



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CEVİZ KABUĞU ATIĞININ MISIR SİLAJINDA KATKI MADDESİ
OLARAK KULLANIMI**

OSMAN SANCAR

HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI

**Şanlıurfa
2024**



**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CEVİZ KABUĞU ATIĞININ MISIR SİLAJINDA KATKI MADDESİ
OLARAK KULLANIMI**

OSMAN SANCAR

**HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI
Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi BESİME DOĞAN DAŞ**

**Şanlıurfa
2024**

TEŞEKKÜR

Bu zorlu süreçte, çalışmanın hazırlanması esnasında bütün zorluklara rağmen hiçbir bilgi birikimini esirgemeyen ve büyük emeği geçen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Besime DOĞAN DAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam esnasında bize yol gösteren Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni ve Hayvan Besleme Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Mehmet AVCI'ya, denemeler esnasında desteklerini bizlerden esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Aydın DAŞ'a, Dr. Öğr. Üyesi Serkan AYDIN'a; aynı zamanda bütün eğitim hayatım boyunca sürekli yanımda bulunan ve eksikliğini hissettirmeyen babam Ali SANCAR'a, annem Zeynep SANCAR'a ve eşim Filiz SANCAR'a desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunuruyorum.

Osman SANCAR

2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	iv
KISALTMALAR	v
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Silajın Tanımı ve Silaj	4
2.2. Silaj Yapımında Fermantasyon Aşamaları	6
2.3. Kaliteli Silajın Nitelikleri	8
2.4. Silajlarda Kullanılan Katkı Maddeleri	9
2.4.1. Mikrobiyal İnokülanlar	11
2.4.2. Enzimler	14
2.4.3. Şekerler	16
2.4.4. Asitler ve Tuzları	18
2.4.5. Üre ve Amonyak İlavesi	20
2.4.6. Tuz	22
2.4.7. Diğer Katkı Maddeleri	22
2.5. Ceviz Bitkisi ve Yeşil Ceviz Kabuğunun Özellikleri	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM	28
3.1. Denemenin Materyali	28
3.1.1. Silajlık Materyal ve Silajların Hazırlanması	28
3.2. Denemenin Yöntemi	29
3.2.1. Silajların Besin Madde analizleri	29
3.2.2. pH ve Amonyak Azotu ve Aerobik Stabilite Analizleri	30
3.2.3. Silajların Metabolik Enerji ile İn Vitro Organik Madde Sindirim Değerlerinin Tespiti	30
3.2.4. Maya/Küf ve LAB Analizleri	32
3.3. İstatistiksel Analiz	32
4. BULGULAR	33
5. TARTIŞMA	45
6. SONUÇLAR	50
7. ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	63

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CEVİZ KABUĞU ATIĞININ MISIR SİLAJINDA KATKI MADDESİ OLARAK KULLANIMI

OSMAN SANCAR

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI

Tez Danışman: Dr. Öğretim Üyesi BESİME DOĞAN DAŞ
Yıl: 2024, Sayfa : 63

Bu çalışma, mısır hasılına farklı oranlarda ceviz yeşil kabuğu ilavesinin (%0, %0.5, %1, %2 ve %4) fermentasyon özellikleri, silaj kalitesi ve aerobik stabilite üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla yapıldı. Çalışmada her gruptan 4 tekrar olacak şekilde 20 adet silaj örneği 1,5 litrelik cam kavanozlara konularak sıkıştırıldı. Silajlar 60 gün süreyle mayalanmaya bırakıldı. Ayrıca silajlar açıldıktan hemen sonra beş gün boyunca aerobik stabilite testine tabi tutuldu. Katkılı silaj gruplarının pH'ları 3.77-3.79 arasında, $\text{NH}_3\text{-N}$ değerleri %6.76-%9.21 arasında belirlendi. Silajlar Flieg puanlama sistemine göre yüksek kaliteli olarak değerlendirildi. Mısır hasılına ceviz yeşil kabuğu ilavesi toplam maya küf yoğunluğunu azalttı ($P=0.000$). Sonuç olarak mısır hasılına ceviz yeşil kabuğu ilavesinin silaj fermentasyonunu olumlu yönde etkilediği, toplam maya küf oluşumunu azalttığı belirlendi. Araştırma sonucunda mısır silajı yapılırken %0.5-%4.0 arasında ceviz yeşil kabuğu kullanılmasının silaj kalite özelliklerini artırabileceği tespit edildi. Ayrıca çalışmanın *in vivo* çalışmalarla desteklenmesi gerektiği sonucuna varıldı.

ANAHTAR KELİMELER: metan, Ceviz yeşil kabuğu, Mısır silajı, *in vitro*, Maya

ABSTRACT

MASTER THESIS

Determination of the Use of Walnut Shell Waste as an Additive in Corn Silage

OSMAN SANCAR

HARRAN UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

ANIMAL NUTRITION AND NUTRITIONAL DISEASES DEPARTMENT

Thesis Supervisor: Dr. Öğretim Üyesi BESİME DOĞAN DAŞ

Year: 2024, Page : 63

This study aims to determine the effects of adding different rates of walnut green husks to maize (0%, 0.5%, 1%, 2% and 4%) on fermentation properties, silage quality, and aerobic stability. In the study, 20 silage samples, four repetitions from each group, were placed in 1.5-liter glass jars and compressed. Silages were left to ferment for 60 days. In addition, the silages were subjected to an aerobic stability test for five days immediately after opening. The pH values of the supplemented silage groups was determined between 3.77-3.79, and NH₃-N values were determined between 6.76%-9.21%. Silages were evaluated as high quality according to the Flieg scoring system. The addition of walnut green husks to maize was reduce total yeast mold density (P=0.000). As a result, it was determined that the addition of walnut green husks to the maize positively affected silage fermentation and reduced total yeast mold formation. As a result of the research, it was determined that using walnut green husks between 0.5% and 4.0% when making maize silage could increase silage quality properties. It was also concluded that the study should be supported by *in vivo* studies.

KEYWORDS: methane, Walnut green husk, Maize silage, In vitro, Yeast

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Laboratuvarda Besin Madde Analizleri	30
Şekil 3.2.	İn vitro Gaz Üretiminde Örneklerin Şiringalarda İnkübasyona Bırakılması.	31
Şekil 4.1.	Grupların Kuru Madde Değişim Grafiği.	34
Şekil 4.2.	Grupların Ham Kül Değişim Grafiği.	35
Şekil 4.3.	Grupların Ham Protein Değişim Grafiği.	35
Şekil 4.4.	Grupların Asit Deterjan Fiber Değişim Grafiği.	36
Şekil 4.5.	Grupların Nötral Deterjan Fiber Değişim Grafiği.	36
Şekil 4.6.	Grupların pH Değişim Grafiği.	37
Şekil 4.7.	Silaj Gruplarının NH ₃ -N Değişim Grafiği.	39
Şekil 4.8.	Flieg Puanı Değişim Grafiği.	39
Şekil 4.9.	CO ₂ Değişim Grafiği.	40
Şekil 4.10.	İVOMS Değerleri Değişim Grafiği.	41
Şekil 4.11.	Metabolik Enerjinin Gruplara Göre Değişim Grafiği.	41
Şekil 4.12.	CH ₄ Gazının Gruplara Göre Değişim Grafiği.	42
Şekil 4.13.	Maya/Küf Değerlerinin Gruplara Göre Değişim Grafiği.	43
Şekil 4.14.	LAB Değerlerinin Gruplara Göre Değişim Grafiği.	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Silolanma Kabiliyetlerine Göre Çeşitli Yeşil Yemlerin Sınıflandırılması (Uygur, 2024).	6
Çizelge 2.2. Silajlarda Kullanılan Katkı Maddeleri.	10
Çizelge 3.1. Denemede Oluşturulan Silajlar.	29
Çizelge 4.1. Denemede Kullanılan Silajların Ham Besin Madde İçerikleri ve pH Değerlerinin Analizleri.	33
Çizelge 4.2. Silaj Gruplarının NH ₃ -N, CO ₂ , Flieg Puanı, İVOMS, ME ve CH ₄ Gazı Analizleri.	38
Çizelge 4.3. Grupların Maya/Küf (log ₁₀ kob/g) ve Laktik Asit Bakterileri (log ₁₀ kob/g) Analizi.	43



KISALTMALAR

% : Yüzde

ADF : Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif, % KM.

AOAC : Association of Official Analytical Chemistry.

CH₄ : Metan

cm : Santimetre

CO₂ : Karbondioksit

FAO : Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Organizasyonu).

HK : Ham Kül, % KM.

HP : Ham Protein, % KM.

İVOMS : İn Vitro Organik Madde Sindirilebilirliği, %.

Kcal : Kilo Kalori

kg : kilogram

KM : Kuru Madde, %.

L : Litre

LAB : Laktik Asit Bakterileri.

ME : Metabolik Enerji, MJ/Kg KM.

MJ : Mega Joule.

mL : Mililitre

mm : Milimetre

N : Normalite

NDF : Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif, % KM.

NH₃-N : Amonyak Azotu, % KM.

NH₃-N/TN : Toplam azot içeriğindeki amonyak azotu oranı, %.

pH : Power of Hydrogen (Hidrojenin Gücü).

SÇK : Suda Çözünen Karbonhidrat

TK : Tamponlama Kapasitesi, meq/Kg KM

TK : Tamponlama Kapasitesi, meq/Kg KM

TN : Toplam Azot.

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu.

v : Hacim

°C : Santigrat derece



1. GİRİŞ

Tarımın önemli bir kolu olan hayvancılık, gelişmekte olan ülkelerde tarımsal ekonominin en hızlı büyüyen kollarından biridir. Hayvansal ürünlere olan talep artarken, bu talebin nasıl karşılanacağı sorusu gündeme sıklıkla gelmektedir. Kaliteli kaba yemlere erişim, çiftlik hayvanı yetiştiricilerinde önemli ekonomik önceliklerdendir. Yemlik bitkilerde üretim mevsim şartlarına bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir. Hasat döneminde yeşil yemlerin üretim miktarı fazladır, buna karşın kış mevsiminde veya kurak dönemlerde yeşil yemlerin üretim miktarlarında düşüşler olmaktadır (Duniere ve ark., 2013). Körpe yemler, ürün atıkları ve yemlerde kullanılan gıda işleme sektörü atık ürünleri genelde çiftlik hayvanları tarafından taze bir şekilde yenilmektedir. Bununla beraber, bu tarz yemleri ileri dönemlerdeki yem açığı zamanlarında tüketme amacıyla saklamak, depolamak mümkündür. Yemlerin korunması amacıyla tabii kurutma, suni kurutma, çeşitli kimyasallar kullanarak kurutma ya da fermentasyon metotları gibi çeşitli seçenekler bulunmaktadır (Mannetje, 2000). Yemleri uzun süreli muhafaza ve depolamak için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri de silolamaktır (Kökten ve Seydoşoğlu, 2023).

Silajlara bazı durumlarda koruyucular ve katkı maddeleri eklenebilmektedir. Baklagil türü bitkilerin şeker içeriği diğer yemlik bitkilere göre düşüktür. Taze bitkilere ağırlıklarının % 3-3.5'leri civarında melas eklenmesi laktik asit ve asetik asit üretim miktarını artırır, bununla birlikte yemlerin lezzetlerini ve besinsel içeriğini zenginleştirmektedir. Körpe yemlik bitkilere % 0.5 düzeyinde üre eklenmesi silajları azot içeriği yönüyle zenginleştirirler. Çünkü buğdaygil bitkileri çoğunlukla azot bakımından fakirdir. Mısır silajına asit üretimini artırmak amacıyla %0.5-1 düzeyinde kalker ilavesi yapılabilir. Bu ilave ile laktik asit mikroorganizmalarının uzun süre aktif olmasını ve arzulanan asit çeşitlerinin üretilmesini sağlamaktadır. Bir antibakteriyel olarak kullanılan sodyum metabisülfid silajlarda karoten içeriğini zenginleştirmektedir. Organik asitler (formik ile propiyonik asit), silaj yemlerinin, lezzetlerini kaybetmeden korunmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Kökten ve Seydoşoğlu, 2023).

Büyükbaş ve küçükbaş çiftlik hayvanlarının rasyonlarına bitkisel atıklar, endüstriyel yan ürünler ve kalıntıların eklenmesi, bu hayvanların verimliliğini devam ettirebilir. Ayrıca beslenmelerini de ekonomik hale getirebilir. Tarım ve gıda sektörü atıkları, yeryüzünde tarımsal üretimin yaklaşık olarak %30 gibi büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu atıklar temelde selülozca zengin atıklardan oluşmaktadır.

Tarımsal artıklar, karotenoidler, polifenol bileşikler ve selüloz gibi pek çok biyoaktif ve besinsel değeri olan bileşikler yönünden zengindirler. Bitkisel atıklar, önemli biyokütle olmaları nedeniyle, uygun teknolojik uygulamalar ile işlenerek kullanıldıklarında, besin maddesi zenginleştirmeleriyle, ülkelerin yem açığı sorunlarına, dünya çapında enerji ve protein tedariklerine potansiyel çözümler sunmaktadır. Kullanılan teknolojik yöntemler, yalnızca hayvan yemlerinin kullanımı için değil, aynı zamanda insanlar için de gıda yetmezliği sorunlarına çözüm olabilir (Ajila ve ark.,2012).

Ceviz ağacı (*Juglans regia* L.) Avrupa ve Asya kıtalarının belli bölümlerinde, Türkiye, Hindistan, İran ve Çin gibi ülkelerde doğal yollarla yetişen bir bitki türüdür (Tsamouris ve ark., 2002). Ülkemizin hemen her bölgesinde ceviz ağaçları yetişebilmektedir (Akça, 2005). Cevizin ağacının ağaç kabuğu, meyvelerinin kabuk aksamı, ham veya yeşil meyvesinin kabuğu ile yaprak gibi yapılarından tıp ve ilaç endüstrisinde, kozmetik sanayisinde yaygın olarak, tekstil sektörüdeyse boyama maddesi olarak yararlanılmaktadır (Stampar ve ark., 2006). Ceviz yeşil kabuğu ve yaprak kısımları fenolik komponentler ve flavonoid bileşikler yönünden oldukça zengindir. (Pereira ve ark., 2007; Pereira ve ark., 2008). Değişik çalışmalarda cevizin özellikle yaprak ve yeşil meyve kabuğunun antimikrobiyal aktivitesi olduğu belirlenmiştir (Clark ve ark, 1990; Amaral ve ark., 2004). Ceviz meyveleri fenolik bileşikler açısından zengindir (Prasad, 2003). Cevizde bulunan fenolik bileşiklerinin %96'sından fazlasının tanen sınıfına ait olduğu bildirilmektedir (Verardo ve ark., 2009). Hayvan besleme açısından tanenin ruminant hayvanlarda, by-pass proteinleri artırarak ve metan üretimini azaltarak faydalı olabileceği de bilinmektedir (Ünver ve ark., 2014).

Günümüzde hazırda bulunan gıda kaynaklarını artırmak, fonksiyonel yeni ve doğal gıda katkıları geliştirmek, yapay olarak elde edilen gıda katkı maddelerine alternatif doğal kaynaklar arama ile ilgili çalışmalar artış göstermektedir. Ayrıca yararlanılmayan atık sorunlarını gidermek, sıfır gıdasal atık hedeflerine ulaşmak gibi maksatlarla biyoaktif komponentler ve gıda bileşikler yönünden bir potansiyeli olan tarımsal besinler ve bunların atık ürünleri ile gıda sanayi ürünleri ve artıklarının değerlendirilmesi yönünde yapılan bilimsel çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır (Romani ve ark., 2019; Salık ve Çakmakçı., 2021). Fitokimyasal profili belirlenmiş, tarım sektörü atığı olarak görülen ceviz yeşil kabuğunun yem katkısı olarak önemli bir potansiyeli olduğu ve fonksiyonel gıda ve yemlerin oluşturulmasında ümit verici olduğu görülmektedir (Salık ve Çakmakçı, 2023).

Belirtilen bilgilerden yola çıkarak yapılan çalışmanın amacı; mısır hasılına farklı oranlarda ceviz yeşil dış kabuğu ilave edilerek hazırlanan silajlardan elde edilen veriler ile en iyi fermantasyon kalitesine sahip ceviz yeşil kabuğu katkılı mısır silajını belirlemek ve yan ürün olarak değerlendirilen bu maddenin silaj yapımında kullanılabilirliğini araştırmaktır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Hayvancılık sektörü, gelişen ülkelerde, tarım ekonomisinin hızlı ilerleyen ve gelişen bir kısmı durumundadır. Buna karşın sektörde üretimi kötü bir şekilde etkileyen önemli faktörlerin başında hayvan beslemede başvurulan uygulamaların teknik anlamda doğru bir şekilde yapılmamasıdır. Üretimi etkileyen bir diğer faktörün de hayvan beslemede kullanılan farklı yem kaynaklarının nasıl ve ne oranda kullanılacağı ile ilgili bilgi eksikliği olduğu bilinmektedir. Çiftlik hayvanlarının rumen fonksiyonlarını sağlayabilmesi adına kesif yemlerle birlikte kaba yem tüketmeleri gerekmektedir. Hayvan besleme alanında kullanılan ve kaba yem olarak nitelendirilen yemlerin üretimi genelde yılın belli bir zaman aralığında mümkün olmaktadır. Kaba yemlerin farklı muhafaza yöntemleri ile depolanması ve muhafaza edilmesinde asıl gaye; yeşil yemlerin az olduğu ve otlatma imkanının bulunmadığı zamanlarda hayvanların bu yem gereksinimlerini karşılamaktır. Kaliteli kaba yemlerin arasında, hayvanlar tarafından iştahlı bir şekilde tüketilen, laksatif etkisi sebebiyle özellikle süt veren ruminant hayvanlar için tavsiye edilen, diğer bazı depolama yöntemlerine göre yemden yararlanma oranı daha iyi olan silaj, bu özellikleri dolayısıyla büyükbaş ve küçükbaş hayvanların beslenmesinde önemli bir yerdedir (Şenel, 1974). Kaba yemlerin silo edilerek muhafaza edilmesi zaman geçtikçe daha fazla tercih edilen saklama yöntemlerinden bir tanesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.1. Silajın Tanımı ve Silaj

Yeteri kadar nem içeriğine sahip yeşil yemlerin veya yem olarak değerlendirilebilen posa gibi atıkların uygun oksijensiz şartlarda fermentasyona tabi tutulmaları ile oluşturulan yemlere silaj denir. Silaj elde etmek amacıyla yapılan bu işleme silolama, silajın yapıldığı yere ise silo adı verilir. Silaj yapımının temel amacı mümkün olan en az besinsel kayıp ile kaba yem kaynaklarının konservasyonudur (Alçıçek ve Karaayvaz, 2003).

Türkiye’de silajlık bitkilerin üretimi ve silaj yapımı, son zamanlarda hızla artmıştır. Ülkemizde üretilen silajların yaklaşık olarak %80’i mısır bitkisi ile hazırlanan silajlar oluşturmıştır. En fazla silaj yapan bölgelere bakıldığında başta Marmara ve Ege Bölgesi gelmektedir (Alçıçek ve Karaayvaz, 2003). Kaba yem kaynağı olarak değerlendirilen bu önemli yemin kalitesi silolamadan beklenen yararın sağlanabilmesinde, silajı yapılan bitkinin suda çözünen karbonhidrat (SÇK) miktarı, kuru madde (KM) miktarı ve tamponlama kapasitesi (TK) ile silaj ortamının pH’sı, sıcaklığı ve oksijen içeriği büyük önem taşımaktadır (Basmacıoğlu ve Ergül,

2002).

Silajı kaliteli oluşturabilmek adına silolanacak materyalin belli başlı fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik özelliklerinin bulunması gereklidir. Yem bitkileri silaj yapılacaksa, uygun boyutlarda parçalanmalıdır. Mısır hasılından silaj yapılacaksa parçalama boyutları 1-2 cm, yonca ile çayır otu gibi bitkilerde ise parçacık büyüklüğü 5-10 cm civarında olmalıdır. Silajlık yem materyali iyice preslenerek silo edilecek yapı içersinde imkanlar dahilinde hava bırakılmadan depolanmalıdır (Kutlu, 2015). Silaj yapılacak bitkinin SÇK içeriği yükseldikçe fermentasyon boyunca oluşacak kuru madde kaybı da benzer oranda düşer ve kaliteli bir silaj meydana getirilir (Mohd-Setapar ve ark., 2012). Nem içeriği yüksek olan tüm yeşil bitkiler ile gıda sektörü yan ürünü olarak değerlendirilen mahsullerden silaj yapılabilir. Fakat silaj yapılacak yem bitkileri veyahut gıda sanayi mahsülü atıklarının KM değerlerinin %25-30 civarında, SÇK içeriklerinin %2.5'ten yüksek olması gereklidir (Kaiser ve ark., 2004). Bitkilerin erken vejetasyon döneminde biçilmesi, KM içeriği düşük olan silaj bitkisi oluşumuna neden olacağından, erken biçmenin zorunlu olduğu şartlarda bile bitkinin belli bir süre soldurulması gerekir. Bu işlem silaj materyalinde besin madde kaybının artmasına neden olabilmektedir. Silaj materyalinin geç dönemde hasat edilmesi halinde ise bitki materyalinin KM içeriğinin artmasına ve SÇK içeriğinin azalışına, buna karşın yemin selüloz ve lignin miktarının artmasına sebep olur (Basmacıoğlu ve Ergül, 2002).

Silaj yapımı tam bir fermentasyon olayıdır. Silajda fermentasyon oluşmasında mikroorganizmaların birçok farklı grubunun önemli etkileri vardır. Fakat bu mikroorganizmaların bir kısmı silajın yapımında olumlu etki oluştururken, diğer bir kesiminin varlığı ya da gelişimi, istenmeyen fermentasyon süreçlerine neden olur. Silajlık materyalin fermentasyonu sırasında üreyen laktik asit bakterilerinin oluşması silajda istenen bir durumdur. Enterobacteriace'lar, Clostridium, mayalar, küf mantarları, asetik asit mikroorganizmaları ve Listeria grubu mikroplarsa silajda istenmeyen mikroorganizmalardır. Silo içinde laktik asit bakterilerinin etkili olması silaj kalitesinin artmasına; sayılan ve istenmeyen mikroorganizmaların yoğun ve etkili olması ise oluşacak silajın kalitesinde düşüşlere ve silajın bozuk olarak değerlendirilmesine sebep olur (Basmacıoğlu ve Ergül, 2002).

Yeşil yem bitkilerinin silolanabilmelerine göre üç farklı grupta birleştirmek mümkündür (Tablo 2.1). Silajı yapılacak yemlerde SÇK'ların fazlalığında kolay silolanabilen kaliteli silajlar, azot ve protein miktarının çokluğunda ise zor silolanabilen, kalitesiz silajların oluşması söz konusudur (Uygur, 2024).

Çizelge 2.1. Silolanma Kabiliyetlerine Göre Çeşitli Yeşil Yemlerin Sınıflandırılması (Uygur, 2024).

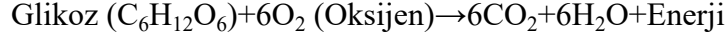
Kolay Silolanan Yemler	Orta Derecede Silolanan Yemler	Güç Silolanan Yemler
Mısır	Çayır otu	Yonca
Hayvan pancarı yapraklar 1	Bakla	Hardal
Başlı şeker pancarı yaprakları	Tırfıl	Kolza
Ayçiçe ği (% 30 çiçeklenme)	Lüpen (Çiçeklenme sonrası)	Tatlı lüpen
Yer elması	Üçgülller (Çiçeklenme sonrası)	Fiğ, Bezelye
Yeşil darı çeşitleri	Ayçiçe ği (körpe halde)	Körpe mera otları
Lahana yaprakları		Üçgülller (Çiçeklenme öncesi)

2.2. Silaj Yapımında Fermantasyon Aşamaları

Silaj yapımında temel prensip; anaerobik koşullarda laktik asit fermantasyonu sonucunda silolanmış bitki materyalinin pH'sını hızla düşürmek ve oksijensiz koşulların devamlılığını sağlamaktır. Silaj oluşum süreci aerobik, anaerobik ve stabil (sabit) faz ile aerobik besleme fazı olmak üzere dört ana aşamada incelenebilir (Driehuis ve ark.,1999).

