



T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YONCA SİLAJINA TUZ VE LAKTİK ASİT BAKTERİ
İNOKULANT İLAVESİNİN SİLAJ KALİTESİ,
FERMANTASYON PROFİLİ VE MİKROBİYEL ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ziraat Mühendisi Salih ERGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI
ANABİLİM DALI**

Dr. Öğr. Üyesi Hıdır GÜMÜŞ

BURDUR - 2019

T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YONCA SİLAJINA TUZ VE LAKTİK ASİT BAKTERİ
İNOKULANT İLAVESİNİN SİLAJ KALİTESİ,
FERMANTASYON PROFİLİ VE MİKROBİYEL ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİLERİ**

Ziraat Mühendisi Salih ERGİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI
ANABİLİM DALI**

Dr. Öğr. Üyesi Hıdır GÜMÜŞ

BURDUR - 2019

Bu araştırma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0560-YL-18 proje numarası ile desteklenmiştir.

KABUL ve ONAY

SAGLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Salih ERGİN tarafından *Doktor Öğretim Üyesi Hıdır GÜMÜŞ* yönetiminde hazırlanan '*Yonca Silajına Tuz Ve Laktik Asit Bakteri İnokulant İlavasının Silaj Kalitesi, Fermantasyon Profili Ve Mikrobiyel Özellikleri Üzerine Etkileri*' başlıklı tez çalışması jüri üyeleri olarak tarafımızdan okunmuş; kapsamı ve niteliği açısından Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalında *Yüksek Lisans Tezi* olarak oy birliği / oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Sınavı Tarihi
03/05/2019

(imza)

Prof. Dr. İsmail BAYRAM
AKÜ Veteriner Fakültesi
Hayvan Besleme ve
Beslenme Hastalıkları AD.
Başkan

(imza)

Prof. Dr. Fatma
KARAKAŞ OĞUZ
Burdur MAKÜ Veteriner
Fakültesi
Hayvan Besleme ve
Beslenme Hastalıkları AD.

Jüri

(imza)

Doktor Öğretim Üyesi
Hıdır GÜMÜŞ
(Danışman)
Burdur MAKÜ Veteriner
Fakültesi
Hayvan Besleme ve
Beslenme Hastalıkları AD.

Jüri

ONAY

Bu tez, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu 24/05/2019 Tarih ve 1.9... sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

(imza)

Prof. Dr. M. Doga
TEMİZSOYLU
Müdür
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



TEŞEKKÜR

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakóltesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalında yürüttüğüm yüksek lisans çalışmam süresince bana her konuda destek veren, yardım ve tavsiyelerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doktor Öğretim Üyesi Hıdır GÜMÜŞ başta olmak üzere, yine bu süreç boyunca kıymetli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak tez çalışmamın bütün aşamalarında yardımını benden esirgemeyen Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Fatma KARAKAŞ OĞUZ'a, güler yüzü ile beni her zaman motive eden Sayın Prof. Dr. Mustafa Numan OĞUZ'a, tezimin deneysel aşamasında büyük desteklerini gördüğüm Doktor Araştırma Görevlisi Eren KUTER ve Doktora Öğrencisi Merve ARITULUK'a, yardımlarını esirgemeyen Doktor Öğretim Üyesi Kadir Emre BUĞDAYCI'ya, tezimde ve hayatımda en büyük katkısı olan dünümde, bugünümde yanımda olan ve yarınımda da yanımda olacağını bildiğim, bir ferdi olmaktan gurur duyduğum ve her an her yerde beni destekleyen babam Ahmet ERGİN, annem Gülseren ERGİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmayı destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje komisyonuna teşekkür ederim (Proje No: 0560-YL-18).

ETİK BEYAN

“Yonca Silajına Tuz Ve Laktik Asit Bakteri İnokulant İlavesinin Silaj Kalitesi, Fermantasyon Profili Ve Mikrobiyel Özellikleri Üzerine Etkileri” başlıklı tez çalışmamdaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doktor Öğretim Üyesi Hıdır GÜMÜŞ danışmanlığında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığımı beyan ederim.

Ziraat Mühendisi Salih ERGİN

03.05.2019



İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| KABUL ve ONAY | ii |
| TEŞEKKÜR | iii |
| ETİK BEYAN | iv |
| İÇİNDEKİLER | v |
| ŞEKİLLER | vii |
| TABLolar | viii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR | ix |
| ÖZET | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Yonca Hakkında Genel Bilgiler | 6 |
| 2. SİLAJ HAKKINDA GENEL BİLGİLER | 8 |
| 2.1. Silajda Fermantasyon Aşamaları | 9 |
| 2.1.1. Aerobik Faz | 10 |
| 2.1.2. Fermantasyon Faz | 10 |
| 2.1.3. Stabil Faz | 11 |
| 2.1.4. Yemlik Faz | 12 |
| 3. SİLAJ KAKTI MADDELERİ | 13 |
| 3.1. Biyolojik Katkıları | 14 |
| 3.1.1. Mikrobiyel İnokulantlar | 15 |
| 3.1.1.1. Mutlak Homofermentatif Laktik Asit Bakterileri | 16 |
| (Fakültatif Heterofermentatif) | |
| 3.1.1.2. Mutlak heterofermentatif laktik asit bakterileri | 16 |
| 3.1.2. Enzim katkıları | 20 |
| 3.2. Yem Bileşenleri Ve Yan Ürünler | 21 |
| 3.3. Asitler ve Tuzlar | 23 |
| 4. MATERYAL ve METOD | 26 |
| 4.1. Biçim Aşaması | 26 |
| 4.2. Silajın Hazırlanması | 26 |
| 4.3. Fiziksel Analizler | 27 |
| 4.4. Kimyasal Analizler | 28 |
| 4.4.1. Ham Besin Madde Analizleri | 28 |
| 4.4.1.1. Kuru Madde Analizi | 28 |
| 4.4.1.2. Ham Kül Analizi | 29 |
| 4.4.1.3. Ham Protein Analizi | 29 |
| 4.4.1.4. Ham Selüloz Analizi | 30 |
| 4.4.1.5. Ham Yağ Analizi | 30 |
| 4.4.1.6. Nötral Deterjan Fiber (Lif) Analizi (NDF) | 31 |
| 4.4.1.7. Asit Deterjan Fiber (Lif) Analizi (ADF) | 31 |
| 4.4.2. Amonyak Azotu (NH ₃ -N) Analizi | 32 |
| 4.4.3. pH Analizi | 32 |
| 4.4.4. Laktik Asit Analizi | 32 |
| 4.4.5. Uçucu Yağ Asidi Analizleri | 33 |
| 4.4.6. Mikrobiyolojik Analizler | 33 |
| 4.4.7. Aerobik Bozulmaya Dirence İlişkin Analizler | 34 |
| 4.5. İstatistik Analiz | 35 |

| | |
|--------------------|-----------|
| 5. BULGULAR | 36 |
| 6. TARTIŞMA | 46 |
| 7. SONUÇ | 55 |
| KAYNAKLAR | 56 |
| ÖZGEÇMİŞ | 61 |



ŞEKİLLER

| | | |
|------------|---|----|
| Şekil 2.1. | Silaj fermantasyonunun faz aşamaları | 12 |
| Şekil 4.1. | Tamburlu çayır ot biçme makinesi | 26 |
| Şekil 4.2. | Laktik aside ait kalibrasyon grafiği | 33 |
| Şekil 4.3. | Aerobik stabilite | 35 |
| Şekil 5.1. | Grupların günlere bağlı Flieg puan değişimleri | 38 |
| Şekil 5.2. | Günlere bağlı olarak silajların kuru madde içerikleri | 38 |



TABLULAR

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| Tablo 1.1. | Ülkemizde 2012-2017 yılları arasında türlere göre yeşil ot üretimi (ton) | 2 |
| Tablo 1.2. | Kaliteli kuru ot ve mısır silajının ham besin madde analiz değerleri | 3 |
| Tablo 1.3. | Ülkemizde 2002-2017 yılları arasında büyükbaş hayvan varlığı | 4 |
| Tablo 1.4. | Ülkemizde 2002-2017 yılları arasında küçükbaş hayvan varlığı | 5 |
| Tablo 2.1. | Silolamada aerobik fazı etkileyen faktörler | 10 |
| Tablo 2.2. | Fermantasyon fazı süresinde oluşan majör bakteri tipleri | 12 |
| Tablo 3.1. | Silaj katkı maddeleri | 13 |
| Tablo 3.2. | Silolama süresince laktik asit bakterinin fermantasyon ürünleri | 17 |
| Tablo 4.1. | Deneme dizaynı | 26 |
| Tablo 4.2. | DLG puan sistemi | 27 |
| Tablo 4.3. | Flieg Skorları ve Kalite Derecesi | 28 |
| Tablo 5.1. | Farklı silaj katkı maddelerinin koku üzerine etkisi | 36 |
| Tablo 5.2. | Farklı silaj katkı maddelerinin renk üzerine etkisi | 36 |
| Tablo 5.3. | Farklı silaj katkı maddelerinin strüktür üzerine etkisi | 37 |
| Tablo 5.4. | Farklı silaj katkı maddelerinin toplam puan üzerine etkisi | 37 |
| Tablo 5.5. | Silajların Flieg puanına göre sınıflandırılması | 38 |
| Tablo 5.6. | Silajların ham besin madde analizleri | 40 |
| Tablo 5.7. | Silajların gruplar arası pH değerleri | 41 |
| Tablo 5.8. | Silajların günler arası pH değerleri | 41 |
| Tablo 5.9. | Silajların gruplar arası amonyak-azotu içerikleri (NH ₃ -N, g/kg TN) | 42 |
| Tablo 5.10. | Silajların günlere bağlı amonyak-azotu İçerikleri (NH ₃ -N, g/kg TN) | 42 |
| Tablo 5.11. | Silajların Uçucu Yağ Asidi Konsantrasyonları (% , KM) | 43 |
| Tablo 5.12. | Silajların mikrobiyolojik analiz sonuçları (10 ⁶ cfu/g) | 44 |
| Tablo 5.13. | Silajların Aerobik Stabilite Ölçüm Değerleri | 45 |

SİMGELER ve KISALTMALAR

| | |
|--------------------------|---|
| ADF | Asit deterjan fiber (lif) |
| BBHB | Büyükbaş hayvan birimi |
| BK | Buffer kapasite |
| CFU | Colony-forming unit |
| CO₂ | Karbondioksit |
| DLG | Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft |
| GC | Guanin-sitozin |
| Het^{LAB} | Heterofermentatif laktik asit bakterisi |
| HK | Ham kül |
| Hom^{LAB} | Homofermentatif laktik asit bakterisi |
| HP | Ham protein |
| HS | Ham selüloz |
| HY | Ham yağ |
| KM | Kuru madde |
| LA | Laktik asit |
| LAB | Laktik asit bakterisi |
| ME | Metabolik enerji |
| MK | Maya-küf |
| NDF | Nötral deterjan fiber (lif) |
| NH₃-N | Amonyak azotu |
| OM | Organik madde |
| pH | Power of hidrogen |
| SÇK | Suda çözünebilir karbonhidrat |
| TN | Toplam nitrojen |
| TÜİK | Türkiye istatistik kurumu |
| UYA | Uçucu yağ asitleri |

ÖZET

Yonca Silajına Tuz Ve Laktik Asit Bakteri İnokulant İlavesinin Silaj Kalitesi, Fermantasyon Profili Ve Mikrobiyel Özellikleri Üzerine Etkileri

Araştırmada yonca bitkisine tuz ve laktik asit bakteri inokulant ilavesinin silaj kalitesi, fermantasyon profili ve mikrobiyel özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla yonca bitkisine tuz, laktik asit bakterisi ayrı ayrı ve birlikte ilave edilerek yonca silajı hazırlandı. Çalışma; katkı maddesi ilave edilmeyen grup (Kontrol grubu), tuz ilave edilen grup (Tuz grubu), laktik asit bakterisi ilave edilen grup (LAB grubu) ve tuz ile laktik asit bakterisinin beraber ilave edildiği grup (TLAB) olmak üzere toplam 4 gruptan oluşmuştur. Her gruptan 5 tekrür halinde hazırlanan cam kavanozlar içindeki yonca silajları fermantasyonun 7., 14., 30. ve 60. günlerinde açıldı. Silaj örneklerinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler yapıldı. Buna göre laktik asit bakterisi ilave edilen grupta toplam kalite puanının ve Flieg puanının diğer gruplara göre istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğu belirlendi. Silaja tuz ile laktik asit bakterisinin hem ayrı ayrı hemde birlikte ilavesiyle kuru madde oranının arttığı, ham sülüloz, asit deterjan lif ve nötral deterjan lif içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir. Silajlar yapıldıktan 60 gün sonra silajda pH değerinin ve amonyak azotu içeriğinin en düşük LAB grubunda olduğu belirlendi. Tuz ve laktik asit bakterisinin ilavesiyle asetik asit ve laktik asidin arttığı, propiyonik asit ve bütirik asidin azaldığı tespit edildi. Tüm gruplarda laktik asit bakterilerinin arttığı ve maya-küf sayısının azaldığı belirlendi. Aerobik stabilite bakımından en iyi sonucun laktik asit ilave edilmiş grupta olduğu görüldü. Sonuç olarak tuz ve laktik asit bakterisinin beraber ve ayrı olarak silaja ilavesi sonucu silaj kalitesinin, fermantasyon profilinin ve mikrobiyel özelliklerinin olumlu etkilendiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fermantasyon özellikleri, laktik asit bakterisi, tuz, yonca silajı

ABSTRACT

Effects of clover silage salt and lactic acid bacteria inoculant on silage quality, fermentation profile and microbial properties

The effects of salt and lactic acid bacteria inoculant on silage quality, fermentation profile and microbial properties were investigated in this study. Salt and lactic acid bacteria were added to alfalfa hay separately and together for this purpose. The four groups were formed: no additive (control), salt, lactic acid bacteria (LAB), salt and lactic acid bacteria together. Each of 5 glass jars was prepared and opened on the 7th, 14th, 30th and 60th days of fermentation. Physical, chemical and microbiological analyzes were analyzed in silage samples. Total quality score and flieg score were significantly higher in the lactic acid group compared to the other groups. The dry matter ratio was increased, cellulose, acid detergent fiber and neutral detergent fiber content were decreased in the salt and lactic acid bacteria group added to silage. Fermentation of 60, the lowest pH value and ammonia nitrogen content of the silage were determined lactic acid and salt group. Acetic acid and lactic acid were increased and propionic acid and butyric acid were decreased in the salt and LAB group. It was determined that lactic acid bacteria increased and yeast mold count decreased in all groups. In terms of aerobic stability, the best result was detected in lactic acid group. In conclusion, the additive of salt and lactic acid bacteria separately and together on silage quality, fermentation profile and microbial properties was positively influenced.

Keywords: Fermentation Properties, lactic acid bacteria, salt, clover silage

1. GİRİŞ

Sığır, koyun ve keçiden elde edilen et, süt gibi hayvansal ürünler, insanoğlunun yeterli ve dengeli beslenmesi açısından önemlidirler. Bu hayvansal ürünlerin üretim aşamasında yapılan masrafların yaklaşık %50-70'lik kısmını yem ve beslenme giderleri oluşturur. Hayvan beslemede kaba ve konsantre yemler başlıca iki yem kaynağıdır. Kaba yemler, hem ucuz yem kaynağı olması hem de rumendeki mikroorganizmaların gelişimi ve rumende gerekli enzimlerin salgılanmasına yardımcı olması bakımından önemlidirler (Özkan ve Demirbağ, 2016). Kaba yemler, nem içeriği %14'ten fazla veya ham selüloz oranı %16'dan fazla ve enerji değeri düşük yem maddeleri olarak tanımlanır (Çaçan ve Yüksel, 2016). Ülkemizde kullanılan kaba yemleri; yeşil yemler (çayır-meralar, kültür yeşil yemleri), kuru otlar, silaj yemleri (mısır silajı, yonca silajı), kök ve yumru yemler (Şeker pancarı, hayvan pancarı), dolgu maddesince zengin yemler olarak sınıflandırmak mümkündür (Çolpan, 2016). Türkiye İstatistik Kurumu 2017 yılı verilerine göre ülkemizde yaklaşık 19.930,411 dekar alana strüktür kaba yemler ekilmekte ve toplam olarak 50.796,383 ton yeşil ot (23.152,841 mısır silajı; 27.643,542 yeşil ot) elde (Tablo 1.1) edilmektedir (çayır ve mera alanları hariç). Çayır mera alanları ise ülkemizde yaklaşık 14,6 milyon hektar alan kapmakla beraber ülke alanın yaklaşık %18,7'lik kısmını oluşturur. Önemli kaba yem kaynağı olan mera, yaylak ve kışlakların ıslah edilerek otlatma kapasitesinin artırılmasına ihtiyaç duyulur (Özkan ve Demirbağ, 2016). Mera kanununun 4342 sayısı gereğince otlatma hakkı ve otlatma kapasitesinin hesaplanmasında hayvan miktarı dikkate alınarak hayvan birimi (HB) kullanılmaktadır. Buna göre HB; hayvan sayısının, bir büyükbaş hayvan birimi (BBHB) olan 500 kg canlı ağırlığına çevrilmesiyle hesaplanır. Bu kapsamda, 1 kültür ırk sığır 1,00 HB; 1 melez ırk sığır 0,75 HB; 1 yerli ırk sığır 0,50 HB; 1 manda 0,90 HB; 1 koyun 0,10 HB; 1 keçi 0,08 HB olarak hesaplanarak çevrilir (Demiroğlu Topçu ve Özkan, 2017).

Tablo 1.1. Ülkemizde 2012-2017 yılları arasında türlere göre yeşil ot (ton) üretimi (TÜİK, 2017)

| Yıllar | Korunga | Burçak | Mısır hasılı | Mısır silajı | Buğday yeşil ot | Arpa | Çavdar | Bezelye | Çayır Mera alanı | - |
|---------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------|-----------------|---------------------|-------------------------|----------|
| 2012 | 1 459 570 | 42 894 | 302 014 | 14 956 457 | 184 730 | 16 680 | 2 032 | - | 14 617 | |
| 2013 | 1 630 572 | 54 566 | 259 335 | 17 835 115 | 136 681 | 31 596 | 2 828 | - | 14 617 | |
| 2014 | 1 646 256 | 30 455 | 251 645 | 18 563 390 | 111 867 | 50 752 | 7 177 | 70 422 | 14 617 | |
| 2015 | 1 655 985 | 24 849 | 235 405 | 19 684 599 | 92 610 | 46 649 | 6 411 | 84 821 | 14 617 | |
| 2016 | 1 982 047 | 20 363 | 230 645 | 20 139 033 | 310 882 | 69 199 | 8 857 | 121 124 | 14 617 | |
| 2017 | 2 001 379 | 17 327 | 220 884 | 23 152 841 | 375 585 | 281 063 | 24 124 | 139 366 | 14 617 | |
| Yıllar | Fiğ | Üçgül | Yonca | Yulaf | Sorgum | Tritikale | Mürdümük | İtalyan çimi | | |
| 2012 | 4 245 417 | 3 018 | 11 536 328 | 934 157 | 51 376 | 54 759 | 169 419 | - | | |
| 2013 | 4 492 466 | 2 528 | 12 616 178 | 1 088 168 | 59 358 | 67 801 | 158 671 | - | | |
| 2014 | 4 168 085 | 2 478 | 13 432 968 | 1 156 553 | 59 033 | 84 310 | 146 812 | 17 023 | | |
| 2015 | 4 281 259 | 2 378 | 13 949 958 | 1 180 294 | 59 019 | 90 529 | 138 554 | 58 046 | | |
| 2016 | 4 542 042 | 2 378 | 15 714 381 | 1 549 846 | 60 371 | 119 461 | 116 703 | 210 935 | | |
| 2017 | 4 597 600 | 2 280 | 17 561 190 | 1 755 323 | 65 523 | 150 823 | 103 029 | 348 046 | | |

Türkiye’de, 2017 yılı verilerine göre toplam hayvan varlığımız 60.417,333 (büyükbaş + küçükbaş) baş adet olarak belirtilmiştir 2009 yılında büyükbaş hayvan sayımız 10.811,165 iken, 2017 yılında yaklaşık olarak %48,96’lık artış ile 16.105,025 baş adet olmuştur (Tablo 1.3). Küçükbaş hayvan sayımızda 2017 yılında 2009 yılına göre %64,50’lik oranla artarak 26.877,793 baştan 44.312.308 başa yükselmiştir (Tablo 1.4). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizde hayvan sayısı dikkate alındığında 13,6 milyon büyükbaş HB; 4,2 milyon küçükbaş HB olmak üzere toplam 17,8 milyon HB varlığımız bulunmaktadır.

Hayvanların besin madde ihtiyaçları ırka, cinsiyete, canlı ağırlığa, fizyolojik durumuna göre değişir. 500 kg canlı ağırlığa sahip bir sığırın günlük yaşama payı metabolik protein ihtiyacı 400 g, net enerji yaşama payı gereksinimi ise 9,36 Mcal/gün’dür (NRC, 2000). Buna göre 1 BHBB’nin enerji ve protein gereksinimlerini karşılamak için yaklaşık bir hayvanın 2.6 kg kaliteli kuru ot ve 12 kg kaliteli mısır silajı tüketmesi gerekir. Bu kaba yemlerin 365 gün boyunca temin edildiği düşünülürse 2,6 kg X 17,8 milyon BHBB X 365 gün = 16,9 milyon ton kuru ota ve 12 kg X 17,8 milyon BHBB X 365 = 77 milyon ton mısır silajına gereksinim duyulmaktadır. Alınan verilere göre 2017 yılı yaklaşık kuru ot üretimi 27 milyon ton ve mısır silajı üretimi 23 milyon ton iken; kaba yem açığı yıllık 44 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir araştırmada da 2015 yılı toplam kaba yem üretimi 40 milyon ton iken; kaliteli kaba yem açığı yaklaşık 43 milyon ton olarak ifade edilmiştir (Özkan ve Demirbağ, 2016).

