plantarum*, LP+LB: *L. plantarum* ve *L. buchneri* inokulantlarının 1:1 oranında kombinasyonu, SH: Standart Hata, ÖD: Önemli değil,

Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.7.5. Mısırın olgunlaşma dönemlerine göre silajların metabolik enerji düzeyleri ve sindirilebilirlik değerlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$)

Parametreler	Olgunlaşma Dönemleri					Önemlilik Seviyesi		
	SO	HO	DO	FO	SH	O	U	O×U
ME, MJ/kg	7,5 ^c	7,8 ^c	8,3 ^b	9,0 ^a	0,12	<,0001	ÖD	ÖD
OMS, %	53,3 ^c	54,8 ^{bc}	56,7 ^b	60,9 ^a	4,75	<,0001	ÖD	ÖD

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, MJ: Megajoule, ME: Metabolik enerji, OMS: Organik madde sindirilebilirliği, ÖD: Önemli değil

Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0,05$).

Çizelge 4.7.6. Bakteri inokulantı uygulamalarına göre silajların enerji düzeyleri ve sindirilebilirlik değerlerine ilişkin ortalamalar ($\bar{X}$)

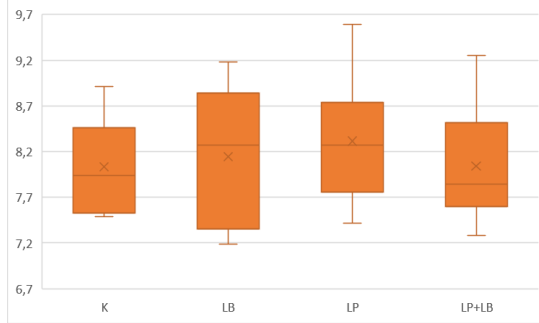
Parametreler	Uygulamalar					Önemlilik Seviyesi		
	K	LB	LP	LP+LB	SH	O	U	O×U
ME, MJ/kg	8,0	8,1	8,3	8,0	0,12	<,0001	ÖD	ÖD
OMS, %	55,8	56,5	57,5	55,8	4,75	<,0001	ÖD	ÖD

SO: Süt olum dönemi, HO: Hamur olum dönemi, DO: Diş olum dönemi, FO: Fizyolojik olum dönemi, O: Olgunlaşma dönemleri, U: Olgunlaşma dönemleri, U: Bakteri inokulantı uygulamaları, MJ: Megajoule, ME: Metabolik enerji, OMS: Organik madde sindirilebilirliği, ÖD: Önemli değil

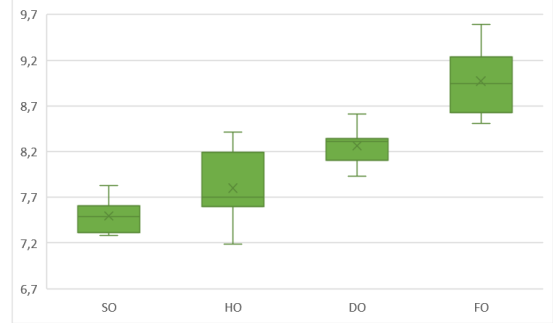
Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0,05$).

In vitro gaz üretim tekniği verilerinden hesaplanarak elde edilen ME ve OMS değerleri ile 24 saatlik gaz üretim miktarı arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Başka bir deyişle 24 saatlik inkübasyon sonrasında gaz üretimi yüksek olan yemlerin hem enerji hem de OMS değerleri yüksek olmaktadır (Kılıç, 2005). Nitekim Çizelge 4.7.5'te görüldüğü gibi mısır olgunlaştıkça silajların *in vitro* gaz üretimi yüksek olmuş ve yine mısırın olgunlaşmasıyla ME ve *in vitro* OMS değerleri de yüksek bulunmuştur ($P<0,001$). Çalışmada elde edilen ME ve *in vitro* OMS değerleri Filya vd. (2002), Kamalak vd. (2004) ve Kamalak vd. (2005)'nin bildirişleri ile uyumludur. Diğer yandan Çizelge 4.7.6'da görüldüğü üzere inokulant uygulamalarının silajların enerji düzeyleri ve sindirilebilirlik değerleri üzerine etkileri incelendiğinde herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). Benzer şekilde Filya vd. (2006), LB uygulamasının mısır silajının OM parçalanabilirliğini etkilemediğini saptamışlardır. Bu çalışmada elde edilen bulgulardan farklı olarak Filya (2002), LP içeren inokulantların mısır silajının OM sindirilebilirliğini kontrol silajına göre önemli düzeyde artırdığını ($P<0,05$); Sucu (2009) ise LP içeren inokulantın mısır silajının OM sindirilebilirliğini kontrol grubuna göre artırırken ($P<0,05$), diğer LAB inokulantlarının OM sindirilebilirliğini etkilemediğini bildirmişlerdir ($P>0,05$). Aksine Altınçekiç (2006), mısırdaki LP uygulamasının ME ve *in*