Aerobik faz bitki materyalinin biçimiyle başlayan ve silolanmadan 24-48 saat sonrası süreye kadar devamlılığı olan aerobik yıkımlanma dönemidir. Bu aşamada canlı bitki hücreleri solunum yapmaya devam eder, aerobik mikroorganizma faaliyetleri sonucu kuru madde kayıpları oluşur (Driehuis ve ark.,1999). Silaj yapılacak bitkinin uygun ebatlarda parçalanıp siloda preslenmesi zamanında bitkilerde istenmeyen önemli iki aktivite olur. Birincisi solunum diğeri de proteolizistir. Her iki olay silaj içerisinde aynı anda başlar ve süregelir.

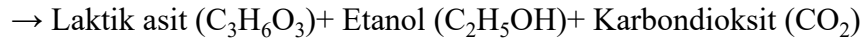
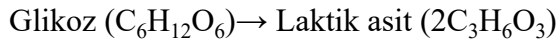
Solunum anında silaj içerisinde, preslemenin ne kadar etkin yapıldığına bağlı olarak, az bir miktar da olsa kalan oksijeni kullanılarak bitkideki SÇK'lar tüketilir. Böylelikle silajda karbondioksit, su ve enerji oluşur. Aerobik fazın fazla uzamasıyla yapılan silajın besin madde içeriğinde azalmalar oluşur.



Proteoliziste, bitkide var olan proteaz enzimleri bitkinin proteinlerini başta amonyak ve amino asitler olmak üzere, peptid ve aminlere yıkmalarlar. Proteolizisin etkisi ile silajın amonyak azotunun (NH₃-N) oranında yükselişler oluşur. Proteolizisin etkisiyle protein yıkımlanmasının yüksek düzeylerde olduğu silajların yenilmesinde, silajları yiyen hayvanların verimlerinde azalma görülür (Filya, 2001).

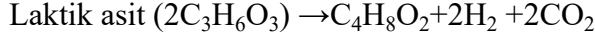
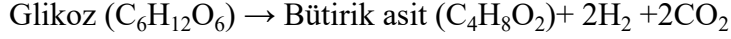
Anaerobik yıkımlanma dönemini gösteren anaerobik faz, silaj içerisinde bulunan oksijenin tükenmesi ile başlar. Silolama koşullarına ve silajlık bitkinin özelliklerine bağlı olarak 7 ile 21 gün arasında değişen bir süreye kadar devam edebilir. Anaerobik fazda farklı mikroorganizmalar (küfler ve mayalar, laktik asit bakterileri, asetik asit bakterileri, Enterobakter, Clostridia) oksijensiz ortamda gelişirler. İyi bir şekilde silolanmış bitkilerin silajlarında laktik asit bakterileri hızlı biçimde gelişim göstererek yıkımlamada baskın taraf olurlar. Bu mikroorganizmalar bitki yapısındaki SÇK'ları (glikoz, fruktoz, sukroz) kullanıp fazlaca laktik asit ve biraz da asetik asit üretilir, ortam pH'sını hızla düşürürler (Filya, 2001).

Laktik asit bakterileri:



Clostridia türündeki mikroplar silaj yıkımlama süresince bitkide bulunan SÇK ve organik asitleri bütirik aside çevirirler. Oluşan silajın besin madde içeriğini düşürmeleri, enerji kaybı ve ortam pH'sının yükselmesine neden olmaları sebebiyle Clostridia'lar silaj fermantasyonu bakımından istenmeyen mikroplar sınıfında bulunurlar (Basmacıoğlu ve Ergül, 2002).

Clostridia grubu mikroplar:



Silajda oluşan yıkımlanmanın üçüncü aşamasıysa anaerobik dinlenme dönemi olarak bilinen stabil (sabit) fazdır. Bu aşama aerobik fazın bitimiyle başlayan ve silajın hayvanlara yedirilmesi için açılmasına kadar geçen süredir. Bu aşamada silo içerisinde fermentasyon yok denecek kadar azdır ve sabit faz süresince silajın organik asit kompozisyonunda önemli bir farklılaşma olması beklenmez. Ortam pH'sı yeteri kadar düşük olduğu müddetçe silaj materyali sabit olarak kalır (Driehuis ve ark., 1999).

Aerobik besleme aşaması ise silajın hayvanlara yedirmek için açıldığı ve oksijen ile temasın olduğu dönemdir. Bu aşamada oksijene maruz bırakılan silaj, aerobik mikroorganizmaların, özellikle maya ve küflerin ikincil fermentasyonu sebebiyle bozulmaya başlar. Aerobik bozulmada olayı asıl başlatan ve devamlılığını sağlayan mikroorganizmaların, öncelikle asite dirençli mayalar ile asetik asit bakterileri olduğu bildirilmektedir (Moon ve Ely., 1979).

2.3. Kaliteli Silajın Nitelikleri

Kalite bakımından silo yemlerinin sınıflandırılmasında renk, koku, yapı gibi fiziksel özelliklerle birlikte, kuru madde, pH, aerobik stabilite, amonyak azotu, uçucu yağ asitleri (propiyonik asit, asetik asit ile bütirik asit) ve laktik asit oranlarının tespit edilmesi önemlidir (Leibensperger ve Pitt, 1987).

Kaliteli mısır silajında kuru madde içeriğinin yaklaşık %30-40 civarında, pH'sının 3.7-4.2 aralığında, laktik asit oranının KM'de %4-7, propiyonik asit oranının %0.1'den daha az, asetik asitin %1-3, bütirik asitin ise bulunmaması ve silajın azot (TN) yükündeki amonyak azotu oranının (NH₃-N/TN) ise KM'de %5-7 arasında olması istenir. Kaliteli baklagil silajının yapılmasında ise pH'nın 4.3-4.7 aralığında, KM oranının %30-40'larda, asetik asit oranının %2-3, laktik asit değerinin KM'de %7-8, bütirik ve propiyonik asitin %0.5'ten daha düşük olması, NH₃-N/TN oranında ise KM'de %10-15 civarında olması istenir (Kung ve Shaver, 2001). Genel olarak silaj olarak değerlendirilecek bitkilerde KM esasıyla ortalama SÇK içerikleri mısırdaki %8-30, yonca bitkisinde %4-5, diğer buğdaygıl yem bitkilerinde ise %10-20 civarında olması istenir. Kaliteli bir silaj düşünüldüğünde amonyak, mannitol ve etanol gibi istenmeyen maddelerle birlikte küf içermemelidir.

Kaliteli silajlarda görüntü olarak rengin yeşil tonlarında, ekşimsi asit kokan bir kokusunun ve bir örnek olması istenir (Leibensperger ve Pitt,1987).

2.4. Silajlarda Kullanılan Katkı Maddeleri

Silaj fermentasyonu çeşitli faktörlerden etkilenen dinamik bir süreçtir. Silajların yem değerini artırmak ve silolama işlemi sırasındaki muhtemel riskleri azaltmak amacıyla silaj ve silaj katkı maddeleri üzerine yoğun araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir.

Genel bir kavram olarak suca zengin kaba yemlerin hepsi silolanabilmektedir. Ancak bunların silolanabilme yetenekleri farklıdır. Silolanacak suca zengin yemlerin kuru madde içeriklerinin %25-35 arasında, kolay eriyebilir karbonhidrat içeriklerinin ise en az %3 olması gerekir (Kutlu, 2002). Bu özelliğe sahip olmayan kaba yemlerin silolanması oldukça zordur. Bu durumda silolanması zor olan kaba yemlerden silaj yapılırken bazı katkı maddelerinin kullanılması bir zorunlu haline gelmektedir.

Silajlarda katkı maddesi kullanımının temel amaçlarını şöyle sıralayabiliriz (Getabalew ve ark., 2022; Oladosu ve ark., 2016; Yitbarek ve Tamir, 2014): Silajın besin maddeleri içeriğini iyileştirmek, silajın yem değerini iyileştirmek, silajın fermentasyon kalitesini artırmak, silajda meydana gelebilecek fermentasyon kayıplarını azaltmak, hızlı fermentasyonu teşvik ederek depolama kayıplarını azaltmak, silajın hijyenik kalitesini arttırmak, silaj içerisinde istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini önlemek, silajın aerobik stabilitesini (raf ömrünü) iyileştirmek, hayvan performansını iyileştirmek.

Ancak amaç ne olursa olsun silajlarda katkı maddesi olarak kullanılacak materyaller şu özelliklere sahip olmalıdır. Silaj katkı maddeleri: (i) Çalışanların sağlığı için tehlikeli olmamalı, kullanımı güvenli olmalıdır. (ii) Uygulanması kolay olmalı ve akademik bilgi gerektirmemelidir. (iii) Silo yemi tüketen hayvanların sağlığı ile verim miktan ve niteliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmamalıdır. (iv) Yeme homojen bir şekilde kanışınabilir formda (sıvı veya serpmeye tuz) bulunmalıdır. (v) Temini kolay ve ucuz olmalıdır.

Silaj katkı maddeleri, sıvı, toz veya süspansiyon formda olabilir ve silaja katılma uygulaması hasat, doğrama işlemi veya silonun doldurulması sırasında yapılabilir. Süspansiyon şeklindeki katkı maddeleri (örneğin bakteriyel inokülantlar), doğrama işleme sırasında uygulanacak ise bu durumda biçerdöver veya parçalayıcı-

doğrayıcı makina üzerine özel cihazlar ya da aparatlar monte edilmelidir (Weinberg ve Ashbell, 2003).

Silaj yapımında kullanılan katkı maddeleri etki şekillerine göre beş ana kategoride sınıflandırılabilir (Tablo 1): Bunlar; (i) Fermantasyon uyancı katkılar: Bunlar silajın pH'ını düşürmek için laktik asit üretimini teşvik ederler. (ii) Fermantasyon kısıtlayıcı katkılar: Bunlar doğrudan silajdaki asit seviyesini arttırarak istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesini engeller. (iii) Aerobik bozulmayı önleyici katkı maddeleri. (iv) Besin maddesi sağlayan katkı maddeleri. (v) Nem çekici absorban katkılar (Kung Jr., 2010; Oladosu ve ark., 2016).

Çizelge 2.2. Silajlarda Kullanılan Katkı Maddeleri.

Katkı Maddeleri	Örnekleri
Fermantasyon uyancı katkı maddeleri	Mikrobiyal İnokülanlar: Homofermentatif laktik asit bakterileri
	Enzimler: Selüloz, amilaz, hemiselüloz, pektinaz ve proteazlar
	Fermente olabilir şeker kaynaktan: Glikoz, sükroz, melas, hububat daneleri, peynir altı suyu, narenciye posası
Fermantasyon kısıtlayıcı katkı maddeleri	Asitler: Formik asit, asetik asit, laktik asit, benzoik asit, akrilik asit, sitrik asit ve sorbik asit
	Diğer katkılar: Sodyum nitrit, sodyum metabisülfid, sodyum klorür, sodyum hidroksit
Aerobik bozulmayı önleyici katkı maddeleri	Mikrobiyal İnokülanlar: Heterofermentatif laktik asit bakterileri
	Propiyonik asit, propiyonat, asetik asit, kaproik asit, sorbik asit, amonyak
Besin maddesi sağlayıcılar	Üre ve amonyak, tahıllar, mineraller
Nem çekici absorbanlar	Saman, narenciye posası, kuru şeker pancar posası

2.4.1. Mikrobiyal İnokülanlar

İnokülanlar, silajın fermantasyonunu geliştirmek için kullanılan, laktik asit bakterilerinin çok özel suşlarını içeren ticari preparatlardır. Bu ürünler genellikle bitki materyaline silolama sırasında veya hasat öncesi dönemde uygulanır. Silaj üretiminde inokülan kullanımı, hem silaj fermantasyon sürecini hem de laktik asit konsantrasyonunu arttırarak kaliteye katkıda bulunmaktadır. İnokülanlar aynı zamanda silajın pH'sını da düşürerek bozulmaya neden olan mikroorganizmaların büyümesini engellemekte ve silajın bozulma riskini azaltmaktadır. Ayrıca inokülanlar laktik asit konsantrasyonunu artırarak silajın besin maddeleri sindirilebilirliği ve yem değerini iyileştirmektedir (Ertekin ve Atış, 2023; Oladosu ve ark., 2016).

Laktik asit bakterileri silajın fermantasyonundan sorumlu olan ana mikroorganizmalardır. Bu bakteriler fakültatif anaerob mikroorganizmalar olup oksijen varlığında veya yokluğunda gelişmelerini sürdürebilmektedir. Bunlar glikoz, fruktoz ve sükroz da dâhil olmak üzere çeşitli şekerlerden laktik asit üretebilirler (Coelho ve ark., 2022). Bu bakterilerin laktik asit sentezi için şekerleri kullanma, dolayısıyla pH'yı düşürme ve istenmeyen mikroorganizmaların gelişimine karşı koruma sağlama yeteneği nedeniyle fermente gıda ve yem üretiminde yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bunlar genellikle güvenilir gıda olarak tanımlanmaktadır. Laktik asit bakterileri silaj üretimi için çok geleneksel kullanım alanı bulmuş olsa bile yıllardır bilim insanları ve tedarikçi şirketler tarafından araştırma konusu olmaya devam etmektedir (Fabiszewska ve ark., 2019).

Silajlarda yaygın olarak kullanılan laktik asit bakterileri iki ana gruba ayrılabilir: (i) homofermentif laktik asit bakterileri ve (ii) heterofermentif laktik asit bakterileri.

Homofermentif laktik asit bakterileri, glikozu laktik asite katabolize eder. Üretilen bu laktik asit sayesinde hızlı bir fermantasyon gerçekleşir ve pH hızlı bir şekilde 4'e kadar düşer. Bu aynı zamanda silaj içerisindeki mevcut şeker ve proteinlerin daha fazla parçalanmasını önler (Kim ve ark., 2021). Başlıca homofermentatif laktik asit bakterisi *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* ve *Lactococcus* türü bakterilerdir. *Lactobacillus plantarum*'un 1×10^6 kob/g canlı aşı hücresinin silajda baskın popülasyon haline gelmesi için yeterli olduğu düşünülmektedir (Dunière ve ark., 2013).

Heterofermantatif laktik asit bakterileri glikoz ve laktik asidin yanı sıra asetik asit, etanol ve karbondioksit üretirler (Kim ve ark., 2021; Kiraz ve Kutlu, 2016). Bu bakterilerin başlıca örnekleri *Lactobacillus buchneri* ve *Lactobacillus brevis*'tir. *L. buchneri* ile inoküle edilmiş silajlardaki artan asetik asitin, aerobik stabiliteyi arttırdığı kabul edilmekte olup bu varsayım birçok araştırma ile desteklenmiştir (Borreani ve ark., 2018).

Homofermantatif laktik asit bakterileri laktik asit üretiminde heterofermantatif bakterilerden daha etkilidir (Kiraz ve Kutlu, 2016). Bu bakımdan ticari olarak piyasaya sürülen mikrobiyal inokülanların çoğu homofermantatif laktik asit bakterisi, özellikle de *L. plantarum* içerir. Silaj yapımında da daha çok bu bakteri türleri tercih edilmektedir. Bununla birlikte günümüzde silajlık materyallerin özelliklerine göre silaj yapımında homofermantatif, heterofermantatif ya da bunların kombinasyonlarını içeren inokülanlar kullanılmaktadır (Muck ve ark., 2018). Silaj yapımında yaygın hale gelen bu uygulama ile heterofermantatif karakterli inokülanların aerobik stabiliteyi arttıran etkisine ilaveten, homofermantatif karakterli inokülanların fermentasyon özelliklerini iyileştirici etkisinden yararlanması amaçlanmaktadır (Demirci, 2009). Diğer bir ifade ile silajlarda çoklu bakteri suşlarının kullanım mantığı, onların potansiyel sinerjetik etkilerden yararlanmak ve her bir inokülanın en iyi yönünü ön plana çıkararak saylayacağı faydayı tek bir üründe elde etmektir (Muck ve ark., 2018). Nitekim homofermantatif bakteri suşları erken dönemde fermentasyona hakim olarak silaj pH'sında hızlı bir düşüş sağlamaktadır. Aktif fermentasyondan sonra ise *L. buchneri* gibi bakteriler yavaş yavaş laktik asidin bir kısmını asetik aside dönüştürürler. Silajlarda bu dönemde artan asetik asit, özellikle yemleme döneminde açılan silajlarda aerobik stabiliteyi iyileştirmektedir (Borreani ve ark., 2018). Buna ilaveten *L. buchneri* bakterisi diğer bileşenlerden farklı olarak ferulik asit esteraz enzimi de üretir ki bu enzim bitki hücre duvarlarındaki lignin ile diğer karbonhidratlar arasındaki bağların koparılmasına yardımcı olur ve potansiyel olarak lifli yapıların sindirilebilirliğini artırır (Muck, 2010).

Kombinasyon halindeki bakteri kültürleri ile inoküle edilen silaj çalışmalarında, mikrobiyal inokülasyon uygulanan silajlarda, inokülantsız silajlarla kıyaslandığında, genellikle daha düşük pH, asetik asit ve bütirik asit değerleri elde edilirken daha yüksek laktik asit değerleri elde edilmiştir (Demirci, 2009; Muck ve ark., 2018). Bu çalışmalarda kuru madde kayıplarının azaldığı da belirlenmiştir.

Mikrobiyal inokülanı ilave edilmiş silajlarla yapılan hayvansal araştırmalarda bakteriyel inokülanların sadece silaj fermentasyonunu iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda hayvanların süt üretimi, günlük canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanma oranını da iyileştirdiğı belirlenmiştir (Muck ve ark., 2018). Nitekim Oliveira ve ark. (2017), süt sığırları ile yapılan çalışmaların meta analizi değerlendirmesinde, laktik asit bakterileri (≥ 105 kob/g yem) ile inoküle edilen silajlarla beslenen hayvanlarda günlük süt veriminin 0.37 kg arttığı, süt yağı, süt protein içeriğı ve hayvanların kuru madde tüketiminin artma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Araştırıcılar söz konusu uygulamanın yemden yararlanma etkinliğı üzerinde etkisinin olmadığını vurgulamışlardır. Benzer şekilde Kung Jr ve ark. (2003), *L. buchneri* inoküle edilerek siloladıkları yonca silajının süt ineklerinde süt verimini arttırdığını, kuru madde tüketimi ve yemden yararlanma oranı ile sütün kompozisyonunu etkilenmediğini belirlemişlerdir.

Laktik asit bakteri inokülanları, sürdürülebilir tarımın bir parçası olarak çiftçiler tarafından kolaylıkla kullanılmakta ve organik tarım, biyogübre ve biyokontrol ögesi olarak günümüzün birçok tarımsal faaliyetlerinde uygulanmaktadır. Avrupa ülkeleri dünya silaj katkı maddeleri pazarında %44'lük payla pazarın lideri konumundadır. Hayvan sağığı konusundaki farkındalığın artması, pazarın en önemli itici gücü durumundadır. Asya-Pasifik ülkelerinde de silaj katkı maddeleri pazar payının yükselmesi beklenmektedir (Fabiszewska ve ark., 2019). Dünya pazarlarında en çok kullanılan laktik asit bakterisi türleri *L. plantarum*, *L. buchneri*, *E. faecium* ve *P. acidilactici*'dir. Bunlara nazaran daha az olmakla birlikte *L. rhamnosus* ve *Lactococcus lactis* de kullanılmaktadır.

Piyasada mevcut mikrobiyal inokülanlar toz veya granüler formda bulunabilirler. Bunlar genellikle kalsiyum karbonat (kireç taşı), kurutulmuş yağsız süt tozu, sakaroz gibi taşıyıcılarla karıştırılır. Bu ürünler üretici firmaların önerileri doğrultusunda elle veya bu iş için uygun cihazlarla uygulanabilir. Sıvı formda uygulanacak aşılایıcılar kurutulmuş toz formda elde edilir ve kullanımdan hemen önce suyla karıştırılarak uygulanır. Bu durumda kullanılacak suyun klor seviyesinin 1.5-2.0 ppm' den yüksek olması inokülan etkinliğine zarar verebilir. İnokülan uygulaması, silajlık materyalin tartılarak veya siloya doldurma süresine göre bir düzenleme yapılarak basit bir sulama kabıyla yapılabilir. Bununla birlikte inokülanın, yem kütlesi üzerine eşit şekilde dağıtılmasını sağılamak amacıyla ölçülü bir sıvı püskürtücü kullanılması homojen bir dağılım sağılamak açısından daha isabetlidir (Kung, 2018).

Silajlık materyale mikrobiyal inokülant veya kimyasal katkı maddesi uygulaması farklı yerlerde yapılabilir. Bununla birlikte, mikroorganizmaların fermente edilebilir substratlarla temas halinde olduğu süreyi en üst düzeye çıkarmak ve materyal içerisinde iyi bir dağıtım sağlamak için uygulamanın kıyıcı-doğrayıcıda yapılması tavsiye edilmektedir (Kung, 2018). Katkı maddesi ilavesi, dik yapıdaki siloların üfleyici kısımlarında veya torbalayıcı kısmında yapıldığında dağılımı açısından çok fazla sorun oluşmaz. Ancak bir miktar kuru inokülantın gelişigüzel bir yem kütlesi üzerine atılması, eşit dağılım sağlamayacağı için kabul edilebilir bir uygulama değildir. Bu bakımdan bu tür katkı maddelerinin sıvı formda uygulanması gerektiği ifade edilmektedir. Örneğin, Whiter ve Kung Jr (2001), kuru madde içeriği %45'in üzerinde olan yonca silajında fermantasyonu hızlandırmak için mikrobiyal inokülantın sıvı formda kullanılmasını önermişlerdir.

Mikrobiyal inokülantların depolanması da dikkat edilmesi gereken bir diğer husustur. Nitekim bazı inokülantların optimum depolama için soğutulması veya dondurulması gerekir. Depolama için soğuk sıcaklıklara ihtiyaç duymayanlar yine de serin ve kuru alanlarda, doğrudan güneş ışığından uzak tutulmalıdır. Nem, oksijen ve güneş ışığı inokülantların stabilitesini azaltabilir. Bu da canlı mikroorganizma sayısının azalmasına ve ürünün etiket garantilerinin karşılanmasında sorunlara neden olabilir. Açılmış aşı torbaları mümkün olan en kısa sürede kullanılmalı ve tamamen kullanılmazsa muhtemelen bir sonraki sezona aktarılmamalıdır.

2.4.2. Enzimler

Enzimler vücuttaki kimyasal reaksiyonları katalize eden proteinlerdir ve fermantasyon sürecini iyileştirmek için silaja da eklenebilmektedirler (Ertekin ve Atış, 2023). Bunların kullanım amacı, bitki materyali bünyesinde bulunan yapısal polisakkaritleri parçalamak, laktik asit bakterilerine şeker sağlamak ve silaj fermantasyonunu iyileştirmektir (Menezes ve ark., 2022). Dehghani ve ark. (2012), düşük şeker konsantrasyonu ve/veya yüksek protein konsantrasyonu ve tampon kapasitesi nedeniyle silolanması zor olan kaba yemlerde silaj kalitesinin artırılmasında enzim ilavesinin etkili olabileceğini bildirmişlerdir. Enzimler genellikle tek başına kullanılmak yerine bakteriyel inokülantlarla birlikte kullanımı yaygındır (Menezes ve ark., 2022; Muck ve ark., 2018).

Enzimler, hücre duvarı karbonhidratlarını parçalayarak laktik asit bakterileri için daha fazla fermente edilebilir substrat yani glikoz sağlarlar. Bu da teorik olarak

daha yüksek laktik asit üretimi anlamına gelmekte olup bu sayede silajın fermantasyon kalitesinin iyileşmesi sağlanır (Irawan ve ark., 2021). Ancak bunların silaj kalitesi üzerindeki etkisi, kullanılan enzimin türü ve miktarı, bitkinin büyüme aşaması ve depolama koşulları gibi diğer faktörlerden etkilenebilmektedir. Silaj yapımında selülaz, hemiselülaz, 13-glukanaz, pektinaz, ksilenaz, sellobiaz gibi bir dizi fibrolitik enzimler veya *Aspergillus niger* ve *Saccharomyces cerevisiae* gibi maya üreten enzimler ilave edilebilmektedir. Bunlar silajlara enzim karışımları şeklinde veya bakteriyel inokülanlarla birlikte karışım halinde uygulanmaktadır. Çelişkili bazı bildirişler olmakla birlikte böylesi uygulamaların silaj kalitesi ve sindirilebilirliği iyileştirdiği, özellikle besi sığırlarında yemden yararlanma oranı üzerinde olumlu etkilerinin olduğu vurgulanmaktadır (Ertekin ve Atış, 2023; Irawan ve ark., 2021; Muck ve ark., 2018; Yang ve ark., 2022). Menezes ve ark. (2022), silaj yapımında enzim kullanımı ile ilgili meta-analiz çalışması sonuçlarını değerlendirdikleri çalışmada, enzim ilavesinin selüloz sindirilebilirliğini azalttığını, fermantasyon profilini iyileştirdiğini ancak hayvan performansını iyileştirmediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar enzimlerin etkileri konusundaki tutarsızlığı, bitki materyalinin besin maddeleri içeriğindeki farklılığa bağlamışlar ve belirli bitki türlerinde belirli enzimlerin etkinliğinin araştırılması gerektiğini vurgulamışlardır (Irawan ve ark., 2021).