Tablo 1.2. Kaliteli kuru ot ve mısır silajının ham besin madde analiz değerleri (Preston, 2016)

| | Kuru madde | NEm (Mcal/cwt) | Ham protein | Kalsiyum | Fosfor/ |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| Kaliteli çayır otu | % 88 | 51,04 | %8,8 | %0,52 | %0,09 |
| Mısır Silajı | %34 | 24,48 | %2,72 | %0,18 | %0,07 |
| 1 US cwt= 100 lb = 45,36 kg | | | | | |

Tablo 1.3. Ülkemizde 2002-2017 yılları arasında büyükbaş hayvan varlığı (TÜİK, 2017a)

| | Sığır- Kültür | BBHB | Sığır-Kültür melezi | BBHB | Sığır-Yerli | BBHB | Manda | BBHB | Toplam hayvan varlığı | Toplam büyükbaş BBHB |
|------|--------------------------|-------------|--------------------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 2002 | 1 859 786 | 1 859 786 | 4 357 549 | 3 268 162 | 3 586 163 | 1 793 081 | 121 077 | 108 969 | 9 924 575 | 7 029 998 |
| 2003 | 1 940 506 | 1 940 506 | 4 284 890 | 3 213 668 | 3 562 706 | 1 781 353 | 113 356 | 102 020 | 9 901 458 | 6 137 547 |
| 2004 | 2 109 393 | 2 109 393 | 4 395 090 | 3 296 318 | 3 564 863 | 1 782 431 | 103 900 | 93 510 | 10 173 246 | 7 281 652 |
| 2005 | 2 354 957 | 2 354 957 | 4 537 998 | 3 403 499 | 3 633 485 | 1 816 742 | 104 965 | 94 468 | 10 631 405 | 7 669 667 |
| 2006 | 2 771 818 | 2 771 818 | 4 694 197 | 3 520 648 | 3 405 349 | 1 702 674 | 100 516 | 90 464 | 10 971 880 | 8 085 604 |
| 2007 | 3 295 678 | 3 295 678 | 4 465 350 | 3 349 238 | 3 275 725 | 1 637 862 | 84 705 | 76 234 | 11 121 458 | 8 359 013 |
| 2008 | 3 554 585 | 3 554 585 | 4 454 647 | 3 340 985 | 2 850 710 | 1 425 355 | 86 297 | 77 667 | 10 946 239 | 8 398 592 |
| 2009 | 3 723 583 | 3 723 583 | 4 406 041 | 3 304 531 | 2 594 334 | 1 297 167 | 87 207 | 78 486 | 10 811 165 | 8 403 767 |
| 2010 | 4 197 890 | 4 197 890 | 4 707 188 | 3 530 391 | 2 464 722 | 1 232 361 | 84 726 | 76 253 | 11 454 526 | 9 036 895 |
| 2011 | 4 836 547 | 4 836 547 | 5 120 621 | 3 840 466 | 2 429 169 | 1 214 584 | 97 632 | 87 868 | 12 483 969 | 9979466,3 |
| 2012 | 5 679 484 | 5 679 484 | 5 776 028 | 4 332 021 | 2 459 400 | 1 229 700 | 107 435 | 96 691 | 14 022 347 | 11 337 896 |
| 2013 | 5 954 333 | 5 954 333 | 6 112 437 | 4 584 328 | 2 348 487 | 1 174 243 | 117 591 | 105 831 | 14 532 848 | 11 818 736 |
| 2014 | 6 178 757 | 6 178 757 | 6 060 937 | 4 545 703 | 1 983 415 | 991 707 | 121 826 | 109 643 | 14 344 935 | 11 825 810 |
| 2015 | 6 385 343 | 6 385 343 | 5 733 803 | 4 300 352 | 1 874 925 | 937 462 | 133 766 | 120 389 | 14 127 837 | 11 743 546 |
| 2016 | 6 588 527 | 6 588 527 | 5 758 336 | 4 318 752 | 1 733 292 | 866 646 | 142 073 | 127 865 | 14 222 228 | 11 901 790 |
| 2017 | 7 804 588 | 7 804 588 | 6 536 073 | 4 902 055 | 1 602 925 | 801 462 | 161 439 | 145 295 | 16 105 025 | 13 653 400 |

Tablo 1.4. Ülkemizde 2002-2017 yılları arasında küçükbaş hayvan varlığı (TÜİK, 2017a)

| | Koyun – Yerli | Koyun Merinos | - BBHB | Keçi - Kıl | Keçi Tiftik | - BBHB | Toplam | Toplam BBHB |
|------|----------------------|----------------------|---------------|-------------------|--------------------|---------------|---------------|--------------------|
| 2002 | 24 473 826 | 699 880 | 2 517 370 | 6 519 332 | 260 762 | 542 407 | 31 953 800 | 3 059 778 |
| 2003 | 24 689 169 | 742 370 | 2 543 153 | 6 516 088 | 255 587 | 541 734 | 32 203 214 | 3 084 887 |
| 2004 | 24 438 459 | 762 696 | 2 520 115 | 6 379 900 | 230 037 | 528 794 | 31 811 092 | 3 048 910 |
| 2005 | 24 551 972 | 752 353 | 2 530 432 | 6 284 498 | 232 966 | 521 397 | 31 821 789 | 3 051 829 |
| 2006 | 24 801 481 | 815 431 | 2 561 691 | 6 433 744 | 209 550 | 531 463 | 32 260 206 | 3 093 154 |
| 2007 | 24 491 211 | 971 082 | 2 546 229 | 6 095 292 | 191 066 | 502 908 | 31 748 651 | 3 049 137 |
| 2008 | 22 955 941 | 1 018 650 | 2 397 459 | 5 435 393 | 158 168 | 447 484 | 29 568 152 | 2 844 943 |
| 2009 | 20 721 925 | 1 027 583 | 2 174 950 | 4 981 299 | 146 986 | 410 262 | 26 877 793 | 2 585 213 |
| 2010 | 22 003 299 | 1 086 392 | 2 309 023 | 6 140 627 | 152 606 | 503 458 | 29 382 924 | 2 812 481 |
| 2011 | 23 811 036 | 1 220 529 | 2 503 156 | 7 126 862 | 151 091 | 582 236 | 32 309 518 | 3 085 392 |
| 2012 | 25 892 582 | 1 532 651 | 2 742 523 | 8 199 184 | 158 102 | 668 582 | 35 782 519 | 3 411 106 |
| 2013 | 27 485 166 | 1 799 081 | 2 928 424 | 9 059 259 | 166 289 | 738 043 | 38 509 795 | 3 666 468 |
| 2014 | 29 033 981 | 2 106 263 | 3 114 024 | 10 167 125 | 177 811 | 827 594 | 41 485 180 | 3 941 619 |
| 2015 | 29 302 358 | 2 205 576 | 3 150 793 | 10 210 338 | 205 828 | 833 293 | 41 924 100 | 3 984 086 |
| 2016 | 28 832 669 | 2 151 264 | 3 098 393 | 10 137 534 | 207 765 | 827 623 | 41 329 232 | 3 926 017 |
| 2017 | 31 257 408 | 2 420 228 | 3 367 763 | 10 419 027 | 215 645 | 850 773 | 44 312 308 | 4 218 537 |

Kaliteli kaba yem açığının kapatılması ile birim hayvandan elde edilen performanslarda iyileşmeler olacaktır. Kaliteli kaba yemlerin üretimini artırmak hem hayvanların performansını iyileştirecek hem de beslemeye bağlı oluşabilecek metabolik hastalıkların azalmasını sağlayacaktır. Özellikle yem fiyatlarının 2018 yılı içerisinde fahiş miktarlarda artışı nedeniyle rasyon maliyetleri artmıştır. Bundan dolayı rasyona kaliteli alternatif kaba yemlerin ilavesi ile bu maliyetlerin düşürülmesi işletmelerde karlılığı artıracaktır. Bunun yanı sıra destekleme programlarında hayvansal ve bitkisel üretiminin artmasıyla beraber yem bitkilerinin tarımı daha kazançlı hale getirilerek kaliteli kaba yemlerin üretilmesi özendirilmelidir (Demiroğlu Topçu ve Özkan, 2017).

1.1.Yonca Hakkında Genel Bilgiler

Yonca, yapısında birçok temel ve etkin besin maddesini içermesi nedeniyle yem bitkilerinin kraliçesi olarak tanımlanır. Çok yıllık bir yem maddesi olan yoncanın ekonomik ömrü yedi yıldır. Yoncanın kökleri 8-10 metre kadar derine inmekle beraber, bitkinin boyu 60-100 cm arasında değişir. Çiçeklenmenin 1/10 olduğu zaman yoncanın biçilmesi önerilir. Yonca tamamen çiçeklendiğinde karoten miktarı en yüksek (250-550 mg/kg) seviyede olan kaba yemdir. Biçildikten sonra ortalama 6-8 haftada tekrar büyüeyebilen bu bitki karasal iklimde senede üç ya da dört kez ılıman bölgelerde en fazla yedi kez biçilir. Atmosfer şartlarına bağlı olarak yeni biçilmiş yoncada su miktarı %70-80 olup, daha sonra bu oran %25'e düşer ve ambarlarda gevşek olarak depolanır. İyi kaliteli bir yoncada 50 mg/kg beta-karoten ve 650-2200 IU/kg vitamin D bulunur (Çolpan, 2016). Yoncada en az 10 vitamin olduğu bilinmektedir. Özellikle karoten, tokoferol, menadion maddeleri bakımından zengindirler.

Genel olarak yonca ekimi ilkbahar (Mart-Nisan) ve sonbahar (Ekim-Kasım) olmak üzere iki ayrı dönemde yapılabilir. Toprak yönünden çok seçici olmayan yonca derin, verimli, sulanabilir, iyi drenajlı ve nötr topraklarda iyi gelişir. Tohumları küçük olup genelde 1-2 kg/da ekim için yeterlidir. Ağır topraklarda daha yüzlek; hafif topraklarda biraz daha derine ekim yapılmalı ve ekim derinliği genelde 1,5 cm'yi geçmemelidir. Yoncanın ekim makineleri ile sırayla ekiminde sıralar arası 15-20 cm

olmalı, kırıç topraklarda ise sıra arası 30-60 cm'e kadar çıkarılmalıdır. Hafif ya da havalı topraklarda ekimden sonra çıkış düzensizlikleri ve tarlada boşlukların oluşmaması için merdane ile bastırılması gerekir. Yonca azotlu gübreye fazla miktarda ihtiyaç duymamakla beraber sulanabilir koşullarda yoncaya 2-5 kg/da N ve 10-15 kg/da P₂O₅ verilmesi yeterlidir. Özellikle son zamanlarda Türkiye'de iklim değişikliklerinden dolayı yoncayı kurutmak zor hale gelmiştir. 2018 yılı Türkiye geneli Temmuz ayı yağış ortalaması 19,2 mm, normali 16,4 mm ve 2017 yılı yağış ortalaması 9,0 mm'dir. Yağışlarda 2018 yılında normale göre %17 ve 2017 yılına göre %100 den fazla artma gerçekleşmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2018). Bundan dolayı yonca bitkisini kurutmak hem zaman aldığı hem de kurutmada meydana gelebilecek kayıplar arttığı için yonca silajı kullanımı artmaya başlamıştır.

Yoncanın silajı yapılarak hem besin madde değerleri korunmakta hem de tarladan erken kalkmasından dolayı fazladan bir kez daha biçilmesine olanak sağlanabilmektedir. Ülkemiz hayvan beslemede yonca daha çok kuru ot olarak kullanılmakta fakat kurutulurken önemli düzeyde besin madde kayıplarına uğramaktadır (Çiftçi ve ark., 2005). Uygulanan yanlış kurutma yöntemlerinden dolayı kurutma esnasında yaprakların dökülmesi sonucunda besin madde kayıpları meydana gelmekte ve besleme düzeyleri düşmektedir. Protein ve mineral madde düzeyinin yüksek olması ve suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) içeriğinin düşük olması nedeniyle yonca gibi baklagil yemlerinin silaj yapımı zor olmaktadır. Bundan dolayı bu yem bitkilerinin silaj yapılabilmesi ve iyi bir fermantasyon sağlanabilmesi için silaj katkı maddeleri kullanılmaktadır (Canbolat ve ark., 2013). Ülkemizde son yıllarda yoncanın silaj yapımında elma, üzüm posası ve suda çözünebilir şeker (gladiçya) gibi farklı katkı maddeleri kullanılmıştır (Canbolat ve ark., 2013; Çiftçi ve ark., 2005). Atalay (2009), melas ve kurutulmuş öğütülmüş defne yaprağı karışımının yonca silajında fermantasyon profilini iyileştirdiğini bildirmiştir.

Bu araştırmanın amacı; silaj katkı maddesi olan tuz ve laktik asit bakterisinin hem ayrı hem de birlikte yonca otuna ilavesiyle birlikte yapılan silajda kalite ile fermantasyon parametrelerini ve mikrobiyel özelliklerini incelemektir.

2. SİLAJ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Silaj; fermantasyona maruz bırakılmış veya siloda salamura edilmiş bitki materyali olarak tanımlanır (Stewart, 2011). Silaj yapımında ilk amaç doğal fermantasyon sonucunda anaerobik ortam hazırlamaktır. Bu ortam, materyalin, sıkıştırılması ile elde edilir, böylece hava girişi önlenir. Otların içine sızan hava hızlı şekilde solunum enzimleri tarafından uzaklaştırılır. Eğer oksijen uzun süre ot ile temas halinde olursa aerobik mikrobiyel aktivite başlar. Bunun sonucunda küfler ve mayalar gelişir. Bu olay materyalin bozulmasına, hayvanlar tarafından silajın tüketilmemesine, yararsız hale gelmesine ve sıklıkla toksik ürün oluşumuna neden olur. İkinci amaç ise, *clostridia* ve *enterobacteria* gibi arzu edilmeyen mikroorganizmaların etkinliğini önlemektir. *Clostridia*'nın spor formu bitkilerde ve toprakta hali hazırda bulunur. Bu mikroorganizmalar anaerobik koşullar altında çoğalır, bütirik asit üretir ve amino asitleri parçalar. Bunun sonucunda kötü lezzetli ve düşük besin değerine sahip silaj oluşumuna neden olurlar. *Clostridia* ve *Enterobacteria* gelişimi laktik asit fermantasyonu ile engellenebilir. Üretilen laktik asit hidrojen iyonu seviyesini artırarak istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engeller (Meeske, 2005).

Silajı yapılacak olan materyalin kuru madde içeriği %30-40; karbonhidrat miktarı yüksek ve laktik asit oranı kuru maddesinin %5-9 'u civarında olmalıdır (Şakalar ve Kamalak, 2016). Silaj üretiminde birçok bitki kullanılabilirse de mısır, sorgum ve yonca bu amaçla en çok kullanılan bitkilerdir. Bunların yanında tahıllar, değişik buğdaygil ve baklagil otları, doğal çayır ve mera bitkileri ile birçok tarla bitkisi ve sanayi yan ürününden de silaj yapılır. Fermente olabilir karbonhidrat oranı fazla olan mısır ve sorgum ile birçok buğdaygil yem bitkisinin silolanması daha kolaydır. Özellikle elverişli iklim koşullarında yetişebilen mısır, en çok silajı yapılan ve ilk akla gelen silaj bitkisidir. Sorgum ise mısırdan sonra en çok kullanılan yem bitkilerinden bir tanesidir. Baklagil yem bitkilerinde ise protein oranının fazla, karbonhidrat miktarının az olması nedeniyle fermantasyon oluşumu daha zordur (Açıkgöz ve ark., 2011). Yonca gibi kültür baklagil yeşil yemleri yüksek düzeyde protein ve mineral, düşük seviyede karbonhidrat içerdiğinden dolayı silolanması zor yemler sınıfına girerler. Bundan dolayı siloloma sırasında kaliteli bir fermantasyon elde edebilmek için bazen katkı maddelerinin katılması zorunlu hale gelebilir (Şakalar ve Kamalak,

2016). Bunun yanı sıra silo yapımında kullanılabilir birçok yan ürün bulunur. Hayvan yemi olarak kullanılan yan ürünler hem ekonomik olması hem de çevre kirliliğinin önlenmesi açısından önem arz ederler. Özellikle konserve, meyve suyu (domates, elma), şeker (pancar) , bira (malt) un ve süt endüstrisi vb. artık ve atıklar silaj üretiminde kullanılabilir önemli yan ürünlerdir (Açıkgöz ve ark., 2011).

Silaj yapımındaki asıl amaç hayvancılık işletmelerinde daha sonraki aylar için hayvanlara verilecek olan besin maddelerin korunmasını maksimuma çıkarmaktır (Stewart, 2011). Silajın sağladığı yararları özetlemek gerekirse; silaj yapımında kurutma yöntemine göre çok daha az besin maddesi kaybı olur. Kaba yemlerin silo edilerek saklanması, kurutularak yığın yapılmasına oranla daha az iş gücüne gereksinim duyulur. Silajlık bitki üretimi ve silaj yapım işlemleri mekanizasyona bağlı olduğundan üretici için büyük kolaylık sağlar. Yeşil yemlerin bulunmadığı özellikle kış aylarında, hayvanların suca zengin ve kaliteli yem ihtiyacı karşılar. Yapay kurutma yöntemi dışındaki diğer muhafaza yöntemlerine göre yemlerin fermantasyon yolu ile saklanması besin maddelerindeki kaybı önler. Silaj uygulamaları ile birim alanda daha fazla yem muhafaza edilir. 1 ton kuru ot için 14 m³ gerekli iken, aynı miktar otun silolanmasında 1,5 m³'lük hacim yeterli olur. Silaj yemi için uygun silolama yöntemi uygulanmışsa yemin dayanma süresi kuru ottan daha fazladır. Fermantasyon sonucu yemlerin taze yumuşak yapısının korunmuş ve güzel kokuya sahip olması hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmesini sağlar. Silaj yemi öncelikli olarak süt hayvancılığında kullanıldığı gibi besi, küçükbaş, at vb hayvan türlerinin beslenmesinde kullanılır. Kısa vejetasyon süresine sahip olan silaj bitkilerinin hasadından sonra tarlaya bir diğer ürünün ekimine olanak sağlanır. Bir yılda birden fazla ürün alma şansı elde edilir. (Şahin ve Zaman, 2010).

2.1. Silajda Fermantasyon Aşamaları

Silaj hazırlamada esas, bitki materyalinde aerobik koşulların anaerobik koşullara doğru değişimidir. Laktik asit bakterileri yeterli düzeyde asit üretir ve pH'yı 4-4,5 aralığına düşürür; bununla birlikte bitkide solunum ve enzimatik reaksiyonlar yavaşladığı için istenmeyen mikrobiyel reaksiyonlar da önlenir. Fermantasyon olayı birkaç fiziksel ve kimyasal reaksiyonları beraber içerir. Silolama işleminde oluşan

reaksiyonlar anaerobik faz, fermantasyon fazı, stabil faz ve yemlik faz olarak sıralanabilir (McDonald, 1991).

2.1.1. Aerobik Faz

Silolamanın aerobik fazı hasat döneminde başlar ve bitki solana kadar devam eder. Bu faz yaklaşık bir gün boyunca sürer. Bu aşamada pH ve oksijen en yüksek seviyededir. Kaba yemler silo yapıldıktan sonra iki önemli enzim aktive olur; bunlar solunum ve proteolitik enzimleridir. Bitki solunum enzimleri; şekerleri, karbondioksit ve enerjiye katabolize ederler. Eş zamanlı olarak bitki proteazları proteinleri başta amino asitler olmak üzere amonyağa ve az miktarda peptid ve amidlere (asparajin ve glutamin) parçalarlar (Bolsen ve ark., 1996). Bu arada silaj sıcaklığı yaklaşık 90 °F'a (32,22 °C) kadar yükselir, solunum ve sıkıştırmadan dolayı su kaybı (sızıntı olarak) oluşabilir. Eğer anaerobik koşullar oluşmaz ve hızlı gelişmez ise, substrat için yararlı bakteriler ile yarışma halinde olan istenmeyen aerobik bakterilerin, mayaların ve küflerin çoğalmasından dolayı ısı çıkışı devam eder ve sıcaklık (120°F/48,88°C) yükselir (Romero ve ark., 2005). Fazla sıcaklık artışı Maillard veya esmerleşme reaksiyonuyla sonuçlanabilir. Bu olay, hem proteinlerin hem de lif bileşenlerinin sindirilebilirliğini azaltır (Bolsen ve ark., 1996.).

Tablo 2.1. Silolamada aerobik fazı etkileyen faktörler (Bolsen ve ark., 1996)

| | |
|---------------|--|
| Oksijen | Aerobik fazı uzatır |
| Karbondioksit | Solunumu, proteazı ve amino asidazı engeller |
| Sıcaklık | Solunumu, proteazı, amino peptidazı stimule eder Eğer çok sıcak olursa enzimleri inaktive eder. |
| pH | Düşük pH; Solunumu, proteazı ve amino asidazı engeller |
| Kuru madde | Tartışmalı |

2.1.2. Fermantasyon Faz

Bu aşamada oksijen tükenir ve karbondioksit birikir. Aerobik mikroorganizmaların yanı sıra bitki enzimleri de inhibe olur. Aerobik mikroorganizmalar; anaerobik ve fakültatif mikroplar ile yer değiştirirler. Bu fazda üç temel tip bakteri fermantasyon sürecinde sıra ile değişebilir ve dominant hale gelebilir (McDonald, 1991). *Enterobacteria* için en uygun pH değeri 6-7 arasında değişir ve

çoğu türü beş'in altında gelişemez. Yani *Enterobacteria*'nın varlığı genellikle silolamadan önce yüksek seviyededir ve silolandıktan sonra sadece ilk 12-36 saat arasında aktiftirler.

Clostridia ikinci fermantasyona neden olur, şekerleri ve organik asitleri bütirik aside çevirmeleri sonucunda önemli derecede kuru madde ve sindirilebilir enerji kaybına neden olur. Proteolitik *clostridia*, amino asitleri ilk önce amonyağa daha sonra aminlere ve uçucu yağ asitlerine fermente ederler. Aynı *Enterobacteria* gibi klostridial sporlar da düşük pH'ya karşı duyarlıdırlar (Tablo 2.2)

Aktif fermantasyon periyodu 7-21 gün arasında devam eder. Nem içeriği %50'den düşük olan kaba yemlerde fermantasyon oldukça yavaş iken; nem miktarı %65'den fazla olan kaba yemler, genellikle hızlı fermente olurlar. Bunun için, normal nem içeriğine sahip (%55-75) kaba yemler silolandığında aktif fermantasyon 7-14 gün içerisinde tamamlanır (Bolsen ve ark., 1996) .