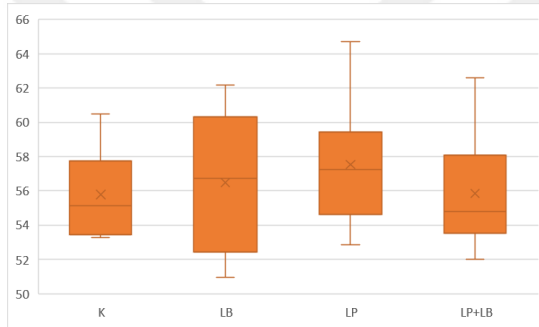
vitro OM sindirilebilirliklerinin kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşüş gösterdiğini belirtmiştir.



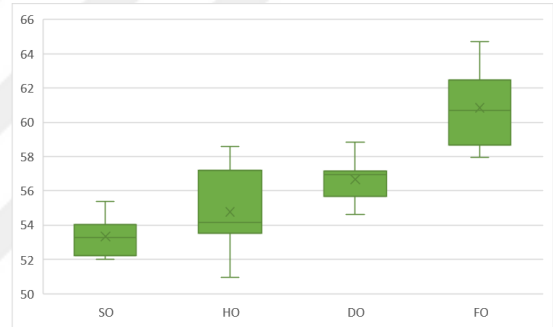
A) Uygulamalara göre silajların ME içeriğindeki değişimler



B) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların ME içeriğindeki değişimler



C) Uygulamalara göre silajların *in vitro* OMS içeriğindeki değişimler



D) Olgunlaşma dönemlerine göre silajların *in vitro* OMS içeriğindeki değişimler

Şekil.4.7.3. Enerji düzeyleri ve *in vitro* organik madde sindirilebilirlik değerlerine ilişkin değişimler

5. SONUÇ

Sonuç olarak, dört farklı olgunlaşma döneminde (süt olum, hamur olum, diş olum ve fizyolojik olum) hasat edilen mısırın silolanması sırasında kullanılan *Lactobacillus plantarum* (LP), *Lactobacillus buchneri* (LB) ve bu iki bakterinin kombinasyonu (LP+LB) mısır silajlarının pH değerlerini tüm dönemlerde düşürerek iyi bir fermantasyon için istenen asit ortamı oluşturmuşlardır. Özellikle de LP; pH düşüşü üzerinde LB ve LP+LB uygulamalarından çok daha etkili olmuştur. Silajların SÇK içeriği olgunlaşma dönemi ilerledikçe önemli ölçüde azalmıştır. Benzer şekilde araştırmada kullanılan inokulantlar da mısırın bünyesindeki SÇK içeriğinin önemli ölçüde azalmasına yol açmışlardır. Mısırın olgunlaşmasına paralel olarak silajların amonyak azotu içeriği azalmıştır. İnokulant uygulamalarının amonyak azotu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunursa da LB uygulamasının hem kontrole hem de diğer uygulamalara göre amonyak azotu içeriğini azalttığı görülmüştür. Silajların hem laktik asit hem de asetik asit içerikleri mısırın olgunlaşma dönemi ilerledikçe azalış trendi göstermişlerdir. İnokulantların tümü kontrole göre laktik asit ve asetik asit üretimini artırmıştır. En fazla laktik asit, LP uygulanan silajlarda üretilmiştir. Hücre duvarı bileşenleri ile ilgili parametrelerin tamamı olgunlaşma dönemlerinden önemli ölçüde etkilenmiş ve bu fraksiyonların içerikleri, mısır olgunlaştıkça azalmıştır. İnokulant uygulamaları NDF, ADF ve sellüloz içeriklerini etkilerken ADL ve hemisellüloz üzerine etki etmemişlerdir. Bunun yanı sıra LB uygulaması kontrole ve diğer inokulantlara göre NDF, ADF ve sellüloz içeriklerini artırmıştır. Silajdaki *lactobacilli* sayısı mısır olgunlaştıkça artmıştır. Tüm dönemlerde en yüksek *lactobacilli* sayısı LP uygulanan silajlarda, en düşük *lactobacilli* sayısı ise LB uygulanan silajlarda saptanmıştır. Taze materyaldeki ve silajdaki maya sayısı ne olgunlaşma dönemlerinden ne de uygulamalardan etkilenmemiştir. Silajlardaki küf popülasyonunun LP uygulanan silajlarda tüm gruplara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Hem LB hem de LP+LB uygulamaları tüm dönemlerde silajların aerobik stabilitesini geliştirmiştir. LP inokulantı ise olgunlaşma dönemlerinin tamamında aerobik stabiliteyi düşürmüştür. Olgunlaşma dönemleri silajların ME ve OMS içeriklerini önemli ölçüde etkilemiş ve mısırın olgunlaşması boyunca artış göstermişlerdir. Bununla birlikte inokulant uygulamalarının silajların ME ve OMS içerikleri üzerine herhangi bir etkisi olmamıştır.