Silaj içerisinde bakteriyel inokülanların gelişimi için belirli koşullara ihtiyacı olduğu gibi, enzimlerin de maksimum aktivite için belirli koşullara ihtiyacı vardır. Çoğu selülaz enzimi, optimal aktivite için 4.5 pH ve 50 °C sıcaklığa ihtiyaç duyar. Yüzey alanı, bağlanma yerleri, nem seviyesi ve bitki proteazları da enzim aktivitesini inhibe edebilir. Ayrıca silaj fermantasyonunu geliştirecek optimum enzim karışımı da bilinmemektedir. Örneğin, 'selülaz' enzimleri çeşitli endo- ve ekso-betaglukanazlar, sellobiyohidrolaz ve sellobiazlardan oluşan bir komplekstir.

Oladosu ve ark. (2016), silajlarda enzim kullanımında dikkate alınması gereken bazı faktörler olduğunu bildirerek bunları şöyle sıralamışlardır: (i) Enzim tipi ve uygulama oranı: Bir enzimin etkinliği, uygulanan miktar ve kaliteye (enzim tipi) bağlı olarak artar. (ii) Laktik asit bakterileri: Silajdaki laktik asit bakterilerinin popülasyonu, enzimle muamele edilmiş materyalin liflerinin parçalanma etkinliğinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. (iii) Zaman: Selülaz ve hemiselülaz enzimleri uzun bir süre boyunca aktiftir ancak aktiviteleri pH ile ilişkilidir. (iv) pH: Selülaz aktivitesi pH 4.5'te optimumdur. Bununla birlikte optimum pH, selülaz kaynaklarına göre değişebilir. (v) Sıcaklık: Enzim aktivitesi sıcaklıkla artar ancak silaj yığınındaki veya kütledeki aşırı ısıtma enzim aktivitesini azaltır. Selülaz genellikle 20-50 °C

sıcaklık aralığında aktiftir ve optimum aktivite bu aralığın üst sınırlarındadır.

2.4.3. Şekerler

Şekerlerin katkı maddesi olarak kullanımı çok yaygın olmamakla birlikte şeker fabrikalarında zaman zaman silajlarda katkı maddesi olarak kullanılmak üzere "silo şekerleri" adıyla üretilerek piyasaya sunulmaktadır. Bu katkı maddesi silo yeminin karbonhidrat içeriğini arttırarak laktik asit bakterilerinin gelişimi için uygun ortam oluşturur. Silaj yapılacak ürüne %1- 2 oranında veya 10-20 kg/ton arasındadır (Kutlu, 2002). Silajlara tek başına şeker eklenmesi, istenmeyen mikroorganizmaların çoğalmasına neden olabilir. Bu da silajda kuru madde kayıplarına neden olabilir. Bu sorunun önüne geçmek için sıklıkla bakteriyel inokülan veya enzim katkı maddeleri ile birlikte uygulanır (Cao ve ark., 2010; Oladosu ve ark., 2016).

Melas, nişasta, şeker kamışı, narenciye, hemiselüloz ve şeker pancarının bir yan ürünüdür. Ucuz olması ve kolayca bulunması yanında kuru maddede %65 sakkaroz içermesi nedeniyle günümüzde en fazla kullanılan katkı maddesidir (Oladosu ve ark., 2016). Melas, silaj içerisinde organik asitlerin üretimi için fermente edilebilir şeker sağladığından fermentasyona yardımcı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Pek çok silaj çalışmasında melasın, laktik asit fermentasyonu teşvik etmesi, silaj pH'sını düşürmesi, klostridial fermentasyon ve proteolizi engellemesi ve genel olarak organik madde kayıplarını azaltması açısından etkili bir silaj katkı maddesi olduğu vurgulanmıştır (Cao ve ark., 2010; Oladosu ve ark., 2016). Özellikle fermente edilebilir karbonhidratlar bakımından yetersiz olan yem bitkilerinde daha iyi sonuçlar vermiştir (Yitbarek ve Tamir, 2014). Silolanacak yemin çeşidine göre %1-6 oranında katılması önerilir (Kutlu, 2002). Melas'ın nispeten yüksek viskozitesi, katkı maddesi olarak uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak 3-4 kat su ile seyreltilerek makina veya elle ilave edilebilir.

Peynir altı suyu, peynir üretiminin yan ürünüdür. Yaklaşık %7 kuru madde ve %4.4 laktoz içerir. Silajlara katkı maddesi olarak peynir altı suyu ilave edildiğinde silaj pH'sının önemli ölçüde düştüğü ve fermentasyon kalitesinin ise dikkate değer derecede iyileştiği değerlendirilmektedir (Duru ve ark., 2021). Bu ürünün, protein bakımından zengin olan yemlere %2-3 oranında katılması tavsiye edilmektedir. Bu iş için kunitulmuş veya koyulaştırılmış peynir suyu belli bir yoğunluğa kadar sulandırıldıktan sonra katılması tavsiye edilmektedir (Kutlu, 2002). Yapılan bazı çalışmalarda (Bautista-Trujillo ve ark., 2010; Castailo ve Villa, 2017), silaj katkı maddesi olarak melas ve peynir altı suyunun birlikte değerlendirilmesi gerektiği

vurgulanmakta olup, bu durumda bu katkı maddelerinin ayrı ayrı ilavesine göre daha iyi bir fermantasyon sağladığı bildirilmektedir. Duru ve ark. (2021), buğday silajlarına %0.9 peynir altı suyu veya %0.9 peynir altı suyu+%0.9 malik asit ilavesinin yem değeri ve kalite açısından faydalı olabileceğini bildirmişlerdir.

Narenciye posası kuru maddede %50 suda çözünebilen karbonhidrat içerir. Ancak düşük kuru madde içeriği (%14 - %21) ve ilk fermantasyon esnasındaki yoğun sızıntı, ciddi bir kirlilik sorununa neden olur ve yüksek sızıntı kayıpları meydana gelir. Silaj yapımı sırasında düşük kuru madde içeren yemlere eklenen kurutulmuş narenciye posası, fazla suyu emerek atık su ve kontrolsüz fermantasyon nedeniyle kaybolan besin maddelerinin korunmasını sağlar. Şeker pancarı posası ve narenciye posası gibi kurutulmuş posalar, silajlarda emici olarak kullanıldığında iyi sonuçlar vermiştir (Yitbarek ve Tamir, 2014).

Silaja tahıl danesi veya tahıl kırması ilave edilmesinin üç önemli faydası vardır. Birincisi silajın enerji içeriğini artırır ki bu, rasyona katılacak ilave tahıl miktarının azalmasını sağlar. Hayvanlara verilen esas yem kaynağı silaj ise, silolama sırasında yeme bir miktar tahıl eklenmesi silajı daha eksiksiz bir yem haline getirebilir. Ancak silaj yapmadan önce veya yemleme sırasında silajla karıştırılan tahılın besleme değeri aynıdır. Bu nedenle, yine de ek tahıl verilmesi gerekiyorsa, hiçbir fayda sağlanamaz. İkincisi, yeme tahıl eklemek silajın kuru madde içeriğini artırmaktadır. Silolama öncesinde yeterince soldurulmayan silaj materyali sızıntıya neden olabilir. Bu da istenmeyen fermantasyon meydana getirebilir (Yitbarek ve Tamir, 2014). Silaja tahıl danesi veya tahıl kırması ilave edilmesinin üçüncü bir faydası, silajın silodan boşaltılmasında kolaylık sağlamasıdır.

Genel olarak, tahıllardaki ana karbonhidrat kaynağı olan nişasta, siloda laktik asit bakterileri tarafından kolayca fermente edilemediğinden, silaja tahıl eklemek silaj fermantasyonunu iyileştirmemektedir. Bu nedenle yukarıda bahsedilen nedenlerle silaja tahıl ilave edilecekse, ya amilaz enzimi ya da amilaz bakımından zengin substratlar (örneğin malt) ile birlikte ilave edilmesi önerilmektedir (Oladosu ve ark., 2016). Silaj yapımında tahıl için önerilen uygulama oranı yaş ürün ton başına 45-90 kg'dır. Bu oran silajın kuru madde içeriğini yaklaşık %5 oranında artırmaktadır. Maksimum fayda sağlamak için tahıllar silolama öncesinde kırılmalı veya öğütülmelidir.

2.4.4. Asitler ve Tuzları

Silaj fermentasyonu sırasında pH'da hızlı düşüş sağlamak ve silajın raf ömrünü iyileştirmek amacıyla yapım sırasında silaja asit (organik asit veya mineral asit), alkali bileşikler ya da organik asit tuzları ilave edilebilir. Asit ilavesi ile silaj pH'sında hızlı bir düşüş sağlanırken, alkali ilavesi ile yükseliş sağlanır. Her iki katkı maddesi de başlangıçta fermentasyonu kısıtlayarak zararlı mikroorganizmaların gelişimini engeller. Ancak silaj da gelişmesini istenen laktik asit bakterileri de kısıtlanmış olmakla birlikte faaliyetleri devam eder. Fermentasyon kısıtlayıcı olarak geçmişte mineral (inorganik) asitler kullanılırken, günümüzde bu amaç için daha çok organik asitler ve bunların tuzları kullanılmaktadır (Radzikowski, 2018; Yitbarek ve Tamir, 2014).

Mineral asitlerin, başlangıçta mikrobiyal ve bitki enzim aktivitesini inhibe ederek hızlı bir şekilde pH'yı 3.5'e kadar düşürür. Asitler eklendiğinde bitki materyalleri hızla çökerek işçiliği kolaylaştırır. Ayrıca asitlik bitkinin solunumunu durdurabilir, ısı üretimi ve besin madde kaybını azaltabilir. Hızlı asitleştirme clostridia gelişimini de engelleyebilir. Asitlerle çalışılması oldukça zor ve tehlikeli olup insanlar ve hayvanlar için toksik etkiler oluşturabilir. Mineral asitler hayvanlarda istenmeyen yan etkiler oluşturmaları nedeniyle çok tercih edilmezler (Radzikowski, 2018; Yitbarek ve Tamir, 2014). Bunların yerine günümüzde organik asitler ve tuzları daha fazla kullanılmaktadır.

Silaj fermentasyonu sonucu oluşan son ürünlerinden asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit gibi kısa zincirli uçucu yağ asitleri, silajlardaki maya ve küf gelişimini engelleyerek aerobik bozulmayı önlemektedir. Bu noktadan hareketle, silajlarda bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini ve çoğalmasını önleyerek silajların aerobik stabilitesini artıran organik asit temelli koruyucu katkı maddeleri geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan asitler propiyonik asit, asetik asit, sorbik asit ve benzoik asittir. Ancak keskin kokular ve aşındırıcı özelliklerinden dolayı bu asitlerin tuz formları daha yaygın şekilde kullanılmaktadırlar (Borreani ve ark., 2018; Radzikowski, 2018). Propiyonik asit, kaynağa bağlı olarak amonyum propiyonat, sodyum propiyonat veya kalsiyum propiyonat şeklinde bulunabilir. Asetik asit, daha ucuz bir katkı maddesi elde edilebilmesi amacıyla propiyonik asit ile karışım halinde kullanılır. Potasyum sorbat ve sodyum benzoat, sırasıyla sorbik asit ve benzoik asidin yaygın olarak kullanılan tuzlarıdır (Borreani ve ark., 2018). Bu tür koruyucu katkı maddeleri, katıldıkları silajların pH'larını çok kısa bir sürede düşürerek fermentasyonu sınırlandırmakta ve silajlarda aerobik bozulmaya neden

olan maya, küf, enterobacteria ve clostridia gelişimini önleyerek aerobik stabiliteyi geliştirmektedir (Filya ve ark., 2004; Radzikowski, 2018). Bu ürünlerin etkili olabilmesi için üretici firmaların önerilerine mutlaka uyulmalıdır.

Organik asitler içerisinde en fazla kullanılan silaj katkı maddelerinden birisi formik asittir. Ticari formik asit solmamış otların silolanması için yaygın olarak kullanılmaktadır ancak taşıma ve uygulama açısından güvensiz olması ve donanım için aşındırıcı olması nedeniyle diğer katkı maddelerine yönelim vardır (Yitbarek ve Tamir, 2014). Solmamış veya hafif solmuş otlarda kullanımı daha yaygındır. Silajlara katılacak miktarı bir ton ürün için 2-4 litredir. Daha yüksek düzeylerde kullanıldığında fermentasyonu olumsuz yönde etkilediği bildirilmektedir (O'Kiely, 2009).

Propiyonik asit, en büyük antimikotik aktiviteye sahip kısa zincirli yağ asididir. Silajlarda aerobik bozulmadan sorumlu olan maya ve küflerin azaltılmasında oldukça etkili olup pH düştükçe antimikrobiyal etkisi artmaktadır. Propiyonik asitin silaja uygulama oranı, yemin nem içeriği, depolama süresi ve diğer koruyuculara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Düşük kuru madde içeriğine sahip silajlar, nispeten kum silajlardan daha fazla propiyonik asit gerektirir. Örneğin, soldurularak kuru maddesi arttırılmış ürünlere, ton başına 13 kg propiyonik asit uygulaması, silajın aerobik bozulmasını önemli ölçüde azalttığı bildirilmektedir. Ancak kuru madde %30 düzeyine gerilediğinde aynı etki için ihtiyaç duyulan propiyonik asit miktarının 45 kg'a çıktığı vurgulanmaktadır (Yitbarek ve Tamir, 2014). Silajlara uygulanacak propiyonik asit miktarının belirlenmesinde ürünün depolama süresi de etkili olmaktadır. Nem içeriği %20 olan yüksek nemli mısırın bir aylık depolanması için %0.1, altı aylık bir depolama için %0.5 oranında bir ilave gerekmektedir. Kuru madde içeriği %30 olan mısır silajında ise propiyonik asit uygulama oranları %0,8 ve %1,1 olarak bildirilmektedir (Yitbarek ve Tamir, 2014).

Propiyonik asit, genellikle silaj katkı maddesi olarak diğer asitlerle bir karışım halinde uygulanır. Tek başına kullanımı çok yaygın değildir. Aşındırıcı özelliğe sahip olduğundan işlenmesi de zordur. Bu nedenle, ticari ürün olarak sodyum propiyonat ve amonyum propiyonat gibi asit tuzu formunda kullanılır. Propiyonik asit veya propiyonat esaslı katkı maddeleri, yeterli oranlarda uygulandığında aerobik stabiliteyi iyileştirdiği veya aerobik bozulmayı azalttığı belirlenmiştir (O'Kiely, 2009).

Propiyonik asit ve tuzlarının etkinliği, sudaki çözünürlükleriyle yakından ilişkilidir. Asit-baz arasındaki bağ ne kadar güçlüyse, ürün o kadar az çözünür ve dolayısıyla mantarları engellemede daha az etkilidir. Bu tuzlar arasında suda çözünebilirliği en fazla olan tuz amonyum propiyonattır (%90). Bunu sodyum propiyonat (%25) ve kalsiyum propiyonat (%5) takip etmektedir (Kung Jr., 2010).

Heksamin, benzoat, sorbat, propiyonat veya format ile nitrit içeren karışım halindeki katkı maddelerinin, fermentasyon kapasitesi farklı olan yem bitkilerinde clostridia aktivitesine karşı etkili olduğu bilinmektedir. Bu türden ürünlerin silajlara ilave edilmesi ile silajlarda clostridial sporların sayısı, bütirik asit ve $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu azalmaktadır. Ayrıca, düşük kuru madde içeren yonca veya yoncanın diğer yem bitkileri ile karışımlarına, nitrit içeren katkı maddesi ilave edildiğinde silajın laktik asit konsantrasyonunun arttığı buna karşın bütirik asit konsantrasyonu ve maya sayısının azaldığı, aerobik stabilitenin iyileştiği belirlenmiştir (Muck ve ark, 2018).

Silaj katkı maddesi olarak kullanılan asitlerin tavsiye edilen konsantrasyonları şöyledir:

- Sülfürik ve hidroklorik asitler: Bir ton ürün başına 50-80 L seyreltik asit (1:5 v/v oranında suyla seyreltilmiş konsantre asit),
- Formik asit: Bir ton ürüne yaklaşık 3 kg.
- Asetik asit: Bir ton ürüne yaklaşık 5-20 kg.
- Propiyonik asit: Küf oluşumunu önlemek için 1m^2 yüzey alanına 1 L.

2.4.5. Üre ve Amonyak İlavesi

Hem üre hem de amonyak özellikle mısır, sorgum ve tahıl silajlarında yaygın olarak kullanılan katkı maddeleridir. Üre ilavesi, silajın protein içeriği ve sindirilebilirliğini artırarak ürünün nitrojen seviyesini arttırmaya yönelik geleneksel bir uygulamadır. Özellikle yüksek kuru madde ve düşük tamponlama kapasitesine sahip mısır ve sorgum gibi yemlere eklendiğinde ürünün ham protein içeriğini arttırmanın yanında, protein parçalanmasını azaltmakta, silajın aşırı ısınmasını önlemekte ve yemleme döneminde silajın aerobik stabilitesini iyileştirmektedir

(Filya, 2000). Ayrıca antimikrobiyel etki göstererek silajda maya ve küf gelişimini önlemektedir (Keleş, 2017). Proteince fakir olan mısır silajının ham protein içeriğini artırmak için %0.5-2 arasında üre katılması önerilmektedir (Kutlu, 2002). Bununla birlikte silolama sırasında ton başına 4.5-5.5 kg üre uygulanması ile olumlu sonuçlar elde edildiği bildirilmektedir (Keleş, 2017). Silaj içerisinde kullanıldıktan sonra ortamda amonyak (NH_3) ve su oluşur. Oluşan amonyak kuvvetli bir alkali olduğundan silajın pH'sını hızla yükselir. Üre katılmış silajların başlangıç ve nihai pH değerleri daha yüksektir. Alkali ortam, maya ve küf gelişimini önler. Böylesi bir ortam laktik asit bakteri gelişimini de düşürdüğü için fermantasyon hızı da düşer ve silaj fermantasyonunda gecikme meydana gelebilir (Keleş, 2017). Maya ve küf gelişiminin önlenmesinden dolayı üre katılmış silajların aerobik stabiliteleri daha yüksek olur. Ayrıca alkali ortamlarda bitki hücre duvarı karbonhidratları arasındaki bağlar parçalandığı için üre katılmış silajların sindirilebilirlikleri de artar (Keleş, 2017).

Silajlarda katkı maddesi olarak kullanılan amonyak, özellikle silolanan bitkilerin ham sellüloz içerikleri üzerinde etkilidir. Amonyak bitki hücre duvarını oluşturan bileşikler arasındaki bağları kırarak parçalanabilirliği arttırmaktadır. Böylece silolanan bitkilerin ham sellüloz ve kuru madde sindirilebilirliği de artmaktadır. Ham sellüloz sindirilebilirliğinin artması halinde hayvanların yem tüketimlerinin artması ve buna bağlı olarak da performanslarının olumlu yönde etkilenmesi beklenebilir (Yitbarek ve Tamir, 2014). Amonyak ilavesi aynı zamanda silajın ham protein içeriğini arttırmakta, aerobik stabiliteyi iyileştirmekte, maya ve küf gelişimini önlemektedir. Bunların yanında bitki proteazlarını da inhibe ederek silolama sırasında proteinlerin bozulma oranını azaltmaktadır (Filya, 2000; Oladosu ve ark., 2016). Ürede olduğu gibi amonyak da antibakteriyel özelliğe sahip olduğundan laktik asit bakterilerinin gelişmesini de bir miktar engellemektedir. Bu da fermantasyonu bir miktar geciktirmektedir.

Silajlarda katkı maddesi olarak amonyak kullanıldığında dikkatli olmak gerekmektedir. Bu durum amonyağın hem zehirli hem de aşındırıcı olması nedeniyle bir zorunluluktur. Basınçlı tanklara bağlantı yapılırken göz koruması kullanılmalıdır. Aşırı amonyak ilavesi silaj içerisinde zayıf fermantasyon ve düşük hayvan performansına neden olabilir. Buna ilaveten amonyak çinko, bakır ve pirinç gibi materyaller için aşındırıcı bir özelliğe sahip olduğundan amonyakla işlenmiş yemlerin silolanmasında bu tür malzemelerden kaçınılmalıdır (Oladosu ve ark., 2016).

Kuru madde içeriği %40-%42'nin üzerinde olan mısır gibi materyallerden silaj yapımı sırasında susuz amonyak eklenmemesi tavsiye edilmektedir. Çünkü daha kuru materyalde fermantasyon sınırlı kalmakta ve amonyağın bağlanması güçleşmektedir. Bu gibi durumlarda su-amonyak veya melas-amonyak karışımları kullanılabilir. Bu uygulamalarda üretici firma tarafından tavsiye edilen önerilere uyulmalıdır (Oladosu ve ark., 2016).

2.4.6. Tuz

Tuzun silaj içine katılmasının iki nedeni vardır. Birinci neden, sodyum açısından hayvanların gereksinimini karşılayamayan suca zengin yeşil yemlerin sodyumca desteklenmesidir. İkinci neden ise tuzun silo içerisinde drenajı arttırarak, süt asidi fermantasyonunu hızlandırması, istenmeyen mikroorganizma gelişimini önlemesidir. Bu haliyle tuz ilavesi daha kaliteli silaj yapılmasına imkan sağlamaktadır. Silo yemlerine %1.0-1.5 kadar kalın öğütülmüş kaya tuzu katılması yeterlidir. Tuz ilave edildiğinde koyunlarda silajdan alınan kuru madde tüketimi değişmediği halde süt ineklerinde düşmektedir (Kutlu, 2002).

2.4.7. Diğer Katkı Maddeleri

Sodyum benzoat, potasyum sorbat ve sodyum nitritin antimikrobiyal özellikleri iyi bilinen ve bu nedenle çeşitli yem ve gıdaların korunmasında katkı maddesi olarak kullanılan bileşiklerdir. Yemlerin muhafazasında, potasyum sorbat, 3-6 pH aralığında spor oluşturan bakteriler, mayalar ve küfleri engellemede etkili olduğunu belirtilmektedir. Sodyum benzoat da antimikrobiyel özellik göstermekte ve maya gelişimini kısıtlamaktadır (Dunier ve ark., 2013; Knicky ve Spömdly, 2009).

Sodyum nitrit ve hekzaminin (hekzametilen tetramin) karışım halinde kullanılması ile özellikle düşük pH seviyelerinde clostridia büyümesini engellendiği ancak bu tür karışımların, silaj içerisinde insan ve hayvan sağlığını tehdit edebilecek ürünler meydana getirdikleri yönünde endişeler bulunmaktadır (Knicky ve Spömdly, 2009). Nitekim asidik koşullarda heksamin, amonyak ve formaldehit oluşturacak şekilde bozulmaktadır. Formaldehit geçmişte koruyucu olarak kullanılmış ancak bilindiği üzere bu bileşiğin kanserojenik etkili bir bileşik olduğu ortaya çıkmasından sonra ülkemizde olduğu gibi birçok ülkede kullanımı yasaklanmıştır. Sodyum nitrit de taze yeşil yemlerdeki istenmeyen mikroorganizma gelişimini önlemede etkilidir. Ancak bu ürünün de hayvan sağlığı açısından endişe verici toksik ürünler meydana getirmesi nedeniyle silaj katkı maddesi olarak kullanımında mesafeli olmak gerektiği belirtilmektedir (Knicky ve Spömdly, 2009).

