



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

**AFYON İLİNDE YAPILAN YONCA SİLAJININ HAFTALIK  
OLARAK OLGUNLAŞMA VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Veteriner Hekim Bünyamin AKTÜRK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**VETERİNER HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI  
ANABİLİM DALI**

**Dr. Öğr. Üyesi Hıdır GÜMÜŞ**

**BURDUR - 2019**

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

**AFYON İLİNDE YAPILAN YONCA SİLAJININ HAFTALIK  
OLARAK OLGUNLAŞMA VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Veteriner Hekim Bünyamin AKTÜRK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

VETERİNER 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 0548-YL-18 proje numarası ile desteklenmiştir.

**KABUL ve ONAY**

**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

*Bünyamin AKTÜRK* tarafından *Doktor Öğretim Üyesi Hıdır GÜMÜŞ* yönetiminde hazırlanan "*Afyon ilinde yapılan yonca silajının haftalık olarak olgunlaşma ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*" 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 ile kabul edilmiştir.

**Tez Savunma Sınavı Tarihi**  
11/07/2019

(İmza)

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

(İmza)

Doç. Dr. İ. Sadi ÇETİNGÜL  
AKÜ Veteriner Fakültesi  
Hayvan Besleme ve Beslenme  
Hastalıkları AD

**Jüri**

(İmza)

Dr. Öğr. 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 09/08/2019 Tarih ve 31....sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

(İmza)

Prof. Dr. Mustafa Doğa TEMİZSOYLU  
Müdür  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



## TEŞEKKÜR

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalında yürüttüğüm yüksek lisans çalışmam süresince bana her konuda destek veren, yardım ve tavsiyelerini esirgemeyen gündüz-gece, hafta içi-hafta sonu her zaman ve her koşulda yol gösteren 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, içtenliği ile engin bilgilerini ve tecrübelerini aktaran Sayın Prof. Dr. Mustafa Numan OĞUZ'a, tezimin deneysel ve laboratuvar aşamasında büyük desteklerini gördüğüm Doktor Araştırma Görevlisi Eren KUTER'e yardımlarını ve desteğini esirgemeyen Doktor Öğretim Üyesi Kadir Emre BUĞDAYCI'ya ve tezimindeneyysel ve laboratuvar aşamasında oldukça çok yardımı ve emeği olan Doktora Öğrencisi Merve ARITULUK'a, hayatımda en büyük katkısı olan dünümde, bugünümde yanımda olan ve yarınımda da yanımda olacağını bildiğim, her an her yerde beni destekleyen annem Mukaddes AKTÜRK'e, bana hayat tecrübeleri ile hep yol göstererek bu günlerime ulaşmamı sağlayan dayım Bilal ÇELİKEL ve abim Osman DUMAN'a teşekkürlerimi boynumun borcu bilirim.

Ayrıca bu çalışmayı destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje komisyonuna teşekkür ederim (Proje No: 0548-YL-18).

## ETİK BEYAN

*“Afyon ilinde yapılan yonca silajının haftalık olarak olgunlaşma ve kalite özelliklerinin belirlenmesi”* 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 yazıldığını beyan ederim.

Veteriner Hekim Bünyamin AKTÜRK

11.07.2019



## 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
2. SİLAJ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	4
3. SİLAJ KATKI MADDELERİ	10
3.1. Biyolojik Katkılar	11
3.1.1. Mikrobiyel İnokulantlar	12
3.1.1.1. Mutlak Homofermentatif Laktik Asit Bakterileri	13
3.1.1.2. Mutlak Heterofermentatif Laktik Asit Bakterileri	14
4. GEREÇ VE YÖNTEM	18
4.1. Yonca Bitkisinin Ekimi, Biçimi ve Depolama Aşaması	18
4.2. Numune Alma Aşaması	19
4.3. Fiziksel Analizler	19
4.4. Besin Madde Kompozisyonu Analizleri	20
4.4.1. Ham Besin Madde Analizleri	20
4.4.1.1. Kuru Madde (KM) Analizi	21
4.4.1.2. Ham Kül (HK) Analizi	21
4.4.1.3. Ham Protein (HP) Analizi	21
4.4.1.4. Ham Selüloz (HS) Analizi	22
4.4.1.5. Ham Yağ (HY) Analizi	22
4.4.1.6. Nötral Deterjan Fiber Analizi (NDF)	23
4.4.1.7. Asit Deterjan Fiber Analizi (ADF)	23
4.5. Amonyak Azotu (NH <sub>3</sub> N) Analizi	24
4.6. pH Analizi	24
4.7. Laktik Asit Analizi	25
4.8. Uçucu Yağ Asidi (UYA) Analizleri	26
4.9. Nispi Yem Değeri (NYD) Özellikleri	26
4.10. İstatistiksel Analizler	27
5. BULGULAR	28
6. TARTIŞMA	34
7. SONUÇ	39
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	46

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1.	Silajın fermentasyon aşamaları	6
Şekil 4.1.	Tamburlu çayır ot biçme makinesi	18
Şekil 4.2.	Laktik aside ait kalibrasyon grafiği	25
Şekil 5.1.	Yonca silajının haftalık asit deterjan fiber (ADF) ve sindirilebilir kuru madde (SKM) değerleri	32
Şekil 5.2.	Yonca silajlarının haftalık nötral deterjan fiber (NDF) ve kuru madde tüketim (KMT) değerleri	32
Şekil 5.3.	Yonca silajlarının haftalık olarak nispi yem değeri (NYD) değerleri	33



## TABLolar

<b>Tablo 2.1</b>	Farklı yem bitkileriden yapılan silajlarda görülen fermantasyon son ürünleri	<b>7</b>
<b>Tablo 2.2.</b>	Silaj olarak kapatılacak temel mahsül için hasat zamanı ve kuru madde tavsiyeleri	<b>8</b>
<b>Tablo 2.3.</b>	İyi ve kötü yönetim altında yapılan silajlardaki kuru madde (%) kayıpları	<b>9</b>
<b>Tablo 3.1.</b>	Silaj katkı maddeleri	<b>11</b>
<b>Tablo 3.2.</b>	Silolama süresince laktik asit bakterisi fermantasyon ürünleri	<b>15</b>
<b>Tablo 4.1.</b>	Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (DLG) puan sistemi	<b>20</b>
<b>Tablo 4.2.</b>	Flieg puanları ve kalite derecesi	<b>20</b>
<b>Tablo 4.3.</b>	Yem bitkilerinde NYD değerleri	<b>26</b>
<b>Tablo 5.1.</b>	Yonca silajının haftalara göre koku, renk, strüktür ve toplam puanları	<b>28</b>
<b>Tablo 5.2.</b>	Yonca silajının haftalara göre pH değerleri, Flieg Puanı ve amonyok azotu NH <sub>3</sub> -N (%) içerikleri	<b>29</b>
<b>Tablo 5.3.</b>	Yonca silajının haftalara göre besin madde içerikleri (% , KM)	<b>30</b>
<b>Tablo 5.4.</b>	Yonca silajının haftalara organik asit içerikleri (% , KM)	<b>31</b>



## SİMGELER ve KISALTMALAR

<b>ADF</b>	Asit deterjan fiber (lif)
<b>BBHB</b>	Büyükbaş hayvan birimi
<b>BK</b>	Buffer (Tampon) kapasite
<b>CFU</b>	Colony-forming unit
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>DLG</b>	DeutscheLandwirtschafts-Gesellschaft
<b>FK</b>	Fermentasyon Katsayısı
<b>GC</b>	Guanin-sitozin
<b>HES</b>	Hemiselüloz
<b>HetLAB</b>	Heterofermentatif laktik asit bakterisi
<b>HK</b>	Ham kül
<b>HomLAB</b>	Homofermentatif laktik asit bakterisi
<b>HP</b>	Ham protein
<b>HS</b>	Ham selüloz
<b>HY</b>	Ham yağ
<b>KM</b>	Kuru madde
<b>KMT</b>	Kuru madde tüketimi
<b>LA</b>	Laktik asit
<b>LAB</b>	Laktik asit bakterisi
<b>ME</b>	Metabolik enerji
<b>MK</b>	Maya-küf
<b>NDF</b>	Nötral deterjan fiber (lif)
<b>NFC</b>	Non fiber karbonhidrat
<b>NFE</b>	Nitrojen free extract
<b>NH<sub>3</sub>-N</b>	Amonyak azotu
<b>NYD</b>	Nispi yem değeri
<b>OM</b>	Organik madde
<b>Ph</b>	Power of hidrojen
<b>SÇK</b>	Suda çözünebilir karbonhidrat
<b>SKM</b>	Sindirilebilir kuru madde
<b>TN</b>	Toplam nitrojen
<b>TÜİK</b>	Türkiye istatistik kurumu
<b>UYA</b>	Uçucu yağ asitleri

## ÖZET

### Afyon İlinde Yapılan Yonca Silajının Haftalık Olarak Olgunlaşma ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu araştırmada; Afyon ilinde yapılan yonca silajının haftalık olarak olgunlaşma ve kalite özelliklerinin belirlenmesi incelenmiştir. Bu amaçla yonca bitkisinden yapılan silaj, paketlenildikten sonra 7 hafta boyunca açılmıştır. Her hafta üç farklı silaj paketinden numune alınmış ve analiz edilmiştir. Silaj numunelerinin fiziksel analizleri (DLG puanı, Flieg puanı) ham besin madde analizleri (kuru madde, ham kül, organik madde, ham protein, ham selüloz, ham yağ, asit deterjan fiber, nötral deterjan fiber), amonyak-azotu analizi, pH analizi ve uçuya asidi analizleri yapılmıştır. Buna göre birinci haftadan itibaren koku, renk, strüktür ve toplam puanları doğru orantılı olarak önemli düzeyde artış gözlenmiştir. Silaj kalitesinin 7. günde 'orta' ; 14 ile 42. günler arasında 'iyi'; 49. gün 'pekiyi' nitelikli olduğu tespit edilmiştir. Haftalık olarak silajların kuru madde (65 °C) miktarında, NH<sub>3</sub>-N içeriğinde ve Flieg puanında artış; pH değerinde azalma gözlenmiştir. Yonca silajları haftalara göre organik madde içeriği bakımından incelendiğinde birinci haftadan itibaren bir artış söz konusu olurken HS, HP ve HY içerikleri haftalar boyunca azalma göstermiştir. Sialjelerde asetik asit miktarının arttığı, propiyonik asit ile bütirik asit miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Laktik asit miktarı fermentasyonun 35. gününde önemli derece artış göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fermentasyon özellikleri, laktik asit bakterisi, yonca silajı

## ABSTRACT

### **The Determination of Maturation And Quality Properties of Alfalfa Silage in Afyon Province**

In this study was to investigate the determination of maturation and quality properties of alfalfa silage in Afyon province. For this purpose, after packing silage of alfalfa silage was opened during the 7 weeks. Weekly, the sample was taken from three different silage package and analyzed. Physically (DLG, Flieg point), nutritional value (Dry matter, crude ash, organic matter, crude protein, crude fiber, ether extract, acid detergent fiber, nötral detergent fiber) ammonia, pH and volatile fatty acids of silage sample was analyzed weekly. Smell, color, structure and total point was significantly increased linearly beginning from the first week. Silage quality was determined medium at 7<sup>th</sup> day; good between 14<sup>th</sup> and 42<sup>th</sup> days; excellent at 49<sup>th</sup> day. Dry matter (65 °C), NH<sub>3</sub>-N content and Flieg point was increased and pH was decreased. Organic matter was increased beginning from the first week and crude fiber, crude protein and crude ash was decreased. The increment acetic acid and the decreasing propionic acid and butyric acid was observed in the silage. Lactic acid was significantly increased at fermentation 35<sup>th</sup> day.