KAYNAKLAR

- Abendroth, L. J., Elmore, R. W., Boyer, M. J., & Marlay, S. K. (2011). Corn growth and development (Report No: PMR 1009). *Iowa State University Extension, Ames, Iowa*, 50. <https://store.extension.iastate.edu/product/6065>
- Akinnuoye-Adelabu, D. B., & Modi, A. T. (2017). Planting dates and harvesting stages influence on maize yield under rain-fed conditions. *Journal of Agricultural Science*, 9(9), 43–55. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n9p43>
- Aksu, T., Validov, S., Karimova, L., Demirel, M., Levendoğlu, T., Erdoğan, S., & Güney, M. (2021). The effects of the L. plantarum strain RC1.4 starter culture with or without sucrose addition on fermentation efficacy, microbial content, and aerobic stability indicators of alfalfa silage. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 45(4), 726–734. <https://doi.org/10.3906/vet-2104-15>
- Altınçekiç, E. (2006). *Organik asit - bakteriyel inokulant kombinasyonunun mısır silajlarının fermentasyon, aerobik stabilite ve yem değeri üzerine etkileri*. (Tez No: 202289) [Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].
- Anonim. (1981). pH of silage. İçinde *The Analysis of Agricultural Materials* (ss. 87–88). Agricultural Development and Advisory Service. Great Britain.
- Anonim. (2010). *Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, mısır (Zea mays L.)*. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Köyşleri Bakanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=56> (Erişim Tarihi: 26.10.2020)
- Anonim. (2020). *Dekalb silajlık mısır çeşidi C955 broşürü*. Bayer AG. <https://www.dekalb.com.tr/documents/130581/1010295/C955.pdf> (Erişim Tarihi: 26.10.2020)
- Anonim. (2021). *The Nobel Prize in Chemistry 1945*. The Nobel Foundation. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1945/summary/> (Erişim tarihi: 08.10.2021)
- Anonim. (2022). *Yem Bitkileri Üretimi*. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadIstatistikselTablo?p=sdJh3bdar6Pze0MvKX8ktAgCuB4acFt6TtZHtcn68yZLBftrgmqK6D/NT5DJW/bV> (Erişim tarihi: 03.08.2022)
- AOAC. (1990). *Official methods of analysis*. (K. Helrich (ed.); 15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Arriola, K. G., Kim, S. C., & Adesogan, A. T. (2011). Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 94(3), 1511–1516. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3807>
- Arriola, K. G., Vyas, D., Kim, D., Agarussi, M. C. N., Silva, V. P., Flores, M., Jiang, Y., Yanlin, X., Pech-Cervantes, A. A., Ferraretto, L. F., & Adesogan, A. T. (2021). Effect of *Lactobacillus hilgardii*, *Lactobacillus buchneri*, or their combination on the fermentation and nutritive value of sorghum silage and corn silage. *Journal of Dairy Science*, 104(9), 9664–9675. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19512>
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Azrieli, A., Hen, Y., & Horev, B. (1991). A simple system to study the aerobic determination of silages. *Canadian Agricultural Engineering*, 33, 391–394.

- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Hen, Y., & Filya, I. (2002). The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28(5), 261–263. <https://doi.org/10.1038/sj.jim.7000237>
- Atalay, A. İ., & Kamalak, A. (2021). Iğdır ili hayvancılığında kullanılan bazı kaba ve kesif yem kaynaklarının besin madde kompozisyonları, ME, OMSD ve in vitro gaz üretim kapasitelerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology, December 2021*, 3300–3307. <https://doi.org/10.21597/jist.982092>
- Bagg, J., Stewart, G., & Wright, T. (2013). Harvesting Corn Silage At the Right Moisture. *Ontario Ministry of Agriculture and Food Factsheet*, 2013(07), 1–11.
- Bal, M. A. (2006). Effects of hybrid type, stage of maturity, and fermentation length on whole plant corn silage quality. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 30(3), 331–336.
- Bal, M. A., Coors, J. G., & Shaver, R. D. (1997). Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 80(10), 2497–2503. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76202-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76202-7)
- Barker, S. B., & Summerson, W. H. (1941). The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *Journal of Biological Chemistry*, 138(2), 535–554. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)51379-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)51379-X)
- Basmacıoğlu, H., & Ergül, M. (2002). Silaj Mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim*, 43(1), 12–24. <http://dergipark.gov.tr/hayuretim/issue/7629/99936>
- Bolsen, K. K., Ashbell, G., & Wilkinson, J. M. (1995). Silage additives. İçinde *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding* (ss. 33–54). Wiley-VCH Verlag GmbH. <https://doi.org/10.1002/9783527615353.ch3>
- Buck, G. R., Merrill, W. G., Coppock, C. E., & Slack, S. T. (1969). Effect of recutting and plant maturity on kernel passage and feeding value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 52(10), 1617–1623. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(69\)86803-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(69)86803-7)
- Cai, Y., Benno, Y., Ogawa, M., Ohmomo, S., Kumai, S., & Nakase, T. (1998). Influence of *Lactobacillus* spp. from an inoculant and of *Weissella* and *Leuconostoc* spp. from forage crops on silage fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(8), 2982–2987. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.8.2982-2987.1998>
- Carvalho, B. F., Sales, G. F. C., Schwan, R. F., & Ávila, C. L. S. (2021). Criteria for lactic acid bacteria screening to enhance silage quality. *Journal of Applied Microbiology*, 130(2), 341–355. <https://doi.org/10.1111/jam.14833>
- Comino, L., Tabacco, E., Righi, F., Revello-Chion, A., Quarantelli, A., & Borreani, G. (2014). Effects of an inoculant containing a *Lactobacillus buchneri* that produces ferulate-esterase on fermentation products, aerobic stability, and fibre digestibility of maize silage harvested at different stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 198, 94–106. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.10.001>
- Costa, D. M., Carvalho, B. F., Bernardes, T. F., Schwan, R. F., & Ávila, C. L. da S. (2021). New epiphytic strains of lactic acid bacteria improve the conservation of corn silage harvested at late maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 274. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114852>
- Darby, H., & Lauer, J. (2013). Critical stages in the life of a corn plant. *University of Wisconsin Plant Physiology*, 15–20.
- Di Marco, O. N., Aello, M. S., Nomdedeu, M., & Van Houtte, S. (2002). Effect of maize crop maturity on silage chemical composition and digestibility (in vivo, in situ and

- in vitro). *Animal Feed Science and Technology*, 99(1–4), 37–43. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00077-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00077-9)
- Driehuis, F., Oude Elferink, S.J.W.H., Van Wikselaar, P. G. (1999). Lactobacillus buchneri improves aerobic stability of laboratory and farm scale whole crop maize silage but does not affect feed intake and milk production of dairy cows. *Proc. XII Int. Silage Conf.*, 264–265.
- Driehuis, F., Oude Elferink, S. J. W. H., & Spoelstra, S. F. (1999). Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with Lactobacillus buchneri inhibits yeast growth and improves aerobic stability. *Journal of Applied Microbiology*, 87(4), 583–594. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1999.00856.x>
- Driehuis, F., van Wikselaar, P. G., van Vuuren, A. M., & Spoelstra, S. F. (1997). Effect of a bacterial inoculant on rate of fermentation and chemical composition of high dry matter grass silages. *The Journal of Agricultural Science*, 128(3), 323–329. <https://doi.org/10.1017/S0021859696004157>
- Drouin, P., J. Mari, L., & J. Schmidt, R. (2020). Lactic acid bacteria as microbial silage additives: current status and future outlook. İçinde *New Advances on Fermentation Processes: C. i* (Sayı 13). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89326>
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350–356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Ettle, T., & Schwarz, F. J. (2003). Effect of maize variety harvested at different maturity stages on feeding value and performance of dairy cows. *Animal Research*, 52(4), 337–349. <https://doi.org/10.1051/animres:2003023>
- Filya, I. (2003a). The effect of Lactobacillus buchneri, with or without homofermentative lactic acid bacteria, on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of wheat, sorghum and maize silages. *Journal of Applied Microbiology*, 95(5), 1080–1086. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.02081.x>
- Filya, I. (2003b). The effect of Lactobacillus buchneri and Lactobacillus plantarum on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *Journal of Dairy Science*, 86(11), 3575–3581. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73963-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73963-0)
- Filya, I. (2004). Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology*, 116(1–2), 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.06.003>
- Filya, İ. (2000). Bazı silaj katkı maddelerinin ruminantların performansları üzerindeki etkileri. *Ege Zootekni Derneği Hayvansal Üretim Dergisi*, 41(1), 76–83.
- Filya, İ. (2001a). *Silaj teknolojisi*. Alltech Bilimsel Yayınlar Serisi, Hakan Ofset, İzmir.
- Filya, İ. (2001b). Silaj fermantasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 87–93.
- Filya, İ. (2002). Laktik asit bakteri inokulantlarının mısır ve sorgum silajlarının fermantasyon, aerobik stabilite ve in situ rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkileri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(4), 815–823.
- Filya, İ. (2014). *Silaj yapımı, teknolojisi ve kullanımı*. Sütas Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi, Bursa.
- Filya, I., Ashbell, G., Hen, Y., & Weinberg, Z. G. (2000). The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. *Animal Feed Science and Technology*, 88(1–2), 39–46.