Bunların dışında; sodyum benzoat, potasyum sorbat, amonyum propiyonat, kalsiyum propiyonat, sodyum propiyonat ve sodyum asetat tuzlan, silajdaki ilgili asidin salınmasını sağlayarak maya ve küt' gelişimini engellemekte, böylece aerobik stabiliteyi artırmaktadır. Silajlarda bozulmaya neden olan bakteri ve mantarlara karşı geniş bir etki spektrumuna ulaşmak için, ticari katkı maddeleri genellikle bu aktif bileşenlerin çeşitli konsantrasyonlarda karışımlarını içermektedir (Muck ve ark., 2018).

Yeni inokülant türleri geliştirmeye yönelik çabaların çoğu Asya, Güney Amerika ve Afrika'da yapılmaktadır. Bunun başlıca nedeni inokülant üreten başlıca uluslararası şirketlerin merkezlerinin Avrupa ve Kuzey Amerika'da olmasıdır. Dolayısıyla dünyanın bu bölgelerindeki inokülant araştırmalarının çoğu ticari ürünlerin test edilmesiyle ilgilidir. Ayrıca bu ürünler, bu kıtalarda yaygın olarak kullanılan yem bitkileri ve silajlık ürünler için geliştirilmiştir. Bu nedenle söz konusu inokülantların diğer bölgelerde kullanılması halinde aynı derecede etkili olup olamayacağına şüphe ile bakmak gerekmektedir (Muck, 2013).

Geçmiş yıllarda silaj çalışmaları genellikle kimyasal analizlere ve aerobik stabilite araştırmalarına odaklanırken, mikrobiyal popülasyon ve bunların dinamik değişiklikleri yalnızca küçük ölçülerde değerlendirilmiştir. Günümüzde ise silaj mikrobiyal topluluklarının yapısını ve çeşitliliğini kapsamlı bir şekilde karakterize etmek için PCR (polymerase chain reaction-polimeraz zincir reaksiyonu) esaslı tekniklerin kullanımında belirgin bir artış meydana gelmiştir. Bu teknikler sayesinde birçok yem maddesinin epifitik ve bozulmaya neden olan mikrobiyal popülasyon da dahil olmak üzere silajın fermantasyon süreci içerisindeki mikrobiyolojik floranın daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi mümkün olabilmektedir (Fabiszewska ve ark., 2019; McAllister ve ark., 2018; Seven ve ark., 2021). Bu çalışmaların, silolamada kullanılacak olan bakteriyel inokülantların daha isabetli üretimi ve kullanımına imkân sağlayacağı değerlendirilmektedir (Fabiszewska ve ark., 2019).

Silaj katkı maddeleri, düşük kaliteli kaba yemleri iyi kalitede bir silaja dönüştürmeyecek ancak kaliteli kaba yemleri mükemmel kalitede silaja dönüştürmeye yardımcı olabilecek ajanlardır. Silaj yapımında hangi tür inokülant kullanılacağı, elde edilecek silajın kalitesinde etkin rol oynayan mikrobiyolojik soruna bağlıdır. Eğer klostridial aktivitenin engellenmesi birincil sorun ise bu durumda geleneksel homofermentatif laktik asit türleri en faydalı inokülantlardır. Zira bu tür inokülantlar silaj içerisindeki pH'yı, inokülantsız bir ürüne göre daha hızlı ve

daha fazla düşürür. Aerobik stabilite ve bozulmaların öncelikli sorun olduğu durumlarda, örneğin mısır silajı için hem geleneksel homofermentatif suşlar hem de silajı daha stabil hale getiren bir bakteri suşu ile kombinasyon tercih edilmelidir. Hangi katkı maddesi kullanılırsa kullanılsın, maliyeti azaltmak ve üründen tasarruf etmek için katkı maddesinin etkinliğini tehlikeye atabilecek düzeyin dışına çıkılması başarı oranını düşürecektir. Bu nedenle katkı maddelerinden beklenen başarıyı elde etmek için bütün iyi yönetim uygulamaları ile birlikte üretici firmaların önerilerine karşılık gösterilmelidir.

2.5. Ceviz Bitkisi ve Yeşil Ceviz Kabuğunun Özellikleri

Ceviz ağacı (*J. regia L.*) Juglandaceae familyasındadır. Dünya üzerinde başta Kuzey Amerika, Asya, Güneydoğu Avrupa olmak üzere yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Bou Abdallah ve ark., 2016; Jahanban-Esfahlan., 2019). Ceviz, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından, besinsel değerlerinin bir hayli yüksek oluşu ve biyoaktif bileşenlerce zengin oluşu sebebi ile birincil bitkiler grubunda kendine yer edinmiş ve insan beslenmesinde önemli bir ağaç türü olarak dizinlenmiştir. Ceviz bitkisinin neredeyse tüm aksamaları (kabuk, yaprak, ağaç kabuğu, kökü, dalları ve sürgün vb. kısımları) biyoaktif bileşik olarak değerlendirilme potansiyelinde olduğu belirtilmektedir (Jahanban-Esfahlan, 2019). Yaprakları aromatik özelliklere sahiptir. Yine yaprakları ve diğer aksamaları tabiatta çok fazla miktarda bulunan ve temini kolay olan bir bitki türüdür (Bou Abdallah ve ark., 2016). Yaprak ve diğer tüm aksamaları, fenolik asit, organik asit, flavonoid, triterpenik asit, tokoferol, terpen ve terpenoidler, tetralon türevleri, megastigman türevleri ile juglon gibi biyoaktif bileşikler (Vieira ve ark., 2019) ile uçucu aroma bileşikleri (Bou Abdallah ve ark., 2016) içermektedir. Cevizin hasat döneminde ceviz yeşil kabuğu önemli bir yan ürün olarak açığa çıkarmakta ve atık sınıfında değerlendirilmektedir (Oliveira ve ark., 2008; Fernandez-Agullo ve ark., 2013). Bu kısım cevizin yaş haldeki ağırlığının ortalama %64'ünü oluşturmaktadır (Dehghani ve ark., 2019). Ceviz yeşil kabuğu içeriğinde bahsedildiği gibi bir hayli fazla oranda biyoaktif bileşikler sunmaktadır. Cevizin yeşil kabuk kısmı yüksek miktarda ferulik asit, kafeik asit, sinapik asit, ellajik asit, gallik asit, protokateşik asit, vanilik asit, siringik asit gibi biyoaktif asitler ile juglon ve kateşin bileşiklerini içerdiği bilinmektedir (Dehghani ve ark., 2019; Chatrabnous ve ark., 2018). Juglon bileşiği, ceviz ağacına özgü bir fenolik bileşik olup taze cevizin yaprak, meyve, yeşil kabuk, sürgünlerinde ve ağaç köklerinde oldukça fazla miktarda bulunmaktadır (Jahanban-Esfahlan., 2019; Cosmulescu ve ark., 2014).

2019 yılı itibariyle tüm dünyada yaklaşık olarak 1.2 milyon hektar (hA) alandan fazla bir alanda, takribi 4 milyon tonun üzerinde ceviz üretimi gerçekleştirilmiştir (FAO, 2019). Ülkemizde ise ortalama 125 000 hA'da 225 000 ton ceviz hasadı yapılmıştır. Bu miktar dünyadaki ceviz üretiminin yaklaşık %5'ine tekabül etmiştir (FAO, 2019; TÜİK, 2019). FAO ile TÜİK'in 2019 yılı verileri göz önüne alındığında; ülkemizde ve dünyada üretilen toplam ceviz miktarı, dünya çapında her yıl ortalama 1.2 milyon hA alanın üzerinde yaklaşık 3 milyon ton yeşil kabuk atığının, ülkemizde ise 125 000 hA'da 144 000 ton yeşil kabuk atığının olduğu tahmin edilebilir. Bu yaklaşık tahminlerden anlaşılacağı üzere yeşil kabuk, ciddi bir atık yükü olarak göze çarpmaktadır. Bu değerli tarımsal atığın; biyoaktif bileşikler, kimyasal, farmakolojik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, her yıl oldukça fazla miktarda yararlı sayılabilecek gıda bileşiğinin veya hammadde olabilecek kaynağın değerlendirilmeden atıldığını ve doğaya karıştığını görmek üzücüdür. Kimyasal bileşenleri ve biyoaktif özellikleri göz önüne alındığında oldukça değerli olan bu kaynak potansiyel olarak hammadde ya da yem katkı maddesi niteliğindedir.

Stampar ve ark. (2006), Slovenya'nın Maribor şehrindeki deneme bahçesinden alınan ceviz yeşil kabuğunda; klorojenik asit, kafeik asit, ferulik asit), sinapik asit, gallik asit, ellajik asit, protokateşik asit, şiringik asit, vanilik asit, kateşin, epikateşin, mirisetin ve juglon (218-1404 mg/100 g) olmak üzere toplamda (315-1526 mg/100 g) 13 tane farklı fenolik bileşik tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Bragança denilen ve Portekiz'in Kuzeydoğusunda yeralan bir ceviz bahçesinden toplanan yeşil kabukta başta neftalin türevi bileşikler olmak kaydı ile 16 çeşitfenolik bileşik tanımlanmıştır.

Oliveira ve ark. (2008), Portekiz'in Kuzeydoğusundaki Bragança'da toplanan ceviz yeşil kabuklarında toplam fenolik bileşikler (TPC) miktarını 32.61-74.08 mg (Gallik Esit Eşdeğeri/g), FRAP (Demir İndirgeyici Antioksidan Güç Tayini) antioksidan aktivitesini yaklaşık olarak 0.50 mg/mL -0.70 mg/mL EC50, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal süpürücü etkisini 0.35 mg/mL -0.59 mg/mL EC50 ve β -karotenin antioksidan aktivitesini 0.10 mg/mL -1.27 mg/mL EC25 olarak bulmuşlardır. Bir başka çalışmada, Fernandez- Agullo ve ark. (2013), aynı yerden aldıkları fakat başka bir yöntemle oluşturdukları ceviz yeşil kabuk ekstraktında toplam fenolik komponent miktarını 40.39-84.46 mg GAE/g, FRAP antioksidan aktivitesini 0.95 mg/mL -2.16 mg/mL EC50, radikal süpürücü etkisini (DPPH) 0.33 mg/mL -0.72 mg/mL EC50 olarak bildirmişlerdir.

Wianowska ve ark. (2016) Urzejowice denilen ve Polonya'ya bağlı bir bölgeden temin etikleri cevizin yeşil kabuk kısmında toplam fenolik komponent 90.64-117.71 mg GAE/g, juglon miktarını ise 40.00-234.50 mg/g aralığında tespit etmişlerdir. Chatrabnous ve ark. (2018), İran'da yaptıkları çalışmalarında, cevizin yeşil kabuk kısmında fenolik bileşiklerden olan kafeik asit(10.7 mg/g), rutin (2.87 mg/g), kuersetin (18.06 mg/g), p-kumarik asit (0.60 mg/g), trans-fenolik asitler(1.54 mg/g), hesperidin (3.65 mg/g), rosmarinik asit (20.61 mg/g) ve öjenol (3.37 mg/g) bulmuşlardır. Cheraghali ve ark. (2018) İran'daki Tahran şehrinde bahçelerden topladıkları cevizin yeşil kabuk kısmından elde ettikleri mikrokapsüllerde toplam fenolik komponent miktarını 50.60-56.85 mg GAE/100 g civarında ve radikal süpürücü etkiyi (DPPH) %75.00-80.90 civarında bulmuşlar. İran'daki bir başka çalışmada ise Damavand şehrindeki bahçelerden toplanan cevizin yeşil kabuk kısmında, toplam fenolik komponent miktarını 65.40 mg GAE/100 g ve radikal süpürücü etkiyi (DPPH) 0.17 mg/mL EC50 olarak bildirilmiştir (Dehghani ve ark., 2019). Soto Madrid ve ark. (2021)'da cevizin yeşil kabuk kısmında toplam fenolik komponent miktarını, DPPH, FRAP ve anti oksidan aktiviteyi sırasıyla; 129 mg GAE/g kuru ağırlık, 202 mg TE/g kuru ağırlık, 141 mg FeSO4/g kuru ağırlık ve 171 µmol TE/g kuru ağırlık olarak bildirmişlerdir.

Izadiyan ve ark. (2018), cevizin yeşil kabuk ekstraktını kullanarak altın nanopartiküllerini (Au-NP) sentezlediler ve bunun sitotoksik etkilerini çalışmışlar, sonucunda Au- NP'lerin yüksek dozlarda bile (250 µg/mL) hem fare hem de insan kanser hücrelerinde sitotoksositeye sebep olmayan bir etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Aşırı yağlı diyet verilen obez farelerin yağ düzeyi ve bağırsak bakteri florasında meydana gelen bozukluklar üzerine cevizin yeşil kabuk ekstresinin (CYKE) etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Wang ve ark., 2019), yüksek yağlı diyetle beslenen obez farelere CYKE tatbikinin canlı ağırlığı, yağın miktarını, karaciğer steatozu ve yağ dokusunda oluşan hipertrofiyi düşürdüğünü bildirmişler, dislipidemi ile bağırsak bakteri bozukluklarını tedavi ettiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu ekstraktın fare bağırsak florasındaki zararlı mikroorganizmaların çoğalmasını önlediği, yararlı bakterilerin artmasını ise teşvik ettiğini bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2019), cevizin yeşil kabuğundan üretilen polisakkaritin (CYKP) yüksek oranda fruktozla beslenen farelerin karaciğer hasarı, damar bozuklukları ve bağırsak flora bozuklukları üzerinde etkilerini çalışmışlardır. Çalışma sonunda; CYKP'nin yüksek oranda fruktozla beslenen obez fare grubunda glikoz ve yağ

metabolizmasını iyileştirdiği, stresi ise düşürdüğünü belirtmişleridir. Bunun yanı sıra, cevizin yeşil kabuk kısmından üretilen polisakkaritin farelerin bağırsak florasındaki yararlı bakterilerin artmasını teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Sonuçta, CYKP'nin yüksek fruktozla beslenen obez farelerin karaciğerleri ve dolaşım sistemi hastalıklarının tedavisinde işlevsel bir polisakkarit olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Bu tez çalışmasında; mısır hasılına farklı oranlarda ceviz yeşil dış kabuğu ilave edilerek hazırlanan silajlardan elde edilen veriler ile en iyi fermantasyon kalitesine sahip mısır silajını belirlemek, yan ürün olarak değerlendirilen bu maddenin silaj yapımında kullanılabilirliğini araştırmaktır. Bu amaçla ceviz yeşil kabuğu farklı düzeylerde mısır hasılına eklenerek hazırlanan silajların laboratuvar koşullarında değerlendirilmesi yapılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmada bitki materyali olarak kullanılacak mısır hasılı hamur olum döneminde biçildi. Katkı maddesi olarak %0, %0.5, %1, %2 ve %4 oranlarında ceviz yeşil dış kabuğu kullanıldı. Parçalanmış mısır hasılı örneklerine yeşil ceviz dış kabuğu katkı maddesi ilave edildikten sonra 1.5 litrelik cam kavanozlara hava almayacak şekilde yerleştirildi ve ağzıları sıkıca kapatılarak oda sıcaklığında silolandı. Çalışmada her gruptan 4 tekrar olacak şekilde 20 adet silaj örneği, kavanozlara konularak sıkıştırıldı. Silajlar 60 günlük fermantasyon süresi sonunda açıldı, kavanozların üst kısmında bulunan 3-5 cm'lik kısmı atıldı, homojen olarak alınan 25 g silaj örneği üzerine 100 ml saf su ilave edilerek blender yardımı ile 2 dakika süre ile parçalandı, parçalanmış silaj sıvısının pH değeri hızlı bir şekilde pH metre ölçüm cihazı ile ölçüldü (Polan ve ark.,1998). Blender içerisinde bulunan sıvı süzülerek 10 ml'lik tüplere alındı ve amonyak azotu analizleri Broderick ve Kang (1980) tarafından bildirilen yöntemine göre yapıldı. Çalışmada silaj materyali olarak kullanılan mısır hasılı ile ceviz yeşil dış kabuğundan elde edilen silajların ham besin madde içeriklerinden kuru madde, ham kül ve ham protein analizleri AOAC (2005)'a göre, ADF ve NDF analizleri ise Van Soest ve arkadaşlarına (1991) göre yapıldı. Silajlar aerobik stabilite testine (CO₂ üretim değerlerinin belirlenmesi) tabi tutuldu (Ashbell ve ark., 1991). Ham besin madde analizleri silaj materyallerinin ve elde edilen silajların oda ısısında kurutulmaları sonrasında laboratuvar değirmeninde öğütüldükten sonra yapıldı. Kuru madde (KM) ve pH değerleri belirlenen silaj örneklerinin Flieg puanları hesaplandı (Comberg, 1974). Araştırma sonunda elde edilen veriler SPSS 28 (2008) paket programında tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile değerlendirildi. Gruplar arası ortalamalarının karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanıldı.

3.1. Denemenin Materyali

3.1.1. Silajlık Materyal ve Silajların Hazırlanması

Silajların ana materyali olarak kullanılan mısır hasılı, hamur olum döneminde, Harran Üniveristesi Eyyübiye Yerleşkesinde bulunan arazide ekilmiş olan tarladan temin edildi. Ceviz yeşil kabuğu ise özel bir tarım işletmesinden temin edildi. Mısır hasılı hamur olum zamanında bir ot biçme aracı ile hasat edildi. Bu makine ile 1-3 cm boyunda kıyılmış taze silaja yine parçalanmış halde ceviz yeşil kabuğu ilave edildi. Böylece katkısız (kontrol, %0.0), farklı seviyelerde (%0.5, %1.0, %2.0, %4.0) ceviz yeşil kabuğu ilave edilerek hazırlanan 5 tane ayrı silaj grubu 4'er tekrarlı olacak şekilde, cam kavanozlara hava almayacak şekilde preslenerek silolandı.

Denemede oluşturulan silajlar Tablo 3.1’de gösterildi. Kavanozlara sıkıştırılarak elde edilen silajlar 60 gün boyunca oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda fermentasyon oluşması için bekletildi.

Çizelge 3.1. Denemede Oluşturulan Silajlar.

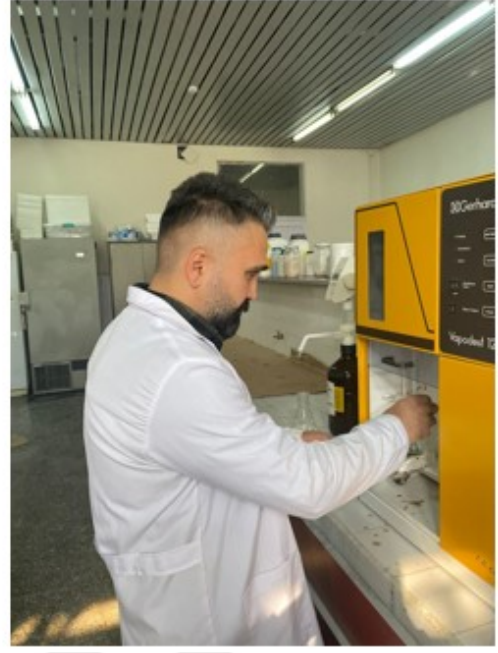
1.	Katkısız Mısır silajı (kontrol, %0.0)
2.	Mısır+ %0.5 Ceviz Yeşil Kabuğu
3.	Mısır+ %1.0 Ceviz Yeşil Kabuğu
4.	Mısır+ %2.0 Ceviz Yeşil Kabuğu
5.	Mısır+ %4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu

3.2. Denemenin Yöntemi

Denemede silaj materyali olarak kullanılan mısır oda ısısında kurutulduktan sonra öğütüldü. 60 gün sonunda siloanmış kavanozlar açılarak ham besin madde analizinde kullanılacak kısım oda sıcaklığında kurutuldu. Şimşek Labortechnik’e ait bir laboratuvar değirmeninde öğütülerek analizlere hazır hale getirildi.

3.2.1. Silajların Besin Madde analizleri

Denemede materyal olarak kullanılan silajların kuru madde (KM), ham kül (HK) ve ham protein (HP) içerikleri AOAC (2005)’nin belirttiği metoda göre, ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif) ve NDF (Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif) içeriklerinin belirlenmesinde ise Van Soest ve ark. (1991)’nin sunduğu yöntemle tespit edildi.



Şekil 3.1. Laboratuvarda Besin Madde Analizleri

3.2.2. pH ve Amonyak Azotu ve Aerobik Stabilité Analizleri

60 günlük fermentasyon süresi sonunda hazırlanmış olan silaj örnekleri açıldı, kavanozların açılan ağız kısımlarında bulunan örneklerden ilk olarak 3-5 cm'lik kısmı atıldı. Geriye kalan örnekten 25 g silaj örneği homojen olarak alındı ve üzerine 100 ml saf su eklendi, blender yardımı ile 2 dakika boyunca parçalandı. Parçalanmış örneğin silaj sıvısının pH değeri hızlıca Hanna-HI-9813 marka pH ölçüm cihazı ile belirlendi (Polan ve ark.,1998). Silaj sıvısı pH değeri tespiti yapıldıktan hemen sonra, silaj sıvısı 10 ml'lik tüplere alındı. Amonyak azotu analizi yapılacak örneklerin tüplerine %1 (v/v) düzeyinde ml 1N HCl ilave edilerek hazırlanan silaj sıvıları, analizler yapılncaya kadar derin dondurucuda (-18 oC) saklandı. Silajların aerobik stabilite testleri Ashbell ve ark. (1991)'nın bildirdiği yöntemle yapıldı.

3.2.3. Silajların Metabolik Enerji ile İn Vitro Organik Madde Sindirim Değerlerinin Tespiti

Örneklerin İVOMS (İn Vitro Organik Madde Sindirimi) ve ME (Metabolik Enerji) değerlerinin tespit edilmesi amacıyla yapılmış in vitro gaz üretim tekniği için, inokülan kaynağı olarak kullanılmış rumen sıvısı için, %60 yonca kuru otu ve %40 toklu besi yemi tüketmiş ivesi ırkının erkek toklulardan sonda ile rumen sıvısı alındı. Rumen sıvısının sıcaklığını ve anaerobik ortam koşullarını korumak için içersinde sıcak su ve karbondioksit bulunan termos kaplar içersinde muhafaza edilerek laboratuvara ulaştırıldı ve analizlerde kullanıldı. Gaz üretimi tekniğinin

uygulanmasında Menke ve ark. (1988) tarafından bildirilen metot kullanıldı. Örneklerin 24 saatlik bekletme sonunda elde edilen gaz üretim miktarı kullanılarak silajların İVOMS ve metabolik enerji değerleri Menke ve ark. (1979) tarafından belirtilen eşitlikle hesaplandı.

İVOMS ve ME değerlerinin hesaplanması için örneklerin gaz üretim miktarı tespit edildikten sonra aşağıdaki formüller kullanılarak İVOMS ve ME değerleri hesaplandı (Menke ve ark., 1979).