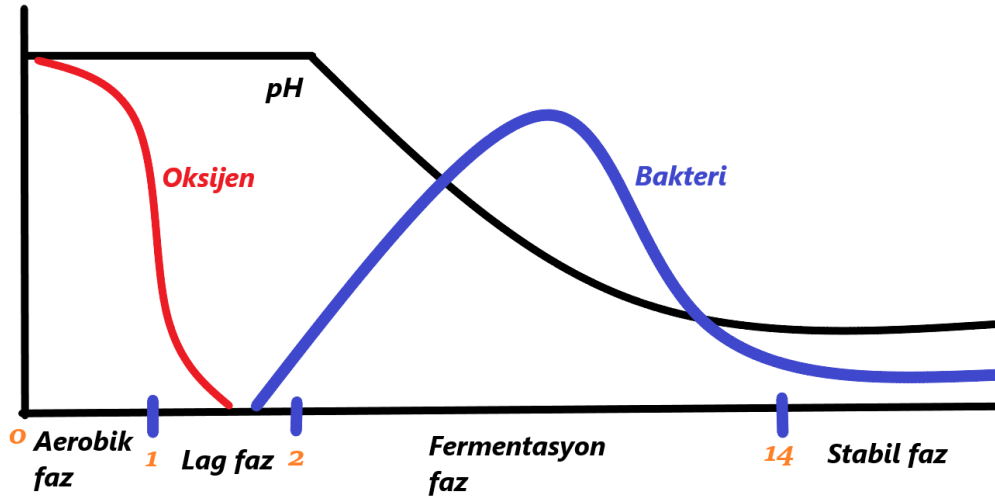
2.1.3. Stabil Faz

Laktik asit bakterilerinin aktif gelişimini takiben silolanmış materyal stabil faza girer. Eğer silo doğru biçimde sıkıştırılırsa, pH alt düzeylere iner ve bu fazda çok küçük biyolojik aktiviteler meydana gelir. Ancak suda çözünebilir karbonhidratların yokluğundan dolayı aktif fermantasyon sekteye uğrarsa, laktik asit bakterileri hemiselülozun parçalanmasıyla ortaya çıkan şekerleri fermente eder ve bu olay pH'nın düşme hızını yavaşlatır. Stabil faz boyunca silaj kalitesini etkileyen diğer faktör silonun hava geçirgenliği ile ilişkilidir. Siloya giren oksijen, aerobik mikroorganizmalar tarafından kullanılır ve küf ile maya popülasyonunun artmasına, silajda kuru madde kaybına ve sıcaklık artışına neden olur. (Bolsen ve ark., 1996; Cecava, 1995).

2.1.4. Yemlik Faz

Yemin aerobik bozulmasını önlemek için, silolar açılır açılmaz, mümkün olduğunca hızlı kullanılmalıdır (Bolsen ve ark., 1996). Bu faz boyunca, aerobik mikroorganizmaların şekeri, fermantasyon ürünlerini (laktik ve asetik asit) ve diğer

çözünebilir besinleri tüketmesinden dolayı kuru madde ve besin değeri kaybı oluşabilir (Şekil 2.1). Bu çözünebilir bileşenler karbondioksit ve suya indirgenir ve sıcaklık artışına neden olur. Yemlikte silajın yüzeyindeki mikroorganizmalar sınırsız oksijene maruz kalırlar ve çok hızlı ürerler. Mayalar ve bakterilerin sayısı 10^7 - 10^8 cfu/g silaj, küflerin sayısı 10^6 - 10^7 cfu/g silaja ulaştığında, silaj ısınmaya başlar ve şeker gibi sindirilebilir bileşenler ve fermantasyon ürünleri hızlıca kaybolur (Bolsen ve ark., 1996).



Şekil 2.1. Silaj fermantasyonunun faz aşamaları (Romero ve ark., 2005).

Tablo 2.2. Fermantasyon fazı süresinde oluşan majör bakteri tipleri (McDonald ve ark. 1991)

| Bakteri | Asıl organik asit | pH | Proteoliziz | Silaj konservesi |
|---------------------------|-------------------------|--------|-------------|------------------|
| <i>Enterobacteriaceae</i> | Asetik, propiyonik asit | Orta | Orta | Orta, toksin |
| Laktik asit bakterisi | Laktik, asetik asit | Düşük | Düşük | İyi |
| <i>Clostridia</i> | Bütirik asit | Yüksek | Yüksek | Kötü, toksin |

3. SİLAJ KAKTI MADDELERİ

Silaj fermantasyonu dinamik bir süreçtir ve birçok faktörden etkilenir. Silajın besin değerini yükseltmek ve silolama sırasında oluşabilecek riskleri azaltmak için silaj ve silaj katkı maddeleri üzerine uzun yıllardır çalışmalar yapılmaktadır. Silaj katkı maddeleri mahsule eklendiklerinde fermantasyon sürecini hızlandırmalı, kuru madde

kaybını önlemeli, yemlikte aerobik bozulmaya engel olmalı, silajın hijyenik kalitesini artırmalı, ikinci bir fermantasyonu önlemeli, silajın besin değerini arttırmalı, sonuç olarak hayvanların performansını olumlu yönde etkilemeli ve çiftçiye katkı maliyetinden daha çok kazanç sağlamalıdır (Meeske, 2005). Silaj katkı maddelerini sınıflandırmada farklı yöntemler uygulanmıştır. Meeske (2005), silaj katkı maddelerini 5 sınıfta toplamıştır. Bunlar; fermantasyonu stimüle edenler, fermantasyonu inhibe edenler, aerobik bozulmayı engelleyenler, besinler, absorbanlardır. (Tablo 3.1). Yitbarek ve ark. (2014), silaj katkı maddelerini 3 ana sınıfa ayırmışlardır. Bunlar biyolojik katkıları, yem bileşenleri ile yan ürünler ve asitler ile bazlardır.

Tablo 3.1. Silaj katkı maddeleri

| | | | |
|--|---|--|---|
| Fermantasyonu stimüle edenler | Şekerler Melas Sükroz Glikoz Şeker pancarı posası | Enzimler Selüloz Hemiselüloz Amilaz Pektinaz Proteaz | İnokulant Laktik bakterisi asit |
| Fermantasyonu İnhibe Edenler | Asitler Formik asit Asetik asit Laktik asit Akrilik asit | Organik tuzları Kalsiyum format Propiyonat | asit |
| Aerobik bozulmayı engelleyenler | Propiyonik asit, Asetik asit, Kaproik asit | | |
| Besinler | Üre, Amonyak, Mineral | | |
| Absorbantlar | Tane yemler, Saman, Bentonit, Şeker pancarı posası Poliakrilamid | | |

3.1. Biyolojik Katkıları

Mikrobiyel inokulantlar ve enzim preparatları doğal biyolojik katkı olarak kabul edilebilir. Bu ürünlerin, makinelerde aşındırıcı etkiye sebep olmaması, çevresel problemlere yol açmaması ve güvenle kullanılması son yıllarda silaj katkı maddesi

olarak kullanımını önemli derecede arttırmıştır. Tabi her katkı etkili olmadığı için fermantasyonunda istenilen düzeyde olması için doğru biyolojik silaj katkısı seçiminde bazı esasların göz önüne alınması gereklidir. Bu esaslar; silajın suda çözünebilir karbonhidrat seviyesi, kuru madde içeriği ve tampon kapasitesidir.

Fermantasyon katsayısı (FK) = Kuru madde (%) + Suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) / Buffer kapasite (BK)

- FK < 35 = Kötü silolama
- FK = 35 - 45 arasında = Orta silolama
- FK > 45 = İyi silolama

Buna göre fermente olabilir maddesi yetersiz veya çok düşük kuru madde içeriğine sahip kaba yemlerin FK değeri 35'ten düşüktür. Bu tip kaba yemlerin fermantasyonu, materyalin şeker içeriğinin yükseltilmesi ile başarılı kılınabilir. Bu işlem ya direkt şeker ilavesi yapılarak (Melas ilave) ya da enzim ilavesi ile (üründen ekstra şeker salınımını sağlar) sağlanabilir. Ayrıca uygun laktik asit bakteri ilavesi silolama işlemini hızlandırabilir. Laktik asit fermantasyonunu yükselten inokulantlar clostridial aktiviteyi engellemek için de yararlı olabilirler. Homolaktik asit bakterisi olmayan birkaç mikroorganizma da özellikle aerobik stabiliteyi pozitif yönde etkilemek amacı ile silaj inokulantı olarak kullanılır. Tatbikî etkili bir fermantasyonun oluşabilmesi için ilave edilen mikrobiyel inokulantın yeterli sayıda olması gerekir. Genelde *Lactobacillus plantarum* bazlı inokulantın her gram taze kaba yem materyal için 100.000 (1 X 10⁵) koloni oluşturan birim olması önerilir (Kaiser ve Weiss, 1997).

3.1.1. Mikrobiyel İnokulantlar

Silaj yapımında laktik asit bakteri inokulasyonunun avantajları birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Bu bakterilerin silaj katkı maddesi olarak kullanılabilmesi için bazı kriterler vardır. Bunlar; bakterinin dinamik şekilde çoğalması, diğer organizmalarla rekabet edebilmesi ve tercihen baskın olmasıdır. Bir bakterinin heksos şekerlerden maksimum düzeyde laktik asit üretebilmesi için, o bakterinin homofermentatif olması

gereklidir. Mutlaka asite karşı toleranslı olmalıdır (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *Pediococcus acidilactici* ve *P. pentosaceus*). Glikozu, fruktozu, sükrözü, fruktanları ve tercihen pentoz şekerleri fermente edebilme kapasitesine sahip olmalıdır. Organik asitler üzerine hiçbir etkisi olmamalıdır. Büyüme sıcaklık aralığı geniş olmalıdır (50 °C'ye kadar). Nem içeriği düşük silajlarda gelişebilmelidir. Dolayısıyla silaj katkı maddesi olarak kullanılan inokulantın başarısı; silajı yapılan mahsulün türüne ve özelliğine, iklim koşullarına, epifitik mikroflorasına, silolama tekniğine ve inokulantın özelliklerine bağlıdır (Yimin ve ark., 2014).

Silajda yaygın olarak kullanılan mikrobiyel inokulantlar, homofermentatif laktik asit bakterileri (^hLAB) ve heterofermentatif laktik asit bakterileridir. Bu bakteriler *Firmicutes* ve *Actinobacteria* olarak isimlendirilen iki farklı şubede bulunurlar. *Firmicutes* şubesi içerisinde bulunan en önemli laktik asit bakteri cinsleri *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus* ve *Weissella*, olup düşük guanin-sitozin (GC) içeriğine sahip organizmalardır (%31–49). *Actinobacteria* şubesi içerisinde yüksek GC içeriğine sahip (%58-61) *Bifidobacterium* cinsleri yer alır (Schroeter ve Klaenhammer, 2009).

Lactobacillales takımına ait *Lactobacillaceae* familyası içinde bulunan *Lactobacillus* cinsleri gram pozitif, katalaz negatif, fakültatif anaerob (oksijenin varlığında ve yokluğunda yaşayabilen), spor oluşturmeyen (*Sporolactobacillus inulinus*), düzgün/düzensiz çubuk/kok şeklindeki bakteriler olarak tanınır (Zúñiga ve ark., 1993). İlk defa 1896 yılında tanımlanan bu bakterinin günümüzde geçerli 158 adet onaylanmış türü bulunur.

3.1.1.1. Mutlak Homofermentatif Laktik Asit Bakterileri (Fakültatif Heterofermentatif)

Silaj yapımında genellikle uzun yıllardır kullanılan bakteri inokulantları mutlak homofermentatif laktik asit bakterilerdir. Günümüzde ise bu gruptaki bakterilerin çoğu taksonomik olarak mutlak homofermentatif türlerden ziyade fakültatif heterofermentatif laktik asit bakterileri olarak tanımlanırlar. Mutlak homofermentatif LAB (Fakültatif heterofermentatif LAB) sadece hekzosları (Glikoz)

fermente ederler ve başlıca laktik asit üretirler. Bir molekül glikozun iki molekül laktik aside dönüşümünde geleneksel Embden-Meyerhof-Parnas yolu ile iki mol ATP elde edilir (Tablo 3.2). Bu bakterilerin aksine mutlak heterofermentatif laktik asit bakterileri laktik asit yanında asetik asit, etanol ve karbondioksit üretirler (Kung ve ark., 2003). Fakültatif heterofermentörler mutlak homofermenterlerden farklı olarak heksosların yokluğunda (Sun ve ark., 2014), pentoz ve glikonatı pentoz-fosfat yoluyla parçalayabilirler (Muck ve ark., 2018). Yaygın olarak kullanılan fakültatif heterofermentatif LAB türleri içinde *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Enterococcus faecium* ve çeşitli *Pediococcus* türleri yer alır. Bu bakterilerin biri veya birçoğu ile muamele edilen silajlarda sıklıkla düşük düzeyde asetik asit, bütirik asit ve amonyak-azotu; yüksek seviyede laktik asit oluşumu gözlenir. Genel olarak homofermentatif laktik asit bakteri inokulantı; fermantasyonun artmasına, daha az proteolize, fazla laktik asit ve düşük asetik asit, bütirik asit ve etanol üretimine, daha iyi enerji ve kuru madde kazancına yol açar. Lag fazının kısalığı ve bakteriyel inokulantın gücü sayesinde laktik asit üretimi daha hızlı olur. Mahsulün durumuna göre klostridia bakterilerinin ve bitki proteazlarının inhibisyonu sonucunda proteolizi ile deaminasyon oranı azalır (Kung ve ark., 2003).

3.1.1.2. Mutlak Heterofermentatif Laktik Asit Bakterileri

Silaj yapımında yaygın olarak kullanılan mutlak heterofermentatif laktik asit bakterileri *Lactobacillus buchneri* ve *Lactobacillus reuteri*'dir (Muck ve ark., 2018). *Lactobacillus reuteri* grubu 14 türden oluşur; bunlar, *L. antri*, *L. coleohominis*, *L. equigenosi*, *L. fermentum*, *L. frumenti*, *L. gastricus*, *L. ingluviei*, *L. mucosae*, *L. oris*, *L. panis*, *L. pontis*, *L. reuteri*, *L. secaliphilus* ve *L. vaginalis*'tir. *Lactobacillus buchneri* cinsine ait üyeler ise 12 adettir, bunlar, *L. farraginis*, *L. hilgardii*, *L. kefiri*, *L. kisonensis*, *L. otakiensis*, *L. parabuchneri*, *L. parafarraginis*, *L. parakefiri*, *L. rapi* ve *L. sunkii*'dir (Kung ve ark., 2003; Sun ve ark., 2014). Bu mikroorganizmalar homofermentörlere göre daha yavaş fermantasyon yaparlar ve özellikle aerobik bozulmanın başlangıcında mayaların ve küflerin gelişimini engeller (Yitbarek ve Tamir, 2014).

Kaba yemler genellikle yapılarında birçok zararlı bakteri türlerini içerirler. Silaja mikrobiyel inokulant ilavesinin amacı, homofermantatif laktik asit (*Lactobacillus plantarum*, *L. acidophilus*, *Pediococcus acidilactici*, *P. pentacaceus*, ve *Enterococcus faecium*) bakterilerini (^{ho}LAB) hızla çoğalmasını sağlamak ve fermantasyonu hızlandırarak kaliteli silaj elde etmektir. Mikrobiyel inokulantlar bir veya birden fazla bakteri türünü içerirler ve fermantasyona yön vermek için kabiliyetlerine göre seçilirler. Örneğin, gelişim hızı sırasına göre *Enterococcus* > *Pediococcus* > *Lactobacillus*'tur. Bazı *Pediococcus* türleri yüksek kuru madde koşullarına göre *Lactobacillus*'lardan daha dirençlidir (Kung ve ark., 2003).

Tablo 3.2. Silolama süresince laktik asit bakterinin fermantasyon ürünleri (Bolsen ve ark., 1996)

| Cins | Tür | Glikoz fermantasyonu |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|
| <i>Lactobacillus</i> | <i>acidophilus</i> | Homofermantatif |
| | <i>casei</i> | |
| | <i>cornyiformis</i> | |
| | <i>plantarum</i> | Heterofermantatif |
| | <i>salivarius</i> | |
| | <i>brevis</i> | |
| <i>Pediococcus</i> | <i>buchneri</i> | Homofermantatif |
| | <i>fermentum</i> | |
| | <i>viridescens</i> | |
| | <i>acidilactici</i> | |
| <i>Enterococcus</i> | <i>cerevisiae</i> | Homofermantatif |
| | <i>pentosaceus</i> | |
| <i>Lactococcus</i> | <i>faecalis</i> | Homofermantatif |
| | <i>faecium</i> | |
| <i>Streptococcus</i> | <i>lactis</i> | Homofermantatif |
| | <i>bovis</i> | Homofermantatif |

Ozduven ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, laktik asit bakteri inokulantının (6,00 log₁₀ cfu/g) ayçiçeği silajına ilavesinin fermantasyon özellikleri üzerine değerlerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda laktik asit ilave edilen grupta laktik asit düzeyi (K: 5,96; LA: 7,56) yükselmiş, pH değeri (K: 4,22; LA: 3,99), asetik asit düzeyi (K: 1,57; LA: 1,47; ve amonyak azotu miktarı (K: 81,43; LA: 68,47) azalmıştır. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında silaj katkısı ilave edilen grupta laktik asit bakteri

sayısı (K: 3,90; LA: 7,56) maya sayısında (K: 3,28; LA: 3,89) artış gözlenmiştir (p<0,05).

Filya ve ark. (2000), LAB inokulantlarının süt olum döneminde hasat edilen buğday silajlarının fermantasyon ve aerobik stabilite özelliklerini saptamak amacıyla yürüttükleri çalışmalarında, silolama öncesi buğday hasıllarında pH, KM, SÇK, HK ve HP içeriklerinin sırasıyla 6,7, 368 g/kg, 52 g/kg KM, 93 g/kg KM ve 138 g/kg KM olduğunu bildirmişlerdir. Altmış beş günlük silolama sonrası elde edilen buğday silajlarında kontrol, *Lactobacillus plantarum*+*Enterococcus faecium* ve *Lactobacillus pentosus* içeren inokulant gruplarında sırasıyla pH değerlerini 4,4; 3,9 ve 3,9; SÇK seviyelerini 43, 26 ve 25 g/kg KM; laktik asit düzeylerini 8, 35 ve 28 g/kg KM; asetik asit düzeylerini 6, 4 ve 5 g/kg KM; LAB sayılarını 7,2, 5,7 ve 6,2 log₁₀ cfu/g; maya sayılarını 3,4, 0,0 ve 0,0 log₁₀ cfu/g olarak saptamışlardır. Araştırmacılar her iki LAB inokulantının da buğday silajlarının fermantasyon özelliklerini geliştirdiğini, LAB sayılarını artırdığını ve maya sayılarını düşürdüğünü (p<0,05) belirtmişlerdir (Filya ve ark., 2000).

Tepeli (2014), süt olum döneminde hasat ettiği ayçiçeği (*helianthus annuus*) bitkisinin üzerine homofermentatif laktik asit bakterilerini (*Lactobacillus plantarum* ve *Enterococcus faecium*) ve heterofermentatif bakterilerini (*Lactobacillus buchneri*) taze materyal üzerine homojen bir şekilde ilave yaptıktan sonra silolamıştır. Çalışmanın sonunda deneme gruplarındaki ayçiçeği silajlarının pH değeri (K: 4,41; Hom_{LAB}: 4,38 Het_{LAB}: 4,30) ve NH₃-N (K: 113,91; Hom_{LAB}: 78,06; Het_{LAB}: 91,55, g/kg TN) miktarlarında önemli düzeyde azalma gözlenmiştir. Her iki deneme grubunda da laktik asit düzeyi artarken (K: 5,11; Hom_{LAB}: 6,23 Het_{LAB}: 5,40, %), asetik asit düzeyi homofermentatif deneme grubunda azalmış heterofermentatif deneme grubunda ise artmıştır (K: 1,71; Hom_{LAB}: 1,57 Het_{LAB}: 1,90, %). Yapılan çalışmada deneme grupları aerobik stabilite testi için 5 gün süre ile hava temasına maruz bırakılmış ve heterofermentatif laktik asit bakteri deneme grubundaki pH değeri (K: 4,91; Hom_{LAB}: 4,83 Het_{LAB}: 4,71), karbondioksit üretimi (K: 21,81; Hom_{LAB}: 20,63 Het_{LAB}: 11,83, g/kg KM) ve küf sayısı (K: 4,91; Hom_{LAB}: 2,99 Het_{LAB}: 2,81, log₁₀ cfu/g) diğer gruplara göre önemli düzeyde düşük (p<0,05) saptanmıştır (Tepeli, 2014).

Özaslan (2017), yaptığı bir çalışmada çiçeklenme döneminde hasat edilen yonca bitkisine farklı düzeylerde mısır şurubu ilavesinin yonca silajında besin madde kompozisyonuna ve fermantasyon özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmanın sonucunda % 4,5 mısır şurubu ilavesinin yonca silajında kuru madde içeriğini (K: 20,56; MŞ: 25,50), ham protein düzeyini (K: 16,94; MŞ: 17,09) ve Flieg skor değerini (K: 27,72; MŞ: 86,33) yükselttiği; pH değerini (K: 5,46; MŞ: 4,22) ve amonyak azotu değerini (K: 39,87; MŞ: 10,93, %) azalttığı bildirilmiştir. Yonca silajında NDF ve ADF içerikleri kontrol ve deneme grubunda sırasıyla %44,72, 37,47; %41,95, 32,24 olarak saptanmıştır. Yonca silajında laktik asit içeriği kontrol grubunda %0,59, deneme grubunda %7,41; asetik asit içeriği ise kontrol grubunda %2,56, deneme grubunda %0,94 olarak saptanmıştır. Araştırmacılar, silaj pH'sındaki düşmeyi laktik asit ile ilişkili olduğunu laktik asit üretiminin artmasıyla birlikte proteolizisin de azalacağını bildirmişlerdir.

Ertekin (2017), laktik asit bakteri inokulantının yonca silajının fermantasyon özellikleri ve yem kalite parametreleri üzerine yaptıkları çalışmada *Lactobacillus plantarum* ilavesi ile yapılan silajda kuru madde oranının deneme grubunda (%39,72), kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir (%35,26). Kontrol grubunda ve deneme grubunda sırasıyla NDF değerinin %46,34; 46,20, ADF değerinin %36,49; 30,73, pH seviyesinin 5,93; 4,92 olduğunu ifade etmiştir (P<0,05).