**Keywords:** Fermentation properties, lactic acid bacteria, alfalfa silage

## 1. GİRİŞ

Sığırları beslemenin en yaygın ve en ekonomik yolu olan otlama, değişken iklim ve coğrafik koşullar nedeniyle tüm yıl boyunca yapılamamaktadır. Çiftlik hayvanlarında otlakların uygunluğu mevsimlere bağlı olmakla beraber bitkilerin gelişimini etkileyen faktörler (örn; sıcaklık, ışık alma, yağış miktarı) her sezon için farklıdır (Doonan ve ark., 2004). Bazı sezonlarında ekolojik sebeplerden dolayı bitkisel üretimin içerisinde kaliteli kaba yem üretimi mümkün olmamakta, bundan dolayı yılın bu sezonlarında hayvanlar kaliteli kaba yemlerle beslenememekte, böylece hem hayvansal üretimin veriminde ve hem de kalitesinde düşüşler gözlenmektedir. Sıcak ve nemli iklimli tropik bölgelerde iyi kalitede kuru ot üretmek, yüksek nem ve sık sık yağış miktarı nedeniyle zordur. Bu bağlamda, silolama kaba yem korunmasında önemli bir metottur (Adesogan, 2009; Chiba ve ark., 2005).

Söz konusu kaba yemlerden halk arasında da yem bitkileri içerisinde kraliçe ünvanına sahip olan yonca çok yıllık bir yem bitkisi olup kökleri 8-10 metre derinliğe kadar ulaşabilir. Boy uzunluğu 60-100 cm arasında değişen yonca ekildikten sonra yedi yıla kadar yetişebilir. Yonca hasat zamanına çiçeklenme oranı yardımı ile karar verilir ve gerek içerisinde bulunan etkin besin maddelerinden iyi yararlanma gerekse de yapraklarından en iyi biçimde yararlanma olacak şekilde biçim zamanı 1/10 çiçeklenmenin olduğu zaman olarak tespit edilmiştir. Hasat edildikten sonra 6-8 hafta gibi kısa bir sürede tekrar büyüyebilme özelliğine sahip olan yoncada tam çiçeklenme olduğunda içerdiği karoten miktarının en yüksek seviyeye (250-550 mg/kg) ulaştığı görülmüştür (Çolpan,2016). Kalitesi iyi olarak adlandırılan bir yoncanın 50 mg/kg beta-karoten ve 650-2200 IU/kg D vitamini içermesi beklenir. Yeni biçilmiş olan yonca çevre şartlarına göre değişmekle birlikte ortalama %70-80 su ihtiva ederken bu oran zaman geçtikçe %25 e kadar düşer (Çolpan, 2016). Karoten, tokoferol, menadion bakımından oldukça zengin olan yoncanın minimum 10 civarında vitamin içerdiği bilinmektedir. Yonca sulanabilir olan, iyi drenajlı, nötr ve verimli topraklarda toprak seçiciliği olmayan iyi ve kolay bir şekilde yetişen bir yem bitkisidir.

Yoncanın ekim zamanı olarak genellikle sonbahar mevsiminde Ekim ve Kasım ayları, ilkbahar mevsiminde ise Mart ve Nisan ayları seçilmektedir (Özpınar ve ark., 2018). Ekim yapılırken 1-2 kg/da tohum miktarı yeterli olur. Sert toprak tipinde ekim

yapılırken yüzeysel olmalı; yumuşak toprak tipinde ise derin seviyede olmalı ancak bu derinlik seviyesi 1,5 cm'yi geçmemelidir (Özpınar ve ark., 2018). Yetiştirilmesi sırasında azotlu gübreye çok ihtiyaç gerekmez ancak sulanabilen arazide 2-5 kg/da N ve 10-15 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vermek yeterli olacaktır (Özpınar ve ark., 2018).

Yoncayı iyi bir biçimde kurutabilmek için gerekli olan çevre ve iklim şartları olmaması sebebi ile biçimden sonra yoncayı yaprak bakımından kayıp vermeden kurutmak oldukça zor bir durumdur. 2018 yılı ülkemizin yağış rejimi normale göre %17 oranında, 2017 yılında ise %100 oranından fazla artış olmuştur (Anonim, 2018). Bu etkenler sebebi ile yonca silajı yapmak ve kullanmak yoncayı kurutmaya göre daha avantajlı ve mantıklı duruma gelmiştir. Ülkemizde yonca daha çok kuru ot şeklinde kullanımı tercih edilmekte fakat bu şekilde de biçimden sonra kurutma esnasında yaprak kaybı çok olmaktadır. Yoncanın silaj şeklinde kullanımı tercih edilirse tam tersine herhangi bir besin değeri kaybı olmamaktadır (Çiftçi ve ark., 2005). İçerisinde protein ve mineral düzeyi yüksek olan suda çözünebilir karbonhidrat düzeyi düşük olan yem bitkilerinin silolanarak saklanabilmesi zordur. Bu sebepten ötürü birtakım katkı malzemeleri ilave edilebilir (Şakalar ve Kamalar, 2016). Yonca silajı yapımında elma, üzüm posası gibi maddeler ve suda çözünebilir şeker de kullanılmış olup (Canbolat ve ark., 2010; Çiftçi ve ark., 2005), bunların yanında meyve suyu, bira maltı gibi yan ürünler de kullanılabilir (Açıkgöz ve ark., 2011).

Hayvanların beslenme düzeni, tükettikleri hammaddeler, yemlerin kalitesi söz konusu hayvanlardan elde edilen et ve süt gibi ürünlerin verimliliği ve kalitesini etkilemektedir. Hayvanlardan iyi et ve süt üretimi gerçekleştirmek ve besleme maliyetlerini azaltmak için, yılın tüm sezonlarında kaba yemleri beslemede kullanmak gerekir. Zira besleme maliyeti işletmelerde toplam maliyete göre %50-70 olması ile en büyük maliyeti oluşturur. Hayvanlarımızdan elde edilen et süt gibi ürünlerin verimlerini artırmada etkili yollardan bir tanesi rasyondaki iyi kaliteli kaba yem eksikliğinin giderilmesidir. Geçtiğimiz yıllarda besleme maliyetlerinin oldukça yüksek miktarda artması bunun karşılığında et ve süt fiyatlarının beklenen kadar artmaması işletmelerin karlılıklarını ciddi oranda düşürmüştür. Rasyona iyi kalitede kaba yem ilavesi yapmak suretiyle maliyeti bir miktar düşürmek işletmelerin sırtındaki yükü biraz olsun azaltacaktır. İlave olarak devletin hayvansal ve bitkisel üretime destek planlama yönetimlerinde artması tarımda iyi kalitede kaba yem üretimini ve

hayvancılıktada iyi kalitede kaba yem tüketimini sağlayacaktır (Demirođlu Topçu ve Özkan, 2017; Sarıçiçek ve ark., 2002).

Bu araştırmanın amacı; Afyon ilinde yapılan yonca silajının haftalık olarak olgunlaşma ve kalite özelliklerinin belirlenmesidir.



## 2. SİLAJ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Chiba ve ark. (2005)'ya göre silaj, silo içinde doğranmış mahsulün hava geçirmez halde tutulmasıyla yapılır. Mahsüller iyi besleme değerlerinde ve uygun nem içeriğinde belirli uzunluklarda hasat edilir ve parçalanır daha sonra uygun yoğunluktave ağırlıkta paketlenir ve paketlerin ağızları mühürlenir. Kaba yem patiküllerinin silaj olarak korunması, anaerobik ortama bağlı olmakla beraber ortamda laktik asit fermentasyonu sonucu pH azalır.

Silolama süreci, dört ana faza ayrılmıştır (Pahlow ve ark., 2003):

Birinci aşama aerobik faz; hasattan oksijen tükenmesine kadar olan fazdır. Bu faz; fakültatif aerobik mikroorganizmaların ve tüm obligatların aktivitesinin bitkideki bütün oksijeni tüketmesiyle karakterizedir. Bununla beraber, proteazlar ve karbonhidrazlar gibi bitki enzimleri bu fazda hala aktiftir. Bu fazın kısa olması gerekir, çünkü ısının açığa çıkması ile birlikte şekerler karbondioksit ve suya dönüşür. Kuru madde kayıplarının şekillenmesi ve Maillard ürünlerinin artması silaj kalitesinin azaldığını gösterir. Bu fazda antimikrobiyel etki yarattığı için CO<sub>2</sub>, hidrojen peroksit ve diğer bileşikler önem arz eder (Pahlow ve ark., 2003).

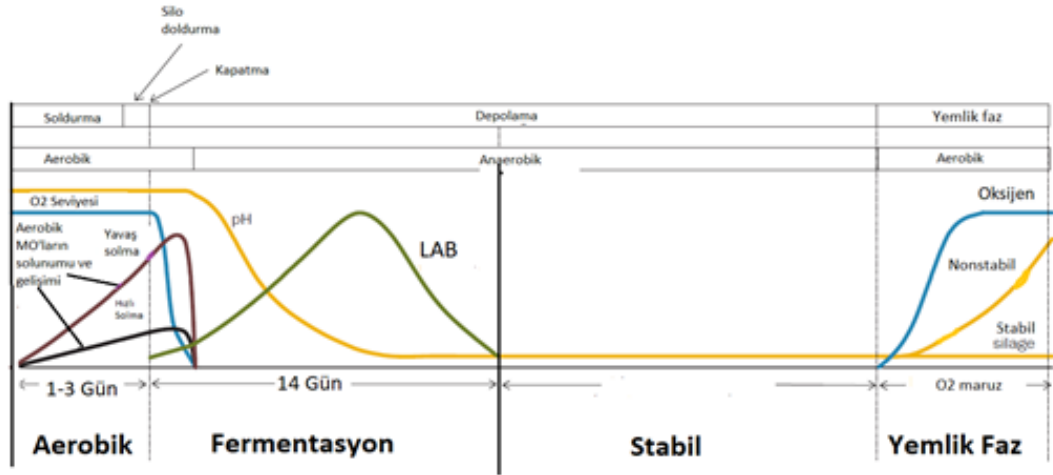
İkinci aşama olan ana fermentasyon aşaması, fakültatif ve zorunlu anaerobik mikroorganizmaların hızlı gelişimini takiben başlar. Substrat için enterobakteriler, clostridia ile mayalar gibi arzu edilmeyen mikroorganizmalar ve arzu edilen laktik asit bakterileri rekabet halindedir. Genellikle silajla ilişkili olan LAB'nin başlıca türleri *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* ve *Weissella*'dır. Bu fazda, Enterobakteriyel ve Clostridial sekonder fermentasyonların ortadan kaybolmasıyla birlikte laktik asit üretiminin artışı ve pH oranının düşüşü birbiriyle ilişkilidir. Enterobacteria türlerin çoğu pH 5 değerinin altında inaktif olup en iyi 6-7 pH değerinde gelişim gösterirler (McDonald ve ark., 1991). Silajda iyi bir fermentasyon elde edilmesi, silajın kuru madde içeriği (300–500 g/kg taze mahsul) suda çözünebilir karbonhidrat miktarı (60-120 g/kg kuru madde) ve tamponlama kapasitesi gibi materyalin özelliklerine bağlıdır. Bununla birlikte hasatın

hızı, silajın yayılması sıkıştırılması ve silajın uzunluğu mahsuldeki besin içeriğinin başarılı bir şekilde saklanmasında önemli rol oynayacaktır (McDonald ve ark., 1991).