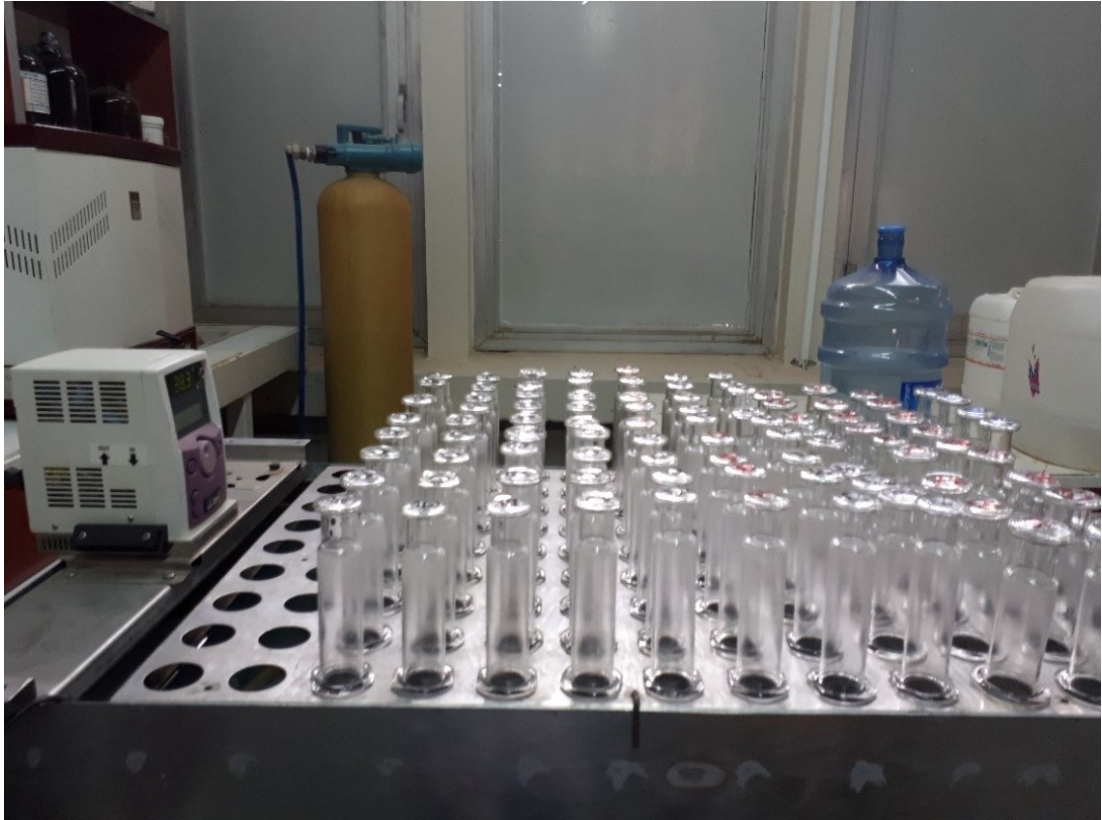
$$\text{İVOMS}(\%) = 14.88 + 0.889 \times \text{GÜ} + 0.45 \times \text{HP} + 0.0651 \times \text{HK},$$

$$\text{ME}(\text{MJ/kg KM}) = 2.20 + 0.136 \times \text{GÜ} + 0.057 \times \text{HP},$$

$$\text{GÜ} = 24 \text{ saat inkubasyonda oluşan net gaz miktarı (ml)},$$

$$\text{HP} = \text{Örneğin ham protein içeriği (\%, KM)},$$

$$\text{HK} = \text{Yemin ham kül içeriği (\%, KM)}.$$



Şekil 3.2. İn vitro Gaz Üretiminde Örneklerin Şırıngalarda İnkübasyona Bırakılması.

3.2.4. Maya/Küf ve LAB Analizleri

Silaj örneklerinden aseptik koşullarda 25 g tartılarak steril numune poşetlerine (stomacher 400, İtalya) konuldu. Üzerine 225 mL %0,1'lik peptonlu su (Merck, Darmstadt, Almanya) ilave edilip Stomacherde (ISOLAB, Almanya) 3 dakika homojenize edilerek 10-1'lik dilüsyonu hazırlandı. Bu dilüsyondan, aynı seyrelticiyi kullanmak koşuluyla örneğin 10-7'ye kadar olan diğer seyreltileri hazırlanıp maya küf sayımı hariç diğer mikroorganizmaların sayımında dökme plak yöntemi kullanılarak çift seri halinde ekimler yapıldı. Maya küf sayımı için yayma plak yöntemi kullanıldı. İnkübasyon işleminden sonra 30–300 koloni içeren plaklar değerlendirmeye alındı (Anonymus. USDA/FSIS, 2011). Sayımlar otomatik koloni sayım cihazı (Acolyte Colony Counter- 7500 SYN Synbiosis) ile yapıldı.

Laktik asit bakteri sayısının belirlenmesi için Man-Rogasa Sharpe (MRS) Agar besisi yerine ekimler yapılarak petriler 30±1 °C'de 3 gün inkübe edildi. İnkübasyon sonrası koloni sayımları yapıldı (Anonymus. International Standard (ISO), 1998).

Maya/Küf sayımı için Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) Agar besisi yerine (Lab/ LAB 217, Lancashire/United Kingdom) ekimler yapılarak petriler 25±1 °C'de 5 gün inkübe edildi. İnkübasyon sonrası maya ve küf sayımı yapıldı (Anonymus. International Standard (ISO), 2008).

3.3. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonunda elde edilen veriler SPSS 28 (2008) paket programında tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile değerlendirildi. Gruplar arası ortalamalarının karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanıldı.

4. BULGULAR

Denemede kullanılan mısır hasılı ve ceviz yeşil kabuğunun ham besin madde içerikleri sırasıyla; %KM: 26.87-26.26, %HK: 7.49-9.78, %HP:7.93-5.59, %ADF: 31.38-36.73, %NDF: 58.22-43.12, İVOMS (%KM): 54.92-34.52, ME (Mj/kg KM): 7.24-5.02, Metan (CH₄): 12.85-11.46 olarak tespit edildi. Ceviz yeşil kabuğu ilave edilerek hazırlanan silajların ham besin madde ve pH değerleri Tablo 4.1’de sunuldu.

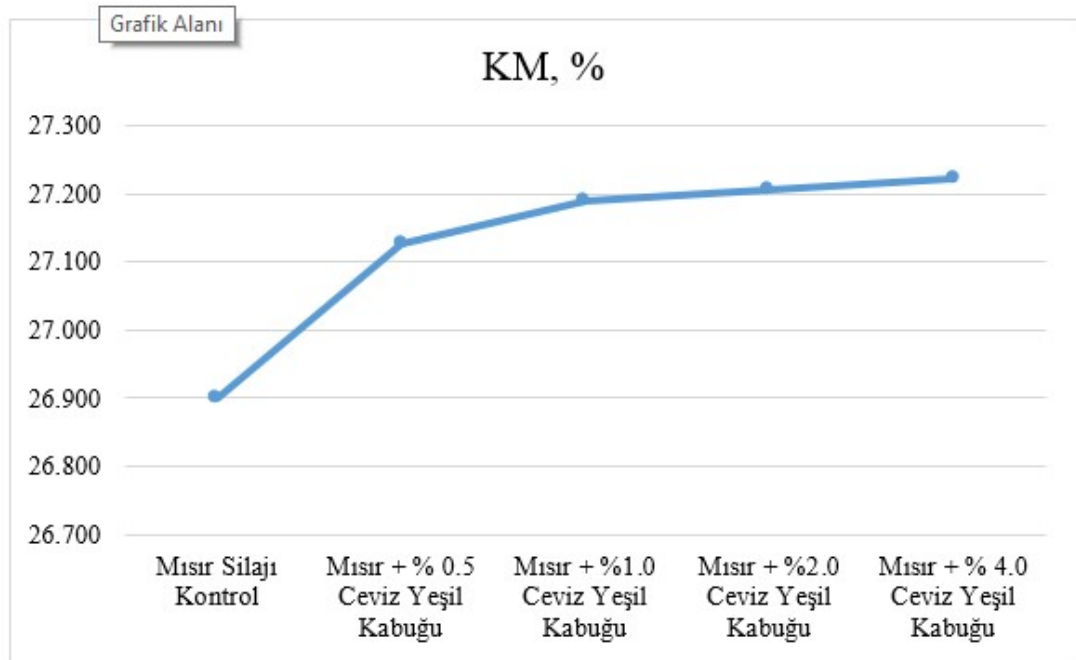
Çizelge 4.1. Denemede Kullanılan Silajların Ham Besin Madde İçerikleri ve pH Değerlerinin Analizleri.

Gruplar	KM	HK	HP	ADF	NDF	pH
Mısır Silajı (Kontrol, %0.0)	26.901	7.472 ^b	7.367 ^c	32.461 ^b	59.742 ^d	3.645 ^c
Mısır+% 0.5 Ceviz Yeşil Kabuğu	27.126	8.374 ^a	8.002 ^b	37.060 ^a	60.479 ^d	3.773 ^a
Mısır+% 1.0 Ceviz Yeşil Kabuğu	27.189	8.392 ^a	8.308 ^{ab}	37.117 ^a	62.106 ^c	3.715 ^b
Mısır+% 2.0 Ceviz Yeşil Kabuğu	27.207	8.644 ^a	8.450 ^a	37.230 ^a	63.975 ^b	3.755 ^{ab}
Mısır+% 4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu	27.222	8.385 ^a	8.467 ^a	37.543 ^a	65.487 ^a	3.798 ^a
SEM	0.116	0.123	0.105	0.463	0.513	0.014
p	0.925	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000

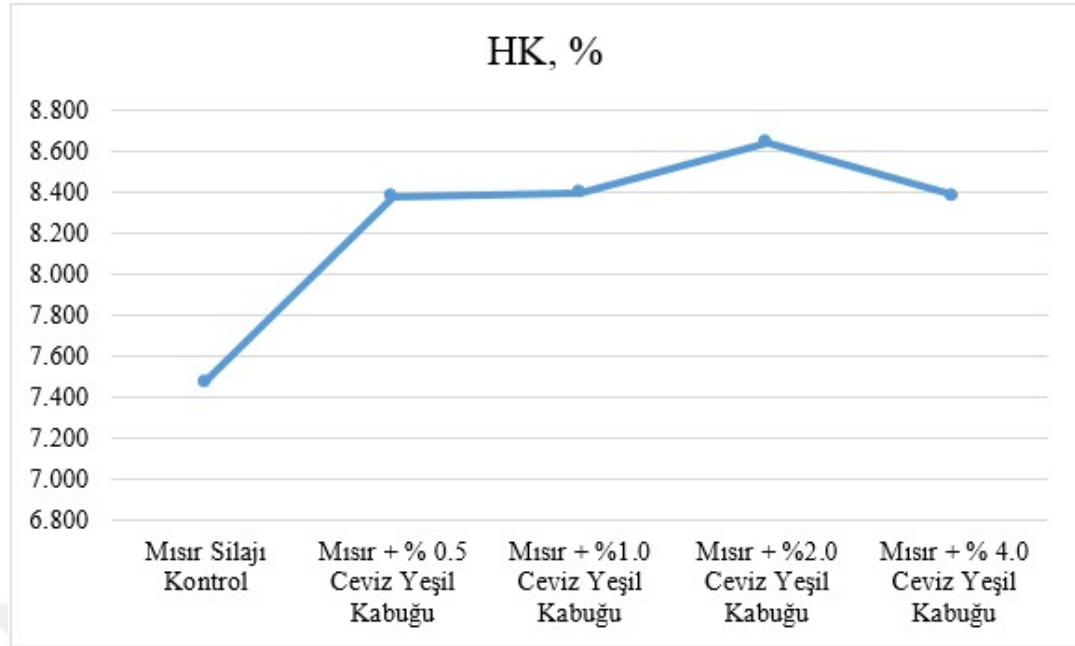
^{a-d}: Her stunda farklı harf taşıyan değerler farklı bulunmuştur, **KM**: Kuru madde, %; **HK**: Ham kül, % KM; **HP**: Ham protein, % KM; **ADF**: Asit deterjanda çözünmeyen lif, % KM; **NDF**: Nötral deterjanda çözünmeyen lif, % KM, **p**: Önem düzeyi, **SEM**: Ortalamanın standart hatası.

Tablo 4.1’de silajların; KM, HK, HP, ADF, NDF incelendiğinde, KM bakımından Gruplar arasında fark olmadığı belirlendi ($p>0.05$). En düşük KM içeriği %26.901 ile kontrol (%0.0 Ceviz Yeşil Kabuğu) grubunda, en yüksek KM içeriği %27.222 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edildi (Şekil 4.1).

Tablo 4.1 ve Şekil 4.2’deki HK değerlerine bakıldığında Ceviz Yeşil Kabuğu ilavesinin HK yüzdesini artırdığı görüldü ($p<0.01$). En yüksek HK %8.644 ile Mısır+%2.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda, en düşük HK %7.472 ile kontrol grubunda bulundu.

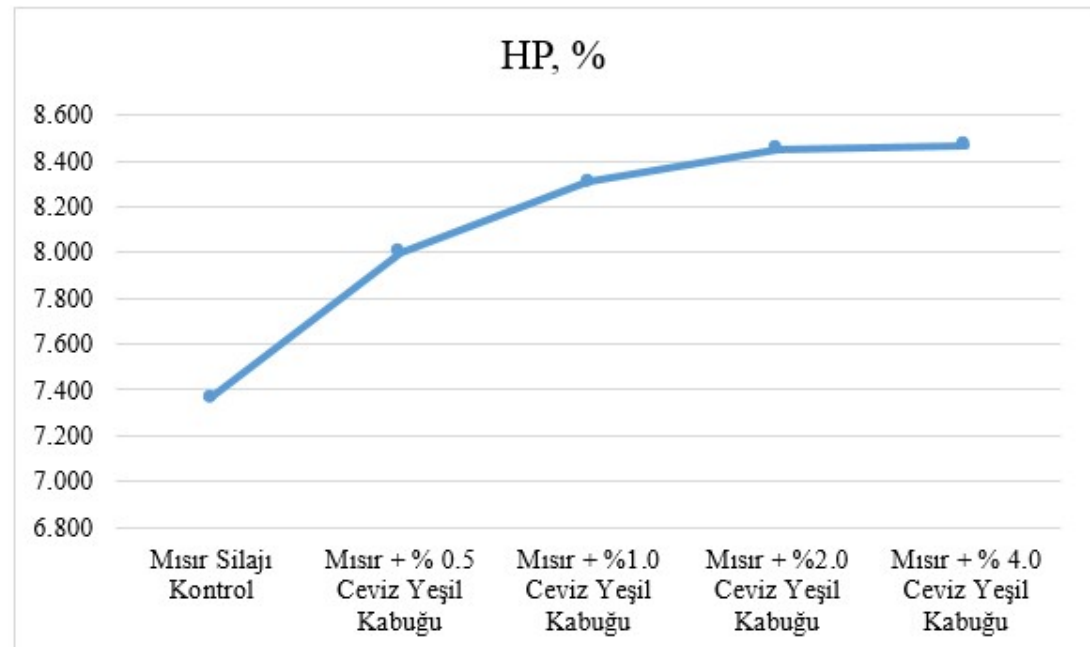


Şekil 4.1. Grupların Kuru Madde Değişim Grafiği.



Şekil 4.2. Grupların Ham Kül Değişim Grafiği.

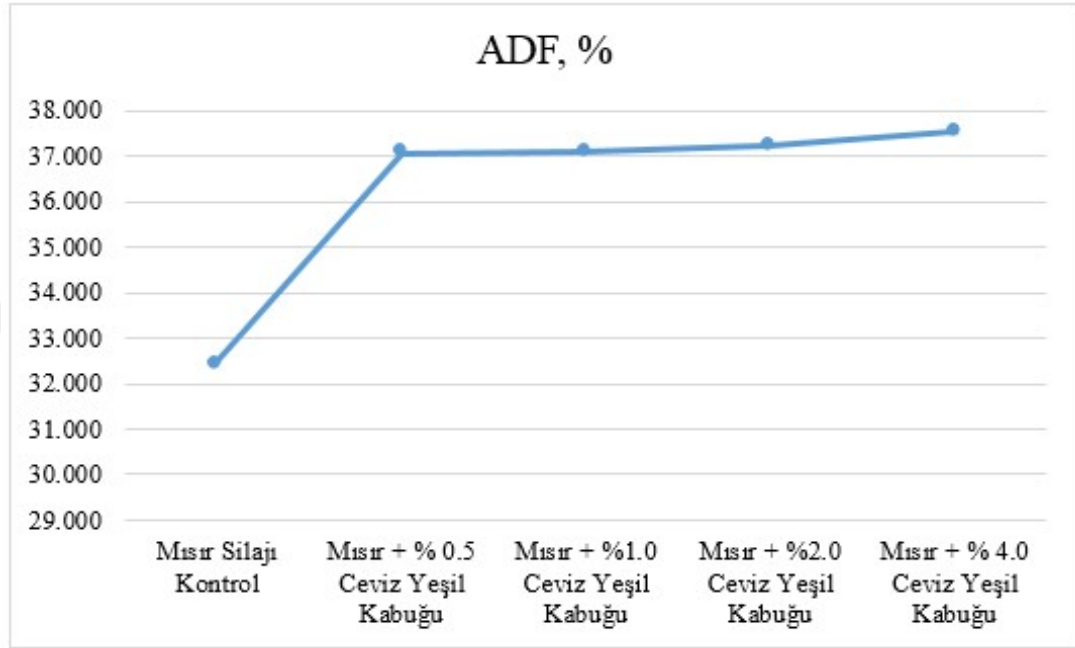
HP değerleri incelendiğinde (Tablo 4.1) Ceviz Yeşil Kabuğu ilavesinin HP'ni önemli oranda ($p<0.001$) artırdığı tespit edildi. En yüksek HP Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda %8.467 ile, en düşük HP, %7.367 ile kontrol grubunda belirlendi (Şekil 4.3).



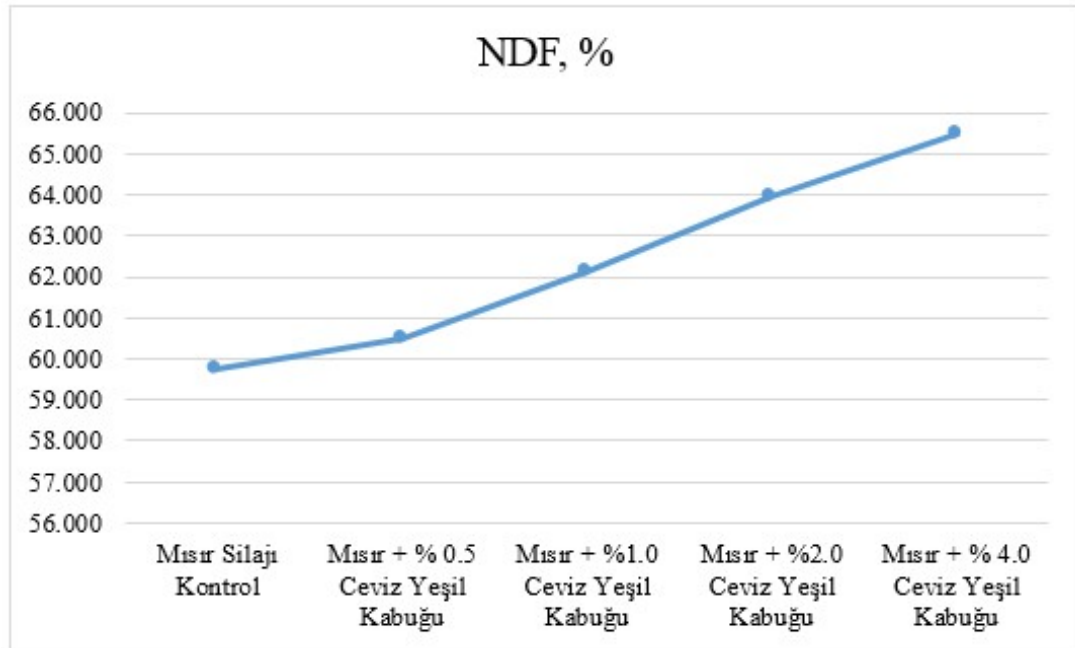
Şekil 4.3. Grupların Ham Protein Değişim Grafiği.

Ceviz Yeşil Kabuğunun silajlara ilave edilmesi ADF'i de kontrol grubuna göre önemli ($p<0.001$) oranda artırdı (Tablo 4.1). En düşük, % 32.461 ile katıksız

kontrol grubunda, en yüksek ise %37.543 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edildi (Şekil 4.4). NDF (Tablo 4.1) kontrol ve Mısır+%0.5 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda sırasıyla %59.742 ve %60.479 ile en düşük değeri alırken, en yüksek değeri %65.487 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda aldı (Şekil 4.5). NDF yönünden gruplar arasındaki bu fark önemli bulundu ($p<0.001$).

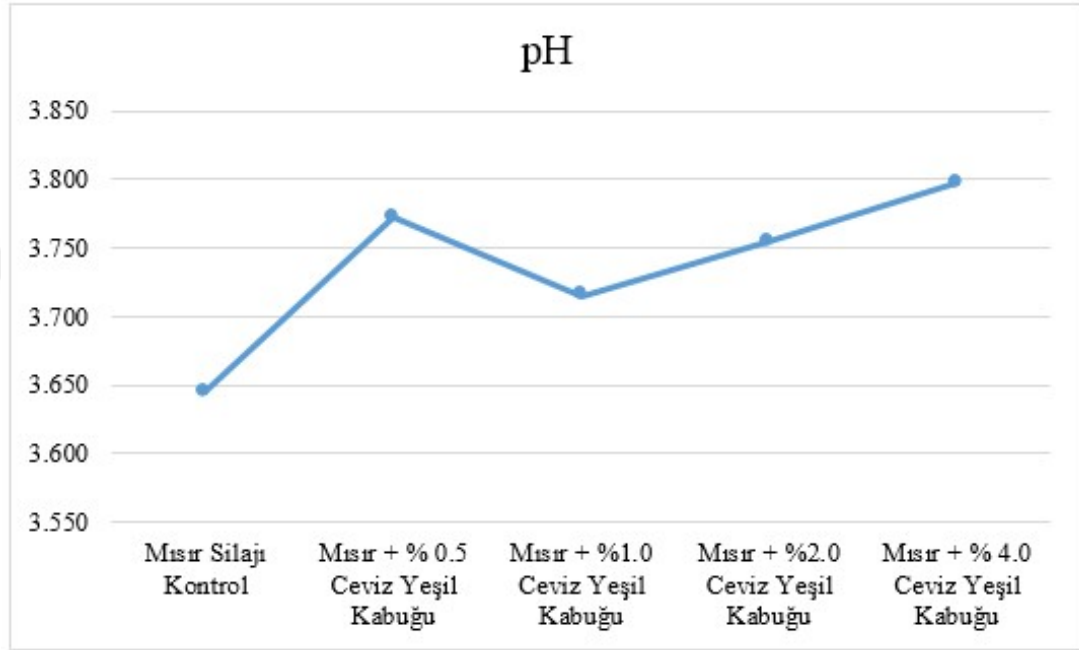


Şekil 4.4. Grupların Asit Deterjan Fiber Değişim Grafiği.



Şekil 4.5. Grupların Nötral Deterjan Fiber Değişim Grafiği.

Hazırlanan kavanoz silajların pH değerleri Tablo 4.1’de sunuldu. Tabloya bakıldığında silaj grupları arasında önemli farkların olduğu tespit edildi ($p<0.001$). En düşük pH değeri 3.645 ile kontrol grubunda bulunurken, en yüksek pH değeri 3.798 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edildi (Şekil 4.6). Katkılı gruplar arasında en düşük pH değeri 3.715 ile Mısır+%1.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda bulundu.



Şekil 4.6. Grupların pH Değişim Grafiği.

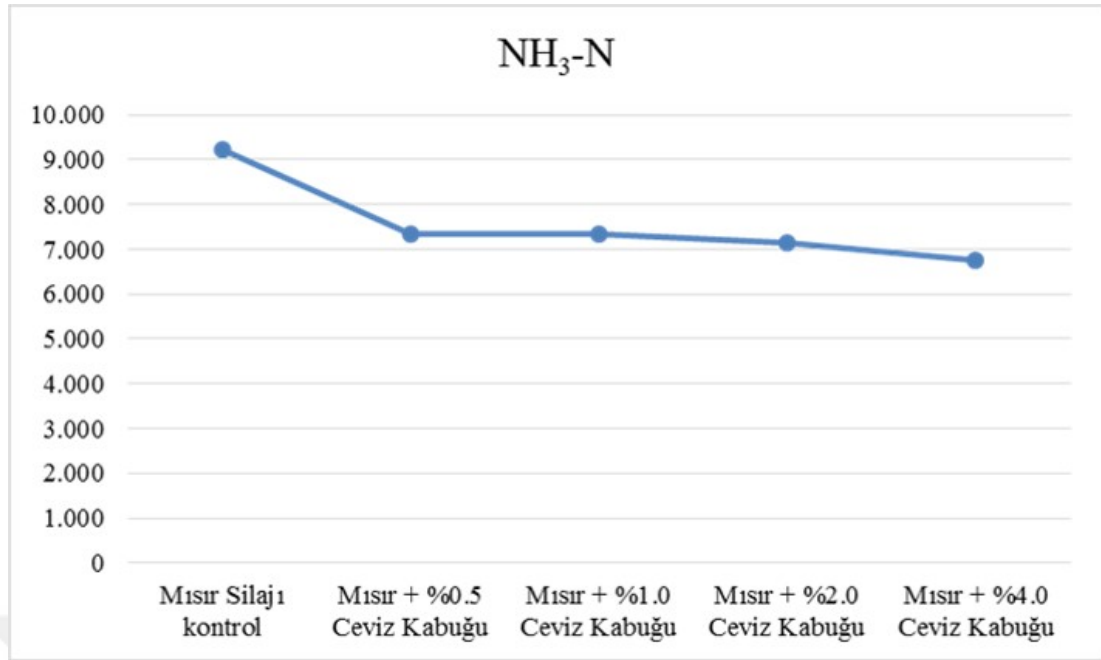
Silajların, $\text{NH}_3\text{-N}$, CO_2 , Flieg Puanı, İVOMS, ME ve CH_4 gazı analizleri Tablo 4.2’de gösterildi. Ceviz Yeşil Kabuğunun $\text{NH}_3\text{-N}$ değerlerinde kontrol grubuna kıyasla önemli bir düşüş gösterdiği görüldü ($p<0.001$). $\text{NH}_3\text{-N}$ gruplar arasında en yüksek değeri %9.205 ile kontrol grubunda, en düşük değeri ise %6.755 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda gördü. %0.5, %1.0 ile %2.0 Ceviz Yeşil Kabuğu gruplarında ise sırasıyla %7.352, %7.341 ve %7.142 değerlerini aldı (Şekil 4.7).