Yüksel (2011), anason posalarına melas ve/veya laktik asit bakteri inokulantların (Pioneer 1180) ilavesinin silaj fermantasyon özellikleri, aerobik stabilite üzerindeki etkilerinin saptanması için yaptıkları çalışmada, silaj katkı maddelerinin silaj pH değeri üzerine olumlu etkilerinin olduğunu bildirmiştir. Silolamanın 60. gününde açılan silajlarda kontrol grubunda, melas ve laktik asit bakteri içeren grupta sırasıyla pH değerlerini 4,53; 4,24 ve 4,55, kuru madde düzeyi % 32,10; 34,49 ve 31,05, ham protein oranı % 20,86; 19,73 ve 21,21, amonyak azotu miktarı 20,86; 30,04 ve 23,46 g/kg TN, laktik asit içerikleri % 2,34; 3,22 ve 2,53, asetik asit içerikleri % 1,62; 2,12 ve 2,96 olarak saptamıştır. Kontrol ve deneme grubu silajlarında herhangi bir küf oluşumu gözlenmezken kontrol grubu, melas ve laktik asit bakterisi grubunda *Lactobacilli* sayısı 2,43; 3,02 ve 2,55 maya sayısı 3,17; 3,00 ve 2,92 x 10⁶ cfu/g olarak hesaplanmıştır (Yüksel, 2011).

3.1.2. Enzim Katkıları

Yemlerde enzim kullanımı besin maddelerin parçalanmasını, sindirimini ve hayvanlarda verimliliğin gelişimine yardım ederken dışkı oluşumunu ve kirliliğini azaltır. Yemlemeden önce silaja enzim uygulandığında enzim-substrat bağlantısı, ekzojen enzimleri rumende parçalanmasından korumak için yardım edebilir. Amilaz enzimi nişastanın şeker dönüşümünde yardımcı olur. Sellülaz ve ksilinaz hücre duvarlarını şekere parçalar. Enzimler tarafından açığa çıkan şekerler, silajdaki bakterilerin gelişimini artırır ve bazı durumlarda selüloz parçalayan enzimler kaba yemlerin parçalanmasını olumlu yönde etkiler. Bu enzimler genellikle hububat ve olgunlaşmamış silajlar ile soğuk sezon otları gibi düşük lignin içeren yemlerde etkilidir. Olgun bitkilere göre genç bitkilerden yapılan silajda fermantasyon gelişimi daha iyi ve selüloz içeriği daha düşük saptanmıştır. Bunun sebebinin lignifikasyonun artmasıyla birlikte hücre duvarındaki hidrolizin azalması olabileceği bildirilmiştir. (Yitbarek ve Tamir, 2014). Silaj katkı maddesi olarak kullanılan hücre duvarını parçalayıcı enzimlerin birinci avantajı, yapısal karbonhidratları hidrolize etmesi sonucunda suda çözünebilir karbonhidrat miktarı az olan bitkilerde substrat açığa çıkarmak; ikinci avantajı ise bitkilerin kuru madde ve organik maddelerinin hayvanlar tarafından sindirilme derecelerini artırmaktır (Filya, 2003). Hücre duvarı parçalayıcı enzimlerin (150000 CMCU kg⁻¹ Sellülaz, 200000 SKB kg⁻¹ Amilaz) ilavesi ile yapılan ayçiçeği silajında, deneme grubu pH değeri (K: 4,41, E: 4,19), amonyak-azotu miktarı (K: 102,39, E: 81,05) NDF (K: 43,03; E: 40,97) ve ADF düzeyi (K: 37,70, E: 38,17) kontrol grubuna göre düşük; kuru madde içeriği (K: 18,98, E: 19,20), suda çözünebilir karbonhidrat seviyesi (K: 15,70, E: 18,03) ve laktik asit düzeyi (K: 3,91, E: 4,92) yüksek bulunmuştur (Ozduven ve ark., 2017).

Lactobacillus buncheri türünün özellikle ferulik asit aktivitesi için seçildiği gibi yemlere laktik asit bakterilerinden seçilen ekzojen enzimlerin veya diğer bakteri türlerinden alınan endojen enzimlerin aktiviteleri önemlidir. Ferulik asit, bitki hücre duvarında şekerler ile birlikte ester formu oluşturur (Nsereko ve ark., 2008). Bu yapılar, bitki hücre duvarının sindirimini engelleyen başlıca faktördür. Ferulik asit esteraz üreten *Lactobacillus buncheri* türünün arpa silajına ilavesi ile hücre duvarı

sindirilebilirliğinin arttığı, ayrıca besi sığırlarında yemden yararlanma oranının iyileştiği ifade edilmiştir (Addah ve ark., 2015).

3.2. Yem Bileşenleri ve Yan Ürünler

Düşük kuru maddeye ve şeker içeriğine sahip tropik kaba yemlere ilave edilen şeker veya melas gibi kolay fermente olabilen yem bileşenleri silaj fermantasyonunu iyileştirebilirler. Genelde tahıllar, mısır unu, sorgum unu, pirinç kepeği, tapiyoka unu, turunçgiller gibi işlenmiş yan ürünler kısmen fermente edilebilir substratı sağlamak için silaj katkı maddesi olarak kullanılabilir. Bu ürünler fazla nemi absorbe ederek fermantasyon sürecini olumlu yönlendirirler (Yitbarek ve Tamir, 2014).

Mısır silajına tane yem ilavesinin bir faydası olmayabilir ama ot silajına iki faydası bulunur. Birincisi, ot silajına tane yem ilavesi silajın enerji içeriğini yükseltir. Eğer silaj tek başına hayvanlara yem olarak verilecekse, tane yemin silaja eklenmesi o yemi besin madde yönünden daha dengeli duruma getirir. İkincisi ise ot silajına tane yem ilavesi silajın kuru madde içeriğini artıracaktır. Silolamadan önce otlar yeteri kadar soldurulmadığı için sızmalar meydana gelebilir, suda çözülmüş besin maddelerin kaybı oluşur ve bunun sonucunda da istenmeyen bir fermantasyon oluşur. Bir ton yaş silaja katkı maddesi olarak önerilen tane yem miktarı 45.35-90.71 kg'dır (100-200 libre). Bu miktar silajın kuru madde içeriğini yaklaşık olarak %5 artıracaktır (Yitbarek ve Tamir, 2014).

Şeker pancarı melası (%75 KM) uzun yıllardır ot silajı yapımında hızlı fermantasyon sağladığı için kullanılmaktadır. Vizkozitesi yüksek olduğu için uygulamadan önce sızıntıları önlemek için ılık su ile dilüe edilmesi önerilir. Melas ile yapılmış birçok çalışmada, laktik asit fermantasyonunun artması, pH değerinin azalması, klostridial fermantasyonun ve proteoliz oranının azalması, organik madde kaybının düşük olması melasın etkili silaj katkı maddesi olabileceğini kanıtlamıştır (Yitbarek ve Tamir, 2014). Bermuda otlarına %4, %8 ve %12 oranlarında kuru melas ilavesinin, silaj pH değerini, ADF ve NDF düzeylerini azalttığı, *in vitro* kuru madde sindirilebilme derecesini arttırdığı ifade edilmiştir (Nayigihugu ve ark., 1995). Benzer bir çalışmada yüksek buffer kapasiteye sahip Dwarf fil otunun melasla muamele

edilmesi sonucunda deneme grubunda pH değerinin ve amonyak-azotu miktarının kontrol grubuna göre daha az olduğu belirtilmiştir. (Tosi ve ark., 1995).

Taze turunęgil kabuklarının Napier otuna ilavesiyle yapılan silajda fermentasyon kalitesi artmış, pH ve butirik asit düzeyi düşük llmş, laktik asit üretimi de istenilen düzeyde bulunmuştur. Ot silajına %5, %10 ve %15 kuru turunęgil posası ilavesi sonucu silaj kuru maddesi ve suda çözünebilir karbonhidrat (SK) düzeyi yükselirken; pH değeri azalmıştır (Yitbarek ve Tamir, 2014). Benzer şekilde farklı iki seviyede (%5 ve %10) melaslı kuru şeker pancarı posası ilavesi ile yapılan yonca silajlarının kuru maddesinin (K: 207,82; D: 270,49) ve laktik asit düzeyinin (K: 153,44; D: 293,98) kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu, pH değerinin (K: 4,98; D: 4,47) ve amonyok azotu miktarının (K:24,80; D: 14,66) daha düşük olduğu bildirilmiştir (Yakışır, 2018).

Susuz (anhidrit), sulu veya melaslı amonyak karışımları silaj katkı maddesi olarak yıllardır kullanılmaktadır. Amonyak ilavesi sonucunda;

- Yemleme sırasında (aerobik ortam) silajın yemlik ömrü süresi uzar
- Silolama sırasında daha az kf ve sıcaklık oluşur
- Siloda protein yıkımı azalır.
- Ekonomik bir ham protein katkısı sağlanır.

Amonyak ile muamele edilmiş kaba yemlerde, bitkideki proteoliz azalacağından dolayı bitkideki çözünmeyen nitrojen ve gerçek protein oranı yüksektir. Her ne kadar fermentasyon amonyak tarafından stimule edilse de, amonyağın buffer etkisinden dolayı silolama işlemi uzar; bu olay, toplam asit üretiminin artmasına ve kuru madde kazancını olumsuz etkiler. Özellikle yüksek nem içeriğine sahip sorgumda anhidrit amonyak kullanımının kuru madde kazanımı üzerine olumlu etkisi vardır. Yaklaşık her 317,51 kg (700 libre) kaba yeme (KM bazında) 2,72 ile 3,17 kg (6-7 libre) arasında anhidrit amonyak uygulaması yapılır. Bu uygulama kuru madde bazında ham protein oranını %8'den %12'ye kadar artırır. Ařırđ amonyak (5,45 - 6,80 kg/ton) uygulaması sonucunda istenmeyen fermentasyon gerçekleşebilir (Buffer etkisi uzamasından dolayı). (Yitbarek ve Tamir, 2014).

3.3. Asitler ve Tuzlar

Yemleri silolarken yapılan asit ilavesi hızlıca pH'nın düşmesine ve silajın yemlik ömrünün artmasına neden olur. Bu bakımdan formik asit ve mineral asitler (sülfirik/hidroklorik asit) bir ton yaş silaja 4,53-13,60 kg (10-30 libre) eklenir. Asit ilavesi ile meydana gelen asidite bitki solunumunu önleyip, ısı üretimini ve besin madde kaybını azaltır. Bununla beraber hızlı gelişen asidifikasyon klostridia gelişimini inhibe eder. Ancak asit ilavesi atık su miktarını artırır ve hayvanlar için potansiyel toksik olabilir. Dahası asitlerin aşındırıcı etkisi insanlar, hayvanlar ve makineler için zararlı olabilir. Bundan dolayı nem miktarını azaltmak atık su miktarını minimize edebilir. Silajın asiditesini düzenlemek için de kalsiyum karbonat ilavesi faydalı olabilir (Yitbarek ve Tamir, 2014). Jianxin ve Jun (2002) göre silaj katkı maddesi olarak asitlerin uygun oranları aşağıdaki gibi önerilmiştir.

- Sülfirik - hidroklorik asit: 50-80 litre dilüe edilmiş (konsantre asit 1/5 oranında su ile dilüe edilmiş) / 1 tona
- Formik asit: 3 kg/ton
- Asetik asit: 5-20 kg/ton
- Propiyonik asit: 1 litre/m² yüzeye, küf gelişimini engellemek için

Ticari formik asit uzun yıllardır silolamada kullanılmaktadır. Geniş kullanım alanı olan bu asit silaja katıldığında pH'yı azaltarak fermantasyonu sınırlandırır ve zararlı mikroorganizmaların gelişimini engeller (Filya ve Sucu, 2005). Ot silajına katılan formik asit (3-6 l/ton) pH'nın azalmasına ve suda çözünebilir karbonhidrat fermantasyonunu sınırlandırması ile asetik asit konsantrasyonunun ve proteolizin düşmesine neden olmuştur (Borreani ve ark., 2018).

Kısa zincirli olan propiyonik asitin antimikotik etkisi vardır. Formik asite ve mineral asite göre zayıftır ancak silaj için yararlı bir katkı maddesidir. Söz konusu asit silajda aerobik bozulmadan sorumlu olan küf ve maya gelişimini azaltmada etkilidir. Propiyonik asidin antimikotik etkisi arttıkça pH azalır. Geçmiş yıllarda silaja yüksek miktarlarda propiyonik asit katkısı (% 1-2 KM) aerobik stabilitenin gelişimini olumlu yönde etkilerdi, ancak günümüzde yüksek oranlı asit katkısına sınırlandırma getirilmiştir. Propiyonik asit katkısının uygulama oranı kaba yemin nem içeriğine,

depolamanın süresine ve diğer prezervatiflerin formülasyonuna göre değişmektedir. Aşındırıcı etkisi olduğu için uygulama da zorluk çekilebilir. Bundan dolayı kalsiyum, sodyum, ve amonyum propiyonat gibi asit tuzları ticari ürün olarak kullanılır.

Propiyonik asitin ve tuzlarının etkisi suda çözünebilmesi ile yakından ilişkilidir. Suda çözünebilme sırasına göre amonyum propiyonat (%90) ve sodyum propiyonat (%25) ve kalsiyum propiyonat (%5) olarak sıralanır (Kung ve ark., 2003).

Tuz (NaCl) gıdaları korumak için kullanılan önemli bir yem katkı maddesidir. Tuz zararlı bakterilerin gelişimini engelleyebilir ve bu sayede arzu edilen fermantasyonun oluşumuna katkıda bulunabilir. Sodyum ile klorun bitkilerde ve mikro organizmalarda ozmolaritenin idamesi için gereklidir.

Bu bileşiklerin konsantrasyonlarını artırmak, hücresel işleyişin devamını sürdürebilmek için tuza toleransı olmayan organizmaların yeteneklerini etkileyebilir. Silaj materyaline tuz ilavesi su aktivitesini düşürebilir ve bunun yanı sıra fermantasyon süresince bütirik asit bakterilerinin gelişimini engelleyebilir. Yapılan bir çalışmada tuz ilavesinin başlangıçta *Clostridium butyricum* gelişimini engellediğini bildirmiştir (Borreani ve ark., 2018).

Cai ve ark. (1997), sorgum otuna tuz ve/veya laktik asit bakteri inokulasyonunun silaj fermantasyon özellikleri ve aerobik stabilite üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, kuru madde içeriğinin (K: 303,42; T: 317,22 g/kg; LAB: 318,99 g/kg), laktik asit düzeyinin (K: 25,36; T: 41,49; LAB: 70,34 g/kg), laktik asit/toplam asit oranının (K: 0,47; T: 0,83; LAB: 0,92 g/kg) arttığını, pH değerinin (K: 4,43; T: 3,85; LAB: 3,64) ve amonyak azotu miktarının (K: 96,72; T: 58,25; LAB: 30,82 g/kg) azaldığını ($p < 0,05$) belirtmişlerdir (Cai ve ark., 1997).

Kuru madde, suda çözünebilir karbonhidrat içeriği ve buffer kapasitesi silaj yapımında önemli kriterlerdir. Mısır-soya fasulyesi karışımı silajına %3 tuz ilavesinin, kuru madde miktarını (K: %28,12; T: 30,44), suda çözünebilir karbonhidrat içeriğini

(K: 9,30; T: 13,04, g/kg KM) laktik asit bakteri sayısını (K: 3,77; T: 3,81, log₁₀ cfu/g) artırdığı, pH düzeyini (K: 3,87; T: 3,83), amonyak azotu içeriğini (K: 103,45; T: 79,75, g/kg TN) azalttığı ifade edilmiştir (Koç ve ark., 1999).



4. GEREÇ ve YÖNTEM

4.1. Biçim Aşaması

Araştırmada kullanılan yonca bitkisinin dördüncü biçimi Eylül ayında Burdur merkeze bağlı kemer ilçesinde yapılmıştır. Yonca; silajı yapılmak üzere traktör (New Holland TDD-100) ile tamburlu çayır ot biçme (Şekil 4.1) makinesi (Çelmak/ 540 devir-dakika/ 6 Bıçaklı) kullanılarak sabah 09:30'da biçilmiştir. Biçilen materyal, silaj yapılması için Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı'na getirilmiştir.



Şekil 4.1. Tamburlu çayır ot biçme makinesi

4.2. Silajın Hazırlanması

Silajı yapılacak yonca bitkisi hasat edildikten hemen sonra 1,5-2 cm boyutunda olacak şekilde bir bıçak/makas yardımı ile kesilmiştir. Silaj katkı maddesi olarak ticari laktik asit bakterisi inokulantı (Pioneer, 11A44; Hi-Bred International, Inc., Des Moines, IA) ve sofr tuzu (Billur rafine iyotlu sofr tuzu) kullanılmıştır. Taze yem materyali ile katkı maddeleri bir leğen içinde muamele edilip homojen şekilde karıştırılmış ve bir litrelik cam kavanozlara doldurulmuştur. Kavanozlar silajlık materyal doldurulmadan önce ve doldurulduktan sonra tartılmıştır. Kavanozların kapakları hava almayacak şekilde kapatılmıştır. Çalışma dört grup halinde yürütülmüştür. Söz konusu katkılar şu şekilde dizayn edilmiştir.

Tablo 4.1. Deneme dizaynı

| | |
|---|---|
| Kontrol grubu (K) | :Hiçbir katkı maddesi içermeyen grup |
| Tuz grubu (T) | :Yonca bitkisine yaş ağırlığının %3'ü tuz ilave edilen grup |
| Laktik asit bakterisi grubu (LAB) | :Yonca bitkisine 6,0 log ₁₀ cfu/g düzeyinde laktik asit bakterisi ilavesi yapılan grup |
| Tuz ve laktik asit bakterisi grubu (TLAB) | :Yonca bitkisine yaş ağırlığının %3'ü tuz ve 6,0 log ₁₀ cfu/g düzeyinde laktik asit bakterisi ilavesi yapılan grup |

Silolamanın 7., 14., 30. ve 60. günlerinde beşer adet kavanoz açılarak fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Çalışma için toplam olarak (4 grup * 5 tekrür * 4 gün) 80 adet kavanoz silaj yapılmıştır.

4.3. Fiziksel Analizler

DLG puanı: Her bir kavanoz sırasıyla dikkatli bir şekilde açılarak olgunlaşan silajlarda fiziksel kontroller üç kişi tarafından yapılmıştır. Üç kişinin renk, koku ve tekstür yönünden verdiği puanların ortalaması alınarak fiziksel değerlendirme hesaplanmıştır. Koku, renk ve yapı gibi fiziksel özelliklerin değerlendirilmesi ise Kara ve ark. (2009)'nın yayınlarında belirttikleri DLG'nin silaj puanlama sistemine göre yapılmıştır. Buna göre Pekiyi-iyi (16-20 puan); memnuniyet verici (10-15 puan); orta (5-9 puan) ve çok kötü (0-4 puan) gibi kalite sınıflarına ayrılmıştır. Alman Tarım Kurumu (DLG; Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 1987) tarafından önerilen (Tablo 4.1) fiziksel değerlendirme anahtarı aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.2. DLG puan sistemi

| | Fiziksel Özellik | Puan |
|-----------------|---|-------------|
| KOKU | Bütirik asit kokusu yok, hafif ekşimsi, aromatik koku | 14 |
| | İz miktarda bütirik asit, kuvvetli ekşi koku | 10 |
| | Orta derecede bütirik asit, kızışma ve küf kokusu | 4 |
| | Kuvvetli bütirik asit kokusu, NH ₃ -kokusu | 2 |
| | Kuvvetli küf kokusu, NH ₃ ve çürüme | 0 |
| STRÜKTÜR | Yaprak ve sapların kokusu bozulmamış | 4 |
| | Yaprakların yapısı biraz bozulmuş | 2 |
| | Yaprak ve sapların yapısı bozulmuş, küflü ve kirli | 1 |
| | Yaprak ve sap çürümüş | 0 |
| RENK | Silolandığı andaki rengini koruyor | 2 |
| | Renk çok az değişmiş (sarıdan kahverengiye) | 1 |
| | Renk tamamen değişmiş (küf yeşili) | 0 |

Flieg Puanı: Silaj numunelerinin pH ve kuru madde değerlerinden faydalanılarak Kara ve ark. (2009) verdikleri formülle Flieg puanı hesaplanmıştır. Flieg puanı aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir (Tablo 4.2).

$$\text{Flieg Puanı} = 220 + (2 \times \text{KM} - 15) - 40 \times \text{pH}$$

Tablo 4.3. Flieg puanları ve kalite derecesi

| Puan | Kalite |
|--------|----------------|
| <20 | Çok kötü |
| 25-40 | Düşük kalite |
| 55-60 | Orta kalite |
| 60-80 | İyi kalite |
| 85-100 | Çok iyi kalite |

4.4. Kimyasal Analizler

Açılan silaj örneklerinde ham besin madde analizi, pH değeri, uçucu yağ asidi, laktik asit analizi, amonyak-azotu analizleri yapılmıştır.

4.4.1. Ham Besin Madde Analizleri

Yemlerde besin madde değerlerini ortaya koymak için kullanılan en yaygın analiz yöntemi Weende analiz yöntemidir. Açılan silaj örneklerinde su, kuru madde, ham protein, ham yağ, ham selüloz, ham kül, ADF, NDF analizleri yapılmıştır. Çalışmanın 7., 14., 30., ve 60. gününde açılan silaj numuneleri 65 °C’de 48 saat süreyle ağırlıkları sabitleninceye kadar etüvde kurutulmuştur (AOAC, 1990). Kurutulan numuneler 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülmüş ve ham besin madde analizleri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarlarında yapılmıştır.