Üçüncü aşama olan stabil fazda istenilen asidik ve oksijensiz ortam oluşmuştur. Bu fazda mikroorganizmaların aktivitesi önemli ölçüde azalır; sadece, aside toleranslı enzimler karbonhidratların ve proteinlerin hidrolizini yavaş olarak devam ettirirler. Silolanmış yemin son pH değeri silolama yapılan mahsule bağlıdır. Stabil faz boyunca silaj kalitesini etkileyen faktör silonun hava geçirgenliği ile ilişkilidir (Bolsen ve ark., 1996). Teorik olarak, eğer ideal koşullar sağlanırsa silaj süresiz olarak depolanabilir, çünkü kayıplar minimumdur. Ancak, çiftlikte genellikle en fazla 1 yıl veya bir sonraki hasat mevsimine kadar saklanır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde, çiftçiler silajı daha uzun dönemler depolayabilir (Bolsen ve ark., 1996).

Yemlik faz kısmı çok kritiktir, bunun sebebi ise istenmeyen mikroorganizmaların oksijen varlığında silodaki silajı stabil halini getiren (laktik asit) bileşikleri tüketmesi sonucunda, silaj kalitesini düşüren birçok bileşiklerin üretilmesidir. Silajın fermentasyon aşamaları Şekil 2.1. de gösterilmiştir. Yüksek laktik asit içeriğine sahip ve iyi fermente olmuş silajaerobik bozulmaya duyarlıdır. Küfler, mayalar ve asetik asit bakterileri; şekerleri, asitleri tüketirken ısı meydana gelir ve silajın kimyasal kompozisyonunda önemli derecede değişimlere sebebiyet verir. Bu sırada yükselen pH ile birlikte diğer mikroorganizmaların inhibisyonu söz konusu olup silajda büyük bir bozulma oluşabilir. İstenmeyen mayalar ve bakterilerinin sayısı  $10^7$ - $10^8$  cfu/g, küflerin sayısı  $10^6$ - $10^7$  cfu/g ulaştığında, silaj ısınmaya başlar ve şeker gibi sindirilebilir bileşenler ve fermentasyon ürünleri hızlıca kaybolur (Bolsen ve ark., 1996). Normal olarak, silaj 30-40 saat boyunca hava ile temas maruz kaldığında stabil kalabilir, ancak bu çevre koşullarına ve silaj özelliklerine bağlıdır (Bolsen ve ark., 1996).





**Şekil 2.1.** Silajın fermentasyon aşamaları (Pahlow ve ark., 2003).

Silajda fermentasyonun çeşidi; çevre koşullarına, mikroorganizma türlerine ve uygun substrata bağlıdır. LAB, heksozu laktik aside fermente edebilmek için iki yol kullanır. Enerjiyi korumanın en etkili yolu, yalnızca laktik asit (>% 85) üreten zorunlu homofermantatif laktik asit bakterileridir. Fakültatif heterofermantatif laktik asit bakterileri aldoloz ve fosfo-ketoloz enzimlerinin ikisinde sahip oldukları için pentozları fermente edebilme yeteneğine sahiptirler. Zorunlu heterofermantatif laktik asit bakterileri heksoz fermentasyonu sırasında laktik asit, asetik asit ve etanolün yanı sıra CO<sub>2</sub>'de ürettikleri için kuru madde kayıpları meydana gelir (Pahlow ve ark., 2003). Asetat veya etanol üretimi fermentasyon substratına bağlıdır; eğer fermentasyon substratı heksoz ise, son ürün asetik asittir, eğer pentoz ise, son ürün etanoldür (McDonald ve ark., 1991). Heterolaktik yol kuru madde kaybına neden olmasına rağmen, asetik asit konsantrasyonunun artması silajın aerobik stabilitesinin gelişimine yardım eder, çünkü asetik asit fermentasyon aşamalarından olan yemlik faz boyunca mayaların aktivitelerini inhibe eder (Kleinschmit ve Kung, 2006).

**Tablo 2.1.** Farklı yem bitkilerinden yapılan silajlarda görülen fermantasyon son ürünleri (Kung, 2010).

Son ürünler	Yonca %32,5 KM	Yonca %50 KM	Çim %30 KM	Mısır %37,5 KM	Nemli Mısır %75 KM
pH	4.3-4.5	4.7-5.0	4.3-4.7	3.7-4.2	4.0-4.5
Laktik asit	7.0-8.0	2.0-4.0	6.0-10.0	4.0-7.0	0.5-2.0
Asetik asit	2.0-3.0	0.5-2.0	1.0-3.0	1.0-3.0	<0.5
Propiyonik asit	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Butirik asit	<0.5	0	<0.5	0	0
Etanol	0.5-1.0	0.5	0.5-1.0	1.0-3.0	0.2-2.0
NH <sub>3</sub> -N <sup>1</sup>	10.0-15.0	<12	8.0-12.0	5.0-7.0	<10.0

<sup>1</sup>% Toplam Nitrojen

Farklı yem maddelerinden yapılan silajlarda yaygın görülen fermantasyon son ürünleri farklılık gösterir (Tablo 2.1). Asidifikasyonun hızlı ve yeterli olmadığında ve/veya yüksek nem içerikli silajlarda, istenmeyen ikincil fermantasyonlar, LAB ile diğer mikroorganizmalar besinler için rekabet halinde olabilirler (Kung, 2010). Enterobakteriyel fermantasyon yolu, heterofermentatif LAB ile hemen hemen aynıdır ve söz konusu bakteriler de glikozu fermente ederek asetik asit, formik asit ve alkol üretirler (Kung, 2010). Buna ek olarak, enterobakteriler amino asitleri dekarboksile ve deamine edebilir ve NO<sub>3</sub>'ü azaltabilir (Kung, 2010).

Enerjilerini karbonhidratlar ve proteinler gibi organik bileşiklerden elde eden ve bu sırada butirik asit, asetik asit, propiyonik asit, etanol, biyojenik amin ve CO<sub>2</sub> üretimine neden olan istenmeyen diğer fermantasyon ise klostridial fermantasyondur (Pahlow ve ark., 2003). Bu işlemler silaj kalitesinin düşmesine neden olur aynı zamanda kuru madde kazancının düşmesi nedeniyle üretim maliyetleri de artış gösterir. Bunun yanında *Propionio bacterium*'lar glikoz, fruktoz, gliserol, laktat, laktoz, sükröz, ksiloz ve nişastaları femente ederek propiyonik asit, asetik asit, CO<sub>2</sub> ve formik asit veya isoalerik asit üretirler (Pahlow ve ark., 2003). Fakültatif anaerobik mayalar, glikoz, maltoz ve sükrözü fermente ederek etanol, CO<sub>2</sub> ve diğer bileşikler (alkoller, uçucu yağ asitleri ve laktat) gibi başlıca ürünlerin oluşmasına neden olurlar. Fakültatif anaerobik basil, karbonhidratları organik asitlere veya etanol, 2,3-butanediol ve gliserole fermente edebilir (Pahlow ve ark., 2003).

Her mahsül, çevreye bağlı olarak, silaj üretimi için ideal olgunluk aşamasına sahiptir (Tablo 2.2). Mahsüller için verim dikkate alındığında, kârlılık, kuru madde ve bakteriler için fermente edilebilir şeker içeriği ile çiftlik hayvanları için maksimum besin değeri önem arz eder. Pratik olarak, tüm faktörleri içeren fermantasyon mahsulün olgunluk aşaması ile değişecektir. Bununla birlikte, suda çözünür karbonhidratlar günlük dalgalanma döngüsüne sahiptir ve konsantrasyonları saat 18:00'de en yüksek ve 06:00'da en düşüktür. Genel olarak, ürünün olgunluğunun ilerlemesi kuru maddedeki karbonhidratların ve LAB popülasyonunun yanı sıra toplam mikroorganizma sayısının artmasıyla sonuçlanır (Buxton ve Kiely, 2003). Bununla birlikte tamponlama kapasitesinde ve ham protein konsantrasyonunda düşüşler gözlenir ve bazı mahsüllerde ilerleyen olgunluk ile sindirilebilirlikte bir azalma meydana gelir (Buxton ve Kiely, 2003).

**Tablo 2.2.** Silaj olarak kapatılacak temel mahsül için hasat zamanı ve kuru madde tavsiyeleri (Schroeder, 2013).

Mahsül	Olgunluk	Kuru Madde (%)	Kesim uzunluğu (mm)
Mısır	Süt hattı 1/2-2/3 çekirdek aşağıda	28-37	9.5-12.7
Yonca	Orta tomurcuk 1/10 çiçekli, solmak üzere	30-40	6.4-9.5
Tahıl	Sütlü veya yumuşak hamur kıvamda, solmak üzere	28-37	6.4-9.5
Çimenler	Saplar ilk baş kaldırdığında	28-37	6.4-9.5
Yonca	1/4-1/2 çiçeklenme, solmak üzere	28-37	6.4-9.5
Sorgum	Tanesi orta kıvamdan daha sert hamur sertliğinde	30-55	9.5-12.7

Siloda bulunan tüm mikroorganizmalar, mahsuldeki epifitik popülasyon ve olası bir kontaminasyon; öncelikle suda çözünebilir karbonhidratların enerjisini ve onların gelişimi ve çoğalması için diğer bileşikleri tüketirler (McDonald ve ark., 1991). Teorik olarak, homolaktikfermantasyon glikozdan gelen enerjinin % 99'unu geri kazandırır. Bununla birlikte, silaj fermantasyon sürecinde, en son silaj kalitesinde belirleyici olarak hücresel solunum ve enzim aktiviteleri gibi birçok yol aynı anda oluşabilir (McDonald ve ark., 1991). Sızıntı ile oluşabilecek kayıplar, yüksek besin değerli hücresel içerikleri barındırdığından dolayı önem arz ederler aynı zamanda çevrenin de kontamine olmasına sebep olabilirler (McDonald ve ark., 1991; Rotz ve

Muck, 1994). Yüksek kaliteli silaj toprak hazırlamada ve gübrelemede en uygun tekniklerin benimsenmesi sonucu elde edilir. Bununla birlikte, mahsul yüksek kuru madde vermeli, yeterince besin değerine sahip olmalı ve silolamadaki fermentasyon için iyi özellikleri olmalıdır. Aslında, mahsüller yeterince iyi kalitede hasat edilmesinin yanı sıra eğer silolama işlemleri uygun değilse kalitede önemli kayıplar oluşabilir (Tablo 2.3).

**Tablo 2.3.** İyi ve kötü yönetim altında yapılan silajlardaki kuru madde (%), kayıpları (Doonan ve ark., 2004)

	<b>İyi</b>	<b>Kötü</b>
Hava ile teneffüs	0-4	10-15
Fermentasyon	4-6	10-15
Sızıntı	0-2	5-15
Aerobik birikim	5-7	10-20
Toplam	9-17	20-40

### 3. SİLAJ KATKI MADDELERİ

Silaj yapımında tüm silolama teknikleri ve fermantasyon işlemleri iyi bilinmeli ve doğru yönetilmelidir. Fermantasyon sürecini düzenlemek ve kaliteli silajlar elde etmek için katkı maddelerinin kullanılması gerekebilir. Silaj katkı maddeleri, bitkiden dolayı kaynaklanabilecek problemleri iyileştirmek için kullanılabilir (Kung ve ark., 2003). Bununla birlikte katkı maddeleri silajdaki ısınmayı ve kuru madde kayıplarını azaltarak silaj fermantasyon kalitesini ve karlılığını geliştirir. Çoğu ticari katkı maddesi uygulama alanını genişletmek ve etkinliği artırmak amacıyla birden fazla aktif bileşen içerir (Pahlow ve ark., 2003)

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 stimule edenler, fermantasyonu inhibe edenler, aerobik bozulmayı engelleyenler, besinler, absorbanlardır (Tablo 3.1). Yitbarek ve Tamir (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 (Meeske, 2005).