[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00214-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00214-5)

- Filya, İ., Karabulut, A., Canbolat, Ö., Değirmencioğlu, T., & Kalkan, H. (2002). Bursa bölgesinde yetiştirilen yem hammaddelerinin beslenme değerleri ve hayvansal organizmalarda optimum değerlendirme koşullarının in vivo ve in vitro yöntemlerle saptanması üzerine araştırmalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler Serisi*, 25, 1–61.
- Filya, İ., & Sucu, E. (2010). The effects of lactic acid bacteria on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. *Grass and Forage Science*, 65, 446–455. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00763.x>
- Filya, İ., Sucu, E., & Karabulut, A. (2006). The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. *Journal of Applied Microbiology*, 101(6), 1216–1223. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03038.x>
- Getachew, G., Blümmel, M., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (1998). In vitro gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 72(3–4), 261–281. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00189-2](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00189-2)
- Henderson, N. (1993). Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, 45(1), 35–56. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90070-Z](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90070-Z)
- Herrmann, C., Idler, C., & Heiermann, M. (2015). Improving aerobic stability and biogas production of maize silage using silage additives. *Bioresource Technology*, 197, 393–403. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.114>
- Hu, W., Schmidt, R. J., McDonell, E. E., Klingerman, C. M., & Kung, L. (2009). The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 or *Lactobacillus plantarum* MTD-1 on the fermentation and aerobic stability of corn silages ensiled at two dry matter contents. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3907–3914. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1788>
- Irsyammawati, A., Mashudi, & Ndaru, P. H. (2020). The effect of *Lactobacillus plantarum* addition and fermentation periods on nutritive value dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum* cv Mott) silage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 478(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/478/1/012049>
- Israelsen, C., Barnhill, J., Pace, M., Greenhalgh, L., & Gale, J. (2009). Harvesting corn silage by plant moisture. *Utah State University Cooperative Extension*, 03(December), 4.
- Jensen, C., Weisbjerg, M. R., Nørgaard, P., & Hvelplund, T. (2005). Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 118(3–4), 279–294. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.10.011>
- JMP. (2021). *JMP® Pro - Predictive analytics software for scientists and engineers - 14th Version*. SAS Institute Inc., 100 SAS Campus Drive, Cary, NC, 1989-2021.
- Johnson, L. M., Harrison, J. H., Davidson, D., Mahanna, W. C., Shinnors, K., & Linder, D. (2002). Corn silage management: effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 434–444. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74092-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74092-7)
- Johnson, L. M., Harrison, J. H., Davidson, D., Robutti, J. L., Swift, M., Mahanna, W. C., & Shinnors, K. (2002). Corn silage management I: effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *Journal of Dairy Science*, 85(4), 833–853. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74143-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74143-X)
- Kamalak, A., Canbolat, O., Erol, A., Kilinc, C., Kizilsimsek, M., Ozkan, C. O., & Ozkose,