4.4.1.1. Kuru Madde Analizi

Darası alınmış kuru madde kaplarına (A) öğütülmüş silaj numunelerinden yaklaşık 1 gram (B) tartılarak koyulmuştur. İçerisinde silaj numunesi bulunan kuru madde kapları 105 °C’de etüvde 12 saat süreyle ağırlıkları sabitleninceye kadar kurutulmuş ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen kaplar tekrar tartılmış (C) ve elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerlerine yazılıp silajların kuru madde içerikleri AOAC (1990; metot 934.01) yöntemine göre hesaplanmıştır.

$$\%KM = (C-A) \times 100 / B$$

4.4.1.2. Ham Kül Analizi

Daraları alınan (A) porselen krozelere (45*36 mm) öğütülmüş silaj numunelerinden yaklaşık bir gram tartılarak koyulmuştur (B). İçerisinde silaj numunesi bulunan porselen krozeler 550-600 °C'de 5-6 saat süreyle ağırlıkları sabitleninceye kadar kül fırınında yakılmış (Carbolite Elf) ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen kaplar tekrar tartılmış (C) ve elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerlerine yazılıp silajların ham kül içerikleri AOAC (1990; metot 942.05) yöntemine göre hesaplanmıştır.

$$\% HK = (C-A) \times 100 / B$$

4.4.1.3. Ham Protein Analizi

Protein analizi; yakma, distilasyon ve titrasyon olmak üzere üç aşamadan oluşmuştur ve Kjeldahl metodu kullanılmıştır. Bu analiz için yaklaşık bir gram yem numunesi protein tüpüne tartılmıştır. Protein tüplerine bir tablet (üç gram) yakma tuzu karışımı [96,5 gram azot içermeyen K₂SO₄ (potasyum sülfat) + 1,5 gram CuSO₄5H₂O (Bakır sülfat) + 2 gram toz halinde Se (selenyum); Kjeldahl Catalyst; 1.10958 kodlu (Sigma-Aldrich) tablete göre dizayn edilmiştir] atılmıştır. Üzerine 25 ml konsantre sülfürik asit (H₂SO₄, Merck %95-97) ilave edilmiş ve yakma cihazında (Gerhardt Kjeldatherm) 3-4 saat süreyle yakılmıştır. Daha sonra tüp distilasyon bölümüne yerleştirilmiştir. Damıtma sırasında açığa çıkan amonyağı tutmak üzere erlenmayere 25 ml %4'lük borik asit (H₂BO₃) çözeltisi (%2-4) koyulup damıtma aygıtının soğutucu bölümüne bırakılmıştır. En son aşama N/7 sülfürik asit ile erlenmayerdeki içerik titre edilmiş ve elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerlerine yazılıp silajların ham protein içerikleri AOAC (1990, metot 954.01) yöntemine göre hesaplanmıştır.

$$\%Nitrogen = (1.4007) * (\text{Kullanılan Sülfürik asit}) * (\text{Sülfürik asidin normalitesi})$$

(Tartılan yem miktarı)

4.4.1.4. Ham Selüloz Analizi

Ham selüloz tayini kaynatma, süzme ve yakma olmak üzere 3 aşamadan oluşmuştur. Öğütülmüş silaj numunelerinden kalın selüloz cam tüplerine yaklaşık bir gram civarında yem numunesi tartılıp (A), tüplerin içine 12,5 ml glasiyel asetik asit (Merck %100 anhidrik) ve 2,5 ml nitrik asit (Merck %65 saf) ilave edilmiştir. Daha sonra bu tüpler yaklaşık 35 dakika bir beherde kaynatılmış ve hemen ardından darası alınan (B) gooch krozelerine (40 - 100 µm) süzülmüştür. Gooch krozeleri 105°C'de etüvde 12 saat kurutulmuş ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen gooch krozeleri tekrar tartılmıştır (C). Tartılan gooch krozeler 550-600°C'de 5-6 saat süreyle ağırlıkları sabitleninceye kadar kül fırınında (Carbolite Elf) yakılmış ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen kaplar tekrar tartılmış (D) ve elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerlerine yazılıp silajların ham selüloz değerleri yüzde olarak (%) Crampton ve Maynard (1938) yöntemine göre hesaplanmıştır.

$$\% HS = (D - C) \times 100 / A$$

4.4.1.5. Ham Yağ Analizi

Bu analiz için soxhlet ekstraksiyon kartuşu (33*80 mm) soxhlet ekstraksiyon beherine (54-130 mm) yerleştirilmiş ve darası alınmıştır (A). Daha sonra öğütülen silaj numunelerinden yaklaşık bir gram tartılarak (B) kartuşun içerisine dökülmüştür ve beherde bulunan kartuşun üzerine dietil eter 150 ml ilave edilerek sifon yaptırılmak üzere soxhlet ekstraksiyon cihazının haznesine birer birer yerleştirilmiştir. Daha sonra beherler 105°C'de etüvde 12 saat süreyle ağırlıkları sabitleninceye kadar kurutulmuş ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen beherler tekrar tartılmış (C) ve elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerlerine yazılıp silajların ham yağ içerikleri AOAC (1990; metot 920.39) yöntemine göre hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$\% HY = (C - A) \times 100 / B$$

4.4.1.6. Nötral Deterjan Fiber (Lif) Analizi (NDF)

Öğütülen numunelerden yaklaşık bir gram örnek NDF (A) beherine tartılmış ve üzerine 100 ml NDF çözeltisi (30 gram sodyum lauryl sülfat, 18,61 gram disodyum dihidrojen etilen diamin tetraasetat, 6,81 gram sodyum borat deksahidrat, 4,56 gram disodyum fosfat anhidrojen, 10 ml etanol) ilave edilmiştir. Daha sonra geri soğutucu sistemine yerleştirilen NDF beherleri 60 dakika kaynatılarak hemen ardından darası alınan (B) gooch krozelerine (40 - 100 µm) süzülmüştür. Gooch krozeleri 105°C'de etüvde 12 saat kurutulmuş ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen gooch krozeleri tekrar tartılmıştır (C). Tartılan gooch krozeler 550-600°C'de 5-6 saat süreyle ağırlıkları sabitleninceye kadar kül fırınında (Carbolite Elf) yakılmış ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen kaplar tartılarak (D) ve elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerlerine yazılıp silajların külde çözülmeyen NDF değerleri yüzde olarak (%) Goering ve Van Soest (1970) yöntemine göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ NDF (külde çözülmeyen)} = (D-C) \times 100 / A$$

4.4.1.7. Asit Deterjan Fiber (Lif) Analizi (ADF)

Öğütülen numunelerden yaklaşık bir gram örnek ADF (A) beherine tartılmış ve üzerine 100 ml ADF çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra geri soğutucu sistemine yerleştirilen NDF beherleri 60 dakika kaynatılarak hemen ardından darası alınan (B) gooch krozelerine (40 - 100 µm) süzülmüştür. Gooch krozeleri 105°C'de etüvde 12 saat kurutulmuş ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen gooch krozeleri tekrar tartılmıştır (C). Tartılan gooch krozeler 550-600°C'de 5-6 saat süreyle ağırlıkları sabitleninceye kadar kül fırınında (Carbolite Elf) yakılmış ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen kaplar tekrar tartılmış (D) ve elde edilen değerler aşağıdaki formülde yerlerine yazılıp silajların külde çözülmeyen ADF değerleri yüzde olarak (%) Goering ve Van Soest (1970) yöntemine göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ ADF (külde çözülmeyen)} = (D-C) \times 100 / A$$

4.4.2. Amonyak Azotu (NH₃-N) Analizi

Taze silaj örneklerinin NH₃-N analizi protein cihazının distilasyon ünitesinde (Vapodest 10 Rapid Kjeldahl Distillation Unit; Gerhardt, Königswinter, Germany) Kjeldahl (1883) metoduna göre Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu analiz için 25 gram silaj örneğinin üzerine 100 ml distile su ilave edilmiş ve mixer aracılığı ile yaklaşık 3-4 dakika karıştırılmıştır. Daha sonra sulu silaj numunesi süzgeçten geçirilmiş ve elde edilen filtrattan 10 ml alınarak distilasyon ünitesinde yaklaşık 4 dk distilasyon yapıldıktan sonra N/7'lik sülfirik asit ile titre edilmiştir (Broderick ve Kang, 1980).

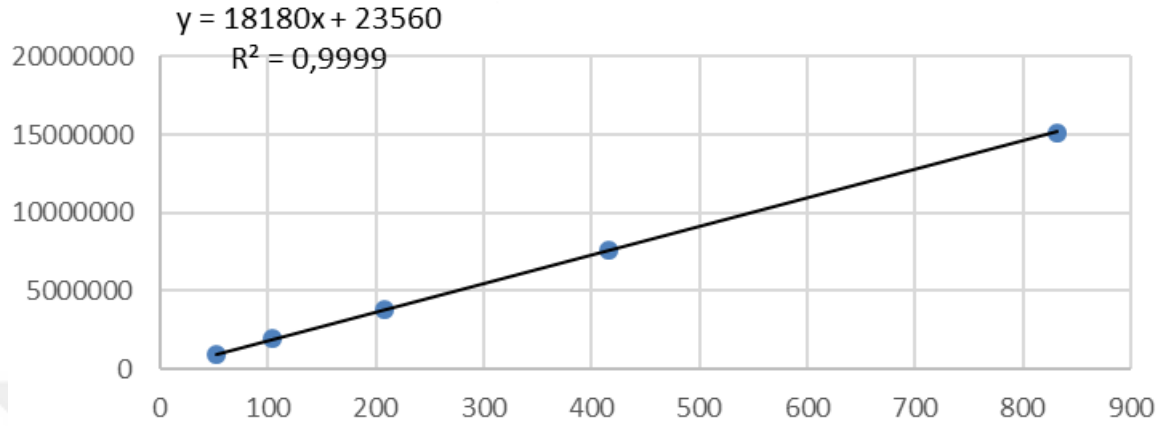
4.4.3. pH Analizi

Açılan taze silaj örneklerinden 25 gram silaj örneği alınıp üzerine 100 ml distile su ilave edilerek bir karıştırıcıda yaklaşık 3-4 dakika çalkalandıktan sonra süzgeçten geçirilmiştir. Elde edilen filtrattan 10 ml alınarak pH metre (Ecomet pH/mV/TEMP Meter p25) ile silajın pH değeri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarlarında belirlenmiştir.

4.4.4. Laktik Asit Analizi

Laktik asit konsantrasyonu, Shimadzu Prominence Marka yüksek performanslı sıvı kromatografi cihazında (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) 192 nm dalga boyunda Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında ölçülmüştür. Cihazda pompa olarak LC20 AT, dedektör olarak SPD-M20A, kolon fırını olarak CTO-10ASVp, otosampler olarak SIL 20ACHT, degasser olarak DGU-20A3R ve mobil faz olarak pH'sı ortofosfarik asitle 3'e ayarlanmış ultra saf su kullanılmıştır. Analiz için UV-VIS dedektör, kolon olarak da Interstil ODS-4 (250 mm*4,6 mm, 5 µm) kullanılmıştır. Cihazda belirleyebildiğimiz minimum derişim değeri (Gözlenebilme sınırı; Limit of Detection, LOD) 13 µg/g olarak saptanmıştır (Ni ve ark., 2017). Madde miktarındaki

değişmenin dedektör sinyalinde sebep olduğu değişmeden dolayı oluşan laktik asit kalibrasyon (çalışma) eğrisi şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Laktik aside ait kalibrasyon grafiği

4.4.5. Uçucu Yağ Asidi Analizleri

Silajda asetik asit, bütirik asit ve propiyonik asit konsantrasyonları gaz kromatografi (GC) cihazında (Agilent 7890A GC 5975C MS) Agilent J&W marka kolon (HP-FFAP 30m × 0.53 mm × 0.50 µm) kullanılarak Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında belirlenmiştir. Numunelerin kaynama sıcaklıkları farklı olduğu için kolon sıcaklığı eğimli (Gradient) olarak arttırılmıştır. Başlangıçta 0 C’de beş dakika bekletilmiş daha sonra dakikada 50 C’lik artışla 150 C dereceye ulaştığında beş dakika bekletilmiştir. Bu analizi için taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmış akış hızı 25 psi olarak ayarlanmıştır (Suzuki ve Lund, 1980).

4.4.6. Mikrobiyolojik Analizler

Çalışmada silajlar üzerinde LAB, maya ve küf yoğunluklarının saptanmasına yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 25 g’lık örnekler 225 ml peptonlu su aracılığı ile iki dakikadan az olmamak koşulu ile karıştırılıp mikroorganizmaların mümkün olduğu ölçüde materyalden ayrılması sağlanmıştır. Elde edilen stok materyalden logaritmik seride dilüsyonlar hazırlanarak bir saati aşmayan zaman zarfında ekim işlemi yapılmıştır. Süspansiyondan 0,1 ml Tempo® Yeast/Mold (Ym)

kitine Tempo Prep cihazı yardımı ile 1/400 dilüsyon aralığında ekim yapılmıştır. Örneklere ait LAB, maya ve küfler için 30°C sıcaklıkta üç günlük inkübasyon dönemlerini takiben gerçekleştirilmiştir (Seale ve ark 1990). Örneklere maya ve küf sayıları logaritma koloni oluşturan üniteye (cfu/g) çevrilmiştir. Süspansiyondan 0,1 ml Tempo® Lactic acid bacteria (LAB) kitine Tempo Prep cihazı yardımı ile 1/400 dilüsyon aralığında ekim yapılmıştır. Örneklere ait LAB, 41,5°C sıcaklıkta iki günlük inkübasyon dönemlerini takiben gerçekleştirilmiştir (Seale ve ark., 1990). Örneklere LAB sayıları logaritma koloni oluşturan üniteye (cfu/g) çevrilmiştir. Mikrobiyolojik analizler Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında yapılmıştır.

Her bir silaj örneğinden toplam Aflatoksin (B1+B2+G1+G2) için beş g örnek alınarak %70'lik metanol içerisinde karıştırılmıştır. Daha sonra tüm örnekler whatman no. 1 filtre kâğıtlarından süzülerek elde edilen süzüntü üretici firma talimatları doğrultusunda analizde kullanılmıştır. Bu amaçla 100 µl örnek ile 100 µl konjugat karıştırılmıştır. Elde edilen karışımdan 100 µl alınarak antikor içeren kuyucuklara aktarılmış ve iki dk inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra kuyucuklar beş kez distile su ile yıkanmıştır. Daha sonra her bir kuyucuğa 100 µl substrat ilave edilerek üç dk inkübe edilmiştir. Son olarak 100 µl stop solüsyonu ilave edilmiş ve 650 nm'de ELISA okuyucu ile okunarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.4.7. Aerobik Bozulma Direncine İlişkin Analizler

Silolamadan 60 gün sonra açılan silaj numuneleri yedi gün boyunca oksijene maruz bırakılmış ve Ashbell ve ark. (1991) tarafından geliştirilen yöntem ile aerobik stabilite değerleri belirlenmiştir. Aerobik stabilitenin yedinci günündeki silaj örneklerinin pH değerleri ölçülmüş ve CO₂ üretimleri saptanmıştır. Araştırmada, aerobik stabilite testinin uygulanması için bir atm ve 25°C'de 24 saatteki CO₂ geçirgenlik oranı 15-25 ml /mil/254 m olan stabil, aşınmaya dirençli gaz sızdırmaz özellikteki 1,5 L'lik polietilen (PET) şişeler kullanılmıştır. Bu test ünitesinin oluşturulması için pet şişe 1 L ve 0,5 L olmak üzere ikiye kesilmiştir. 1L'lik PET şişenin kapak kısmına hava döngüsünü sağlamak için bir cm çapında delik açılıp üzeri telle kapatılmıştır. Daha sonra 0,5 L'lik kesilen kısmın üzerine yerleştirilmiştir. 250-

300 g arasında taze silaj örnekleri, ünitenin üst kısmına sıkıştırılmadan yerleştirilmiş ve %20'lik potasyum hidroksit (KOH) çözeltisinden 100 ml ünitenin alt kısmına koyulmuştur. Hazırlanan söz konusu üniteye yedi gün süreyle bekletilmiştir. Bu sayede aerobik aktivite sonucu silaj örneklerinde oluşan ve havadan 1,5 kat daha yoğun olan CO² gazı altta çökerek tabanda tutulmuştur. Çözeltiden 10 ml alınarak 1N'lik %37'lik hidroklorik asit çözeltisiyle titre edilmiştir. (Ashbell vd., 1991).

$$CO^2 = 0,044 \times T \times V / (A \times TM \times KM)$$

T= Titrasyonda harcanan 1 N HCl asit miktarı (ml)

V= %25 KOH çözeltisinin toplam hacmi (ml)

A= Tayinde kullanılan KOH miktarı (ml)

TM= Taze materyalin ağırlığı (kg)

KM= Taze materyalin kuru madde miktarı (g/kg)



Şekil 4.3. Aerobik stabilite

4.5. İstatistik analizler

Grupları arası farklılığın önem seviyesinin belirlenmesinde One-Way ANOVA testi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklara Duncan testi ile belirlenmiştir. (Dawson and Trapp, 2001) . Sonuçlar minimum %5 hata payı ile incelenmiş ve istatistiksel analizler için SPSS 14.1 paket programından yararlanılmıştır.

5. BULGULAR

Farklı silaj katkı maddeleri ile hazırlanan yonca silajlarının (7., 14., 30. ve 60. gün) koku puanları Tablo 5.1’de verilmiştir. Buna göre 14 gün sonra açılan silaj numunelerinde, kontrol grubu koku puanı diğer gruplara göre istatistiksel bakımından önemli derecede düşük tespit edilmiştir ($P<0,05$). Laktik asit bakterisi ilave edilerek hazırlanan silajlarda ise 60. gün koku puanı diğer gruplara göre yüksek olarak bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 5.1. Farklı silaj katkı maddelerinin koku üzerine etkisi

| Grup/Gün | 7. gün | 14. gün | 30. gün | 60. gün |
|----------|------------|--------------------------|------------|---------------------------|
| K | 13,73±0,14 | 9,53 ^a ±0,73 | 12,40±0,27 | 12,00 ^{ab} ±0,74 |
| T | 13,93±0,14 | 11,86 ^b ±0,29 | 12,40±0,27 | 11,53 ^{ab} ±1,80 |
| LAB | 13,86±0,29 | 12,26 ^b ±0,72 | 12,00±0,33 | 12,93 ^{b±} ,76 |
| TLAB | 14,00±0,01 | 11,93 ^b ±1,09 | 12,26±0,27 | 10,00 ^a ±1,33 |
| P | 0,16 | 0,01 | 0,19 | 0,14 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

Farklı silaj katkı maddeleri ile hazırlanan yonca silajlarının (7., 14., 30. ve 60. gün) renk puanları Tablo 5.2’de verilmiştir. Silaj yapıldıktan 7, 14 ve 30 gün sonra açılan numuneler renk bakımından değerlendirildiğinde istatistiki bir fark gözlenmezken; 60. gün TLAB grubunda renk önemli derecede azalmıştır ($P<0,05$).

Tablo 5.2. Farklı silaj katkı maddelerinin renk üzerine etkisi

| Grup/Gün | 7. gün | 14. gün | 30. gün | 60. gün |
|----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|
| K | 1,93±0,14 | 1,80±0,44 | 1,88±0,18 | 2,00 ^{b±} ,001 |
| T | 1,93±0,14 | 1,40±0,36 | 2,00±0,01 | 2,00 ^{b±} ,001 |
| LAB | 1,93±0,14 | 1,80±0,44 | 2,00±0,01 | 2,00 ^{b±} ,001 |
| TLAB | 2,00±0,01 | 1,40±0,43 | 2,00±0,01 | 1,46 ^{a±} ,029 |
| P | 0,80 | 0,25 | 0,08 | 0,01 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

Farklı silaj katkı maddeleri ile hazırlanan yonca silajlarının (7., 14., 30. ve 60. gün) strüktür puanları Tablo 5.3’de verilmiştir. Buna göre 7 gün sonra açılan silaj

numunelerinde, TLAB grubu strüktür puanı diğer gruplara göre istatistiksel bakımından önemli derecede düşük tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Tablo 5.3. Farklı silaj katkı maddelerinin strüktür üzerine etkisi

| Grup/Gün | 7. gün | 14. gün | 30. gün | 60. gün |
|----------|-------------------------|-----------|------------|-----------|
| K | 3,86 ^b ±0,18 | 3,40±0,82 | 3,86±0,184 | 3,86±0,89 |
| T | 4,00 ^b ±0,01 | 3,53±0,38 | 4,00±,0,01 | 3,73±0,36 |
| LAB | 3,93 ^b ±0,14 | 3,60±0,54 | 3,93±,014 | 3,73±,036 |
| TLAB | 3,46 ^a ±0,29 | 3,06±0,72 | 3,86±0,18 | 3,46±0,55 |
| P | 0,02 | 0,57 | 0,45 | 0,48 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

Farklı silaj katkı maddeleri ile hazırlanan yonca silajlarının (7., 14., 30., 60. gün) toplam puanları Tablo 5.4’de verilmiştir. Silaj yapımından 60 gün sonra açılan silaj numunelerinde toplam kalite puanı sırasıyla K, T, LAB ve TLAB gruplarında 17,60; 16,73; 18,13 ve 14,26 olarak tespit edilmiştir. Laktik asit bakterisi ilave edilmiş grupta toplam kalite puanı diğer gruplara göre istatistiksel olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 5.4. Farklı silaj katkı maddelerinin toplam puan üzerine etkisi

| Grup/Gün | 7. gün | 14. gün | 30. gün | 60. gün |
|----------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|
| K | 19,53±0,29 | 14,53 ^a ±1,42 | 18,13±0,38 | 17,60 ^b ±1,16 |
| T | 19,86±0,43 | 16,86 ^{ab} ±0,14 | 18,40±0,40 | 16,73 ^{ab} ±2,61 |
| LAB | 19,73±0,18 | 17,86 ^b ±1,26 | 17,93±0,27 | 18,13 ^b ±0,80 |
| TLAB | 19,46±0,29 | 16,33 ^{ab} ±2,13 | 18,13±0,44 | 14,26 ^a ±2,04 |
| P | 0,21 | 0,02 | 0,30 | ,018 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$). Kalite sınıfları pekiyi-iyi (16-20 puan); memnuniyet verici (10-15 puan); orta (5-9 puan) ve çok kötü (0-4 puan) olarak sınıflandırılır.