<b>Fermantasyonu stimule edenler</b>	<b>Şekerler</b> Melas Sükroz Glikoz Şekerpancarı posası	<b>Enzimler</b> Selülaz Hemiselülaz Amilaz Pektinaz Proteaz	<b>İnokulant</b> Laktik bakterisi	asit
<b>Fermantasyonu İnhibe Edenler</b>	<b>Asitler</b> Formik asit Asetik asit Laktik asit Akrilik asit	<b>Organik tuzları</b> Kalsiyum format Propiyonat		asit
<b>Aerobik bozulmayı engelleyenler</b>	Propiyonik asit, Asetik asit, Kaproik asit			
<b>Besinler</b>	Tane yemler, Saman, Bentonit, Şeker pancarı posası Poliakrilamid			
<b>Absorbantlar</b>	Üre, Amonyak, Mineral			

### 3.1. Biyolojik Katkılar

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 (Yitrabek ve Tamir, 2014). 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 (Yitrabek ve Tamir, 2014).

Fermantasyon katsayısı (FK) =  $\frac{\text{Kuru madde (\%)} + \text{Suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK)}}{\text{Buffer kapasite (BK)}}$

- 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 (Pahlow ve Honig, 1996). 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 (Pahlow ve Honig, 1996). Tatbi kî 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 ( $1 \times 10^5$ ) 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 (Yimin ve ark., 2014). Bir bakterinin hekzos 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 acidilactive* ve *P. pentosaceus*). Glikozu, fruktozu, sükrozu, fruktanları ve tercihen pentoz şekerleri fermente edebilme kapasitesine sahip olmalıdır (Yimin ve ark., 2014). 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 (<sup>h</sup>oLAB) 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*'dır (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. İlk defa 1896 yılında tanımlanan bu bakterinin günümüzde geçerli 158 adet onaylanmış türü bulunur (Zúñiga ve ark., 1993).

Kuru madde içeriği doğrudan mikrobiyal aktiviteyi, özgül yoğunluğu ve atık su kayıplarını etkiler. Kuru madde içeriği %25 in altında olan mahsüller silolamada yüksek miktarda atık su kaybını ve *Clostridium* türü gibi arzu edilmeyen mikroorganizmaların aktivitelerini gösterir. Ek olarak, LAB düşük nem koşullarına (düşük su aktivitesi) diğer istenmeyen anaerobik mikroorganizmalara göre daha toleranslıdır. Bununla birlikte, %45'in üzerindeki kuru madde içeriği aerobik mikroorganizmaların gelişimiyle kayıplara sebep olan yüksek gözeneklilik sonucu ile silaj paketleme sürecini zorlaştırır (Pitt ve ark., 1991).

### **3.1.1.1. Mutlak Homofermentatif Laktik Asit Bakterileri**

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 (Tablo 3.2). Mutlak homofermentatif LAB (Fakültatif heterofermentatif LAB) sadece hekzozları (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. 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 glikozu 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 homofermantatif 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 proteazların inhibisyonu sonucunda proteoliz 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 *Lactobacillusbuchneri* 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. *Lactobacillusbuchneri*cinsine ait üyeler ise 12 adettir, bunlar, *L. farraginis*, *L. hilgardii*, *L. kefirii*, *L. kisonensis*, *L. otakiensis*, *L. parabuchneri*, *L. parafarraginis*, *L. parakefirii*, *L. rapive* *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 (<sup>ho</sup>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 bakterisi fermantasyon ürünleri (Bolsen ve ark., 1996)

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

Özdüven ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, laktik asit bakteri inokulantının (6,00 log<sub>10</sub>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 g/kg) azalmıştır. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında silaj katkısı ilave edilen grupta laktik asit bakteri sayısı (K: 3,90; LA: 7,56 cfu/g) maya sayısında (K: 3,28;LA: 3,89 cfu/g) 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. Fermentasyonun 65. gününde kontrol, *Lactobacillus plantarum*+*Enterococcus faecium* ve *Lactobacillus pentosus* gruplarında sırasıyla pH değerlerini; 4,4 3,9 ve 3, laktik asit içeriğini 8, 35 ve 28 g/kg KM asetik asit düzeylerini 6, 4 ve 5 g/kg KM olarak saptamışlardır. Araştırmacılar her iki LAB inokulantının da buğday silajlarının fermentasyon özelliklerini geliştirdiğini, LAB sayılarını artırdığını ve maya sayılarını düşürdüğünü ( $p<0,05$ ) belirtmişlerdir.

Tepeli (2014), süt olum döneminde hasat ettiği ayçiçeği (*Helianthus annuus*) bitkisine 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<sup>LAB</sup>: 4,38 Het<sup>LAB</sup>: 4,30) ve NH<sub>3</sub>-N (K: 113,91; Hom<sup>LAB</sup>: 78,06; Het<sup>LAB</sup>: 91,55, g/kg TN) miktarlarında önemli düzeyde azalma gözlenmiştir. Her iki deneme grubunda da laktik asit düzeyi artarken (K: 5,11; Hom<sup>LAB</sup>: 6,23 Het<sup>LAB</sup>: 5,40, %), asetik asit düzeyi homofermentatif deneme grubunda azalmış heterofermentatif deneme grubunda ise artmıştır (K: 1,71; Hom<sup>LAB</sup>: 1,57 Het<sup>LAB</sup>: 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<sup>LAB</sup>: 4,83 Het<sup>LAB</sup>: 4,71), karbondioksit üretimi (K: 21,81; Hom<sup>LAB</sup>: 20,63 Het<sup>LAB</sup>: 11,83, g/kg KM) ve küf sayısı (K: 4,91; Hom<sup>LAB</sup>: 2,99 Het<sup>LAB</sup>: 2,81, log<sub>10</sub> cfu/g) diğer gruplara göre önemli düzeyde düşük ( $p<0,05$ ) saptanmıştır.

Özaslan (2017), yaptığı bir çalışmada çiçeklenme döneminde hasat edilen yonca bitkisine farklı düzeylerde mısır şurubu ilavesinin yonca silajında besin madde kompozisyonuna ve fermentasyon 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.



## 4. GEREÇ ve YÖNTEM

### 4.1.Yonca Bitkisinin Ekimi, Biçimi ve Depolama Aşaması

Araştırmanın ekim, biçim ve depolama aşaması Afyonkarahisar merkeze bağlı Bolvadin ilçesinde yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan yonca bitkisi dekara 6 kg olacak şekilde kombine şanzımanlı hububat mimbzeri ile ekilmiştir. Yonca her biçimden sonra 2 kez 30 beygirlik dalgıç pompa ile (İmpo marka) sulanmıştır. Analizleri yapılacak olan yonca bitkisinin dördüncü biçimi temmuz ayında silajı yapılmak üzere traktör (Fiat/Lift-Matik 70/56) ile tamburlu çayır ot biçme (Şekil 4.1) makinesi (Çelmak/ 540 devir-dakika/6 Bıçaklı) kullanılarak akşam 19:30'da biçilmiştir. Ertesi gün saat 06:00'da şanzımanlı ot toplama tırnığı (Çelmak- 540 devir/dk) ile toplandıktan sonra aynı gün saat 12:00'de ot silaj makinesi ile paketlenmiştir. Silaj katkı maddesi olarak ticari laktik asit bakteri inokulantı (Pioneer 11A44, Pioneer Hi-Bred International, Inc.,DesMoines, IA) kullanılmıştır. Her paket ağırlığı yaklaşık 750 kg olup yonca paketleri tek sıra halinde üstü kapalı alanlara depo edilmiştir.



**Şekil 4.1.** Tamburlu çayır ot biçme makinesi

#### 4.2. Numune Alma Aşaması

Silaj paketlenen sonra 7 hafta boyunca her hafta 3 farklı silaj paketinden numune almak koşulu ile toplamda 21 adet silaj paketi açılarak alınan numuneler analizleri yapılacağı tarihe kadar -20 °C’de dondurulmuştur. Çözdürülen numunelerde haftalık olarak fiziksel analizler (*DLG puanı, Flieg puanı*), silajın ham besin madde analizleri (*Kuru madde, ham kül, organik madde, ham protein, ham selüloz, ham yağ, asit deterjan fiber, nötral deterjan fiber*), amonyak-azotu analizi ve pH analizi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalında, uçucu yağ asidi analizleri, laktik asit analizi ise Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında yapılmıştır.

#### 4.3. Fiziksel Analizler

*DLG puanı*: Her bir numune 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 (16-20 puan); İyi (10-15 puan); orta (5-9 puan) ve çok kötü (0-4 puan) gibi kalite sınıflarına ayrılmıştır. Alman Tarım Kurumu (DLG; Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 1997) tarafından önerilen (Tablo 4.1) fiziksel değerlendirme anahtarı aşağıda verilmiştir.

**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 4.1.** Deutsche Landwirtschafts Gesellschaft (DLG) puan sistemi

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

**Tablo 4.2.** Flieg puanları ve kalite derecesi

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

#### **4.4. Besin Madde Kompozisyonu Analizleri**

Açılan silaj örneklerinde ham besin madde analizi [kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham selüloz (HS), ham yağ (HY), nötral deterjan fiber (NDF), asit deterjan fiber (ADF)] , 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 Burdur Mehmet

Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarlarında yapılmıştır (AOAC, 1990).

#### **4.4.1.1. Kuru Madde (KM) Analizi**

Darası alınmış kuru madde kaplarına (A) öğütülmüş silaj numunelerinden yaklaşık 1 gram (B) tartılarak koyulmuştur. İçerisinde silaj numunesi bulunan kuru maddekapları 65°C'de etüvde 48 saat süreyle ağırlıkları sabitleninceye kadar kurutulmuş 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 kuru madde içerikleri AOAC (1990; metot 934.01) yöntemine göre hesaplanmıştır.

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

#### **4.4.1.2. Ham Kül (HK) 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 (CarboliteElf) 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.

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

#### **4.4.1.3. Ham Protein (HP) Analizi**

Ham 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 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (potasyum sülfat)+ 1,5 gram CuSO<sub>4</sub>5H<sub>2</sub>O (Bakır sülfat) + 2 gram toz halinde Se (selenyum); KjeldahlCatalyst; 1.10958 kodlu (Sigma-Aldrich) tablete göre dizayn edilmiştir] atılmıştır. Üzerine 25 ml konsantre



sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 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 (H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub>) 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.

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

#### 4.4.1.4. Ham Selüloz (HS) 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 konsantre nitrik asit (Merck %65 saf) ilave edilmiştir. Daha sonra bu tüpler yaklaşık 35 dakika bir beherde su içinde kaynatılmış ve hemen ardından darası alınarak (B) gooch krozelerine(40 - 100 µm) süzülmüştür. Gooch krozeleri 105°C'deki etüvde 12 saat kurutulmuş ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen gooch krozeleri tekrar tartılmıştır (C). Tartılan gooch krozeleri 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'ın (1938) bildirdiği yöntem göre hesaplanmıştır.