- E. (2005). Effect of variety on chemical composition, in vitro gas production, metabolizable energy and organic matter digestibility of alfalfa hays. *Livestock Research for Rural Development*, 17(7).
- Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Ozay, O., & Ozkose, E. (2004). Variation in metabolizable energy content of forages estimated using in vitro gas production technique. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(4), 601–605. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.601.605>
- Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Ozkan, C. O., & Kizilsimsek, M. (2005). Determination of nutritive value of wild mustard, *Sinapsis arvensis* harvested at different maturity stages using in situ and in vitro measurements. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(9), 1249–1254. <https://doi.org/10.5713/ajas.2005.1249>
- Kamalak, A., Gürbüz, Y., & Finlayson, H. J. (2002). Comparison of in vitro dry matter degradation of four maize silages using the Menke gas production method. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(5), 1003–1008.
- Kara, B., Polat, C., & Koç, F. (2016). Hasat Öncesi ve Hasat Sonrası Laktik Asit Bakteri (LAB) İlavesinin Mısır Silaj Fermantasyonu Üzerine Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(4), 92–101. <http://dergipark.gov.tr/jotaf/issue/29443/315464>
- Karabulut, A., & Filya, İ. (2007). *Yemler bilgisi ve yem teknolojisi*. T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Kaya, Y. (2020). *Mısırdada (Zea mays) büyüme ve gelişim* (E-Kitap, C. 1). Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü.
- Keleş, G., & Çıbık, M. (2014). Mısır silajının besin ve besleme değerini etkileyen faktörler. *Hayvansal Üretim*, 27–37. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.363926>
- Keles, G., & Demirci, U. (2011). The effect of homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria on conservation characteristics of baled triticale-Hungarian vetch silage and lamb performance. *Animal Feed Science and Technology*, 164(1–2), 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.017>
- Khan, M., Sharif, M., Naeem, M. F., Munir, H., Rafique, A., Chishti, M. F. A., Anwar, U., Bilal, Q., Riaz, M., Hussain, M., Imran, S., Hussain, F., & Rahman, M. A. U. (2021). Effect of lactobacillus plantarum and lactobacillus buchneri on composition, aerobic stability, total lactic acid bacteria and e. Coli count of ensiled corn stover with or without molasses supplementation. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 58(2), 677–684. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/21.1123>
- Khan, N. A., Tewoldebrhan, T. A., Zom, R. L. G., Cone, J. W., & Hendriks, W. H. (2012). Effect of corn silage harvest maturity and concentrate type on milk fatty acid composition of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95(3), 1472–1483. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4701>
- Kılıç, Ü. (2005). *Ruminant beslemede kullanılan bazı yem maddelerinin in vitro gaz üretim tekniği kullanılarak bazı fermentasyon ürünlerinin ve enerji içeriklerinin belirlenmesi*. (Tez No: 198770) [Doktora Tezi, Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi].
- Kılıç, Ü., & Sarıççek, B. Z. (2006). In vitro gaz üretim tekniğinde sonuçları etkileyen faktörler. *Hayvansal Üretim*, 47(2), 54–61.
- Kleinschmit, D. H., & Kung, L. (2006). The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 89(10), 3999–4004. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72443-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72443-2)
- Kleinschmit, D. H., Schmidt, R. J., & Kung, L. (2005). The effects of various antifungal

- additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 88(6), 2130–2139. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72889-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72889-7)
- Koc, F., Ozturk Aksoy, S., Agma Okur, A., Celikyurt, G., Korucu, D., & Ozduven, M. L. (2017). Effect of pre-fermented juice, *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri* on the fermentation characteristics and aerobic stability of high dry matter alfalfa bale silage. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(6), 1766–1773.
- Koca, Y. O., & Ereku, O. (2016). Changes of dry matter, biomass and relative growth rate with different phenological stages of corn. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.09.015>
- Kristensen, N. B., Sloth, K. H., Højberg, O., Spliid, N. H., Jensen, C., & Thøgersen, R. (2010). Effects of microbial inoculants on corn silage fermentation, microbial contents, aerobic stability, and milk production under field conditions. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3764–3774. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3136>
- Kün, E. (1985). *Sıcak iklim tahılları* (G.II.Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 953.
- Kung, L. (2001). Silage fermentation & additives. İçinde *Direct-fed Microbial, Enzyme & Forage Additive Compendium*. Miller Publishing Co., Minnetonka, MN.
- Kung, L., Savage, R. M., da Silva, E. B., Polukis, S. A., Smith, M. L., Johnson, A. C. B., & Miller, M. A. (2021). The effects of air stress during storage and low packing density on the fermentation and aerobic stability of corn silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* 40788. *Journal of Dairy Science*, 104(4), 4206–4222. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19746>
- Kung, L., & Shaver, R. (2004). Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on Forage, University of Wisconsin*, 3(13), 1–5.
- Li, P., Bai, S., You, M., & Shen, Y. (2016). Effects of maturity stage and lactic acid bacteria on the fermentation quality and aerobic stability of Siberian wildrye silage. *Food Science and Nutrition*, 4(5), 664–670. <https://doi.org/10.1002/fsn3.312>
- McDonald, P. (1980). Silage fermentation. *Occasional Symposium No 11, British Grassland Society, Brighton, UK*, 161–174.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (P. McDonald, A. R. Henderson, & S. J. E. Heron (ed.); 2nd baskı). Chalcombe Publ., Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent, UK. <https://doi.org/09486172259780948617225>
- Meeske, R., Ashbell, G., Weinberg, Z. G., & Kipnis, T. (1993). Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. *Animal Feed Science and Technology*, 43(3–4), 165–175. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90076-V](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90076-V)
- Mehrez, A. Z., & Ørskov, E. R. (1977). A study of artificial fibre bag technique for determining the dig estibility of feeds in the rumen. *The Journal of Agricultural Science*, 88(03), 645. <https://doi.org/10.1017/S0021859600037321>
- Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7–55.
- Mould, F. L., Smith, T., Owen, E., & Phipps, R. H. (1999). The relationship between DOMD and gas release estimated in vitro using the reading pressure technique system for four maize silages of different maturity. *Proceedings of the British Society of Animal Science*, 1999(March 1998), 150–150. <https://doi.org/10.1017/s1752756200003057>

- Muck, R. E. (1996). A lactic acid bacterial strain to improve aerobic stability of silages. İçinde *1996 Research Summaries*. (ss. 42–43). U.S. Dairy Forage Research Center, Madison, WI.
- Muck, R. E. (2004). Effects of corn silage inoculants on aerobic stability. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 47(4), 1011–1016. <https://doi.org/10.13031/2013.16571>
- Muck, R. E., Filya, I., & Contreras-Govea, F. E. (2007). Inoculant effects on alfalfa silage: in vitro gas and volatile fatty acid production. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 5115–5125. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-878>
- Muck, R. E., Kung, L., & Collins, M. (2020). Silage production (Chapter 42). İçinde *Forages: The Science of Grassland Agriculture, II, 7th Edition: C. II* (Sayı Dm, ss. 767–787). <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch42>
- Nielsen, R. L. (2000). *Corn growth & development what goes on from planting to harvest?* Agronomy Department, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA.
- Önal Aşçı, Ö., & Acar, Z. (2018). *Kaba yemlerde kalite*. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Ziraat Mühendisleri Odası, Ankara.
- Özdüven, M. L., Koç, F., Başkavak, S., Polat, C., Şamlı, H. E., & Coşkuntuna, L. (2009). Bazı mısır çeşitlerinde vejetasyon döneminin silolamada fermantasyon özellikleri ve yem değeri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2), 121–129.
- Pahlow, G., Muck, R. E., Driehuis, F., Elferink, S. J. W. H. O., & Spoelstra, S. F. (2003). Microbiology of ensiling. İçinde *Silage Science and Technology*. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c2>
- Polat, C., Koç, F., & Özdüven, M. L. (2005). Mısır silajında laktik asit bakteri ve laktik asit bakteri+enzim karışımı inokulantların fermantasyon ve toklularda ham besin maddelerinin sindirilme dereceleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 13–22.
- Puntillo, M., Gaggiotti, M., Oteiza, J. M., Binetti, A., Massera, A., & Vinderola, G. (2020). Potential of lactic acid bacteria isolated from different forages as silage inoculants for improving fermentation quality and aerobic stability. *Frontiers in Microbiology*, 11(December). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.586716>
- Ranjit, N. K., & Kung, L. (2000). The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 83(3), 526–535. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74912-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74912-5)
- Ranjit, N. K., Taylor, C. C., & Kung Jr, L. (2002). Effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. *Grass and Forage Science*, 57(2), 73–81. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2002.00304.x>
- Ritchie, S. W., Hanway, J. J., & Benson, G. O. (1986). *How a corn plant develops. Special Report No:48*. Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, Ames, Iowa, USA.
- Schmidt, P., Nussio, L. G., Queiroz, O. C. M., Santos, M. C., Zopollatto, M., de Toledo Filho, S. G., & Daniel, J. L. P. (2014). Effects of *Lactobacillus buchneri* on the nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(1), 8–13. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000100002>
- Seale, D. R., Pahlow, G., Spoelstra, S. F., Lindgren, S., Dellaglio, F., & Lowe, J. F. (1990). Methods for the microbiological analysis of silage. İçinde S. Lindgren & K. L. Petterson (Ed.), *EUROBAC Conference. Uppsala. 1986. Groyfoder Grass and Forage Reports, Special Issue 3*. (ss. 147–164). Swedish University of Agricultural

Sciences.