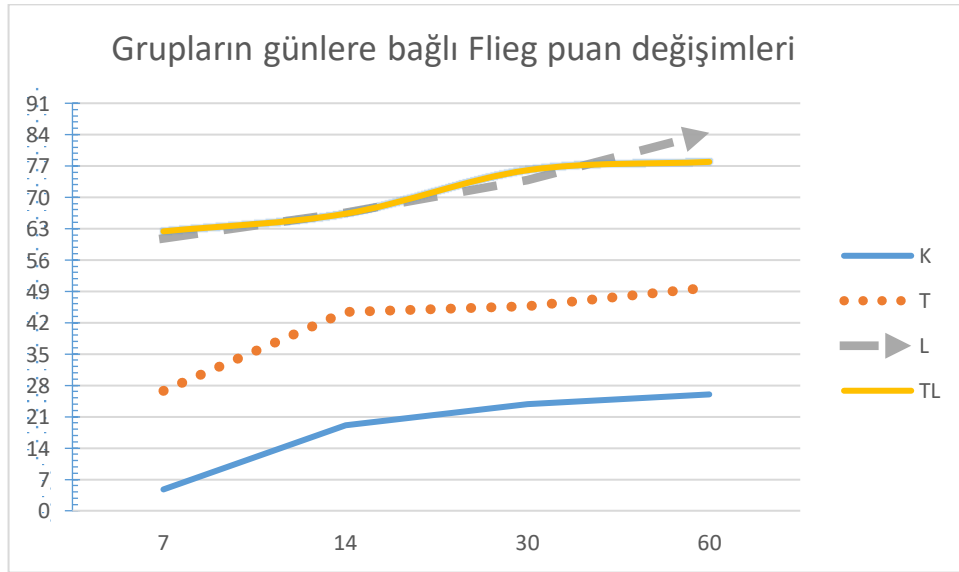
Silajların Flieg Puanına göre kalite sınıflandırması ise Tablo 5.5’de sunulmuştur. Flieg puanı, silajın kuru madde içeriği ile doğru orantılı, silajın pH değeri ile ters orantılıdır. Silaj yapımından 7 gün sonra kontrol grubunda pH değeri yüksek, kuru madde içeriği düşük saptandığı için (pH=6,07) Flieg puanı da buna paralel olarak azalma göstermiştir. Fermantasyonun 60. gününde Flieg puanı kontrol grubunda %25,98 olarak belirlenirken, T, LAB ve TLAB gruplarında sırası ile %49,86, %84,41 ve %77,91 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5.5. Silajların Flieg puanına göre sınıflandırılması

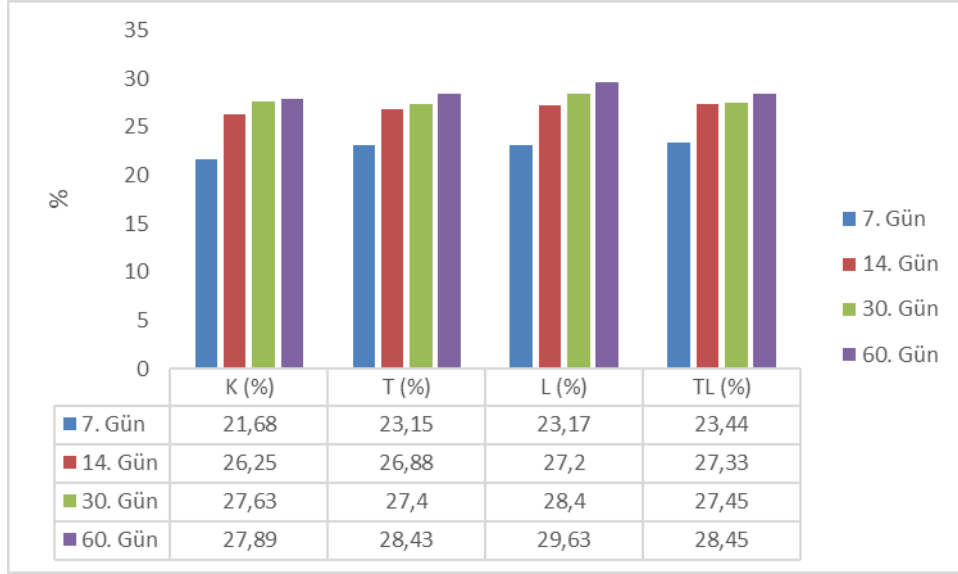
| Gruplar | 7.gün | 14. gün | 30. gün | 60. gün |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| K | 4,76 ^a ±1,10 | 19,10 ^a ±1,40 | 23,87 ^a ±1,10 | 25,98 ^a ±2,75 |
| T | 26,77 ^b ±1,32 | 44,34 ^b ±1,02 | 45,68 ^b ±4,54 | 49,86 ^b ±0,82 |
| LAB | 60,81 ^c ±1,63 | 66,50 ^c ±1,51 | 73,80 ^c ±3,95 | 84,41 ^c ±0,82 |
| TLAB | 62,39 ^c ±2,40 | 66,33 ^c ±3,06 | 76,04 ^c ±2,82 | 77,91 ^d ±1,98 |
| P | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b,c,d}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

Çalışma süresince kontrol grubunda Flieg puanı diğer gruplara göre düşük olarak seyretmiştir. Laktik asit bakterisi ve tuz ile laktik asit bakterisinin beraber ilave edildiği silajlarda Flieg puanları diğer gruplara göre deneme süresince yüksek bulunmuştur (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Grupların günlere bağlı Flieg puan değişimleri



Şekil 5.2. Günlere bağlı olarak silajların kuru madde içerikleri

Silaj yapıldıktan sonra belirlenen günlerde açılan yonca silajlarının besin madde analizleri Tablo 5.6’de verilmiştir. Günlere bağlı olarak yonca silajının kuru madde oranlarında (65°C) artış gözlenmiştir (Şekil 5.2). Yonca silajlarının 60. gün ham kül içerikleri %11,17 ile 12,01 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek ham kül oranı ise tuz ilave edilen grupta görülmüştür. Araştırma grupları ham protein içerikleri bakımından incelendiğinde, 60. günde K grubunda %21,27, T grubunda %22,68, LAB grubunda %22,97 ve TLAB grubunda %22,45 olarak hesaplanmıştır. Yonca silajının son döneminde (60. gün) ham selüloz içerikleri kontrol grubu hariç diğer gruplarda fermentasyonun 30. ve 60. günleri arasında göre oransal olarak azalma göstermiştir. Yonca silajları 60. gün NDF değerleri K, T, LAB ve TLAB gruplarında sırasıyla %38,24, %36,05, % 35,36, %37,89 olarak tespit edilmiştir. Yonca silajları ADF ve hemiselüloz bakımından incelendiğinde fermantasyonun başından itibaren tüm gruplarda yüzde olarak bu değerler azalma göstermiştir.

Tablo 5.6. Silajların ham besin madde analizleri (%)

| Besin maddeleri | Grup | Gün | | | |
|------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | 7 | 14 | 30 | 60 |
| Kuru madde 65 °C | K | 21,68 | 26,25 | 27,63 | 27,89 |
| | T | 23,15 | 26,88 | 27,40 | 28,43 |
| | LAB | 23,17 | 27,20 | 28,40 | 29,63 |
| | TLAB | 23,44 | 27,33 | 27,45 | 28,45 |
| Kuru madde 105 °C | K | 96,02 | 96,39 | 95,41 | 95,79 |
| | T | 96,19 | 94,42 | 94,99 | 94,85 |
| | LAB | 96,29 | 96,02 | 96,19 | 95,09 |
| | TLAB | 96,58 | 95,51 | 95,41 | 94,34 |
| Ham kül | K | 11,69 | 11,77 | 11,47 | 11,22 |
| | T | 12,88 | 12,47 | 12,43 | 12,01 |
| | LAB | 11,58 | 11,85 | 11,19 | 11,17 |
| | TLAB | 13,07 | 12,38 | 12,04 | 11,99 |
| Organik madde | K | 84,33 | 84,62 | 83,94 | 84,57 |
| | T | 83,31 | 81,95 | 82,56 | 82,84 |
| | LAB | 84,61 | 84,17 | 85,00 | 83,92 |
| | TLAB | 83,50 | 83,13 | 83,37 | 82,35 |
| Ham yağ | K | 9,34 | 5,03 | 3,58 | 3,84 |
| | T | 7,90 | 4,65 | 4,22 | 2,65 |
| | LAB | 8,93 | 6,53 | 4,45 | 2,84 |
| | TLAB | 7,15 | 5,45 | 3,25 | 1,65 |
| Ham protein | K | 22,60 | 22,19 | 22,15 | 21,27 |
| | T | 21,75 | 21,60 | 21,59 | 22,68 |
| | LAB | 22,26 | 22,44 | 22,86 | 22,97 |
| | TLAB | 22,33 | 22,21 | 22,32 | 22,45 |
| Ham selüloz | K | 19,77 | 19,54 | 19,56 | 19,55 |
| | T | 18,59 | 18,53 | 19,11 | 18,18 |
| | LAB | 19,07 | 18,77 | 17,63 | 17,45 |
| | TLAB | 17,64 | 17,61 | 17,49 | 17,38 |
| Nötral deterjan lif | K | 40,05 | 39,25 | 38,52 | 38,24 |
| | T | 41,26 | 41,12 | 38,52 | 36,05 |
| | LAB | 38,38 | 37,36 | 35,55 | 35,36 |
| | TLAB | 40,16 | 40,18 | 38,38 | 37,89 |
| Asit deterjan lif | K | 25,95 | 25,76 | 24,75 | 24,61 |
| | T | 22,89 | 22,84 | 20,74 | 20,19 |
| | LAB | 21,95 | 21,23 | 20,93 | 20,12 |
| | TLAB | 22,65 | 22,06 | 21,83 | 21,15 |
| Hemiselüloz | K | 14,10 | 13,91 | 13,77 | 13,63 |
| | T | 18,42 | 18,23 | 17,78 | 15,86 |
| | LAB | 16,43 | 16,13 | 14,62 | 15,24 |
| | TLAB | 18,12 | 17,51 | 16,55 | 16,74 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu.

Yapılan tüm silajların pH'sı 7. günden itibaren tüm gruplarda düşmeye başlamış (Tablo 5.7) ve gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Fermantasyonun 60. gününde pH değerleri K, T, LAB ve TLAB gruplarında sırasıyla 5,91; 5,25 ; 4,49 ve 4,59 olarak saptanmıştır.

Tablo 5.7. Silajların gruplar arası pH değerleri

| Grup/Gün | 7 | 14 | 30 | 60 |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| K | 6,07 ^a ±0,05 | 6,01 ^a ±0,7 | 5,94 ^a ±0,07 | 5,91 ^a ±,010 |
| T | 5,61 ^b ±0,23 | 5,22 ^b ±0,23 | 5,28 ^b ±0,16 | 5,25 ^c ±0,11 |
| LAB | 4,79 ^c ±0,06 | 4,78 ^c ±0,15 | 4,66 ^c ±0,12 | 4,49 ^c ±0,08 |
| TLAB | 4,78 ^c ±0,09 | 4,74 ^c ±4,74 | 4,62 ^c ±0,08 | 4,59 ^c ±0,58 |
| P | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b,c}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

Laktik asit bakteri inokulanti kullanımı yonca silajının pH değerinde belirgin bir düşüşe neden olmuştur (Tablo 5.8). Yonca silajına tuz ilavesi ile pH değeri önemli şekilde azalmıştır ($P<0,05$); ancak, bu azalış laktik asit grubundaki gibi hızlı olmamıştır. Gruplarda günlere bağlı olarak pH değeri doğrusal şekilde azalmıştır. Fermantasyonun 7. ve 60. gün pH değerleri K grubunda 6,07-5,91; T grubunda 5,61-5,25; LAB grubunda 4,79-4,49 ve TLAB grubunda 4,78-4,59 olarak saptanmıştır.

Tablo 5.8. Silajların günler arası pH değerleri

| Gün/Grup | K | T | LAB | TLAB |
|----------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 7 | 6,07 ^a ±0,05 | 5,61 ^a ±0,23 | 4,78 ^a ±0,15 | 4,74±0,10 |
| 14 | 6,01 ^{ab} ±0,7 | 5,22 ^b ±0,23 | 4,79 ^a ±0,06 | 4,78 ^a ±0,09 |
| 30 | 5,94 ^{ab} ±0,07 | 5,28 ^b ±0,16 | 4,66 ^a ±0,12 | 4,62±0,08 |
| 60 | 5,91 ^b ±,010 | 5,25 ^b ±0,11 | 4,49 ^b ±0,08 | 4,59 ^b ±0,58 |
| P | 0,02 | 0,01 | 0,001 | 0,03 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

Yapılan silajların amonyak-azotu miktarları 7 ile 60. gün arasında K, T, LAB ve TLAB gruplarında sırasıyla 109,98-36,93; 89,96-34,58; 78,64-30,70 ve 93,90-31,06 arasında değişmiş olup fermantasyonun 60. gününde amonyok-azotu miktarı rakamsal olarak en düşük laktik asit ilave edilen yonca silajında bulunmuştur (Tablo 5.9).

Tablo 5.9. Silajların gruplar arası amonyak-azotu içerikleri (NH₃-N, g/kg TN)

| Grup/Gün | 7 | 14 | 30 | 60 |
|----------|-------------|-------------|--------------------------|------------|
| K | 109,98±7,80 | 94,98±6,83 | 50,38 ^a ±3,31 | 36,93±1,92 |
| T | 89,96±12,88 | 75,91±11,09 | 47,85 ^a ±4,55 | 34,58±4,13 |
| LAB | 78,64±6,43 | 66,00±5,52 | 38,64 ^b ±3,13 | 30,70±1,85 |
| TLAB | 93,90±8,68 | 83,15±7,50 | 40,35 ^a ±0,78 | 31,06±1,61 |
| P | 0,161 | 0,114 | 0,03 | 0,303 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

Gruplarda günlere bağlı olarak NH₃-N/TN (Amonyak azotu/toplam nitrojen) oranı linear şekilde azalma göstermiştir. Fermantasyonun 60. gün amonyak-azotu miktarı fermantasyonun 7. gününe göre K grubunda %66,02; T grubunda %61,56; LAB grubunda %60,96 ve TLAB grubunda %66,90 oranında azalmıştır (Tablo 5.10).

Tablo 5.10. Silajların günlere bağlı amonyak-azotu İçerikleri (NH₃-N, g/kg TN)

| Gün/Grup | K | T | LAB | TLAB |
|----------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 7 | 109,98 ^a ±7,80 | 89,96 ^a ±12,88 | 78,64 ^a ±6,43 | 93,90 ^a ±8,68 |
| 14 | 94,98 ^a ±6,83 | 75,91 ^{ab} ±11,09 | 66,00 ^a ±5,52 | 83,15 ^a ±7,50 |
| 30 | 50,38 ^b ±3,31 | 47,85 ^{bc} ±4,55 | 38,64 ^b ±3,13 | 40,35 ^b ±0,78 |
| 60 | 36,93 ^b ±1,92 | 34,58 ^c ±4,13 | 30,70 ^b ±1,85 | 31,06 ^b ±1,61 |
| P | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b,c}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

Silolanmış yonca silajlarının organik asit analiz sonuçları Tablo 5.11’de verilmiştir. Tüm silajların asetik asit konsantrasyonları fermantasyon süresince artış göstermiş ve 6,35-24,75 g/kg KM arasında değişmiştir. Tuz ile laktik asit bakterisinin beraber ilave edildiği yonca silajında asetik asit konsantrasyonu fermantasyonun 7. gününde kontrol grubuna göre %114 daha fazla bulunmuştur. Fermantasyonun 14 ve 30. günlerinde TLAB grubunda asetik asit konsantrasyonu (14. gün: 19,63 g/kg KM; 30. gün: 20,11 g/kg KM) en yüksek seyrederken, K grubunda ise asetik asit konsantrasyonu (14. gün: 6,39 g/kg KM; 30. gün: 9,96 g/kg KM) en düşük seviyede saptanmıştır. Fermantasyonun 60. gününde asetik asit konsantrasyonları K grubunda 15,76 g/kg KM, T grubunda 21,76 g/kg KM, LAB grubunda 24,75 g/kg KM, TLAB grubunda ise 24,29 g/kg KM olarak saptanmıştır

Tablo 5.11. Silajların uçucu yağ asidi konsantrasyonları (g/kg, KM)

| % | Grup | Gün | | | |
|-----------------|------|-------|-------|-------|--------|
| | | 7 | 14 | 30 | 60 |
| Asetik asit | K | 6,35 | 6,39 | 9,96 | 15,76 |
| | T | 7,93 | 12,29 | 12,86 | 21,76 |
| | LAB | 11,58 | 14,19 | 18,57 | 24,75 |
| | TLAB | 13,68 | 19,63 | 20,11 | 24,29 |
| Propiyonik asit | K | 0,18 | 0,03 | 2,22 | 2,502 |
| | T | 0,19 | 0,22 | 0,04 | 0,01 |
| | LAB | 0,11 | 0,20 | 0,01 | 0,007 |
| | TLAB | 0,53 | 0,39 | 0,33 | 0,10 |
| Bütirik asit | K | 4,23 | 3,62 | 2,82 | 1,22 |
| | T | 0,96 | 0,92 | 0,44 | 0,35 |
| | LAB | 0,70 | 0,44 | 0,22 | 0,12 |
| | TLAB | 0,89 | 0,55 | 0,11 | 0,11 |
| Laktik asit | K | 4,46 | 24,07 | 43,98 | 63,87 |
| | T | 11,33 | 27,59 | 70,58 | 85,79 |
| | LAB | 10,25 | 71,53 | 93,72 | 103,28 |
| | TLAB | 14,13 | 47,64 | 81,83 | 91,83 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu.

Tüm silajların propiyonik asit konsantrasyonları 0,007-2,502 g/kg KM arasında değişmiş, fermantasyonun 60. gününde kontrol grubunda propiyonik asit konsantrasyonu (2,502 g/kg KM) diğer gruplara göre yüksek olarak hesaplanmıştır. Laktik asit bakterisi ilave edilen yonca silajında propiyonik asit konsantrasyonları (7. gün: 0,11 g/kg KM; 14. gün: 0,2 g/kg KM; 30. gün: 0,01 g/kg KM; 60. gün: 0,007 g/kg KM) diğer gruplara göre fermantasyonun tüm günlerinde düşük bulunmuştur.

Yonca otu silajının bütirik asit konsantrasyonu K grubunda 1,22-4,23 g/kg KM; T grubunda 0,35-0,96 g/kg KM; LAB grubunda 0,12-0,70 g/kg KM ve TLAB grubunda 0,11-0,89 g/kg KM arasında değişim göstermiştir. Laktik asit bakteri inokulant ilavesi yapılan grupta bütirik asit konsantrasyonunu (7. gün: 0,70 g/kg KM; 14. gün: 0,44 g/kg KM; 30. gün: 0,22 g/kg KM; 60. gün: 0,12 g/kg KM) kontrol grubuna göre daha (7. gün: 4,23 g/kg KM; 14. gün: 3,62 g/kg KM; 30. gün: 2,82 g/kg KM; 60. gün: 1,22 g/kg KM) düşük hesaplanmıştır. Yonca silajı yapıldıktan sonra bütirik asit konsantrasyonunu fermantasyon günleriyle doğru orantılı olarak tüm gruplarda azalma göstermiştir. Bütirik asit konsantrasyonunu fermantasyon süresince

K grubunda %71,15; T grubunda %63,54; LAB grubunda %82,85 ve TLAB grubunda %87,64 oranında azalmıştır.

Laktik asit konsantrasyonu, fermantasyonun 7., 14., 30. ve 60. günlerinde K grubunda sırasıyla 4,46; 24,07; 43,98 ve 63,87 g/kg KM olarak, T grubunda 11,33; 27,59; 70,58 ve 85,79 g/kg KM, LAB grubunda 10,25; 71,53; 93,72 ve 103,28, TLAB grubunda ise 14,13; 47,64; 81,83 ve 91,83 g/kg KM olarak hesaplanmıştır. Fermantasyonun 7. gününde laktik asit bakteri inokulantları ve tuz ile laktik asit bakteri inokulantları yonca silajlarının laktik asit konsantrasyonlarını kontrol grubuna göre sırasıyla %130 ve % 218 artırmıştır. Yonca silaj yapıldıktan sonra 14. ve 30. gün laktik asit konsantrasyonu LAB grubunda diğer gruplara göre en yüksek bulunmuştur. Fermantasyonun 60. gününde LAB grubundaki laktik asit konsantrasyonu K, T ve TLAB grubuna göre sırasıyla %61,70; %20,38 ve %12,46 artmıştır.

Tablo 5.12. Silajların mikrobiyolojik analiz sonuçları (10^6 cfu/g)

| Gün/Grup | | K | T | LAB | TLAB |
|----------|-----|--------|--------|--------|--------|
| 7 | LAB | >4,9 | >4,9 | >4,9 | >4,9 |
| | YM | >3,9 | >3,9 | >3,9 | >3,9 |
| 14 | LAB | >4,9 | >4,9 | >4,9 | >4,9 |
| | YM | =0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| 30 | LAB | >4,9 | >4,9 | >4,9 | >4,9 |
| | YM | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| 60 | LAB | >4,9 | >4,9 | >4,9 | >4,9 |
| | YM | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu; YM: Maya-Küf (Yeast- Mold)

Silolanmış yonca silajlarının mikrobiyolojik analiz sonuçları Tablo 5.9'da verilmiştir. Fermantasyonun 7. gününden sonra laktik asit bakteri sayıları tüm grupta $4,9 \log_{10}$ cfu/g'dan yüksek olarak saptanmıştır. Maya-küf sayıları ise 7. günde $3,9 \times 10^4$ 'den yüksek iken, diğer günlerde tüm gruplarda $0,01 \times 10^4$ 'den düşük bulunmuştur. İncelenen silaj örneklerinde aflatoxin saptanmamıştır.

Silajların aerobik stabilitelerine ilişkin bulgular Tablo 5.13'da verilmiştir. Araştırmada kullanılan silaj katkı maddeleri (laktik asit bakterileri ve tuz) yonca otu

silajının aerobik stabilitelesini farklı düzeylerde etkilemiştir. Yonca silajlarında CO₂ üretimi K, T, LAB ve TLAB grubunda sırasıyla 9,17; 10,53; 8,82 ve 9,03 g/kg KM, pH değerleri 5,99; 5,29; 4,80 ve 4,89 olarak saptanmıştır. Aerobik stabiliteyi belirlemek için 7 gün boyunca oksijene maruz bırakılan yonca silajlarında en düşük CO₂ üretimi laktik asit bakteri inokulantı yapılan grupta (8,82 g/kg KM), en yüksek CO₂ üretimi ise tuz ilave edilen grupta (10,53 g/kg KM) meydana gelmiştir (P<0,05). Yonca silajlarında pH değerleri LAB grubunda (pH: 4,80) en düşük, K grubunda ise en yüksek bulunmuştur (pH: 5,99). Laktik asit bakteri inokulant ilavesi aerobik dönemde pH'yı olumlu yönde düşürmüştür (P<0,05). Silajlar açıldıktan 7 gün sonra belirlenen kuru madde kaybı (%) en fazla K grubunda (%7,07), en az LAB grubunda (%3,04) oluşurken, bu kayıp CO₂ üretimi (T: 10,53; L: 8,82 g/kg KM) ile doğru orantılı olarak seyretmiştir.