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

#### 4.4.1.5. Ham Yağ (HY) Analizi

Bu analiz için soxhlet ekstraksiyon kartuşu (33\*80 mm) soxhlet ekstraksiyon beherine (54-130 mm) yerleştirilmiş ve darası alınmıştır (A). Dahasonra öğütülen silaj

numunelerinden yaklaşık bir gram tartılarak (B) kartuşun içerisine dökülmüştür ve beherde bulunan kartuşun üzerine dietil eterden 150 ml ilave edilerek sifon yaptırılmak üzere soxhletekstrasyon 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)’de bildirilen yöntemle göre hesaplanmıştır.

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

#### **4.4.1.6. Nötral Deterjan Fiber Analizi (NDF)**

Öğütülen numunelerden yaklaşık bir gram örnek NDF (A) beherine tartılmış ve üzerine 100 ml NDF çözeltisi (30 g sodyum lauryl sülfat, 18,61 g di-sodyum di-hidrojen etilen di-amin tetra asetat, 6,81 g sodyum borat deksahidrat, 4,56 g di-sodyum 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 goochkrozeleri tekrar tartılmıştır (C). Tartılan goochkrozeler 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 NDF değerleri yüzde olarak (%) Goering ve Van Soest (1970) yöntemine göre hesaplanmıştır.

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

#### **4.4.1.7. Asit Deterjan Fiber 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)

goochkrozelerine (40 - 100 µm) süzölmüştür. Gooch krozeleri 105°C’de etüvde 12 saat kurutulmuş ve daha sonra desikatörde oda sıcaklığına ulaşmıcaya 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 ulaşmıcaya kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen kaplar tekrar tartılmış (D) ve elde edilen değerler aşğıdaki formölda yerlerine yazılıp silajların ADF değerleri yüzde olarak (%) Goering ve Van Soest (1970) yöntemine göre hesaplanmıştır.

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

#### 4.5. Amonyak Azotu (NH<sub>3</sub>-N) Analizi

Taze silaj örneklerinin NH<sub>3</sub>-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 Faköltesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarlarında yapılmıştır. Bu analiz için 25 gram silaj örneğinin üzerine 100 ml distile su ilave edilmiş ve bıçaklı parçalayıcı (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).

$$\text{NH}_3\text{-N / TN (\%)} = [T \times 4 \times 0.1 \times 14] / [(40 \times \text{KM} / 100)] \times [(\text{HP} / 100) / 6.25] / 100$$

**T**= Titrasyonda harcanan 0.1 N HCl miktarı (mL)

**4**= Seyreltme katsayısı (25+100/100= 1,25)

**0.1**= HCl normalitesi (N)

**14**= Azotun atom ağırlığı (g)

**40**= Örnek miktarı (g)

**KM**= Kuru madde (%)

**HP**= KM’ de ham protein (%)

**6.25**= Azotu HP’ ne dönüştürme katsayısı

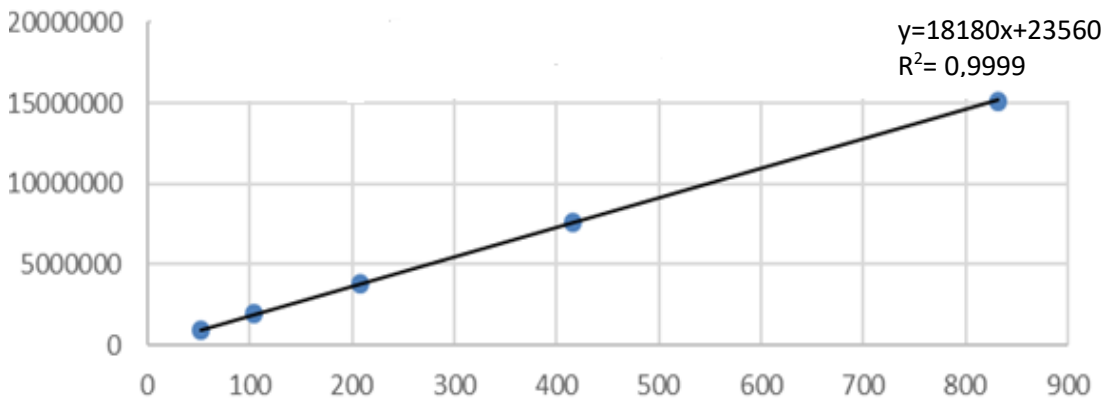
#### 4.6. pH Analizi

Açılan 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 (EcometpH/mV/TEMP Meter p 25) ile silajın pH değeri Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarlarında belirlenmiştir.

#### 4.7. Laktik Asit Analizi

Laktik asit konsantrasyonu, Shimadzu Prominence Marka yüksek performanslı sıvı kromatografisinde (High Performance Liquid Chromatography; HPLC) 192 nm dalga boyunda okunarak Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında ölçülmüştür. Cihazda pompa olarak LC20 AT, dedektör olarak SPD-M20A, kolon firması 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 (Gözlenebilirlik sınırı; Limit of Detection, LOD) 13 µg/g olarak saptanmıştır (Ni ve ark., 2017). Madde miktarındaki değışmenin dedektör sinyalinde sebep olduğu değışmeden dolayı oluşan laktik asit kalibrasyon (çalışma) eğrisi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Laktik aside ait kalibrasyon grafiği

#### 4.8. 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).

#### 4.9. Nispi Yem Değeri Özellikleri

Yonca silajların nispi yem değerleri (Tablo 4.3) Van Dyke ve Anderson (2000) tarafından geliştirilen ve aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak saptanmıştır. İlk aşamada yemin ADF içeriğinden yararlanılarak sindirilebilir kuru madde (% SKM) hesaplanmıştır.

$$\%SKM = 88.9 - (0.779 \times \% ADF)$$

İkinci aşamada yemin NDF içeriğinden yararlanılarak kuru madde tüketimi (% KMT) hesaplanmıştır.

$$\%KMT = 120 / \% NDF$$

Üçüncü ve son aşama ise % SKM ve % KMT değerleri formülde yerine konarak NYD hesaplanmıştır.

$$\%NYD = \% SKM \times \% KMT \times 0.775$$

**Tablo 4.3.** Yem bitkilerinde NYD değerleri (Doonan ve ark., 2004)

Kalite Standartları	Nispi Yem Değerleri
Çok iyi	>140
İyi	110-139
Orta	90-109
Kötü	<75

#### 4.10. İstatistiki Analizler

Gruplar arasında homojenite Levene testi ile belirlenmiştir ( $p>0,05$ ). Bağımsız değişkenler bağımlı değişkenlere göre eşit varyansta dağılmıştır. Grupları arası farklılığın önem seviyesinin belirlenmesinde One-Way ANOVA testi uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılığın kaynağını test için Post Hoc testlerinden Tukey testi kullanılmıştır (Dawson and Trapp, 2001). Sonuçlar minimum %5 hata payı ile incelenmiş ve istatistiksel analizler için SPSS 14.1 paket programından yararlanılmıştır.



## 5. BULGULAR

Yonca silajlarının haftalara göre koku, renk, strüktür ve toplam puanları Tablo 5.1’de verilmiştir. Buna göre birinci haftadan itibaren tüm parametlerde doğru orantılı olarak önemli düzeyde artış gözlenmiştir ( $P<0,05$ ). Silaj kalitesinin 7. günde ‘orta’ ; 14 ile 42. günler arasında ‘iyi’ son 49. gün ‘pekiyi’ nitelikli olduğu tespit edilmiştir. Denemenin 35., 42. Ve 49 günler arasında (5 ile 7 hafta arası) yapılan fiziksel değerlendirme ile yonca silajının aromatik hoş bir kokuya sahip olduğu ve renginin hafif yeşilden sarıya döndüğü, sap ve yapraklarının strüktürünü kaybetmediği görülmüştür.

**Tablo 5.1.** Yonca silajının haftalara göre koku, renk, strüktür ve toplam puanları\*

Gün	Koku	Renk	Strüktür	Toplam	Kalite sınıfı*
7	7,07±0,54 <sup>a</sup>	0,20±0,44 <sup>a</sup>	1,27±0,28 <sup>a</sup>	8,53±1,10 <sup>a</sup>	Orta
14	8,47±0,55 <sup>ab</sup>	0,73±0,36 <sup>ab</sup>	2,67±0,33 <sup>b</sup>	11,87±0,56 <sup>b</sup>	İyi
21	8,93±0,92 <sup>bc</sup>	0,93±0,15 <sup>b</sup>	2,60±0,43 <sup>bc</sup>	12,47±1,37 <sup>bc</sup>	İyi
28	9,27±0,86 <sup>bc</sup>	0,87±0,51 <sup>b</sup>	2,93±0,15 <sup>bc</sup>	13,07±1,26 <sup>bc</sup>	İyi
35	10,27±0,72 <sup>cd</sup>	1,07±0,14 <sup>b</sup>	2,93±0,49 <sup>bc</sup>	14,27±1,21 <sup>cd</sup>	İyi
42	10,40±0,27 <sup>cd</sup>	1,87±0,29 <sup>c</sup>	3,33±0,47 <sup>cd</sup>	15,60±0,86 <sup>cd</sup>	İyi
49	11,80±1,21 <sup>d</sup>	2,00±0,01 <sup>c</sup>	4,00±0,01 <sup>cd</sup>	17,80±1,22 <sup>d</sup>	Pekiyi
P	0,01	0,01	0,01	0,01	

<sup>a-d</sup>: 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.

Yonca silajlarının haftalara göre kuru madde, pH, Flieg puanı ve amonyak azotu değerleri Tablo 5.2’de verilmiştir. Haftalar boyunca kuru madde,  $\text{NH}_3\text{-N}$  içeriğinde ve Flieg puanında artış; ve pH değerinde azalma gözlenmiştir. Son hafta kuru madde içeriğinin ilk haftaya göre %15,47 arttığı; 7. gün pH değerinin 6,09 olduğu ve bu değer haftalar boyunca azalma göstererek 49. gün 5,15 olduğu tespit edilmiştir. Kuru madde ve pH değeri baz alınarak hesaplanan Flieg puanı 7. gün 19,31; 49. gün 65,54 olarak belirlenmiştir. Belirlenen Flieg puanı doğrultusunda kalite sınıfına ayrılan yonca silajı 7.gün “çok kötü”, takip eden 14., 21., 35. ve 42. Günlerde “düşük kaliteli”, 49.gün “orta kaliteli” olarak nitelendirilmiştir.