- Selwet, M. (2020). Influence of inoculation with *Lactobacillus* on fermentation, production of 1,2-propanediol and 1-propanol as well as maize silage aerobic stability. *Open Life Sciences*, 15(1), 373–378. <https://doi.org/10.1515/biol-2020-0038>
- Serva, L., Andrighetto, I., Marchesini, G., Contiero, B., Grandis, D., & Magrin, L. (2021). Prognostic capacity assessment of a multiparameter risk score for aerobic stability of maize silage undergoing heterofermentative inoculation (*Lactobacillus buchneri*) in variable ensiling conditions. *Animal Feed Science and Technology*, 281, 115116. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115116>
- Silva, L. D., Pereira, O. G., Silva, T. C., Leandro, E. S., Paula, R. A., Santos, S. A., Ribeiro, K. G., & Valadares Filho, S. C. (2018). Effects of *Lactobacillus buchneri* isolated from tropical maize silage on fermentation and aerobic stability of maize and sugarcane silages. *Grass and Forage Science*, 73(3), 660–670. <https://doi.org/10.1111/gfs.12360>
- Snedecor, G. W., & Cochran, W. G. (1989). *Statistical methods* (8th Ed.). Iowa State University Press, Ames, USA.
- Sucu, E. (2009). *Laktik Asit Bakteri inokulantlarının mısır silajının fermantasyon ve aerobik stabilite özellikleri ile rumen ekolojisi üzerine etkileri*. (Tez No: 246401) [Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].
- Tabacco, E., Piano, S., Revello-Chion, A., & Borreani, G. (2011). Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5589–5598. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4286>
- Tengerdy, R. P., Weinberg, Z. G., Szakacs, G., Wu, M., Linden, J. C., Henk, L. L., & Johnson, D. E. (1991). Ensiling alfalfa with additives of lactic acid bacteria and enzymes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55(2), 215–228. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740550207>
- Van Soest, P. J., 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Weinberg, & Muck, R. E. (1996). New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, 19(1), 53–68. [https://doi.org/10.1016/0168-6445\(96\)00025-3](https://doi.org/10.1016/0168-6445(96)00025-3)
- Weinberg, Z., Ashbell, G., Hen, Y., Azrieli, A., Szakacs, G., & Filya, I. (2002). Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 28(1), 7–11. <https://doi.org/10.1038/sj/jim/7000207>
- Weinberg, Z. G., Ashbell, G., Hen, Y., & Azrieli, A. (1993). The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. *Journal of Applied Bacteriology*, 75(6), 512–518. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1993.tb01588.x>
- Whittenbury, R. (1961). *An investigation of the lactic acid bacteria*. (Publication No. 1842/27654) [Doctoral dissertation, University of Edinburgh]. Edinburgh Research Archive. <https://era.ed.ac.uk/>
- Wiersma, D. W., Carter, P. R., Albrecht, K. A., & Coors, J. G. (1993). Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *Journal of Production*

- Agriculture*, 6(1), 94–99. <https://doi.org/10.2134/jpa1993.0094>
- Woolford, M. K., & Pahlow, G. (1998). The silage fermentation. İçinde *Microbiology of Fermented Foods*. Taylor & Francis. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1_3
- Xie, Z. L., Zhang, T. F., Chen, X. Z., Li, G. D., & Zhang, J. G. (2012). Effects of maturity stages on the nutritive composition and silage quality of whole crop wheat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(10), 1374–1380. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12084>
- Yitbarek, M. B., & Tamir, B. (2014). Silage additives: review. *Open Journal of Applied Sciences*, 04(05), 258–274. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2014.45026>
- Yıldız, C., Öztürk, İ., & Erkmen, Y. (2011). Farklı hasat dönemi, kıyma boyutu ve sıkıştırma basıncının mısır silajının fermantasyon niteliği üzerine etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 85–90.
- Zhang, T., Li, L., Wang, X. F., Zeng, Z. H., Hu, Y. G., & Cui, Z. J. (2009). Effects of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on fermentation, aerobic stability, bacteria diversity and ruminal degradability of alfalfa silage. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(6), 965–971. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-9973-x>