CO_2 değerlerine bakıldığında, yapılan analizde, gruplar arasında istatistiksel fark oluşmadı (Tablo 4.2). En düşük CO_2 değeri 1.792 g/Kg ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda, en yüksek CO_2 değeri ise 2.440 g/Kg ile kontrol grubunda tespit edildi. Gruplar genel olarak değerlendirildiğinde ceviz yeşil kabuğu oranının artması, gruplarda CO_2 değerlerinde tedrici bir azalış oluşturdu (Şekil 4.9).

Çizelge 4.2. Silaj Gruplarının NH₃-N, CO₂, Flieg Puanı, İVOMS, ME ve CH₄ Gazı Analizleri.

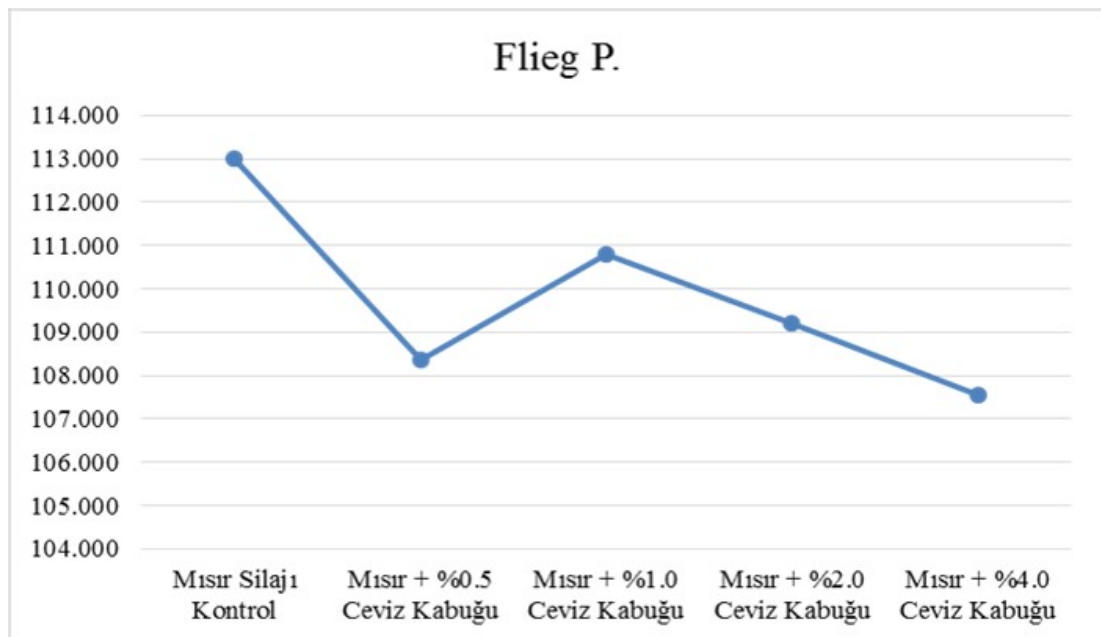
Gruplar	NH ₃ -N	CO ₂	Flieg P.	İVOMS	ME	CH ₄
Mısır Silajı Kontrol	9.205 ^a	2.440	113.002 ^a	58.576	8.722	13.979
Mısır + % 0.5 Ceviz Kabuğu	7.352 ^b	2.258	108.353 ^b	60.736	9.050	14.055
Mısır + %1.0 Ceviz Kabuğu	7.341 ^b	2.241	110.779 ^{ab}	62.294	9.292	14.100
Mısır + %2.0 Ceviz Kabuğu	7.142 ^b	2.182	109.215 ^b	65.295	9.753	14.110
Mısır + % 4.0 Ceviz Kabuğu	6.755 ^b	1.792	107.543 ^b	66.576	9.962	14.320
SEM	0.230	0.094	0.597	1.205	0.185	0.122
p	0.000	0.277	0.012	0.206	0.198	0.946

^{a,b}: Aynı sütundaki farklı harf taşıyan değerler farklı bulunmuştur. **İVOMS**: *In vitro* organik madde sindirilebilirliği, % KM; **ME**: Metabolik enerji, MJ/kg KM; **NH₃-N/TN**: Toplam azot (TN) içeriğindeki amonyak azotu oranı, % NH₃-N/TN; **CO₂**: Karbondioksit oluşumu g/kg KM; **SEM**: Ortalamaların standart hatası; **p**: Önem değeri.

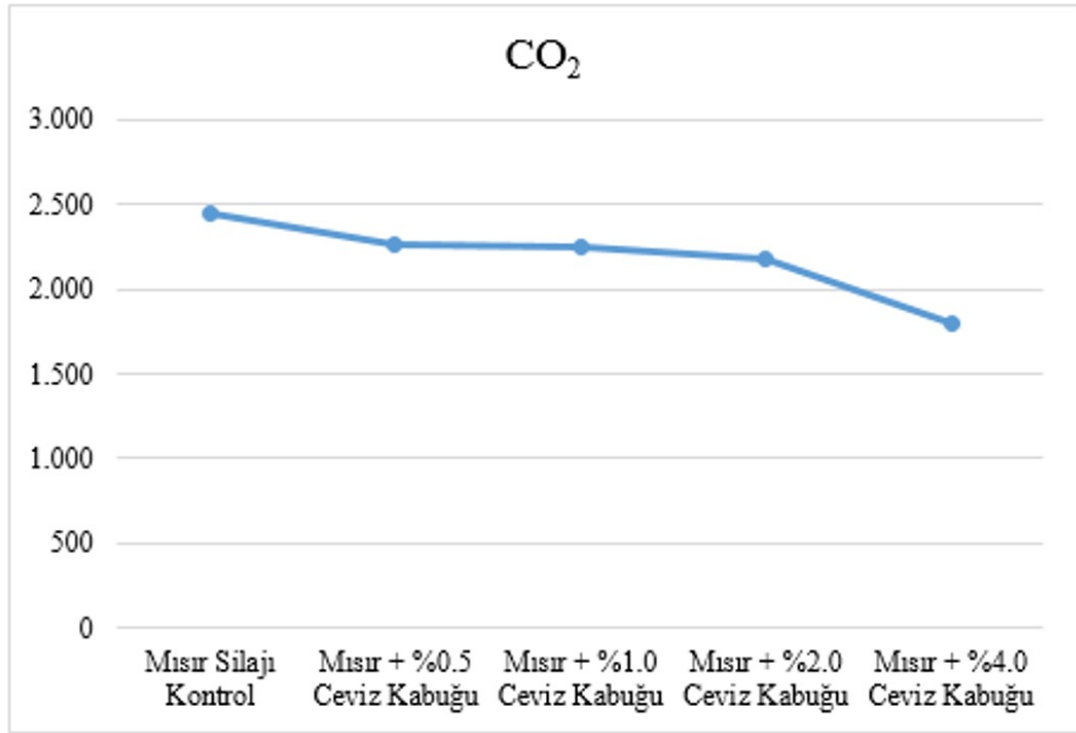


Şekil 4.7. Silaj Gruplarının NH₃-N Değişim Grafiği.

Çalışmada Flieg puanı da hesaplandı (Tablo 4.2). Buna göre ceviz yeşil kabuğunun silaja eklenmesi Flieg puanını önemli düzeyde ($p < 0.05$) düşürdü. En yüksek değer 113.002 ile kontrol grubunda oluşurken, bunu sırasıyla Mısır+%1.0 Ceviz Yeşil Kabuğu (110.779), Mısır+%2.0 Ceviz Yeşil Kabuğu (109.215), Mısır+%0.5 Ceviz Yeşil Kabuğu (108.353) izledi. En düşük değer ise 107.543 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edildi (Şekil 4.8).

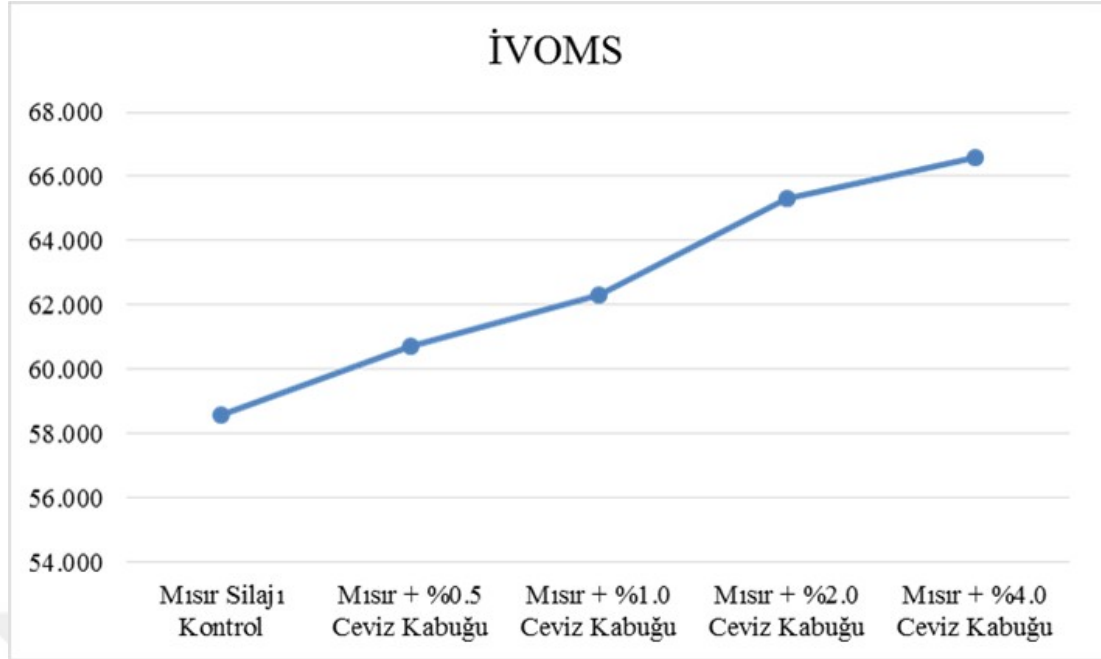


Şekil 4.8. Flieg Puanı Değişim Grafiği.



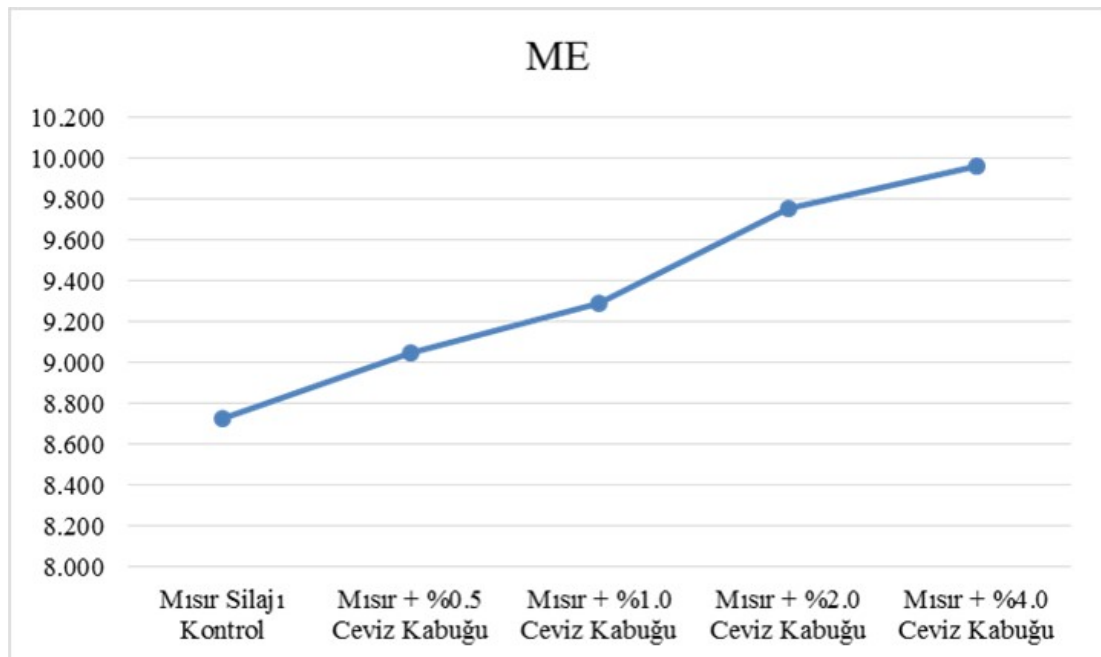
Şekil 4.9. CO₂ Değişim Grafiği.

Ceviz yeşil kabuğunun silajlardaki oranı arttıkça İVOMS değerlerinde tedrici bir artış görüldü (Tablo 4.2). Fakat bu artış gruplar arasında istatistiksel bir fark oluşturmadı. En düşük İVOMS değeri 58.576 %KM ile kontrol grubunda, en yüksek İVOMS değeri ise 66.576 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edildi. Bunlardan başka sırasıyla %0.5, %1.0 ve %2.0 Ceviz Yeşil Kabuğu gruplarında sırasıyla 60.736 % KM, 62.294 % KM, 65.295 % KM değerleri tespit edildi (Şekil 4.10).



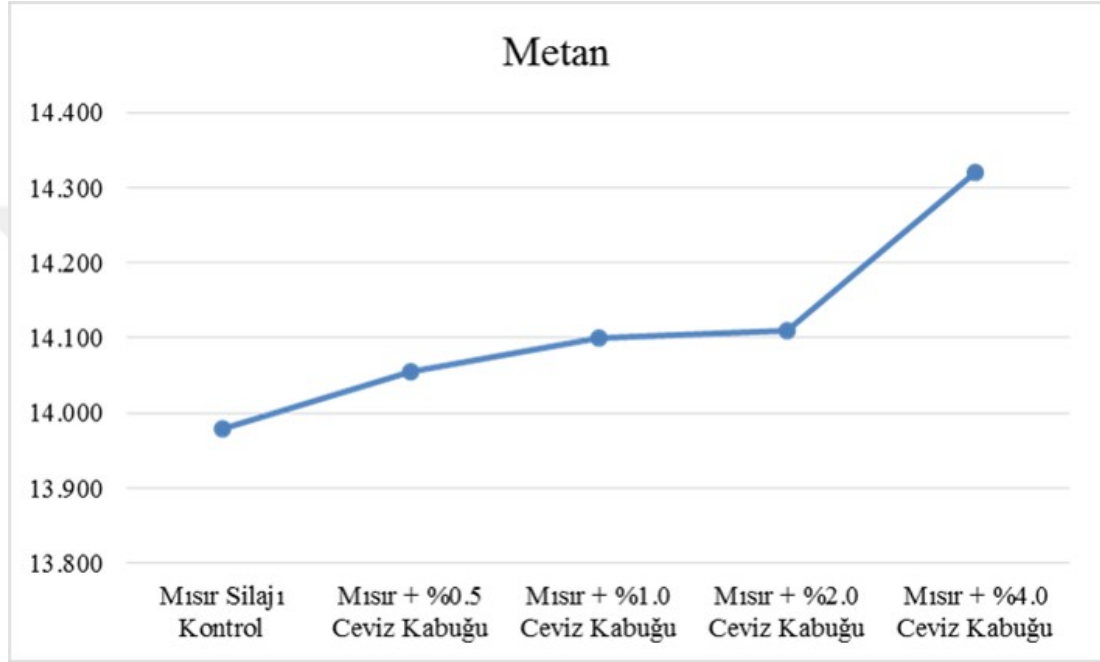
Şekil 4.10. İVOMS Değerleri Değişim Grafiği.

Tablo 4.2'deki metabolik enerji değerlerine bakıldığında gruplar arasında istatistiksel fark oluşmadığı tespit edildi ($p>0.05$). En düşük ME değeri 8.722 Mj/kg ile kontrol grubunda tespit edildi, bunu sırasıyla 9.050 Mj/kg ile Mısır+%0.5 Ceviz Yeşil Kabuğu, 9.292 Mj/kg ile Mısır+%1.0 Ceviz Yeşil Kabuğu, 9.753 Mj/kg ile Mısır+%2.0 Ceviz Yeşil Kabuğu ve 9.962 Mj/kg ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubu takip etti (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Metabolik Enerjinin Gruplara Göre Değişim Grafiği.

Metan gazı deęerleri incelendięinde en dūřuk deęerin kontrol grubunda (13.979), en yūksek deęerin ise Mısır+%4.0 Ceviz Yeřil Kabuęu grubunda (14.320) olduęu gōrūldū. Ceviz yeřil kabuęunun silajlara eklenen oranın artmasıyla gruplar arasında metan gazı deęerlerinde nispi bir yūkseliř olduęu tespit edildi. Dięer gruplardan Mısır+%0.5 Ceviz Yeřil Kabuęu 14.055'lik deęer alırken, Mısır+%1.0 Ceviz Yeřil Kabuęu 14.100, Mısır+%2.0 Ceviz Yeřil Kabuęu grubu ise 14.110'luk deęer aldı (řekil 4.12).



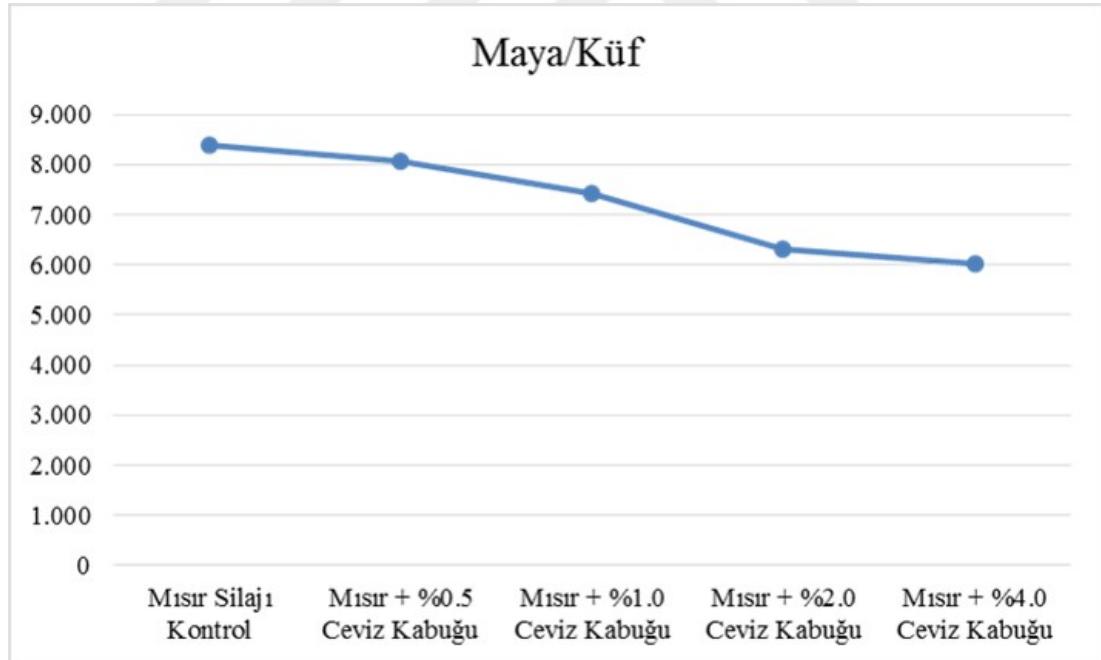
şekil 4.12. CH₄ Gazının Gruplara Gōre Değişim Grafiği.

Silajların Maya/Kūf ve Laktik Asit Bakterileri yoęunluęunu gōsteren deęerler Tablo 4.3'te sunuldu. Maya/Kūf bakımından gruplar arasında önemli istatistiksel farklar oluřtuęu tespit edildi ($p < 0.001$). Ceviz yeřil kabuęunun silajlara eklenen oranının artmasıyla maya/kūf yūkūnūn buna baęlı olarak azaldıęı gōrūldū. En fazla maya/kūf yoęunluęu kontrol grubunda ($8.391 \log_{10}$ kob/g) bulunurken, en az yoęunluk Mısır+%4.0 Ceviz Yeřil Kabuęu grubunda ($6.012 \log_{10}$ kob/g) bulundu. Mısır+%4.0 Ceviz Yeřil Kabuęu ($6.012 \log_{10}$ kob/g) ile Mısır+%2.0 Ceviz Yeřil Kabuęu ($6.306 \log_{10}$ kob/g) grupları arasındaki maya/kūf yoęunluęunun birbirine yakın olduęu tespit edildi (řekil 4.13).

Çizelge 4.3. Grupların Maya/Küf ($\log_{10}$ kob/g) ve Laktik Asit Bakterileri ($\log_{10}$ kob/g) Analizi.

Gruplar	Maya/Küf	LAB
Mısır Silajı Kontrol	8.391 ^a	6.835
Mısır + % 0.5 Ceviz Kabuğu	8.063 ^a	7.198
Mısır + %1 Ceviz Kabuğu	7.433 ^a	7.765
Mısır + %2 Ceviz Kabuğu	6.306 ^b	7.868
Mısır + % 4 Ceviz Kabuğu	6.012 ^b	8.371
SEM	0.252	0.195
p	0.000	0.089

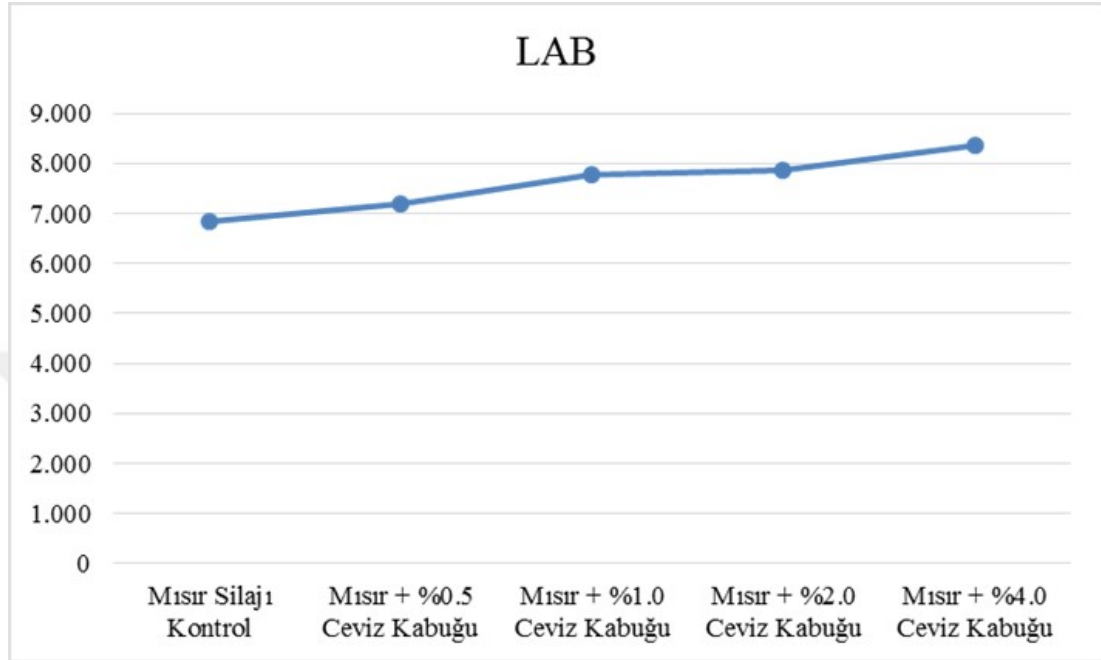
^{a,b}: Aynı sütundaki farklı harf taşıyan değerler farklı bulunmuştur. **LAB**: Laktik Asit Bakterileri; **SEM**: Ortalamaların standart hatası; **p**: Önem değeri.