**Tablo 5.2.**Yonca silajının haftalara göre pH değerleri, Flieg Puanı ve amonyak azotu NH<sub>3</sub>-N (%) içerikleri

Gün	Kuru Madde (65 C)	pH	Flieg Puanı	Kalite sınıf	NH <sub>3</sub> -N (%) /TN
7	28,95±0,54 <sup>a</sup>	6,09±0,08 <sup>a</sup>	19,31±3,4 <sup>a</sup>	Çok kötü	9,66±0,97 <sup>a</sup>
14	29,23±0,74 <sup>a</sup>	5,94±0,21 <sup>a</sup>	25,54±7,60 <sup>a</sup>	Düşük kalite	11,82±,18 <sup>b</sup>
21	30,41±1,58 <sup>ab</sup>	5,95±0,10 <sup>a</sup>	27, ±5,33 <sup>a</sup>	Düşük kalite	11,92±,45 <sup>b</sup>
28	31,94±0,45 <sup>bc</sup>	5,71±0,15 <sup>b</sup>	40,41±6,18 <sup>b</sup>	Düşük kalite	12,78±0,34 <sup>bc</sup>
35	32,41±0,70 <sup>c</sup>	5,60±0,13 <sup>b</sup>	45,51±5,69 <sup>b</sup>	Düşük kalite	12,94±0,62 <sup>bc</sup>
42	32,89±0,48 <sup>c</sup>	5,57±0,12 <sup>b</sup>	47,75±5,64 <sup>b</sup>	Düşük kalite	14,24±0,79 <sup>cd</sup>
49	33,43±1,39 <sup>c</sup>	5,15±,023 <sup>c</sup>	65,54±8,98 <sup>c</sup>	Orta kalite	15,70±1,03 <sup>d</sup>
P	0,01	0,01	0,01		0,01

<sup>a-d</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

Yonca silajları haftalara göre KM (65°C) ve OM içeriği bakımından incelendiğinde birinci haftadan itibaren bir artış söz konusu olmuştur. Birinci hafta yonca silajının kuru madde ve organik madde içeriği sırasıyla %28,95 ve %79,58 iken; son hafta %33,43 ve %84,33 olarak belirlenmiştir. Yonca silajlarının HS, HP ve HY içerikleri haftalar boyunca azalma göstermiş olup, HS içeriği %32,80'den %25,83'e HP içeriği %16,86'dan %14,30'a ve HY içeriği %1,78'den % 1,68'e düşmüştür.

Haftalar boyunca yonca silajlarının NDF, ADF, hemiselüloz içerikleri azalırken, Nitrojen Free Extract (NFE) ve Non Fiber Carbohydrate (NFC) içeriklerinde artış gözlenmiştir. Yonca silajının 7. gün ve 49. gün NDF, ADF, hemiselüloz (HES), NFE ve NFC değerleri sırasıyla %43,36, %36,70; %33,61, %29,68; %9,78, %7,02; %35,87, %46,14 ve %25,15, %35,21 olarak tespit edilmiştir.



**Tablo 5.3.**Yonca silajının haftalara göre besin madde içerikleri (% , KM)

Gün	KM	HK	OM	HS	HP	HY	NDF	ADF	HES	NFE	NFC
7	92,41±,97 <sup>a</sup>	12,82±,59 <sup>b</sup>	79,58±2,02 <sup>a</sup>	32,80±,42 <sup>a</sup>	16,86±,43 <sup>a</sup>	1,78±,04	43,36±,99 <sup>c</sup>	33,61±,90 <sup>a</sup>	9,75±,25 <sup>b</sup>	35,87±,68 <sup>a</sup>	25,15±,86 <sup>a</sup>
14	93,69±,41 <sup>ab</sup>	12,95±1,01 <sup>b</sup>	80,74±1,32 <sup>a</sup>	32,24±,76 <sup>a</sup>	15,96±,41 <sup>b</sup>	1,71±,16	42,02±,20 <sup>c</sup>	33,22±,88 <sup>a</sup>	8,80±,77 <sup>ab</sup>	37,28±,84 <sup>ab</sup>	26,80±,99 <sup>ab</sup>
21	95,59±,23 <sup>bc</sup>	13,55±,61 <sup>c</sup>	82,03±,63 <sup>b</sup>	31,84±,37 <sup>b</sup>	15,74±,37 <sup>bc</sup>	1,71,05	41,21±,31 <sup>bc</sup>	30,58±,58 <sup>b</sup>	10,60±,46 <sup>b</sup>	37,29±,77 <sup>b</sup>	28,01±,51 <sup>b</sup>
28	95,15±,45 <sup>c</sup>	12,67±,69 <sup>ab</sup>	82,48±,63 <sup>b</sup>	29,69±,33 <sup>c</sup>	15,53±,33 <sup>bc</sup>	1,60±,12	40,18±,69 <sup>b</sup>	30,93±1,78 <sup>b</sup>	9,25±,56 <sup>ab</sup>	40,81±54 <sup>c</sup>	30,26±,78 <sup>c</sup>
35	95,91±,43 <sup>c</sup>	13,90±,25 <sup>c</sup>	82,00±,39 <sup>b</sup>	27,65±,46 <sup>d</sup>	15,46±,31 <sup>bc</sup>	1,61±,18	39,05±,43 <sup>b</sup>	30,17±,41 <sup>b</sup>	8,84±,30 <sup>ab</sup>	41,45±,68 <sup>c</sup>	29,94±,55 <sup>c</sup>
42	95,49±,42 <sup>c</sup>	12,37±,43 <sup>ab</sup>	83,12±,48 <sup>c</sup>	28,76±,47 <sup>e</sup>	15,08±,54 <sup>c</sup>	1,56±,14	37,32±,81 <sup>a</sup>	28,67±,99 <sup>c</sup>	8,60±,78 <sup>ab</sup>	41,98±,33 <sup>c</sup>	33,53±,99 <sup>d</sup>
49	96,46±,32 <sup>c</sup>	12,12±,11 <sup>a</sup>	84,33±,26 <sup>c</sup>	25,83±,30 <sup>f</sup>	14,30±,22 <sup>d</sup>	1,68±,17	36,70±,81 <sup>a</sup>	29,68±,70 <sup>bc</sup>	7,02±,66 <sup>a</sup>	46,14±,35 <sup>d</sup>	35,21±78 <sup>d</sup>

<sup>a-d</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0,05).

KM: Kuru madde; HK: Ham kül; OM: Organik madde; HS: Ham selüloz; HP: Ham Protein; HY: Ham yağ; NDF: Nötral deterjan fiber; ADF: Asit deterjan fiber; HES: Hemisülüz; NFE: Nitrogenfreeextract; NFC: Non fiber carbohydrate

\* % NFE (Nitrogen Free Extract) = %KM - (%HY+%HP+%HK+%HS)

\* % NFC (Non-Fibrous carbohydrates) = 100 - (%NDF+%HP+%HY+%HK)

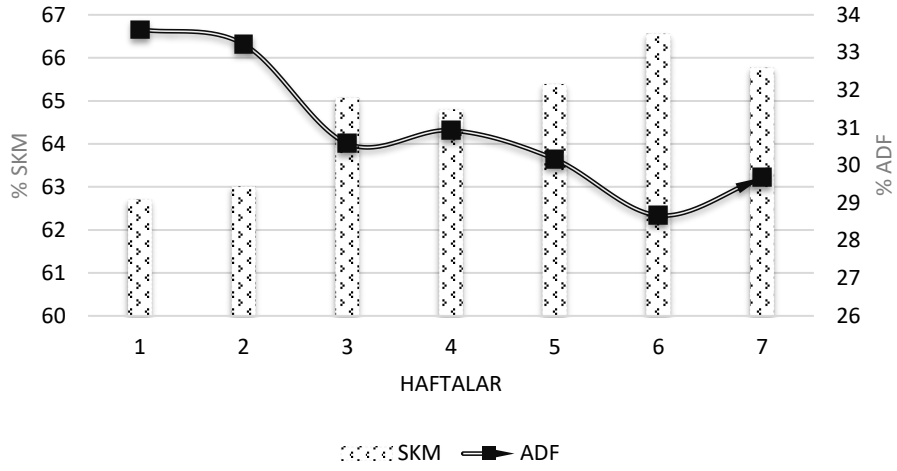
Yonca silajlarının haftalara göre organik asit düzeyleri Tablo 5.4’de verilmiştir. Buna göre asetik asit ve laktik asit miktarının önemli düzeyde arttığı; propiyonik asit ile bütirik asit miktarının azaldığı tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Haftalar boyunca asetik asit miktarının 2,75 g/kg KM ile 8,90 g/kg KM; propiyonik asit miktarının 1,57 g/kg KM ile 0,33 g/kg KM; bütirik asit miktarının 1,06 g/kg KM ile 0,49 g/kg KM; laktik asit miktarının 2,31 g/kg KM ile 36,40 g/kg KM arasında değiştiği tespit edilmiştir.

**Tablo 5.4.** Yonca silajının haftalara göre organik asit içerikleri (% , KM)

Gün	Asetik asit	Propiyonik Asit	Bütirik Asit	Laktik asit
7	2,75±0,05 <sup>a</sup>	1,54±0,03 <sup>a</sup>	1,06±0,07 <sup>a</sup>	2,31±0,04 <sup>a</sup>
14	2,57±0,06 <sup>ab</sup>	1,05±0,02 <sup>b</sup>	1,02±0,08 <sup>a</sup>	3,16±0,07 <sup>a</sup>
21	2,92±0,15 <sup>bc</sup>	0,71±0,04 <sup>c</sup>	0,78±0,14 <sup>b</sup>	3,07±0,16 <sup>a</sup>
28	3,08±0,04 <sup>bc</sup>	0,62±0,07 <sup>d</sup>	0,88±0,02 <sup>b</sup>	2,99±0,04 <sup>a</sup>
35	3,34±0,07 <sup>c</sup>	0,45±0,01 <sup>e</sup>	0,87±0,02 <sup>b</sup>	23,60±0,51 <sup>b</sup>
42	4,78±0,06 <sup>d</sup>	0,36±0,04 <sup>f</sup>	0,69±0,01 <sup>c</sup>	31,80±0,46 <sup>c</sup>
49	8,90±0,37 <sup>e</sup>	0,33±0,01 <sup>f</sup>	0,49±0,01 <sup>d</sup>	36,40±1,54 <sup>d</sup>
P	0,01	0,01	0,01	0,01

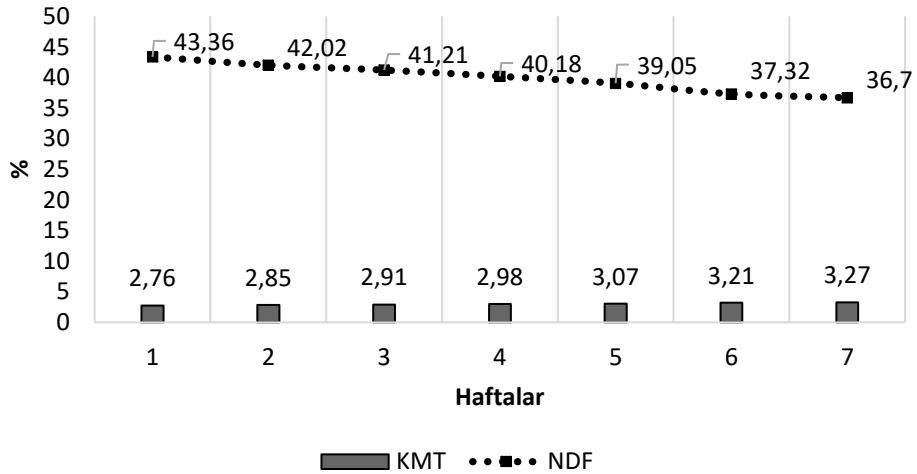
a-f; Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P<0,05$ ).

Yonca silajlarının ADF içerikleri baz alınarak hesaplanan SKM değerleri Şekil 5.1’de verilmiştir. Buna göre yonca silajlarının birinci haftadan itibaren SKM’leri sırasıyla %62,71; 63,01; 65,07; 64,80; 65,39; 66,56 ve 65,77 olarak tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ).