Tablo 5.13. Silajların aerobik stabilite ölçüm değerleri

| Grup | pH | CO ₂ (g/kg KM) | Kuru madde kaybı (%) |
|------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| K | 5,99 ^c ±0,11 | 9,17 ^a ±0,26 | 7,07 ^{ab} ±0,89 |
| T | 5,29 ^b ±0,95 | 10,53 ^b ±0,58 | 6,48 ^b ±0,97 |
| LAB | 4,80 ^a ±0,77 | 8,82 ^a ±0,78 | 3,04 ^a ±0,28 |
| TLAB | 4,89 ^a ±0,08 | 9,03 ^a ±0,82 | 4,93 ^{ab} ±1,35 |
| P | 0,03 | 0,01 | 0,02 |

K: Kontrol grubu; T: Tuz grubu; LAB: Laktik asit bakteri grubu; TLAB: Tuz ve laktik asit bakteri grubu. ^{a,b}; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

6. TARTIŞMA

Silajda kalitenin belirlenebilmesi için uygulanabilecek en kolay fiziksel değerlendirme silajın renk, koku ve dış görünüş (strüktür) gibi parametrelerinin belirlenmesidir. Bu değerlendirme yöntemi masrafsız olması ve laboratuvar çalışması istememesinden dolayı kullanımı yaygın yöntemdir. Kaliteli silaj yeminin; açık yeşil renkte olması, kokusunun sirke asidi veya şarabi kokuda olması ve bitki doku bütünlüğünün bozulmamış (strüktür) olması arzu edilir (Uygur, 2012). Çalışmamızda tuz ve laktik asit bakteri inokulantı ilavesi ile oluşturulan silajların fiziksel değerlendirmeleri (renk, koku ve strüktür), puanları ve kalite sınıf dereceleri Tablo 5.1; 5.2; 5.3 ve 5.4’de verilmiştir. Silaj katkı maddeleri ile muamele edilen yonca otunun belirli günlerde fermantasyona maruz bırakılması sonucunda belirlenen kalite sınıfının tüm uygulamalarda “iyi” ve “çok iyi” olduğu tespit edilmiştir. Tüm deneme gruplarında yeşil renkte, aromatik ve hafif asidik kokuya sahip (kontrol grubu 14. gün hariç) , sap ve yaprak bütünlüğü bozulmamış silaj elde edilmiştir. Fermantasyonun belirli günlerinde (7., 14., 30., ve 60 gün) açılan silajların koku, renk ve strüktür açısından farklı puanlar aldığı, lakin laktik asit bakteri inokulantı ilavesi yapılan grupta toplam puanın diğer gruplara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulgular değişik doğal katkı maddelerinin (melas, arpa kırması ve peynir alt suyu) yonca silajı kalitesi üzerine yapılan araştırmanın (Acar ve Bostan, 2016) sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yonca bitkisine %1 oranında şeker ve %10 pazarlanmayan elma ilave ederek yapılan diğer silaj denemesinde (Çiftçi ve ark., 2005) koku, renk ve strüktür açısından kalite puanının “iyi” olduğu rapor edilmiştir.

Silajlar Flieg puanı bakımından değerlendirildiğinde tüm deneme gruplarında fermantasyon günlerine bağlı olarak puanlarda artış gözlenmiştir. Belirlenen günlerde açılan silajlarda deneme grupları Flieg puanı kontrol grubuna göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. Fermantasyonun 7. gün Flieg puanları K, T, LAB ve TLAB grubunda sırasıyla 4,76; 26,77; 60,81 ve 62,39 iken ($P<0,05$), 30. gün Flieg puanları 23,87; 45,68; 73,80 ve 76,04 olarak saptanmıştır ($P<0,05$). Fermantasyonun 30. gün bulgularıyla uyumlu sonuçlar elde eden Dong ve ark. (2017), yaş yonca silajına ilave edilen %1 kalsiyum propiyonatın 30. gün Flieg puanını %26,52 artırdığını rapor etmişlerdir (%1 CAP: 75,9; K: 60). Çalışmamızın 60. gün Flieg puanları ise 25,98;

49,86; 84,41 ve 77;91 olarak saptanmıştır. Yulaf ve arpa otuna (%70+%30) laktik asit bakteri inokulasyonu ilave edilerek elde edilen silajlarla yapılan bir çalışmada da (Karakozak ve Ayaşan, 2010) 45. gün Flieg puanı artmış ve bulguların tez çalışmasının sonuçları ile uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Alçiçek ve ark. (1999), silolamada yapılan hatalardan dolayı (Nişastanın az olması, HP içeriğinin yüksek olması, management hataları) düşük kuru madde içeriğine ve yüksek pH'ya sahip silajların flieg puanının azaldığını ifade etmişlerdir.

Yonca silajlarının kuru madde içerikleri (65 °C) günlere bağlı olarak linear bir artış göstermiştir (Şekil 5.2). Fermantasyonun 7. ve 60. gün kuru madde içerikleri (65 °C) K, T, LAB, TLAB gruplarında sırasıyla 21,68-27,89, 23,15-28,43, 23,17-29,63; 23,44-28,45 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde daha önceden yapılan çalışmalarda laktik asit bakteri inokulantının ayçiçeği silajının (Ozduven ve ark., 2017), pirinç samanı silajının (Kim ve ark., 2017), italyan çimi silajının (Wang ve ark., 2017), soya fasülyesi silajının (Ni ve ark., 2017), yonca silajının (Liu ve ark., 2016), kuru madde içeriklerini artırdığı bildirilmiştir. Silolanacak bitkinin kuru madde içeriğinin, fermantasyonun uzunluğunu güçlü bir şekilde etkilediği; silolama sırasında düşük kuru madde içeriğinin ve şeker miktarının, klostridial fermantasyonun şansını artırdığı ve bundan dolayı silajın kötü kaliteli olabileceği bildirilmiştir (Nkosi ve Meeske, 2010).

Silajın 105 °C kuru madde içerikleri K, T, LAB ve TLAB grubunda sırası ile %95,41-96,39; %94,42-96,19; %95,09-96,29; %94,34-96,58 arasında değişmiştir. Fermantasyonun 60. gün ham kül miktarı tuz ilave edilen yonca silajında (%12,01) en yüksek; laktik asit bakteri inokulantı ilave edilen silajda en düşük (%11,17) belirlenmiştir. Ozduven ve ark. (2009), ayçiçeği silajının fermantasyonu üzerine yaptıkları çalışmada laktik asit bakteri inokulant ilavesinin silajda ham kül miktarını düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Araştırmamızda, silaj katkı maddeleriyle yapılan yonca silajları ham protein bakımından incelendiğinde fermantasyon süresince ham protein miktarının değişmediği görülmüştür. Silajdaki ham protein miktarları katkı maddesi ilave edilmeyen yonca silajında %22,15-22,60, tuz ilave edilen yonca silajında %21,59-21,75, laktik asit bakteri inokulantı ilave edilen yonca silajında %22,26-22,97, her iki katkı maddesiyle muamele edilen yonca silajında %22,21-22,45 arasında değişmiştir. Farklı silaj katkı maddelerinin yonca silajı kalitesi üzerine etkilerini

inceledikleri benzer bir araştırmada (Liu ve ark., 2018), *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum* ve propiyonik asit ilavesi yapılan silajların ham protein oranlarının kontrol grubuna göre yüksek olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Bu durum, tanen bulunan baklagil yemlerinde ve *polyphenol oxidase/o-diphenol* (PPO) bulunan ayır glnde (red-clover) doğal olarak proteolizin daha az meydana gelmesinden kaynaklanabilir. Yemlerde bulunan farklılıklar silolama boyunca yonca gibi bazı baklagillerin proteinini korumak için de avantaj sağlayabilir. Dolayısıyla gelecekte alternatif olarak tanen ve PPO içeren bir yem katkısı hazır bulunabilir ve yonca, italyan imi ve diğer kaba yemlerde fermentasyon boyunca gerçek protein kaybı sınırlandırılabilir (Muck ve ark., 2018). Mevcut araştırmada fermentasyon boyunca (7., 14., 30. ve 60. gün) ham protein miktarları laktik asit bakteri inokulantı grubunda diğer gruplara göre daha yüksek tespit edilmiştir. Benzer alışmada (Kim ve ark., 2017) laktik asit bakteri inokulantı ile muamele edilen yonca silajlarında pH'nın azaldığı ve protein parçalanmasının önlendiği rapor edilmiştir. Dolayısıyla düşük pH'nın protein yıkımını önleyebileceği belirtilmiştir. Tuz ilave edilerek yapılan yonca silajında fermentasyonun 7. ve 60. gün ham protein değerleri ise sırası ile %21,75 ve %21,27 olarak belirlenmiştir. Fermentasyon başından sonuna doğru ham protein oranı azalarak devam etmiştir. Dong ve ark. (2017), yonca silajına kalsiyum propiyonat ilavesinin fermentasyon üzerine etkisini incelediği benzer araştırmada silolama boyunca silaj proteininin (K: %21,2 HP; CAP: %20,3 HP) yıkımlanmasını bitki ve mikrobiyel enzimler tarafından katalizlenen bir seri karmaşık biyokimyasal olay olduğunu ve kalsiyum propiyonatın mikroorganizmalar tarafından metabolize olan peptid hidrolizasyonunu (K: %18,8; CAP: %23,4) baskıladığını rapor etmişlerdir. Kalsiyum tuzu ile yapılan diğer yonca silajı çalışmasında (Yuan ve ark., 2017) fermentasyonun ilk günlerinde (1, 1,5, 2 ,3, 5, 7,14. gün) kontrol grubunda peptid nitrojenin yüksek olduğu ancak ilerleyen günlerde (30. gün) kalsiyum propiyonat ilave edilen yonca silajında peptid nitrojen miktarının arttığı bildirmişlerdir.

Silolamanın 7. gününde açılan yonca silajlarında laktik asit bakteri ilavesi yapılan grubun HS, NDF ve ADF miktarları kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Silajların hücre duvarı içerikleriyle ilgili araştırmadan elde edilen bulgular fermentasyonun 8. gün laktik asit bakteri inokulantının etkisini inceleyen

Ozduven ve ark (2017)'nin çalışması ile uyumlu bulunmuş ve araştırmacılar (Ozduven et al. 2017) silolamanın 8. gün NDF (K: %42,53, LAB: %42,56) ve ADF (K: %38,05, LAB: %37,17) miktarının LAB ilavesi ile azaldığını belirtmişlerdir.

Fermantasyon 60. gün K, T, LAB ve TLAB gruplarında sırasıyla HS içerikleri %19,55, %18,18, %17,45, %17,38; NDF içerikleri %38,24, %36,05, %35,36, %37,89; ADF içerikleri %24,61, %20,19, %20,12, %21,15 ve hemiselüloz içerikleri %13,63, %15,86, %15,24, %16,74 olarak tespit edilmiştir. Liu ve ark. (2016) yonca silajına laktik asit bakteri inokulant ilavesinin silajlarda NDF, ADF ve hemiselüloz (K: %12,28; LAB: 11,13) miktarlarını düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Laktik asit bakterileri içeren silaj katkı maddelerinin kullanımı laktik asit üretimini artırırken, pH'nın düşük kalmasını sağlar ve ayrıca proteinin parçalanmasının azalmasına neden olur (Park ve Stronge, 2013). Silajda yüksek amonyak-azotu (toplam azotun, %) fermantasyon sırasında protein fraksiyonunun büyük oranda parçalandığını gösterir. Dolayısıyla yüksek pH ve amonyak- azotu fermantasyonun zayıf olduğunun göstergesi olup bu tür silajlar kalitesiz olarak sınıflandırılabilir (Borreani ve ark., 2018). Mevcut yapılan araştırmanın sonucunda silaj katkısı yapılmayan kontrol grubunda 60. gün pH değeri ve amonyak azotu miktarı diğer gruplara göre en yüksek bulunmuştur. Laktik asit bakteri inokulantı ilavesi pH değerini ve amonyak azotu miktarını önemli derecede düşürmüştür ($P<0,05$). Yapılan benzer çalışmalarda da yonca silajına (Liu ve ark., 2016), taze pirinç samanı silajına (Kim ve ark., 2017), mısır ile sorgum silajına (Filya 2003a) soya fasulyesi silajına (Ni ve ark., 2017) laktik asit bakteri inokulasyonu pH değerini ve amonyak azotu miktarını azaltmıştır. Yonca bitkisi üzerine ilave edilen laktik asit bakteri inokulantının bakteriyosinogenik aktivitesi kuvvetli olmasından dolayı fermantasyonun ilk günlerinde pH'nın azalabileceği ve bununda bakteri gelişimi ile birlikte laktik asit miktarının artmasından dolayı kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Silva ve ark., 2016). Nitekim pH'daki hızlı iniş istenilen bir durumdur. Çünkü bozulmaya neden olan mikroorganizmalar anaerobik koşullar altında düşük pH ile inhibe edilir ve böylece kuru madde kazanımı artar (Silva ve ark., 2016). Araştırmacıların argümanları ile mevcut çalışmanın sonuçları uyum içinde olup fermantasyonun 60. gün bulguları incelendiğinde en yüksek kuru madde içeriği (K:

27,89; T: 28,43, LAB: 29,63, TLAB: 28,45) ve en düşük pH değeri (K: 5,91; T: 5,25, LAB: 4,49, TLAB: 4,59) laktik asit inokulantı ilave edilen grupta tespit edilmiştir. Diğer taraftan silajlara ait NH₃-N/TN oranlar incelendiğinde fermantasyonun başından (7. gün) itibaren sonuna doğru (60. gün) tüm gruplarda NH₃-N/TN miktarlarında linear bir azalma görülmüştür. Silolamanın 60. gün NH₃-N/TN oranları K, T, LAB ve TLAB gruplarında sırasıyla 36,93; 34,58; 30,70 ve 31,06 olarak hesaplanmıştır. Ozduven ve ark. (2017), silaja ilave edilen laktik asit bakterilerinin fermantasyon parametrelerini iyileştirdiğini, NH₃-N/TN oranını azalttığını belirtmişlerdir (K: %102,39; LAB: %53,66). Benzer şekilde Liu ve ark. (2016), erken çiçeklenme döneminde hasat edilen yoncaya ilave yaptıkları laktik asit bakterisinin yem proteinlerini korumak için önem arz eden kapasitesiye sahip olduğunu ve bu kapasiteyi pH'yı düşürerek aerobik mikroorganizmaların gelişimini engellemesine bağlamıştır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda bu bakterilerin önemli derecede proteolizi engellediğini ve protein kullanımını iyileştirdiğini vurgulamışlardır (K: %14,70; LAB: %12,53, NH₃-N/TN). Bu bulgular çalışmamızın bulgularıyla uyum içindedir.

Fermantasyon boyunca LAB, T ve TLAB grubunda pH değeri K grubuna göre düşük seyretmiştir. Fermantasyonun 7. ve 60. gün pH değerleri T grubunda 5,61-5,25; TLAB grubunda ise 4,78-4,59 olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın bulguları Koç ve ark. (1999), yaptıkları çalışmanın sonuçları ile uyum içerisinde olup araştırmacılar tuz (NaCl) ilavesinin pH (K: 3,87; T: 3,83) değerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Kısa zincirli yağ asidi tuzunun (Potasyum diformat) yonca silajına etkisi üzerine yapılan çalışmada (Yuan ve ark., 2017), 5. gün pH değerinin potasyum diformat ilave edilen yonca silajında hızlıca azaldığı belirtilmiştir. Bu azalış katkı maddelerinin asidik özelliği ile ilişkili olabilir. Bununla birlikte silolama boyunca silajın asidifikasyonunda önemli rol oynayan asitleri üretebilmek (formik, asetik, propiyonik asit) için tuzlar kolayca su ile reaksiyona girer ve iyonize olurlar (Wen ve ark., 2017). Mevcut çalışmada yapılan silajlar NH₃-N içeriği bakımından incelendiğinde silolama süresince NH₃-N/TN oranının azaldığı görülmüştür. Fermantasyonun 60. gün NH₃-N/TN miktarı K, T, LAB ve TLAB grubunda sırasıyla 36,93; 34,58; 30,70 ve 31,06 g/kg olarak tespit edilmiştir. Cai ve ark. (1997), sorgum silajı ile yaptıkları çalışmada

tuz (NaCl) ilavesinin amonyak-azotu miktarını önemli ölçüde düşürdüğünü belirtmişlerdir. Mısır-soya karışımı silajlarına tuz (NaCl) katılmasının fermantasyon kalitesi üzerine etkisini inceleyen diğer bir çalışmada (Koç ve Özduven, 1999) silajlarda NH₃-N/TN oranının tuz ilavesiyle birlikte azaldığı rapor edilmiştir.

Silajlar organik asitler bakımından incelediğinde tüm silajların asetik asit konsantrasyonları fermantasyon süresince artış göstermiş ve 6,35-24,75 g/kg KM arasında değişmiştir. Silolamanın 7., 14., 30. ve 60. gününde tuz ilave edilen yonca silajında asetik asit konsantrasyonu sırasıyla 7,93; 12,29; 12,86 ve 21,76 mg/kg KM olarak hesaplanmıştır. Silajların asetik asit konsantrasyonlarına ilişkin elde edilen bulgular Mclaughlin ve ark. (2002)'nin bildirimleriyle uyumlu bulunmuş, araştırmacılar tuz ilavesinin asetik asit düzeyini artırdığını belirtmişlerdir.

Fermantasyon süresince yonca bitkisine tuz ilavesi sonucunda oluşturulan yonca silajının asetik asit konsantrasyonu katkı yapılmayan silaja göre yüksek bulunmuştur. Çalışmamızın bulguları ile zıt bulgular elde eden Koç ve ark. (1999), mısır-soya karışımı silajına tuz ilavesinin asetik asit konsantrasyonunu rakamsal olarak azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacıların sonuçları ile benzer bulgular elde eden Cai ve ark. (1997) asetik asit konsantrasyonunun tuz ilavesi sonucunda azaldığını ifade etmişlerdir.

Diğer yandan laktik asit bakterisi ve tuz ile laktik asit bakterisinin beraber uygulandığı silaj gruplarında asetik asit konsantrasyonu kontrol grubuna göre daha yüksek belirlenmiştir. Soya fasülyesine laktik asit bakteri ilavesinin fermantasyon üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada elde edilen sonuçlar, araştırmamızın bulgularını destekler nitelikte olup, araştırmacılar silolama zamanı süresince laktik asidin asetik aside dönüştüğünü rapor etmişlerdir. Muck ve ark. (2019), mutlak homofermentatif LAB'sinin sadece hekzosları (Glikoz) fermente ettiğini ve başlıca laktik asit ürettiğini, bunun aksine mutlak heterofermentatif laktik asit bakterilerin laktik asit yanında asetik asit, etanol ve karbondioksit ürettiğini belirtmişlerdir. Çalışmanın 60. günlerinde açılan silajlar propiyonik asit ve bütirik asit konsantrasyonları bakımından incelendiğinde, silaj katkı maddelerinin rakamsal olarak propiyonik asit miktarını ve bütirik asit miktarını azalttığı belirlenmiştir.

Mevcut çalışmanın bulgularını destekleyici sonuçlar elde eden Zhang ve ark. (2009), yonca silajlarında silolamadan 90 gün sonra *L. Plantarum* 'un propiyonik asit miktarını ve bütirik asit miktarını azalttığını belirtmişlerdir. Chilson ve ark. (2016), ise homofermentatif laktik asit bakterisi ile yapılan yonca silajında eser miktarda propiyonik ve bütirik asit miktarının azaldığını belirtmişlerdir. Nitekim Meeske (2005), bütirik asit varlığının silaj kalitesini düşürdüğünü, silajın besin değerini azalttığını ve kötü kokuya sebebiyet verdiği için hayvanlar tarafından silajın isteksiz olarak tüketildiğini vurgulamışlardır. Mevcut çalışmada yonca bitkisine silaj katkı maddesi olarak katılan tuzun bütirik asit miktarını azalttığı görülmüştür. Cai ve ark. (1997), katkı yapılmayan silajda bütirik asit üreten bakteri sayısının fermantasyon ilerledikçe arttığını (2. gün: 3,23 log /cfu g⁻¹; 8. Gün: 6,89 log/cfu g⁻¹) ancak tuz ilave edilen silajda 2. günden sonra söz konusu bakteri türüne rastlamadığını vurgulamışlardır (2. gün 0,87 log/cfu g⁻¹). Wang ve ark (2017), kaliteli bir silajda pH değerinin 4,20'den az, amonyak azotu miktarının 100 g/kg'dan düşük olması gerektiğini, bununla birlikte bütirik asit konsantrasyonunun ise 10 g/kg'dan yukarı olmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Çoğu durumda bitki enzimlerinin aktivitelerini ve istenmeyen mikroorganizmaları azaltarak laktik asit üretimini artırarak kalite silaj elde edilebileceği kanıtlanmıştır (Zhang ve ark., 2009). Laktik asit bakteri inokulasyonu ile yapılan çalışmalarda (Liu ve ark., 2016; Silva ve ark., 2016; Yan ve ark., 2019) laktik asit içeriği önemli ölçüde artış göstermiştir. Çalışmamızda yonca bitkisine laktik asit bakterisi ilavesiyle oluşturulan silajlarda fermantasyonun ilerlemesiyle beraber (7. gün: 10,25; 14. gün: 71,53; 30. gün: 93,72; 60. gün: 103,28 g/kg KM) laktik asit içeriğinin de arttığı gözlenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular Zhang ve ark. (2009)'nın yaptığı çalışmanın raporu ile uyum içerisindedir (K: 20,04; LAB: 26,28 g/kg). mevcut çalışmada silaj katkı maddesi olarak kullanılan tuzun, silajda laktik asit içeriğini artırdığı tespit edilmiş ve elde edilen bulgular Cai ve ark. (1997)'nin sonuçları ile uyum içinde olup araştırmacılar tuz ilavesinin sorgum silajı laktik asit içeriğini (K: 25,36; LAB: 41,49 g/kg) artırdığını belirtmiştir. Bu çalışmanın sonuçları ile zıt bulgular elde eden Koç ve ark. (1999), tuz ilavesi sonucunda laktik asit içeriğinin azaldığını (K: 2,45; LAB: 1,89 g/kg) belirtmişlerdir.

Yonca silajlarının mikrobiyolojik analiz sonuçları bakımından incelendiğinde, fermantasyonun 7. gününden sonra laktik asit bakteri sayıları tüm grupta 4,9 log₁₀ cfu/g'dan yüksek olarak saptanmıştır. Maya-küf sayıları ise 7. günde 3,9 X 10⁴ 'den yüksek iken, diğer günlerde tüm gruplarda 0,01 X 10⁴ 'den düşük bulunmuştur. İncelenen silaj örneklerinde gruplarda aflatoksin saptanmamıştır. Filya ve ark. (2003a), yaptıkları çalışmada kullanılan laktik asit bakteri inokulantlarının fermantasyonun 2. gününden itibaren lactobacilli sayılarını önemli derecede artırdığını (K: 6,1; LAB: 8,9 log cfu g⁻¹), oluşan asidik ortamdan dolayı küf, enterobacteria (K: 2,4; LAB: 0,2 log cfu g⁻¹) ve clostridia (K: 3,0; LAB: 0,8 log cfu g⁻¹) içeriklerini önemli düzeyde azalttığını ifade etmişlerdir.