Şekil 4.13. Maya/Küf Değerlerinin Gruplara Göre Değişim Grafiği.

Laktik asit bakteri yoğunluğu bakımından gruplar arasında fark oluşmadı ($P=0.089$). En düşük LAB yoğunluğu 6.835 $\log_{10}$ kob/g değeri ile kontrol grubunda oluşurken, bunu sırasıyla Mısır+%0.5 Ceviz Yeşil Kabuğu (7.198 $\log_{10}$ kob/g), Mısır+%1.0 Ceviz Yeşil Kabuğu (7.765 $\log_{10}$ kob/g), Mısır+%2.0 Ceviz Yeşil

Kabuğu (7.868 log₁₀ kob/g) ve Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu (8.371 log₁₀ kob/g) grubu izledi (Tablo 4.3). Gruplar arasında istatistiksel fark oluşmasa da Ceviz yeşil kabuğunun silajlara eklenen oranının artmasıyla LAB yoğunluğunun buna bağlı olarak arttığı tespit edildi (Şekil 4.13).



Şekil 4.14. LAB Değerlerinin Gruplara Göre Değişim Grafiği.

5. TARTIŞMA

Günümüzde ceviz yeşil kabuğunun çeşitli endüstrilerde (ilaç, kozmetik vb.) ve tıp alanlarında farklı uygulamaları olduğu (Kadiroğlu ve Ekici, 2018), içeriğinde bulunan ve doğal bir boya olan juglon nedeniyle saç boyası olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Chamorro ve ark., 2022). Ceviz yeşil kabuğunun diğer uygulamaları olarak; endüstriyel atıklardaki tehlikeli maddelerin ve ağır metal iyonlarının giderilmesi sentetik boyalardaki kimyasal tehlikelerin önlenmesi ve sulardaki ağır metallerin giderilmesi bakımından önemli bir adsorban madde özelliği taşıdığı bildirilmiştir (Jahanban-Esfahlan, 2019; Chamorro ve ark., 2022). Ceviz kabuğunun bu adsorban özelliği kimya, kimya mühendisliği ve çevre mühendisliği alanlarında yapılmış pek çok araştırmada ortaya konulmuştur (Iltuen ve ark., 2021; Yu ve ark., 2022).

Geniş bir yelpazede kullanım alanına sahip olan ceviz yeşil kabuğunun, fenolik bileşiklerinin büyük bir kısmının tanen sınıfına ait olduğu bildirilmiştir (Verardo ve ark., 2009). Hayvan besleme açısından tanenin ruminant hayvanlarda, by-pass proteinleri artırarak ve metan üretimini azaltarak faydalı olabileceği, yemlerde antifungal etkisinin olduğu bilinmektedir (Ünver ve ark., 2014). Yapılan kaynak taramasında bu ürünün hayvan yemlerinde silaj katkı materyali olarak kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tablo 4.1’de Ceviz yeşil kabuğu silajlarının; KM, HK, HP, ADF, NDF değerleri incelendiğinde, KM bakımından gruplar arasında fark olmadığı belirlendi ($p>0.05$). En düşük KM içeriği %26.901 ile kontrol (%0.0 Ceviz Yeşil Kabuğu) grubunda, en yüksek KM içeriği %27.222 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edildi (Şekil 4.1). Bu çalışmadan elde edilen KM içerikleri Ceviz kabuğunun atışına bağlı olarak bir artma göstermiştir. Fakat KM verileri arasında istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir. Bu araştırmadan elde edilen KM’ye ait bulgular Ateş ve Atalay (2022)’ın yemlik keçiboynuzu kırığını mısır silajında katkı maddesi olarak değerlendirdiği çalışmalarıyla, Yucal ve Atalay (2023)’ın Gladiçya meyvesinin mısır silajında katkı maddesi olarak değerlendirdiği çalışmalarıyla benzer olmuştur. Zeytin posasının mısır hasılına eklenmesiyle hazırlanan silajlarda ise KM’nin yükseldiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Arslan Duru ve Kaya, 2016). Bunların dışında Atalay (2015)’ın yemlik keçiboynuzunun çayır otuna, Yayla ve Önenç (2021)’in reçel ve reçel parçacıklarının yonca silajına ilavesiyle hazırlanan silajlarda KM oranlarını yükselttiğini bildirmişlerdir. Ayrıca Savrunlu (2015)’nın domates posasını mısır silajına ilavesiyle hazırlanan silajlarda ise KM oranını düşürdüğünü bildirmiştir. Yapılan analiz sonucu mısır ve cevizin KM düzeyleri (26.87-26.26) birbirlerine çok

yakın olduğu için elde edilen silajların KM düzeyleri arasında fark olmadığı düşünülmektedir.

Tablo 4.1'deki HK değerlerine bakıldığında Ceviz Yeşil Kabuğu ilavesinin HK değerini artırdığı görülmüştür ($p<0.01$). En yüksek HK %8.644 KM ile Mısır+%2.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda, en düşük HK %7.472 KM ile kontrol grubunda bulundu. Farklı silaj materyalleri ve katkı maddeleri ile yapılan çalışmalarda HK değerleri katkı oranının arttırılmasıyla yükselişler veya düşüşler göstermiştir. Örneğin Savrunlu ve Denek (2016) domates posasını mısır silajlarına eklemiş %5 domates posası eklenen grupta %5.29 KM bulurken, %15 domates posası ekledikleri grupta ise %4.99 KM, %25 ekledikleri grupta ise %5.08 KM bulmuşlardır. Arslan Duru ve Kaya (2016) zeytin posasını mısır hasılına ekleyerek (%0, %20 ve %40 zeytin posası) silajlar oluşturmuştur. Çalışmalarında HK bakımından gruplar arasında fark oluşmadığını bildirmişlerdir. Sunulan çalışmada kontrol grubu ile katkılı gruplar arasında fark oluşmasına rağmen, katkılı grupların (%0.5, %1.0, %2.0 ve %4.0) kendi aralarında fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Sonuçlar Yucal ve Atalay (2023)'in sonuçlarına, Ateş ve Atalay (2022)'in çalışmalarında belirttiği kontrol ve %1.5 ile %3 keçiboynuzlu gruplar arasındaki farklara benzer bulunmuştur. Çalışmalarda tespit edilen farklılıkların sebebi olarak silaj hammaddesi ve yetiştirildiği coğrafi koşullar ile örneklerle karışmış olabilecek toz, toprak gibi yabancı madde bulaşığı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca mevcut çalışmada elde edilen HK verilerindeki artışın, katkı maddesi olarak kullanılan cevizin HK düzeyinin mısırdan daha yüksek HK düzeyine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir.

HP değerleri incelendiğinde (Tablo 4.1) Ceviz Yeşil Kabuğu ilavesinin HP değerini önemli oranda ($p<0.001$) artırdığı tespit edildi. En yüksek HP değeri Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda %8.467 KM ile, en düşük HP değeri, %7.367 KM ile kontrol grubunda belirlenmiştir (Şekil 4.3). Mısır kontrol silajının ham protein içeriği kuru madde esasına göre %7.367 KM bulunmuştur. Bu değer mısır bitkisi ile yapılan birçok silaj çalışmasında bildirilen ham protein değerleri ile (%7.71-%10.63 KM) uyum içindedir (Koç ve ark.1999; Güney ve ark., 2010; İptaş ve Acar., 2006). Mısır silajlarının ham protein içeriklerindeki bu farklılıkların silajlık bitkinin çeşidi ile biçim zamanı gibi değişkenlere bağlı olduğu bildirilmiştir (İptaş ve Acar., 2006; Kaya ve Polat, 2010). Ceviz yeşil kabuğunun ilavesiyle oluşturulan silajlarda HP değerlerinde artışların olduğu görülmüştür. Bu sonuç Savrunlu ve Denek (2016)'in domates posasını mısır silajlarına eklediği çalışmalarıyla benzer bulunmuştur. Farklı katkı maddesi kullanan araştırmacıların (Ateş ve Atalay, 2022)

kullanılan katkının HP içeriğini düşürdüğünü veya değiştirmediğini (Yucal ve Atalay, 2023) bildiren çalışmaları da bulunmaktadır. Bu durum kullanılan silaj katkı maddesinin farklılığından kaynaklanabilmektedir.

Ceviz Yeşil Kabuğunun silajlara ilave edilmesi ADF değerini de kontrol grubuna göre önemli ($p<0.001$) oranda artırmıştır (Tablo 4.1). En düşük değer, % 32.461 KM ile katıksız kontrol grubunda, en yüksek değer ise %37.543 KM ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edildi. NDF değeri (Tablo 4.1) kontrol ve Mısır+%0.5 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda sırasıyla %59.742 KM ve %60.479 KM ile en düşük değeri alırken, en yüksek değeri %65.487 KM ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda aldı. NDF yönünden gruplar arasındaki bu fark önemli bulunmuştur ($p<0.001$). Bu çalışmada elde edilen ceviz yeşil kabuğu ilaveli silajların ADF içerikleri Savrunlu (2022)'nin antep fıstığı dış kabuğuna buğday samanı (%30) ve polietilen glikol (%1) ilave ettikleri çalışma (ADF=%44.52 KM) ile Çiftçi ve ark. (2005)'nin yonca silajına elmayı karbonhidrat kaynağı olarak ekledikleri çalışmadan elde edilen değerlerden (ADF=%40.24 KM) düşük bulunmuştur. Elahi ve ark. (2012)'nin, yaş Antep Fıstığı Dış Kabuğuna %5 Melas katkısıyla hazırladıkları silajlardan elde ettikleri ADF (%18.6 KM) değeri ile Valizadeh ve ark. (2009)'nin taze Antep Fıstığı Dış Kabuğuna KM bazında %1.5, %3 ve %4.5 düzeyinde Melas ilavesiyle hazırladıkları silajlardan elde edilen ADF (%20.57, %20.63 ve %20.50 KM) değerlerinden yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen silajların NDF içerikleri yapılmış bazı çalışmalardan elde edilen değerler (NDF=%64.46-%69.20 KM) ile benzerlik göstermektedir (Denek ve Can A, 2006; Wu ve ark., 2014; Savrunlu ve Denek, 2016). NDF değerleri Ateş ve Atalay (2022)'nin için bildirdiği değerler (%23.74-%26.40 KM) ve Yucal ve Atalay (2023)'nin bildirdiği değerlerden (%21.41-%25.35 KM) ise yüksek bulunmuştur. Bu farklılıklar çalışmada silaj materyali olarak kullanılan ceviz yeşil kabuğunun içerdiği yüksek ADF ve NDF içeriğine bağlanabilir.

Hazırlanan kavanoz silajların pH değerleri Tablo 4.1'de sunulmuştur. Tabloya bakıldığında silaj grupları arasında önemli farkların olduğu tespit edilmiştir ($p<0.001$). En düşük pH değeri 3.645 ile kontrol grubunda bulunurken, en yüksek pH değeri 3.798 ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edildi. Katkılı gruplar arasında en düşük pH değeri 3.715 ile Mısır+%1.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda bulundu. Silaj fermentasyon kalitesinin tespitinde önemli ölçütlerden birisi de silaj pH değeridir (Kiermeier ve Renner, 1963). Bu çalışmada elde edilen mısır kontrol silajının pH değeri (3.65) mısır bitkisi materyali ile yapılmış birçok çalışmalardan elde edilen pH değerleri (3.45-3.94) ile genel olarak benzer (Çakmak

ve ark., 2013; Arslan ve Çakmakçı, 2011; Yıldız ve ark., 2011), yapılmış bazı çalışmalardan elde edilen pH değerlerinden (4.0-4.9) ise düşük bulunmuştur (Tatlı ve ark., 2001; Pirmohammadi ve ark., 2006; Filya ve ark., 2004). Çalışmadan elde edilen tüm silajların pH değerleri (3.63-3.76) kaliteli bir silajın olması gereken pH değerleri (3.5-4.2) arasında bulunmuştur (Kılıç,2006; Açıkgoz ve ark. 2002).

Silaj $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu, fermentasyon esnasında proteinlerin Clostridial bakterilerce parçalanma (proteolizis) düzeyi hakkında bilgi vermektedir. Silaj amonyak azotunun oranı kalite ölçütü olarak da ele alınabilmektedir. Kaliteli bir silajda bu oran %12'nin üzerinde olmazken, kötü silolanmış yemlerde %15'in üzerindedir (Kung LJr, 2008). Mevcut çalışmada elde edilen silaj $\text{NH}_3\text{-N}$ değerleri %6.76-%9.21 arasında olup, bu değerler kaliteli silaj sınıfında değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmada hazırlanan silajlar arasında en düşük $\text{NH}_3\text{-N}$ değeri Mısır + % 4.0 Ceviz Kabuğu (%6.76) silajında tespit edilmiş olup (Tablo 4.2), farklı ilavelere bağlı olarak $\text{NH}_3\text{-N}$ değerlerinin azaldığını bildiren çalışmalarla uyumlu bulunmuştur (Denek ve ark., 2017, Valizadeh ve ark., 2009).

Çalışmada Flieg puanı (FP) da hesaplanmıştır (Tablo 4.2). Buna göre ceviz yeşil kabuğunun silaja eklenmesi Flieg puanını önemli düzeyde ($p<0.05$) düşürmüştür. En yüksek değer 113.002 ile kontrol grubunda oluşurken buna en yakın değer Mısır+%1.0 Ceviz Yeşil Kabuğu (110.779) grubunda oluşmuştur. Bu iki grup arasında fark oluşmamıştır. Bu bulgu yemlik keçiboynuzu kırığını mısır silajında katkı maddesi olarak kullanan Ateş ve Atalay (2022)'ın çalışmalarıyla uyum içerisindedir. Fleig puanının yüksek olması silaj kalitesinin bir göstergesidir (Yucal ve Atalay, 2023). Ülger ve ark. (2015) tarafından yürütülen bir araştırmada yaş şeker pancarı posası grubunda FP 55.22, yaş şeker pancarı posası ile çeşitli meyve posalarının karışımlarından oluşan silajlarda FP 31,27-61,36 arasında bildirilmiştir. Başar ve Atalay (2020)'ın yürüttükleri bir çalışmada farklı turuncgil posalarının silajlarında FP 80,50-111,78 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Ceviz yeşil kabuğunun silajlardaki oranı arttıkça İVOMS değerlerinde tedrici bir artış görülmüştür (Tablo 4.2). Fakat bu artış gruplar arasında istatistiksel bir fark oluşturmamıştır ($p>0.05$). Benzer durum metabolik enerji değerlerine bakıldığında da görülmüştür ($p>0.05$). En düşük İVOMS değeri 58.576 % KM ile kontrol grubunda, en yüksek İVOMS değeri ise % 66.576 KM ile Mısır+%4.0 Ceviz Yeşil Kabuğu grubunda tespit edilmiştir. Bu çalışmada katkılı mısır silajlarından elde edilen İVOMS değerleri (%60.74-66.58), Meeske ve ark. (2000)'nın yaptığı çalışmada 21 çeşit mısır silajından elde edilen in vitro organik madde sindirim (%56.7-%72.4)

değerleri arasında bulunurken, Özduven ve ark. (2009)'nın farklı vejetasyon dönemlerinde hasat edilen dört farklı mısır çeşidinden elde ettikleri değerlere (%60.84-66.32) benzer bulunmuştur. Denemede hazırlanan ceviz yeşil kabuğu katkılı mısır silajlarının metabolik enerji değerleri (9.05-9.96 MJ/kg) katkısız mısır silajları için bildirilen değerler ile uyum içindedir (Meeske ve ark., 2000; NRC,1988). İn vitro organik madde sindirimi bakımından, ceviz yeşil kabuğu silajlarının mısır kontrol silajına göre daha biraz yüksek oranda sindirildiği gözlenmiştir. Farklı düzeylerde ceviz yeşil kabuğu ilaveli silajlarda in vitro organik madde sindirim ve metabolik enerji değerleri incelendiğinde genel olarak literatürle benzer bulunmuştur.

Mayalar çok düşük pH'larda da büyüme gösterebildiği için ilk gelişen mikroorganizma grubundadır. Muck (2010), mayaların 3.5 hatta daha da düşük pH'larda gelişebildiğini, asetik asit bakterileri ve küflerin bu tür asidik koşullar altında nadiren gelişebileceğini ve küflerin mayalardan çok daha yavaş geliştiğini bildirmiştir. Aerobik şartlar altında gelişen mayalar laktik asidi okside ederek ortam pH'nın yükselmesine neden olurlar, bu durum silaj kalitesini olumsuz etkileyerek diğer mikroorganizmaların aktif hale geçmelerine yardımcı olur. Dolayısıyla hem aerobik hem de anaerobik şartlarda gelişimini sağlayan mayalar silaj kalitesi bakımından istenilmeyen mikroorganizmalar olarak kabul edilmektedir (Kökten ve Seydoşoğlu, 2023). Silajların Maya/Küf ve Laktik Asit Bakterileri yoğunluğunu gösteren değerler Tablo 4.3'te sunulmuştur. Maya/Küf bakımından gruplar arasında önemli istatistiksel farklar olduğu tespit edilirken ($p<0.001$), laktik asit bakteri yoğunluğu bakımından gruplar arasında fark oluşmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). İyi bir fermentasyon için silolamanın ilk birkaç günü kritik öneme sahiptir. Uygun koşullar altında, laktik asit bakterileri silajı hızla asitleştirerek pH'ı düşürür ve istenmeyen mikroorganizmaların, özellikle enterobacter, clostridia ve mayaların gelişmesini önler (McDonald ve ark., 1991). Tablo 4.1 ve 4.3 incelendiğinde silajların düşük pH değerlerinin toplam maya küfü gelişimini azalttığı ve laktik asit bakterisi (LAB) sayısını nispeten arttırdığı görülmektedir (Doğan Daş, 2023; Filya, 2018; Guan ve ark., 2021). Silaj fermentasyonunda LAB temel mikroorganizmadır çünkü silo yemi LAB tarafından üretilen laktik asit tarafından korunur (McDonald ve ark., 1991). Bu çalışmada katkılı gruplarda LAB'nin nispeten artması ve maya küf yoğunluğunun azalması, ceviz yeşil kabuğu ilavesinin silaj kalitesini etkili bir şekilde artırdığını göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte hayvansal gıda ihtiyacı da artmaktadır. Bu durum hayvancılıkta yem kaynağı açığını da gündeme getirmiştir. Gıda sektöründe bazen atık, bazen de yan ürün olarak adlandırdığımız pek çok ürün, alternatif yem ve katkıları olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde hazırda bulunan besin kaynaklarını artırmak, fonksiyonel gıda yan ürünlerini üretmek ve geliştirmek, yapay katkı maddelerine bir alternatif olacak doğal kaynakları araştırmak, sıfır ya da sıfıra yakın gıdasal atık hedeflerine ulaşmak gibi çeşitli amaçlar doğrultusunda biyoaktif bileşenler ve gıda komponentleri yönüyle potansiyel olan tarım, gıda ve atık ürünleri ile gıda işleme yan sanayi ürünlerinin değerlendirilmesi üzerine yapılmış çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Fitokimyasal bileşikler belirlenen ve tarımsal atık olarak görülen ceviz yeşil kabuğu önemli bir potansiyelde olup fonksiyonel gıdaların üretilmesinde umut verici bir atık olarak görülmektedir. Özellikle ruminantların beslenmesinde rahatlıkla kullanılabilecek böyle bir alternatif yem katkısının, yem sanayiine kazandırılması hayvancılıkta yem çeşitliliğini ile hem çevre (hava, su, toprak) kirliliği önlenmiş, hem de ucuz bir kaynak elde edilmiş olacaktır.

Bu tez çalışmasında; mısır hasılına farklı oranlarda ceviz yeşil dış kabuğu ilave edilerek hazırlanan silajlardan elde edilen veriler ile en iyi fermantasyon kalitesine sahip mısır silajını belirlemek, yan ürün olarak değerlendirilen bu maddenin silaj yapımında kullanılabilirliğini ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler genel olarak değerlendirildiğinde, ceviz yeşil kabuğunun mısır silajlarında değerlendirilebileceği ve oluşturulan bu silajların genel anlamda kaliteli silaj niteliği taşıdıkları sonucuna ulaşılmıştır.

7. ÖNERİLER

Ceviz yeşil kabuğunun farklı silajlık bitkilere ilavesiyle hazırlanacak silajların yapılabilirliğinin araştırılması, hayvan beslemede kullanılabilirliğinin ortaya konması adına konuyla ilgili yeni çalışmaların yapılmasının gerektiği, elde edilen silajların silaj kaliteleri ile süt ve besi hayvanlarında yedirme denemeleri yapılarak hayvanların performansı ve besleme ekonomisi üzerine etkilerinin ortaya konmasına ihtiyaç duyulmaktadır.



KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E., Turgut, İ., & Filya, İ. (2002). Silaj bitkileri yetiştirme ve silaj yapımı. *Hasat Yayınları, İstanbul*, 584.
- Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., & Valéro, J. R. (2012). Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. *Critical reviews in biotechnology*, 32(4), 382-400.
- Akça, Y. (2001). Ceviz yetiştiriciliği. *Artı Ofset Matbaası, Tokat*, 356.
- Alçıçek, A., & Karaayvaz, K. (2003). Sığır besisinde mısır silajı kullanımı. *Animalia*, 203, 68-76.
- Amaral, J. S., Seabra, R. M., Andrade, P. B., Valentao, P., Pereira, J. A., & Ferreres, F. (2004). Phenolic profile in the quality control of walnut (*Juglans regia* L.) leaves. *Food chemistry*, 88(3), 373-379.
- Anonymus. ISO., 1. 1. (1998). Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs: Horizontal Method for the Enumeration [sic] of Mesophilic Lactic Acid Bacteria: Colony-count Technique at 30° C. ISO.
- Anonymus. ISO, S. 21527-1. (2008). Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs. Horizontal Method for the Enumeration of Yeasts and Molds. Part, 1, 21527-1.
- Anonymus. Levine, J., & White, P. (2011). USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook. Metot 3.01, Quantitative analysis of bacteria in foods as sanitary indicators.
- AOAC. (2007). Official Methods of Analysis of AOAC International [18th ed.] Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- Arslan, M., & Çakmakçı, S. (2011). Mısır (*Zea mays*) ve sorgumun (*Sorghum bicolor*) farklı bitkilerle birlikte yapılan silajlarının karşılaştırılmaları. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 24(1), 47-53.
- Arslan Duru, A., & Kaya, Ş. (2016). Farklı oranlardaki zeytin posası-mısır hasılı karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 4(12): 1201-1206.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Azrieli, A., Hen, Y., & Horev, B. (1991). A simple system to study the aerobic determination of silages. *Canadian Agricultural Engineering*, 34, 171-175.
- Atalay, A. İ. (2015). *Yemlik keçiboynuzu kırığının çayır silajı yapımında kullanımı* (Yayın No. 392455). [Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Kahramanmaraş].
- Ateş, H., & Atalay, A. İ. (2022). Yemlik keçiboynuzu kırığının mısır silajında katkı maddesi olarak kullanımı. *Journal of Agriculture*, 5(1), 1-9.
- Basmacıoğlu, H., & Ergül, M. (2002). Silaj mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim*, 43(1), 12-24.
- Başar, Y., & Atalay, A. İ. (2020). Turunçgil posalarının ruminant beslemede

alternatif yem kaynağı olarak kullanımı ve metan üretim kapasiteleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(2), 1449-1455.

- Bautista-Trujillo G, Cobos M, Ventura-Canseco L, Ayora-Talavera T, Abud-Archila M, Oliva-Llaven M, Dendooven L, Gutierrez-Miceli F. (2010). Effect of sugarcane molasses and whey on silage quality of maize. *Asian Journal of Crop Science*, 2(3), 194-199.
- Borreani G, Tabacco E, Schmidt R, Holmes B, Muck Ra. (2018). Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of dairy science*, 101(5), 3952-3979.
- Bou Abdallah, I., Baatour, O., Mechrgui, K., Herchi, W., Albouchi, A., Chalghoum, A., Boukhchina, S. (2016). Essential oil composition of walnut tree (*Juglans regia* L.) leaves from Tunisia. *Journal of Essential Oil Research*, 28(6), 545-550.
- Broderick, G. A., & Kang, J. H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. *Journal of dairy science*, 63(1), 64-75.
- Cao Y, Takahashi T, Horiguchi Ki, Yoshida N. (2010). Effect of adding lactic acid bacteria and molasses on fermentation quality and in vitro ruminal digestion of total mixed ration silage prepared with whole crop rice. *Grassland Science*, 56(1), 19-25.
- Castaño, G. A., & Villa, L. M. (2017). Use of whey and molasses as additive for producing silage of Cuba OM-22 (*Cenchrus purpureus* x *Cenchrus glaucum*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 51(1), 61-70.
- Chamorro, F., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Taofiq, O., Otero, P., Cao, H., Xiao, J., Simal-Gandara, J., Prieto, M.A. (2022). By-products of walnut (*Juglans regia*) as a source of bioactive compounds for the formulation of nutraceuticals and functional foods. *Biology and Life Sciences Forum*, 12, 35.
- Chatrabnous, N., Yazdani, N., Tavallali, V., Vahdati, K. (2018). Preserving quality of fresh walnuts using plant extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 91, 1-7.
- Cheraghali, F., Shojaee-aliabadi, S., Hosseini, S.M., Mirmoghtadaie, L., Mortazavian, A.M., Ghanati, K., Abedi, A.S., Moslemi, M. (2018). Characterization of microcapsule containing walnut (*Juglans regia* L.) green husk extract as preventive antioxidant and antimicrobial agent. *International Journal of Preventive Medicine*, 9(101), 1-6.
- Clark, A. M., Jurgens, T. M., & Hufford, C. D. (1990). Antimicrobial activity of juglone. *Phytotherapy Research*, 4(1), 11-14.
- Coelho, M. C., Malcata, F. X., & Silva, C. C. (2022). Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions. *Foods*, 11(15), 2276.
- Comberg, G. (1974). Gärfutter: betriebswirtschaft, erzeugung, verfütterung, verlag

eugen ulmer stuttgart, gerokstraße 19. *Printed in Germany.*

- Cosmulescu, S., Trandafir, I., Nour, V. (2014). Seasonal variation of the main individual phenolics and juglone in walnut (*Juglans regia*) leaves. *Pharmaceutical Biology*, 52(5), 575-580.
- Çakmak, B., Yalçın, H., & Bilgen, H. (2013). Hasıl ve fermente mısır silajlarının ham besin maddesi içeriği ve kalitesine paketlenme basıncı ve depolama süresinin etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19(1), 22-32.
- Çiftçi, M., Halil Çerçi, İ., DALKILIÇ, B., Güler, T., & Ertas, O. N. (2005). Elmanın karbonhidrat kaynağı olarak yonca silajına katılma olanağının araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2), 93-98.
- Daş, B. D. (2023). The Effect of the Addition of Different Rates of Sumac (*Rhus coriaria*) Powder to Maize on Silage Fermentation and Aerobic Stability. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 12(1), 53-57.
- Dehghani, M. R., Weisbjerg, M. R., Hvelplund, T., & Kristensen, N. B. (2012). Effect of enzyme addition to forage at ensiling on silage chemical composition and NDF degradation characteristics. *Livestock Science*, 150(1-3), 51-58.
- Dehghani, S., Nouri, M., & Baghi, M. (2019). The effect of adding walnut green husk extract on antioxidant and antimicrobial properties of ketchup. *Journal of Food and Bioprocess Engineering*, 2(2), 93-100.
- Demirci, U. (2009). *Homofermantatif ve homofermantatif-heterofermantatif laktik asit bakterileri ilavesi ile hazırlanan tritikale-macar fiği karışımı silajların konya merinosu dişi toklularda rumen parametreleri ve canlı ağırlık değişimi üzerine etkileri* (Yayın No.243318) [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Denek, N., Aydın, S. S., Dogan Das, B., Avci, M., & Savrunlu, M. (2017). An Investigation on the Effect of Adding Different Levels of Molasses on the Silage Quality of Pistachio (*Pistachio vera*) by Product and Wheat Straw Mixture Silages. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 7(4), 543-548.
- Denek, N., & Can, A. (2006). Feeding value of wet tomato pomace ensiled with wheat straw and wheat grain for Awassi sheep. *Small ruminant research*, 65(3), 260-265.
- Driehuis, F., Elferink, S. O., & Spoelstra, S. F. (1999). Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. *Journal of applied Microbiology*, 87(4), 583-594.
- Dunière, L., Sindou, J., Chaucheyras-Durand, F., Chevallier, I., & Thévenot-Sergentet, D. (2013). Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, 182(1-4), 1-15.

- Dunière, L., Sindou, J., Chaucheyras-Durand, F., Chevallier, I., & Thévenot-Sergentet, D. (2013). Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*, 182(1-4), 1-15.
- Duru, AA, Elmalı, DA, Yuksel, O., & Kutay, H. (2021). Fiğ-buğday silajlarının bazı parametreleri üzerine malik asit ve peynir altı suyu ilavesinin etkileri. *Fresenius Environ Bull*, 30, 10435-10440.
- Elahi, M. Y., Salehi, A., & Salem, A. F. Z. (2012, July 2-4). *Effect of molasses and polyethylene glycol on dry matter degradability of pistachio by products silage in cows* [Poster Bildiri]. XVI International Silage Conference Hämeenlinna: Finland.
- Ertekin İ, Atış I. (2023). Inoculants, enzymes, and other additives in silage production: A review of the literature. K. Kökten, S. Özdemir (Ed), *Research Topics in Agriculture* (125-145). Iksad Publications. Ankara/Türkiye.
- Fabiszewska, A. U., Zielińska, K. J., & Wróbel, B. (2019). Trends in designing microbial silage quality by biotechnological methods using lactic acid bacteria inoculants: a minireview. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, 1-8.
- Fernandez-Agullo, A., Pereira, E., Freire, M.S., Valentão, P., Andrade, P.B., González-Álvarez, J., Pereira, J.A. (2013). Influence of solvent on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts. *Industrial Crops and Products*, 42, 126-132.
- Filya, İ. (2000). Bazı silaj katkı maddelerinin ruminantların performansları üzerindeki etkileri. *Hayvansal Üretim*, 41(1).
- Filya, İ. (2018). Developments in silage fermentation and a future perspective. In *2nd International Animal Nutrition Congress*, Antalya, Türkiye.
- Filya, İ. (2001). Silaj fermantasyonu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 87-93.
- Filya, İ., Sucu, E., & Canbolat, Ö. (2004). Silaj fermantasyonunda organik asit kullanımı üzerinde araştırmalar. Formik asit temeline dayalı bir koruyucunun çiftlik koşullarında yapılan mısır silajlarının fermentasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve in situ rumen parçalanabilirlikleri üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 35-45.
- Filya İ, Sucu E, Hanoğlu H. (2004). Mısır silajına katılan ürenin silaj fermantasyonu, aerobik stabilite, rumen parçalanabilirliği ve kuzuların besi performansı üzerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(03).
- Getabalew, M., Mindaye, A., & Alemneh, T. (2022). Silage and enzyme additives as animal feed and animals response. *Archives of Animal Husbandry & Dairy Science*, 2(4), 1-6.
- Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), (2019). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim Tarihi: 12.10.2021).

- Guan, H., Ran, Q., Li, H., & Zhang, X. (2021). Succession of microbial communities of corn silage inoculated with heterofermentative lactic acid bacteria from ensiling to aerobic exposure. *Fermentation*, 7(4), 258.
- Güney, E., Tan, M., Gül, Z. D., & Gül, İ. (2010). Erzurum şartlarında bazı silajlık mısır çeşitlerinin verim ve silaj kalitelerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 105-111.
- Iltuen, E., Yuanhua, E., Verma, C., Alfantazi, A., Akaranta, O., Ebenso, E.E. (2021). Synthesis and characterization of walnut husk extract-silver nanocomposites for removal of heavy metals from petroleum wastewater and its consequences on pipework steel corrosion. *Journal of Molecular Liquids*, 335, 116132, 1-15.
- Iptas, S., & Acar, A. A. (2006). Effects of hybrid and row spacing on maize forage yield and quality. *Plant Soil and Environment*, 52(11), 515.
- Irawan, A., Sofyan, A., Ridwan, R., Hassim, H. A., Respati, A. N., Wardani, W. W., ... & Jayanegara, A. (2021). Effects of different lactic acid bacteria groups and fibrolytic enzymes as additives on silage quality: A meta-analysis. *Bioresource Technology Reports*, 14, 100654.
- Izadiyan, Z., Shamel, K., Hara, H., Mohd Taib, S.H. (2018). Cytotoxicity assay of biosynthesis gold nanoparticles mediated by walnut (*Juglans regia*) green husk extract. *Journal of Molecular Structure*, 1151, 97-105.
- Jahanban-Esfahlan, A., Ostadrahimi, A., Tabibiazar, M., Amarowicz, R. (2019). A comparative review on the extraction, antioxidant content and antioxidant potential of different parts of walnut (*Juglans regia* L.) fruit and tree. *Molecules*, 24, 2133, 1-40.
- Kadiroğlu, P., Ekici, H. (2018). Yeşil ceviz kabuklarının biyoaktif özelliklerinin FT-IR spektroskopisi yöntemiyle tahmin edilmesi. *Akademik Gıda*, 16(1), 20-26.
- Kaiser, A. G., Piltz, J. W., Burns, H. M., & Griffiths, N. W. (2004). Successful Silage. Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries. *New South Wales, Australia*, 418.
- Kaya, Ö., & Polat, C. (2010). Tekirdağ ili koşullarında I. ve II. ürün olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinin silaj fermentasyon özellikleri ve yem değerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(3), 129-136.
- Keleş G. (2017). Silage Additives (In Turkish: Silaj katkıları). *Türkiye Klinikleri Animal Nutrition and Nutritional Diseases - Special Topics*, 3(3), 171-180.
- Kılıç, A. (2006). Kaba yemlerde niteliğin saptanması. *Hasat Yayıncılık, İstanbul*, 159, 2006.
- Kiermeier, F., & Renner, E. (1963). Der pH-wert als Kriterium der Verwendbarkeit von Silage für die milchvieh Fütterung. *Das Wirtschaftseiq. Futterq*, 1, 106-113.

- Kim DH, Lee KD, Choi KC. (2021). Role of LAB in silage fermentation: Effect on nutritional quality and organic acid production—An overview. *AIMS Agriculture and Food*, 6(1): 216–234.
- Kiraz, A. B., & Kutlu, H. R. (2016). Bakteriyel İnokulant Kullanımının Silajlarda Fermantasyon Özellikleri Üzerine Etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3), 230-238.
- Knickf M, Spörndly R. (2009). Sodium benzoate, potassium sorbate and sodium nitrite as silage additives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(15), 2659-2667.
- Koç, F., Ozdüven, M. L., & Yurtman, İ. Y. (1999). Yaş Bira Posası-Mısır Karışımı Silajlarda Kalite Özellikleri ve Aerobik Dayanıklılık Üzerinde Çalışmalar. *Journal of Agricultural Sciences*, 5(02), 69-76.
- Kökten K, Seydoşoğlu S. (2023). *Her yönüyle silaj*. İksad Yayınevi.
- Kung, L. (2018). Silage fermentation and additives. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 26(3-4).
- Kung, L. (1998, September). A review on silage additives and enzymes. In *Proceedings of the 59th Minneapolis Nutrition Conference* (pp. 121-135).
- Kung, L., & Shaver, R. (2001). Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on forage*, 3(13), 1-5.
- Kung Jr, L., Taylor, C. C., Lynch, M. P., & Neylon, J. M. (2003). The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 86(1), 336-343.
- Kung LJr. (2008, Sept. 25-27). *Silage Fermentation End Products and Microbial Populations: Their Relationships to Silage Quality and Animal Productivity* [Conference Proc.] Proceeding Annual Conference of the American Association of Bovine Practitioners, Charlotte, NC.
- Kutlu, H. R. (2002). Tüm yönleriyle silaj yapımı ve silajla besleme. *Çukurova Üniversitesi, Balcalı-Adana*.
- Kutlu, H. R. (2016). Tüm yönleriyle silaj yapımı ve silajla besleme. *Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü yayınları, Adana*. <http://www.zootekni.org.tr/upload/File/SILAJ%20EI%20KTABI.pdf>; Erişim Tarihi: 03.04.2015.
- Leibensperger, R. Y., & Pitt, R. E. (1987). A model of clostridial dominance in ensilage. *Grass and Forage Science*, 42(3), 297-317.
- Mannetje, L. (2000). Introduction to the conference on silage making in the tropics. *Fao Plant Production And Protection Papers*, 1-4.
- McAllister TA, Dunitre L, Drouin P, Xu S, Wang Y, Munns K, Zaheer R. (2018). Silage review: Using molecular approaches to define the microbial ecology of silage. *Journal of dairy science*, 101(5), 4060-4074.

- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (2nd ed). Marlow, UK: Chalcombe Publications.
- Meeske, R., Basson, H. M., Pienaar, J. P., & Cruywagen, C. W. (2000). A comparison of the yield, nutritional value and predicted production potential of different maize hybrids for silage production. *South African Journal of Animal Science*, 30(1), 18-21.
- Menezes, G. L., de Oliveira, A. F., Gonçalves, L. C., de Assis Pires, F. P. A., de Menezes, R. A., de Sousa, P. G., ... & Jayme, D. G. (2022). Efficacy of formic acid, enzymes, and microbial additives in silage on the performance of sheep: Systematic review and meta-analysis. *Small Ruminant Research*, 212, 106706.
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222.
- Menke KH. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim Res Dev*, 28, 7-55.
- Mohd-Setapar, S. H., Abd-Talib, N., & Aziz, R. (2012). Review on crucial parameters of silage quality. *Apcbee Procedia*, 3, 99-103.
- Moon, N. J., & Ely, L. O. (1979). Identification and properties of yeasts associated with the aerobic deterioration of wheat and alfalfa silages. *Mycopathologia*, 69(3), 153-156.
- Muck, R. (2013). Recent advances in silage microbiology. *Agricultural and Food Science*, 22(1), 3-15.
- Muck, R. E. (2010). Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 183-191.
- Muck, R. E., Nadeau, E. M. G., McAllister, T. A., Contreras-Govea, F. E., Santos, M. C., & Kung Jr, L. (2018). Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. *Journal of dairy science*, 101(5), 3980-4000.
- NRC. (1988). National Research Council, *Nutrient requirements of dairy cattle* [Sixty revised edition]. National Academy Press, Washington DC.
- O'Kiely, P. (2009). Chemical additives and the aerobic stability of silages. In *Proceedings of the International Symposium on Forage Quality and Conservation* (pp. 155-174). Piracicaba: FEALQ.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Abdullah, N., Magaji, U., Hussin, G., Ramli, A., & Miah, G. (2016). Fermentation quality and additives: a case of rice straw silage. *BioMed research international*, 2016(1), 7985167.
- Oliveira, A. S., Weinberg, Z. G., Ogunade, I. M., Cervantes, A. A., Arriola, K. G.,

- Jiang, Y., ... & Adesogan, A. T. (2017). Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4587-4603.
- Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C., Bento, A., Estevinho, L., & Pereira, J. A. (2008). Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks. *Food and chemical toxicology*, 46(7), 2326-2331.
- Pereira, J. A., Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C., Bento, A., & Estevinho, L. (2008). Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Food and chemical toxicology*, 46(6), 2103-2111.
- Pereira, J. A., Oliveira, I., Sousa, A., Valentão, P., Andrade, P. B., Ferreira, I. C., ... & Estevinho, L. (2007). Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: Phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars. *Food and chemical toxicology*, 45(11), 2287-2295.
- Pirmohammadi, R., Rouzbehan, Y., Rezayazdi, K., & Zahedifar, M. (2006). Chemical composition, digestibility and insitu degradability of dried and ensiled apple pomace and maize silage. *Small ruminant research*, 66(1-3), 150-155.
- Polan, C. E., Stieve, D. E., & Garrett, J. L. (1998). Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant. *Journal of Dairy Science*, 81(3), 765-776.
- Polat, M. Ö. F. K. C., & Şamlı, L. C. (2009). Bazı mısır çeşitlerinde vejetasyon döneminin silolamada fermantasyon özellikleri ve yem değeri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2), 121-129.
- Prasad RBN. (2003). Walnuts and Pecans,. In: B. Caballero, L. C. Trugo and P. M. Finglas (Eds.). *Encyclopaedia of Food Sciences and Nutrition*, Academic Press, London. pp. 6071-6079.
- Radzikowski, K. (2018). The effects of using technological additives in feeding farm animals. *World Scientific News*, 106, 45-56.
- Romani, A., Ieri, F., Urciuoli, S., Noce, A., Marrone, G., Nediani, C., & Bernini, R. (2019). Health effects of phenolic compounds found in extra-virgin olive oil, by-products, and leaf of *Olea europaea* L. *Nutrients*, 11(8), 1776, 1-33.
- Salık, M. A., & Çakmakçı, S. (2023). Ceviz (*Juglans regia* L.) Yapağı ve Yeşil Kabuğu: Fonksiyonel Özellikleri, Sağlığa Yararları ve Gıdalarda Kullanım Potansiyeli. *Akademik Gıda*, 21(1), 90-100.
- Salık, M.A., Çakmakçı, S. (2021). Zeytin (*Olea europaea* L.) yaprağının fonksiyonel özellikleri ve gıdalarda kullanım potansiyeli. *Gıda*, 46(6), 1481-1493.
- Savrunlu, M. (2015). *Mısır silajına farklı seviyelerde yaş domates posası ilavesinin silaj kalitesi ile in vitro sindirim üzerine etkisinin araştırılması/The effect of adding different levels of wet tomato pomace on the silage quality and in vitro*

- digestibility of maize silage* (Yayın No. 448937) [Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü].YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Savrunlu, M., & Denek, N. (2016). Farklı seviyelerde yaş domates posası ilavesi ile hazırlanan mısır silajının kalitesinin araştırılması. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 5(1), 5-11.
- Savrunlu, Z. (2022). *Farklı Katkılar İle Hazırlanan Antepfıstığı (Pistacia Vera L.) Dış Kabuğu Silajının Silaj Kalitesi, Kuzulardayem Tüketimi Ve Sindirilebilirlik Değerleri Üzerine Etkisinin Araştırılması* (Yayın No. 745743) [Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü].YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Seven PT, Seven I, Mutlu SI, Yildirim EN. (2021). Silage additives usage in improving fermentation quality of alfalfa silage: A review. *Animal and Veterinary Sciences*, 9(6), 175-180.
- Soto-Madrid, D., Gutiérrez-Cutiño, M., Pozo-Martínez, J., Zúñiga-López, M.C., Olea-Azar, C., Matiacevich, S. (2021). Dependence of the ripeness stage on the antioxidant and antimicrobial properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extracts from industrial by-products. *Molecules*, 26(10), 2878.
- SPSS, I. I. B. M. (2008). IBM SPSS statistics for Windows, version 17.0. *New York: IBM Corp*, 440, 394.
- Stampar, F., Solar, A., Hudina, M., Veberic, R., & Colaric, M. (2006). Traditional walnut liqueur-cocktail of phenolics. *Food chemistry*, 95(4), 627-631.
- Şenel HS. (1974). Saman ve Mısır Silajlarının Süt Üretiminde Karşılaştırmalı Değerleri. *AÜ Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21 (1-2),130-138.
- Tatlı P, Çerçi H, Gündoğan F. (2001). Mısır, yonca ve yaş şeker pancarı posasının silolanma niteliklerinin belirlenmesi ile bu silajların farklı formasyonlarda koyunlara verilmesinin yem tüketimi ve sindirilebilirlik üzerine etkisi. *Türk Journal Veterinal Animal Science*, 25,403-407.
- Tsamouris, G., Hatziantoniou, S., & Demetzos, C. (2002). Lipid analysis of Greek walnut oil (*Juglans regia* L.). *Zeitschrift für Naturforschung C*, 57(1-2), 51-56.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), (2019). Bitkisel Üretim İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2019-30685> (Erişim Tarihi: 12.10.2021).
- Uygur AM. Silaj Yapımında Kullanılan Katkı Maddeleri-1. Çiftçi Broşürü; 132. URL:<https://arastirma.tarimorman.gov.tr/etae/Belgeler/EgitimBrosur/132-ciftcibr o.pdf>; Erişim tarihi: 17.07.2024.
- Ülger, İ., Kaliber, M., Beyzi, S. B., & Konca, Y. (2015). Yaş şeker pancarı posasının bazı meyve posaları ile silolanmasının silaj kalite özellikleri, enerji değerleri ve organik madde sindirilebilirlikleri üzerine etkisi. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 29(2), 19-25.

- Ünver, E., Okur, A. A., Tahtabiçen, E., Kara, B., & Şamlı, H. E. (2014). Tanenler ve hayvan besleme üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2(6), 263-267.
- Valizadeh, R., Naserian, A. A., & Vahmani, P. (2009). Influence of drying and ensiling pistachio by-products with urea and molasses on their chemical composition, tannin content and rumen degradability parameters. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8, 2363-2368.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. (1991). Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Verardo, V., Bendini, A., Cerretani, L., Malaguti, D., Cozzolino, E., & Caboni, M. F. (2009). Capillary gas chromatography analysis of lipid composition and evaluation of phenolic compounds by micellar electrokinetic chromatography in Italian walnut (*Juglans regia* L.): irrigation and fertilization influence. *Journal of Food Quality*, 32(2), 262-281.
- Vieira, V., Pereira, C., Pires, T.C., Calhella, R.C., Alves, M.J., Ferreira, O., Barros, L., Ferreira, I.C. (2019). Phenolic profile, antioxidant and antibacterial properties of *Juglans regia* L. (walnut) leaves from the Northeast of Portugal. *Industrial Crops and Products*, 134, 347-355.
- Wang, G., Han, Q., Yan, X., Feng, L., Zhang, Y., Zhang, R. (2021). Polyphenols-rich extracts from walnut green husk prevent non-alcoholic fatty liver disease, vascular endothelial dysfunction and colon tissue damage in rats induced by high-fat diet. *Journal of Functional Foods*, 87, 104853, 1-11.
- Wang, X., Chen, D., Li, Y., Zhao, S., Chen, C., Ning, D. (2019). Alleviating effects of walnut green husk extract on disorders of lipid levels and gut bacteria flora in high fat diet-induced obesity rats. *Journal of Functional Foods*, 52, 576-586.
- Weinberg Z, Ashbell G. (2003). Engineering aspects of ensiling. *Biochemical Engineering Journal*, 13(2-3), 181-188.
- Whiter, A. G., & Kung Jr, L. (2001). The effect of a dry or liquid application of *Lactobacillus plantarum* MTD1 on the fermentation of alfalfa silage. *Journal of dairy science*, 84(10), 2195-2202.
- Wianowska, D., Garbaczewska, S., Cieniecka-Roslonkiewicz, A., Dawidowicz, A.L., Jankowska, J. (2016). Comparison of antifungal activity of extracts from different *Juglans regia* cultivars and juglone. *Microbial Pathogenesis*, 100, 263-267.
- Wu, J. J., Du, R. P., Gao, M., Sui, Y. Q., Xiu, L., & Wang, X. (2014). Naturally occurring lactic acid bacteria isolated from tomato pomace silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(5), 648-657.
- Yang, J., Refat, B., Guevara-Oquendo, V. H., & Yu, P. (2022). Lactational performance, feeding behavior, ruminal fermentation and nutrient digestibility

in dairy cows fed whole-plant faba bean silage-based diet with fibrolytic enzyme. *animal*, 16(9), 100606._

- Yayla, D., & Soycan Önenç, S. (2021). The effects of waste jam mixture on silage fermentation, and in vitro digestibility of alfalfa silages. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(2), 301-307.
- Yıldız, C., Öztürk, İ., & Erkmen, Y. (2011). Farklı hasat dönemi, kıyma boyutu ve sıkıştırma basıncının mısır silajının fermantasyon niteliği üzerine etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(2), 85-90.
- Yitbarek, M. B., & Tamir, B. (2014). Silage additives. *Open Journal of Applied Sciences*, 2014.
- Yu, M., Zhu, B., Yu, J., Wang, X., Zhang, C., & Qin, Y. (2023). A biomass carbon prepared from agricultural discarded walnut green peel: investigations into its adsorption characteristics of heavy metal ions in wastewater treatment. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(14), 12833-12847.
- Yucal, Ç., & Atalay, A. İ. (2023). Gladiçya (*Gleditsia triacanthos*) Meyvesinin Mısır Silajında Katkı Maddesi Olarak Kullanımı. *Journal of Agriculture*, 6(2), 146-154.