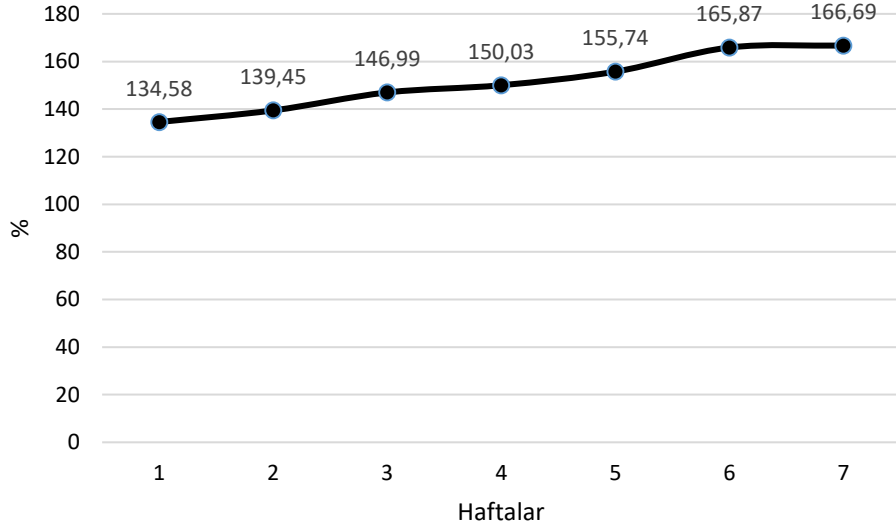
**Şekil 5.1.** Yonca silajının haftalık asit deterjan fiber (ADF) ve sindirilebilir kuru madde (SKM) değerleri

Yonca silajlarının NDF içerikleri baz alınarak hesaplanan KMT değerleri Şekil 5.2’de verilmiştir. Buna göre yonca silajlarının KMT değerleri sırasıyla 2,76; 2,85; 2,91; 2,98; 3,07; 3,21 ve 3,27 olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 5.2.** Yonca silajlarının haftalık nötral deterjan fiber (NDF) ve kuru madde tüketim (KMT) değerleri

Yonca silajlarının NYD değerleri Şekil 5.3’de verilmiştir. Buna göre yonca silajlarının haftalık NYD değerleri 134,58 139,45; 146,99; 150,03; 155,74; 165,87 ve 166,69 olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 5.3.** Yonca silajlarının haftalık olarak nispi yem değeri (NYD) değerleri

## 6. TARTIŞMA

Silajda renk, koku ve dış görünüş (strüktür) kalitenin belirlenmesinde uygulanabilecek kolay bir yöntemdir. Masrafsız olan ve laboratuvar çalışması istemeyen bu yöntemin uygulanabilirliği ve sahada kullanımı oldukça yaygındır. 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). Yapılan çalışmada yonca silajlarının koku, renk ve strüktür puanı haftalar ilerledikçe artış göstermiştir ve bu artış istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 5.1). Haftalık olarak fermentasyona maruz bırakılan silajlarda ilk hafta kalite sınıfının “orta”, 2 ila 6. haftalar arası “iyi” ve son hafta “pekiyi” olduğu belirlenmiştir. Çalışmamızın bulguları Gümüş ve Ergin (2019) sonuçlarıyla uyumlu olup, araştırmacılar yonca otu silajına laktik asit bakterisi ilavesinin toplam kalite puanını artırdığını ve fermentasyonun 30. ve 60. gün toplam kalite puanının sırasıyla 17,93 ve 18,13 olduğunu belirtmişlerdir.

Yonca silajının pH değeri haftalar boyunca önemli derecede ( $P<0,01$ ) azalma göstermiş ve pH değeri fermentasyonun 7. günü 6,09, 28. günü 5,71 ve 49. günü 5,15 olarak saptanmıştır (Tablo 5.2). Çalışmanın bulguları Silva ve ark. (2016), sonuçları ile benzerlik göstermekle beraber pH'daki hızlı azalmanın istenilen bir durum olduğu (Silva ve ark., 2016), düşük pH şartları altında arzu edilmeyen mikroorganizma popülasyonunun inhibe olabileceği (Zhang ve ark., 2009) ve laktik asit bakterilerinin çoğalmasıyla birlikte laktik asit üretiminin artabileceği (Ni ve ark., 2017) bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Yonca silajına *Lactobacillus casei* ilavesinin pH değeri üzerine yapılan bir çalışmada pH değerinin kontrol grubunda 5,08; deneme grubunu 5,00 olduğu bildirilmiştir (Liu ve ark., 2018) ve %1,6'lık düşüşün silajda güvenli bir çevre yaratmasıyla birlikte aerobik mikroorganizma yaşamlarının olumsuz etkilenebileceği öne sürülmüştür.

Yonca silajları amonyak azotu bakımından incelendiğinde, pH değerine paralel olarak  $\text{NH}_3\text{-N}$  miktarının haftalar boyunca önemli derecede arttığı gözlenmiştir ( $P<0,01$ ). Bu değer fermentasyonun 7. günü %9,66, 14. günü %11,82 ve 21. günü %11,92 olarak saptanmıştır. Zhang ve ark. (2009) yürüttükleri çalışmada yonca

silajına *L. Plantarum* ilavesinin NH<sub>3</sub>-N/TN miktarını azalttığını rapor etmişlerdir. Park ve Stronge (2013), kalitesiz silajlarda amonyak azotunun ve pH değerinin yüksek olmasından dolayı fermentasyonun zayıf olabileceğini ve fermentasyon sırasında proteinin aşırı miktarda parçalanması sonucu silajda amonyak azotunun yükseldiğini vurgulamışlardır. Çalışmanın 35., 42. ve 49. günü NH<sub>3</sub>-N/TN değerleri sırasıyla %12,94; %14,24; %15,70 olarak belirlenmiş ve bu değerlere ilişkin bulgular Liu ve ark (2018) yaptıkları çalışmanın sonuçları ile uyumlu olup, araştırmacılar yonca silajına *Lactobacillus casei* (%12,09), *Lactobacillus plantarum* (%12,53) ve *Pediococcus pentosaceus* (%14,22) ilavesinin NH<sub>3</sub>-N miktarını kontrol grubuna göre azalttığını rapor etmişlerdir.

Yonca silajları Flieg puanı bakımından değerlendirildiğinde fermentasyon günlerine bağlı olarak önemli derecede artış gözlenmiştir (P<0,05). Silaj yaparken oluşabilecek yönetimsel hatalardan dolayı kuru madde içeriği düşük ve pH değeri yüksek olan silajlarda Flieg puanının azalabileceği ifade edilmiştir (Alçiçek ve ark., 1999). Karakozak ve Ayaşan (2010), yürüttükleri çalışmada laktik asit bakterisi inokulasyonunun Flieg puanı artırdığını rapor etmişlerdir.

Yonca silajlarının besin madde içerikleri Tablo 5.3'de verilmiştir. Yonca silajlarının KM içerikleri %28,95 ile %33,43 arasında değişmiş ve haftalar boyunca artış göstermiştir. Silva ve ark. (2016), fermentasyonun iyi olduğundan dolayı yonca silajına laktik asit bakterisi ilavesinin kuru madde içeriğini yükseltebileceğini, Yuan ve ark (2017) yonca silajına organik asit (formik asit) ilavesinin antimikrobiyel özelliği nedeniyle istenmeyen mikroorganizmaların üremesini engellendiğinden dolayı kuru madde miktarının artabileceğini belirtmişlerdir.

Yonca silajları HP bakımından incelendiğinde haftalar boyunca azalma olduğu tespit edilmiş ve bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Bulgularımızın aksine Liu ve ark. (2016) *Lactobacillus buchneri* ve *Lactobacillus plantarum* ilavesi yapılan yonca silajında HP oranının kontrol grubuna göre yüksek olduğunu belirtirken, Kim ve ark. (2017) düşük pH koşullarının protein yıkımının önleyebileceğini ifade etmişlerdir. Dong ve ark (2017) bitkilerdeki protein parçalanmasının karmaşık bir biyokimyasal süreç olduğunu ve katkı ilavesinin

peptidhidrolizasyonundan sorumlu olan mikroorganizmaları baskılayabileceğini vurgulamışlardır.

Laktik asit bakterisi ilave edilen yonca silajlarında HS oranı % 32,80'den 25,39'a, NDF oranı %43,36'dan %36,70'e, ADF oranı %33,61'den %29,68'e hemiselüloz oranı %9,75'den %7,02'e düşerken; NFE değeri %35,87'den %46,14'e NFC değeri ise %25,15'den %35,21'e yükselmiştir. Silva ve ark (2009), silolamanın 56. gününde laktik asit bakteri ilavesinin yonca silajında NDF (K: %35,50; D: %34,10) ve ADF (K: %25,00; D: %23,50) içeriğini azalttığını belirtmişlerdir. Yan ve ark (2019), fermentasyonun 42. gününde yonca silajına ilave edilen laktik asit bakterilerinin fibronolitik enzim üretimini artırmasıyla beraber silajda NDF (K: %49,02; D: %46,20) ve ADF (K: %29,78; D: %27,65) içeriğinin azalabileceğini belirtmişlerdir.

Yonca silajlarının haftalara göre organik asit düzeyleri Tablo 5.4'de verilmiştir. Buna göre asetik asit ve laktik asit miktarının önemli düzeyde arttığı; propiyonik asit ile bütirik asit miktarının azaldığı tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Araştırmamızın bulgularını destekleyen bir çalışmada, araştırmacılar (Ni ve ark., 2017) laktik asit bakterisi ilavesi ile yapılan soya fasulyesi silajında laktik asidin asetik aside dönüştüğünü ve bundan dolayı silajdaki asetik asit konsantrasyonunun yükseldiğini belirtmişlerdir. Ozduven ve ark. *Lactobacillus plantarum* ilavesi yapılan ayçiçeği silajında asetik asit konsantrasyonunun azaldığını (K: %1,57; D:%1,47), Zhao ve ark (2019), pirinç samanı silajına *Lactobacillus plantarum* ilavesinin asetik asit konsantrasyonunun azalttığını (K: 27,46 g/kg KM; D:15,38 g/kg KM), Chilson ve ark (2016), yonca silajına *Pediococcus acidilactici* ilavesinin silajda asetik asit miktarını düşürdüğünü belirtirken, Muck ve ark (2018), bu azalmanın sebebinin homofermentatif laktik asit bakterilerinin sadece glikozu fermente ederek laktik asit ürettiğini, heterofermentatif bakterilerin ise laktik asit yanında asetik asit, etanol ve karbondioksit üretmesinden dolayı olabileceğini öne sürmüştür.

Yonca silajı haftalar boyunca probiyonik asit ve bütirik asit bakımından incelendiğinde laktik asit bakterilerinin propiyonik ve bütirik asit miktarlarını azalttığı tespit edilmiştir. Liu ve ark (2016) *Lactobacillus plantarum* ilave edilmiş yonca

silajında bütirik asit ve proiyonik asit miktarının sırasıyla 1,1 ve 4,72 g/kg KM olduğunu, *Clostridium butyricum* tarafından üretilen bütirik asidin silajda zayıf fermentasyonun indikatörü olduğu bundan dolayı silajda enerji kaybına neden olabileceğini (Nkosi ve ark 2010) ve kötü bir kokuya sahip olduğu için bütirik asit oluşan yemlerin hayvanlar tarafından isteksiz olarak tüketildiğini ifade etmişlerdir. Wang ve ark. (2017), laktik asit bakteri ilavesinin silaj kalitesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada silajda propiyonik ve bütirik asit tespit etmediklerini ve kaliteli bir silajda bütirik asit miktarının 10 g/kg KM'den fazla olmaması gerektiğini belirtmişlerdir.