Silajlar açıldıktan sonra 7 gün süreyle oksijene maruz bırakılarak aerobik stabilite dayanıklılık testine tabi tutulmuşlardır. Silajlar aerobik stabilite bakımından incelendiğinde T grubunda pH değeri (K: 5,99; T: 5,29) K grubuna göre düşük ancak CO₂ miktarı (K: 9,17; T: 10,53 g/kg KM) yüksek bulunmuştur. Koç ve ark. (1999), silajlar açıldıktan 7 gün sonra tuz ilave edilen silajda pH değerinin (K: 6,80; T: 5,54) ve maya-küf oluşumunun (K: 7,92; T: 7,34 log₁₀ cfu g⁻¹) azaldığını ve kuru madde miktarının arttığını (K: %31,17; T: %33,63) belirtmişlerdir. Cai ve ark. (1997), 7 gün boyunca oksijene maruz bırakılan silajları pH değeri, maya oluşumu ve laktik asit üretimi bakımından incelediğinde, kontrol grubunda değerlerin stabil kaldığını ancak tuz ilavesiyle birlikte pH değerinin (K: 4,53; T: 7,21) ve maya oluşumunun arttığını ancak laktik asit içeriğinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Araştırmamızda 7 gün süre ile havanın oksijene maruz bırakılan silajlarda en düşük pH değerinin, CO₂ üretiminin ve kuru madde kaybının laktik asit bakteri inokulantı kullanılan silajlarda gerçekleştiği görülmüştür. Laktik asit bakteri inokulantlarının aerobik stabilitesi üzerindeki etkileriyle ilgili olarak araştırmadan elde edilen bulgular, benzer konuda yapılan araştırma sonuçlarıyla da uyumlu bulunmuştur (Kara, 2016; Li ve ark., 2016). Arriola ve ark. (2015), kaba yemlere uygulanan inokulantların pH değerini azaltarak fermantasyon parametlerini iyileştirdiğini böylece bozulmaya neden olan mayaların gelişiminin engellenmesi sonucu hem kuru madde kaybının azaldığını hemde aerobik stabilitenin geliştiğini rapor etmişlerdir. Yapılan bir araştırmada yonca silajına *Lactobacillus buchneri* ve *Lactobacillus*

plantarum inokulasyonunun pH değerini (K:5,47; LB: 5,10; LP: 5,13) CO₂ üretimini (K:18,03; LB: 8,25; LP: 14,45 g/kg KM) ve maya oluşumunu (K:6,36; LB: 5,49; LP: 6,03 log₁₀ cfu/g) düşürdüğünü belirtmişlerdir. Araştırmacılar laktik asit bakterilerinin aerobik stabilite üzerine etkisinin az olduğunu ancak *Lactobacillus buchneri* tarafından üretilen asetik asidin güçlü antifungal özelliğenden dolayı silajlarda aerobik stabiliteyi geliştirdiğini vurgulamışlardır.



7. SONUÇ

Araştırmada yonca silajına tuz ve laktik asit bakteri inokulant ilavesinin silaj kalitesi, fermantasyon profili ve mikrobiyel özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Buna göre;

- Fiziksel olarak incelenen silajlarda (renk, koku ve strüktür) laktik asit bakteri inokulantının silaj kalitesini artırdığı görülmüştür. Kuru madde ve pH baz alınarak hesaplanan flieg puanları bakımından incelenen silaj örneklerinde tuz ilavesinin tek başına ilavesi flieg puanını artırmazken, laktik asit bakterisinin ve tuzun beraber ilavesi sonucunda flieg puanı yüksek bulunmuştur.
- Silaj örnekleri besin maddeleri bakımından incelendiğinde, tuz ve laktik asit bakterisinin hem ayrı hemde beraber ilavesi sonucunda kuru madde içeriği (%65°C) ve ham protein içeriği (%) kontrol grubuna göre yüksek; ham yağ içeriği (%), ham selüloz içeriği (%), NDF içeriği ve ADF içeriği düşük bulunmuştur. Silaja laktik asit bakteri inokulasyonu sonucunda pH değeri ve amonyak azotu içeriği önemli derecede azalmıştır. Tuzun tek başına ilavesi ise pH değerini azaltmıştır, lakin bu azalış laktik asit bakteri inokulasyonu kadar etkin olmamıştır.
- Yine silaja tuz ilavesi sonucunda amonyak azotu içeriğini düşürmüştür ama elde edilen değerler kontrol grubuna yakın bulunmuştur.
- Silajlar uçucu yağ asidi profili bakımından incelendiğinde laktik asit bakteri inokulantı ve tuz ilavesi silajın asetik asit konsantrasyonunu artırmış, propiyonik asit ve bütirik asit konsantrasyonunu azaltmıştır.
- Silolamanın 7., 14., 30. ve 60. gününde açılan silaj örneklerinin tüm uygulamalarında laktik asit bakteri sayısında artış, maya-küf sayılarında azalış gözlenmiştir.
- Silajların aerobik stabilitelerine ilişkin bulgular incelendiğinde en düşük CO₂ üretimi laktik asit bakteri inokulantı yapılan grupta en yüksek CO₂ üretimi ise tuz ilave edilen grupta meydana gelmiştir.

Sonuç olarak tuz ve laktik asit bakterisinin beraber ve ayrı olarak silaja ilavesi sonucu silaj kalitesinin, fermentasyon profilinin ve mikrobiyel özelliklerinin olumlu etkilendiği görülmüştür. Katkı olmayan kontrol grubunda silaj kalitesinin renk, koku, strüktür bakımından iyi olduğu; ancak, fermentasyon profili bakımından katkı yapılmış silajlar kadar iyi olmadığı sonucuna varılmıştır. Özellikle 7. gün pH değeri kontrol edildiğinde laktik asit bakterisi kültürü ilave edilen grupta pH'nın hızlı olarak azaldığı tespit edilmiş ve geriye kalan sürede silajdaki fermentasyonun daha iyi olduğu kanısına varılmıştır. Elde edilen bilgilerin doğrultusunda; bu katkı maddeleri ile saha çalışmaları yapılarak katkı maddelerinin ekonomik yönünün incelenmesi gereklidir. Bu sayede daha doğru teknikler ile daha kaliteli bir yonca silajının yapılması ülkemize ve yetiştiricilerimize ekonomik katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar Z, Bostan M (2016).** Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi Değişik doğal katkı maddelerinin yonca silajının kalitesine etkilerinin belirlenmesi. *Anadolu J. Agric. Sci.*, **31**, 433–440.
- Açıkgöz E, Turgut İ, Filya İ (2011).** *Silaj bitkileri ve yapımı*. İstanbul: Hasad yayıncılık.
- Addah W, Baah J, Okine EK, McAllister TA (2015).** Effect of barley silage chop length and inoculation on growth performance, feeding behavior, and ruminal acidosis in finishing feedlot steers. *J. Anim. Sci.*, **93**, 2309–2321.
- Alçıçek A, Tarhan F, Özkan K, Adışen F (1999).** İzmir İli ve Civarında Bazı Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Yapılan Silo Yemlerinin Besin Madde İçeriği ve Silaj Kalitesinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. *Hayvansal Üret.*, **39**, 54–63.
- AOAC (1990).** *Official Methods of Analysis*. Helrich K (Ed.), USA: 69–88.
- Arriola K, Queiroz O, Romero J, Casper D, Muniz E, Hamie J, Adesogan A (2015).** Effect of microbial inoculants on the quality and aerobic stability of bermudagrass round-bale haylage. *J. Dairy Sci.*, **98**, 478–485.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Azrieli A, Hen Y, Horev B (1991).** A simple system to study the aerobic determination of silages. *Can.Agric. Eng.*, **33**, 391–395.
- Atalay Aİ (2009).** *Melas ve defneyaprağı karışımının yonca silajı yapımında kullanımı ve silaj kalitesi üzerine etkilerinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş, Türkiye.
- Bolsen K, Ashbell G, Weinberg Z (1996).** Silage fermentation and silage additives. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, **5**, 494.
- Borreani G, Tabacco E, Schmidt RJ, Holmes BJ, Muck RE (2018).** Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy Sci.*, **101**, 3952–3979.
- Broderick GA, Kang JH (1980).** Automated Simultaneous Determination of Ammonia and Total Amino Acids in Ruminal Fluid and In Vitro Media. *J. Dairy Sci.*, **63**, 64–75.
- Canbolat Ö, Kalkan H, Karaman Ş, Filya İ. (2010).** Üzüm Posasının Yonca Silajlarında Karbonhidrat Kaynağı Olarak Kullanılma Olanakları. *Kafkas Univ. Vet. Fa. Derg.* **16**, 269-276.
- Cai Y, Ohmomo S, Ogawa M, Kumai S (1997).** Effect of NaCl-tolerant lactic acid bacteria and NaCl on the fermentation characteristics and aerobic stability of silage. *J. Appl. Microbiol.*, **83**, 307–313.

Cecava M (1995). Silage and Crops for Silage. In: Perry TW, Cecava MJ. (Eds), Beef Cattle Feeding and Nutrition. San Diego, California: Academic Press Limited: 117–132.

Chilson JM, Rezamand P, Drewnoski ME, Price W, Hunt CW (2016). Effect of homofermentative lactic acid bacteria and exogenous hydrolytic enzymes on the ensiling characteristics and rumen degradability of alfalfa and corn silages. *Prof. Anim. Sci.*, **32**, 598–604.

Crampton EW, Maynard LA (1938). The Relation of Cellulose and Lignin Content to the Nutritive Value of Animal Feeds. *J. Nutr.*, **15**, 383–395.

Çaçan E, Yüksel A (2016). Çayır ve Meraların Bölgesel Kalkınma Üzerindeki Etkisi. ÜNİDAP Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı, Muş.

Çiftçi M, Çerçi İH, Dalkiliç B, Güler T, Nihat, E O (2005). Elmanın Karbonhidrat Kaynağı Olarak Yonca Silajına Katılma Olanağının Araştırılması The Investigation of Possibility of Apple As Carbohydrate Source in Alfalfa Silage. *YYÜ Vet Fak Derg*, **16**, 93–98.

Çolpan İ (2016). Kaba yemler. In: Ergün, Ş. D. Tuncer, İ. Çolpan, S. Yalçın, G. Yıldız, M. K. Küçükersan, S. Küçükersan, A. Şehu, P. Saçaklı (Eds), Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi. Ankara: Kardelen ofset: 18–48.

Dawson B, Trapp RG (2001). Basic and clinical biostatistics. 3rd ed., Lange Medical Books/ McGraw-Hill Medical Publishing Division, New York, USA, 89(2), 131-153.

Demiroğlu Topçu G, Özkan ŞS (2017). Türkiye ve Ege Bölgesi Çayır-Mera Alanları ile Yem Bitkileri Tarımına Genel Bir Bakış. *COMU J. Agric. Fac.*, 21–28.

Dong Z, Yuan X, Wen A, Desta ST, Shao T (2017). Effects of calcium propionate on the fermentation quality and aerobic stability of alfalfa silage. *Asian-Australas J Anim Sci*, **30**, 1278–1284.

Ertekin İ (2017). *Hasat öncesi laktik asit bakteri inokülasyonunun yonca silajı üzerine etkileri*. Yüksek lisans tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş, Türkiye.

Filya, Ashbell G, Hen Y, Weinberg ZG (2000). The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **88**, 39–46.

Filya I (2003). Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **103**, 85–95.

Filya I (2003)a. 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. *J. Appl. Microbiol.*, **95**, 1080–1086.

Filya İ, Sucu E (2005). Silaj Fermantasyonunda Organik Asit Kullanımı Üzerinde Araştırmalar. *Tarım Bilim. Derg.*, **11**, 1–56.

Goering HK, Van Soest PJ (1970). Forage Fiber Analyses. Agriculture Handbook No. 379, Washington, D.C.

Jianxin L, Jun G (2002). *Ensiling Crop Residues*. In: Tingshuang G, Sanchez M. (Ed.) Rome: FAO.

Kaiser E, Weiss K (1997). Fermentation process during the ensiling of green forage low in nitrate. 2. Fermentation process after supplementation of nitrate, nitrite, lactic-acid bacteria and formic acid. *Arch. Anim. Nutr.* **50**,187–200.

Kara, B, Ayhan V, Akman Z, Adıyaman E, (2009). Determination of silage quality, - herbage and hay yield of different triticale cultivars. *Asian J. Animal Veterinary Adva.*, **4**(3): 167-171.

Kara B (2016). Hasat Öncesi ve Hasat Sonrası Laktik Asit Bakteri (LAB) İlavesinin Mısır Silaj Fermantasyonu Üzerine Etkileri. *TekirdağZir. Fak. Derg.*,**13**, 92-101.

Karakozak E, Ayaşan T (2010). Değişik Yem Bitkileri ve Karışımlarından Hazırlanan Silajlarda İnokulant Kullanımının Flieg Puanı ve Ham Besin Maddeleri Üzerine Etkileri. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, **16**, 987–994.

Kim JG, Ham JS, Li YW, Park HS, Huh C, Park B (2017). Development of a new lactic acid bacterial inoculant for fresh rice straw silage. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, **30**, 950–956.

Kjeldahl J (1883). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschrift für Anal. Chemie*, **22**, 366–382.

Koç F, Özdüven ML, Yurtman İY (1999). Tuz ve Mikrobiyal Katkı Maddesi İlavesinin Mısır-Soya Karışımı Silajlarda Kalite ve Aerobik Dayanıklılık Üzerindeki Etkileri. *Hayvansal Üret.*, **39**, 64–71.

Kung L, Stokes MR, Lin CJ (2003). Silage Additives. In: Silage, science and technology. Wisconsin, USA: Agronomy monograph: 305–360.

Li Y, Wang F, Nishino N (2016). Lactic Acid Bacteria in Total Mixed Ration Silage Containing Soybean Curd Residue: Their Isolation, Identification and Ability to Inhibit Aerobic Deterioration. *J. Integr. Agric.*, **29**, 516–522.

Liu QH, Dong ZH, Shao T (2018). Effect of additives on fatty acid profile of high moisture alfalfa silage during ensiling and after exposure to air. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **236**, 29–38.

McDonald P, Henderson AR, Heron SJE (1991). *The Biochemistry of Silage*. second ed. Chalcombe Publications, Marlow, England. s. 341-342.

Mclaughlin AM, Erickson PS, Hussey JS, Reid ED, Tanguay JA, Erickson PS (2002). Case Study: NaCl Addition to the Top Layer of Corn Ensiled in Bunker Silos Recommended Citation. University of New Hampshire.

Meeske R (2005). Silage additives: Do they make a difference? *SA-Anim Sci*, **6**, 49–55.

Muck RE, Nadeau EMG, McAllister TA, Contreras-Govea FE, Santos MC, Kung L (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *J. Dairy Sci.*, **101**, 3980–4000.

Ni K, Wang F, Zhu B, Yang J, Zhou G, Pan Y, Tao Y, Zhong J (2017). Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on the microbial community and fermentation quality of soybean silage. *Bioresour. Technol.*, **238**, 706–715.

Nayigihug, V, Kellogg DW, Johnson ZB, Scott M, Anschutz KS (1995). Effects of adding levels of molasses on composition of bermudagrass (*cynodon dactylon*) silage. *J. Anim. Sci.*, **73**, 200-208

Nkosi BD, Meeske R (2010). Effects of ensiling totally mixed potato hash ration with or without a heterofermentative bacterial inoculant on silage fermentation, aerobic stability, growth performance and digestibility in lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **161**, 38–48.

NRC (2000). Nutrient Requirements of Beef Cattle. Overton J (Ed.), Washington, DC: National Academy Press.

Nsereko VL, Smiley BK, Rutherford WM, Spielbauer A, Forrester KJ, Hettinger GH, Harman EK, Harman BR (2008). Influence of inoculating forage with lactic acid bacterial strains that produce ferulate esterase on ensilage and ruminal degradation of fiber. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **145**, 122–135.

Ozduven M, Koç F, Akay V (2017). Effects of bacterial inoculants and enzymes on the fermentation, aerobic stability and in vitro organic matter digestibility characteristics of sunflower silages Article Effects of bacterial inoculants and enzymes on the fermentation, aerobic stability an. *Pakistan J. Nutr.*, **16**, 22–27.

Ozduven ML, Koç F, Polat C, Coskuntuna L (2009). The Effects of Lactic Acid Bacteria and Enzyme Mixture Inoculants on Fermentation and Nutrient Digestibility of Sunflower Silage. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, **15**, 195–199.

Özkan U, Demirbağ N (2016). Türkiyede Kaliteli Kaba Yem Kaynaklarını Mevcut Durumu. *Türk Bilim. Derlemeler Derg.*, **9**, 23–27.

Özaslan A (2017). *Mısır şurubunun yonca silajı yapımında kullanımı*. Yüksek lisans tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş, Türkiye.

Park RS, Stronge MD (2013). *Silage production and utilisation*. Wageningen Academic.

Preston RL (2016) Feed composition table. *Beef Mag.*, 16–34.

Romero J, Castillo M, Burns J (2005). Forage Conservation Techniques: Silage and Haylage Production Introduction. *North Carolina Coop. Ext. Serv.*

Seale DR, Pahlow G, Spoelstra SF, Lindgren S, Dellaglio F, Lowe JF (1990). Methods Forthe Microbiological Analysis of Silage. Proceeding of the Eurobac Conference, 147, Uppsala.

Silva VP, Pereira OG, Leandro ES, Da Silva TC, Ribeiro KG, Mantovani HC, Santos SA (2016). Effects of lactic acid bacteria with bacteriocinogenic potential on the fermentation profile and chemical composition of alfalfa silage in tropical conditions. *J. Dairy Sci.*, **99**, 1895–1902.

Stewart W (2011). Silage Production And Fertilization. *Plant Nutr.*, 1-7

Schroeter J, Klaenhammer T (2009). Genomics of lactic acid bacteria. *FEMS. Microbial Lett.* 292, 1-6.

Sun Z, Dan J, Zhang W, Zhang H (2014). Phylogenesis and Evolution of Lactic Acid Bacteria. In: Zhang H, Cai Y (Eds). *Lactic Acid Bacteria*. London: Springer: 3–29.

Suzuki M, Lund CW (1980). Improved gas-liquid chromatography for simultaneous determination of volatile fatty acids and lactic acid in silage. *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 1040–1041.

Şahin İF, Zaman M (2010). An Important Cattle Feed: SILAGE. *Doğu Coğrafya Derg.*, **23**, 1–18.

Şakalar B, Kamalak A (2016). Melaslı kuru şeker pancarı posasının yonca bitkisinin silolanmasında kullanılması. *Anadolu J. Agric. Sci.*, **31**, 157–164.

Tarım ve Orman Bakanlığı (2018). Yıllara göre yağış ortalaması. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx>. (Erişim tarihi: 02.02.2019).

Tepeli C (2014). *Laktik Asit Bakterilerinin İnokulantlarının Ayçiçeği (Helianthus annuus) Silajının Fermentasyon ve Aerobik Stabilite Özellikleri Üzerine*. Yüksek lisans tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye

Tosi H, Rodrigues LR, De A, Jobim CC (1995). Ensilagem do capim-elefante cv. mott sob diferentes tra- tamentos. *Reuni da Socie. Brasil. de Zootecn.*, **24**, 909-916.

TÜİK (2017). Yılları arasında türlere göre yeşil ot (ton) üretimi

TÜİK (2017a). Yılları göre büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı

Uygur M (2012). Silaj kalitesinin fiziksel ve kimyasal yöntemlerle belirlenmesi. Çiftçi broşürü, 127-130.

Wang S, Yuan X, Dong Z, Li J, Guo G, Bai Y (2017). Characteristics of isolated lactic acid bacteria and their effects on the silage quality. *Bioresour. Technol.*, **30**, 819–827.

Wen A, Yuan X, Wang J, Desta ST, Shao T (2017). Effects of four short-chain fatty acids or salts on dynamics of fermentation and microbial characteristics of alfalfa silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **223**, 141–148.

Yakışır Ö (2018). *Farklı Seviyelerde Melaslı KuruŞ Şeker Pancarı Posası İlavesinin Yonca Silajı Kalitesi Üzerine Etkisi.* Yüksek lisans tezi Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Van, Türkiye.

Yan Y, Li X, Guan H, Huang L, Ma X, Peng Y, Li Z, Nie G, Zhou J, Yang W, Cai Y, Zhang X (2019). Microbial community and fermentation characteristic of Italian ryegrass silage prepared with corn stover and lactic acid bacteria. *Bioresour. Technol.*, **279**, 166–173.

Yimin C, Huili P, Zhongfang T, Wang Y, Zhang J, Xu C, Jinsong Y, Yang C (2014). *Application of Lactic Acid Bacteria for Animal Production.* In: Zhang H, Cai Y (Eds.), *Lactic Acid Bacteria.* London: Springer: 443–495.

Yitbarek MB, Tamir B (2014). Silage Additives. *J. Appl. Sci.*, **4**, 258–274.

Yuan X, Wen A, Desta ST, Dong Z, Shao T (2017). Effects of four short-chain fatty acids or salts on the dynamics of nitrogen transformations and intrinsic protease activity of alfalfa silage. *J. Sci. Food Agric.*, **97**, 2759–2766.

Yüksel Ş (2011). *Anason posalarına melas ve laktik asit bakteri inokulantları ilavesinin silaj fermentasyon özellikleri ve aerobik stabilite üzerine etkileri.* Yüksek lisans tezi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye

Zhang T, Li L, Wang X, Zeng Z, Hu Y, Cui Z (2009). Effects of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on fermentation, aerobic stability, bacteria diversity and ruminal degradability of alfalfa silage. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, **25**, 965–971.

Zúñiga M, Pardo I, Ferrer S (1993). An improved medium for distinguishing between homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria. *Int. J. Food Microbiol.*, **18**, 37–42.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Salih ERGİN
Doğum Yeri ve : BURDUR/1984
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Uyruğu : T.C.
Telefon No : 0554 1125032
Elektronik Posta : zms970@hotmail.com
İletişim Adresi : İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü
Kemer/BURDUR



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lisans: Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Ziraat Mühendisliđi-Zootekni Ana Bilim Dalı(2009)

Yüksek Lisans: Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı (2017- Devam ediyor)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl (Mesleki Deneyim):

1. Ekinciler Yem Fabrikası (3 ay)
2. Ersoylar Süt Ürünleri(1 yıl)
3. Tarım ve Orman Bakanlığı (8 yıl)