Laktik asit miktarı fermentasyonun 7., 14., 21., 28., 35., 42. ve 49 günlerinde sırasıyla 2,31; 3,16; 3,07; 2,99; 23,60; 31,80 ve 36,40 olarak bulunmuştur. 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. Filya ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada kullanılan laktik asit bakteri inokulantlarının fermentasyonun 2. gününden itibaren lactobacilli sayılarını önemli derecede artırdığını (K: 6,1; LAB: 8,9 logcfu g-1), oluşan asidik ortamdan dolayı küf, enterobacteria (K: 2,4; LAB: 0,2 logcfu g-1) ve clostridia (K: 3,0; LAB: 0,8 logcfu g-1) içeriklerini önemli düzeyde azalttığını ifade etmişlerdir. Silajdaki laktik asit miktarının artması pH'nın hızla azalmasına, fermentasyonun daha iyi olmasına, proteoliz oranının düşmesine ve bununla birlikte daha fazla enerji ve kuru madde kazancına yardımcı olur (Kung ve ark., 2003).

Yonca silajlarında 7. günden itibaren SKM, KMT ve NYD değerleri bakımından artışlar gözlenmiş olup 49. gün değerleri sırasıyla %65,77, %3,21 ve %166,69 olarak tespit edilmiştir. Nispi yem değeri (NYD; RelativeFeed Value) yonca için Amerika Birleşik Devletleri tarafından yemin besleme değerini ölçmede yaygın olarak kullanılmakta ve yemin ADF ve NDF içeriklerinden faydalanarak hesaplanmaktadır. Tam çiçeklenmiş olan yoncada NYD değeri 100 olarak alınmakta ve bu değer altıda yemlerin kalitesi azalmaktadır (Redfearn ve ark., 2010). Değişik katkı maddelerin yonca silajının kalitesi üzerine etkilerini inceleyen Bostan (2019) NYD değerlerinin 143,19 ve 151,65 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.



Araştırmacıların bulguları ile çalışmamızın sonuçları benzerlik göstermiş ve NYD değerleri 134,58 ile 166,69 arasında değişkenlik göstermiştir.



## 7. SONUÇ

Silajlar renk , koku ve strüktür bakımından incelendiğinde 28. günden sonra (4. haftadan) fermentasyon gerçekleştiği görülmüştür. Yonca silajlarında kuru madde içeriği haftalar ilerledikçe artış gösterirken pH değeri 35. gün 5,60'a 49. gün 5,15'e kadar azalmış aynı zamanda Flieg puanı 7. gün 19,31 iken 35. gün 45,51'e 49. gün 65,54'e yükselmiştir.

Besin madde kompozisyonu bakımından incelenen silajlarda OM içeriğinin, NFE ve NFC değerinin özellikle 21. günden sonra anlamlı olarak arttığı, HS, NDF ve ADF içeriğinin de 21. günden sonra anlamlı olarak azaldığı tespit edilmiştir.

Yonca silajları haftalık olarak organik asitler bakımından incelendiğinde asetik asidin ve laktik asidin arttığı, propiyonik asit ve bütirik asidin ise azaldığı belirlenmiştir. Laktik asidin özellikle 28. günden sonra 12 kat arttığı gözlenmiştir.

Haftalık olarak fiziksel analizleri (*DLG puanı, Flieg puanı*), ham besin madde analizleri (*Kuru madde, ham kül, organik madde, ham protein, ham selüloz, ham yağ, asit deterjan fiber, nötral deterjan fiber*), amonyak azotu analizi, pH analizi ve organik asit analizi yapılan yonca silajlarında olgunlaşmanın 28. günden sonra daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

**Açıköz E, Turgut İ, Filya İ (2011).** *Silaj bitkileri ve yapımı.* İstanbul: Hasad yayıncılık s: 13-25

**Adesogan AT(2009).** *Challenges of tropical silage production.* 15<sup>th</sup> International Silage Conference. WI: Universtiy of Wisconsin/Madison, p:139-154.

**Alçıçek A, Tarhan F, Özkan K, Adışen F (1999).** İzmir ili ve civarında bazı sütsığırcılığı işletmelerinde yapılan silo yemlerinin besin madde içeriğı ve silajkalitesinin saptanması üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üret.*, **39**, 54–63.

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

**AOAC (1990).** *Association of Official Analytical Chemists.* In: Helrich K (Ed.), *Official Methods of Analysis.* USA, pp. 69–88.USA: 69–88.

**Bolsen K, Ashbell G, Weinberg Z (1996).** Silage fermentation and silage additives. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, **5**, 494.

**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.

**Buxton DR, Kiely O(2003).** *Preharvest plant factors affecting ensiling.* In:Buxton DR, Muck RE, Harrison JH (Eds), *Silage Science and Technology.* American Society of Argonomy, Madison. p:199-250

**Canbolat Ö, Kalkan H, Karaman Ş, Filya İ. (2010).** Üzüm posasının yoncasilajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılma olanakları. *Kafkas Univ. Vet.Fak. Derg.*, **16**, 269-276.

**Chiba S, Chiba H, Yagi MA(2005).** *A guide for silage making and utilization in the tropical regions.* A publication of the Japanese Livestock Technology Association, Tokyo: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, p:29

**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, EO (2005).** Elmanın karbonhidrat kaynağı olarak yonca silajına katılma olanağının araştırılması. *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.

**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.

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

**Demirođlu Topçu G, Özkan ŞS (2017).** Türkiye ve ege bölgesi çayır-mera alanları ile yem bitkileri tarımına genel bir bakış. *COMU J. Agric. Fac.*, **5**, 21–28.

**DLG (1997)** DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärgüte von Grünfuttersilagen auf der Basis der chemischen Untersuchung. [DLG-pattern for the Evaluation of the Fermentation Quality of Grass Silages on the basis of Chemical Analyses]. Frankfurt. M.: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft.

**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.

**Doonan BM, Kaiser AG, Stanley DF, Blackwood IF, Piltz JW, White AK (2004).** *Silage in the farming system*. In: Kaiser AG, Piltz JW, Burns HM, Griffiths NW. (Eds), Successful Silage, Chapter 1, New South Wales Dept. Of Primary Industry: Orange, p:1-24

**Goering HK, Van Soest PJ (1970).** Forage fiber analyses. Agriculture Handbook No. 379, Washington, D.C.

**Gümüş H, Ergin S. (2019)** Yonca silajına tuz ve laktik asit bakteri inokulant ilavesinin silaj kalitesi, fermentasyon profili ve mikrobiyel özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Burdur/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).** 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.

**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 Adv.*, **4(3)**, 167-171.

**Karakozak E, Ayaşan T (2010).** Değişik yem bitkileri ve karışımlarından hazırlanan silajlarda inokulant kullanımının flieg puanı ve ham besin maddeleri üzerine etkileri. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, **16**, 987–994.

**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.

**Kjeldahl J (1883).** Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körnern. *Zeitschrift für Anal. Chemie.*, **22**, 366–382.

**Kleinschmit DH, Kung LA (2006).** A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *J. Dairy Sci.*, **89**(10), 4005-4013.

**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-Australas J. Anim Sci.*, **30**, 950–956.

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

**Kung L (2010).** *A review on silage additives and enzymes.* Newark: Department of Animal Food Sciences. University of Delaware, 19717-1303.

**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.

**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.

**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.

**Elferink SJWH, Driehuis F, Gottschal JC (2000).** *Silage fermentation process and their manipulation.* In:Proceeding of the FAO Electronic Conference on Tropical Silage. Rome:Silage in the topics with emphasis on smallholders. p:17-30.

**Ozduven ML, Koç F, Polat C, Coskuntuna L (2009).** The effects of lactic acidbacteria and enzyme mixture inoculants on fermentation and nutrient digestibilityof sunflower silage. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.*, **15**, 195–199.

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

**Özkan U, Demirbağ N (2016).** Türkiyede kaliteli kaba yem kaynaklarını mevcut durumu. *Türk Bilim. Derlemeler Derg.*, **9**, 23–27.

**Özpınar H., Acar AA., Aksu S. (2018)** Sahil kuşağı yonca yetiştiriciliği. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/106-ciftcibro.pdf>. (Erişim Tarihi: 03.03.2019).

**Pahlow, G. and Honig, H. (1996)** The german silage additive approval scheme. proceedings of the 11th international silage conference, Aberystwyth, 8-11 September 1996, 146-147.

**Pahlow G, Muck RE, Driehuis F, Elfering SJWH, Spoelstra SF (2003).** *Microbiology of ensiling.* In: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH (Eds), *Silage Science and Technology*, 1st ed. American Society of Argonomy, Madison. P:31-94.

**Park RS, Stronge MD (2013).** *Silage production and utilisation.* Proceedings of the XIVth International Silage Conference, July. Wageningen Academic

**Pitt RE, Muck RE, Pickering NB (1991).** *A model of aerobic fungal growth in silage.* *Grass for. Sci.*, **46**, 301-312.

**Redfearn D, Zhang H. (2014 )**Forage quality interpretations. Oklahoma Cooperative Extension Service, PSS-2117. <http://factsheets.okstate.edu/> (Erişim Tarihi: 02.03.2019)

**Rotz CA, Muck RE (1994).** *Changes in forages quality during harvest and storage.* In: Fahey GC, Jr. Et al (Eds), *Forage Quality, Evaluaton and Utilization.* American Society of Argonomy, Madison. p:828-868.

**Sarıççek ZB, Ayan İ, Garipoglu AV (2002).** Mısır ve bazı baklagillerin tek ve karışık ekilmelerinin silaj kalitesine etkisi. *OMÜ Ziraat Fak. Derg.*, **17(3)**, 1-5.

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

**Schroeder JW (2013).** *Silage fermentation and preservation*. AS1254, North Dakota: Quality Forage, North Dakota State University Fargo, Extension Service, 2013 p: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.

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

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

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

**Van Dyke NJ, Anderson PM (2000).** Interpreting a Forage Analysis. Alabama Cooperative Extension. Circular ANR-890.

**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.

**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.

**Zhao J., Dong Z., Li., J., Chen L., Bai Y., Jia B., Shao T. 2019.** Effects of lactic acid bacteria and molasses on fermentation dynamics, structural and nonstructural carbohydrate composition and in vitro ruminal fermentation of rice straw silage. *Asian-Australas J. Anim Sci.* **32**: 6-783-791.

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

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





## ÖZGEÇMİŞ



**Adı Soyadı:** Bunyamin AKTÜRK

**Ünvanı:** Veteriner Hekim

**Çalıştığı Kurum:** Cargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş. (02.05.2017)

**Geçmiş:** Abalıoğlu Yem Soya ve Tekstil San. A.Ş. (05.07.2013 – 21.04.2017)

**Yazışma Adresi:** Cargill Tarım ve Gıda Sanayi Ticaret Anonim Şirketi

Barbaros Mah. Kardelen Sok. Palladium Tower No: 2/4-5-6-7  
Ataşehir – İstanbul / TÜRKİYE.

**Telefon:** 00 90 538 704 24 40

**E-mail:** bnymn\_akt@hotmail.com , bunyamin.akturk90@gmail.com

### **Çalışmanın Yapıldığı:**

**Anabilim Dalı:** MAKÜ Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları A.B.D.

**Enstitü:** MAKÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü