



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

**MUZ BİTKİSİNİN BESİN DEĞERİ, *İN VİTRO*
SİNDİRİLEBİLİRLİK DEĞERLERİ SİLAJLANABİLME VE
ALTERNATİF YEM MADDESİ POTANSİYELİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Veteriner Hekim Adem TOCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

Danışman
Prof. Dr. M. Numan OĞUZ

BURDUR-2025

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

**MUZ BİTKİSİNİN BESİN DEĞERİ, *İN VİTRO*
SİNDİRİLEBİLİRLİK DEĞERLERİ SİLAJLANABİLME VE
ALTERNATİF YEM MADDESİ POTANSİYELİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Veteriner Hekim Adem TOCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI ANABİLİM DALI

Danışman
Prof. Dr. M. Numan OĞUZ

Bu araştırma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğü tarafından 1001-YL-24 proje numarasıyla desteklenmiştir.

BURDUR-2025

KABUL ve ONAY

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Adem TOCAN tarafından *Prof. Dr. M. Numan OĞUZ* yönetiminde hazırlanan “muz bitkisinin besin değeri, *in vitro* sindirilebilirlik değerleri silajlanabilme ve alternatif yem maddesi potansiyelinin araştırılması” başlıklı tez çalışması jüri üyeleri olarak tarafımızdan okunmuş; kapsamı ve niteliği açısından Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalında *Yüksek Lisans Tezi* olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Tez savunma sınavı tarihi: 25/02/2025

Başkan
Prof. Dr. Mustafa Numan OĞUZ
Burdur Mehmet Akif Ersoy
Üniversitesi

Jüri
Prof. Dr. Mehmet Ali BAL
Dokuz Eylül Üniversitesi

Jüri
Doç. Dr. Kadir Emre BUĞDAYCI
Burdur Mehmet Akif Ersoy
Üniversitesi

ONAY

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

(imza)
Prof. Dr. Ramazan ADANIR
Müdür
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez sürecim boyunca bana her konuda destek olan, bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren, mesleki ve akademik deneyimlerini benimle paylaşmaktan çekinmeyen, değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Numan OĞUZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı'nın kıymetli öğretim üyeleri Prof. Dr. Fatma KARAKAŞ OĞUZ, Doç. Dr. Kadir Emre BUĞDAYCI, Doç. Dr. Hıdır GÜMÜŞ, Doç. Dr. Eren KUTER ve Doç. Dr. Umair AHSAN'a, bilgi ve katkılarından dolayı teşekkür ederim. Tez çalışmam süresince analizlerin yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen, her aşamada yanımda olan Dr. Öğr. Üyesi Derya Merve KARAGÖZ, Doktora öğrencileri Esra ÇAĞAN, Mehmet Onur TAKKA'ya ve istatistik analizlerimde yol gösteren Dr. Öğr. Üyesi Bekir ÇETİNTAV'a minnettarlığımı ifade etmek isterim.

Bana her zaman destek olan Bremens Pet Hospital ailesine, sevgili arkadaşlarım Ali KABA, Aykut NACAK, Mert ÖZMEN ve Büşra ŞENOL'a teşekkür ederim. Son olarak, tüm eğitim hayatım boyunca yanımda olan, desteğini ve sevgisini hiçbir zaman esirgemeyen çekirdek aileme en derin şükranlarımı sunarım.

Vet. Hek. Adem TOCAN

ETİK BEYAN

“Muz Bitkisinin Besin Değeri, İn vitro Sindirilebilirlik Değerleri Silajlanabilme ve Alternatif Yem Maddesi Potansiyelinin Araştırılması” başlıklı tez çalışmamdaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. M. Numan Oğuz danışmanlığında Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Adem TOCAN

Tarih:

İmza:

(Faint watermark text: "YAYINLANMIŞ")

İÇİNDEKİLER

KABUL ve ONAY	ii
TEŞEKKÜR	iii
ETİK BEYAN	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER	viii
TABLolar	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	x
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Hayvan Beslemede Alternatif Yem Kaynaklarının Önemi	2
1.2. Muz Bitkisinin Tarımsal ve Endüstriyel Önemi	3
1.3. Muz Bitkisi Atıklarının Değerlendirilme Potansiyeli	4
1.3.1. Biyogaz Üretimi	4
1.3.2. Kompost Üretimi	4
1.3.3. Kâğıt ve Tekstil Endüstrisi	4
1.3.4. Hayvan Yemi Olarak Kullanımı	5
1.3.5. Enerji Üretimi	5
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1. Muz Bitkisinin Yapısı ve Besin Değeri	6
2.1.1. Muz Bitkisinin Morfolojik Özellikleri	6
2.1.2. Muz Bitkisinin Kimyasal Kompozisyonu	6
2.1.3. Muz Gövdesi	7
2.2. Muz Yaprakları	8
2.2.3. Muz Meyve Atıkları	9
2.3 Muz Bitkisinin Hayvan Beslemede Kullanımı	11
2.3.1 Muz Bitkisi Atıklarının Ruminant Beslemedeki Yeri	11
2.3.2 Muz Bitkisi Atıklarının Sindirilebilirlik Özellikleri	12

2.3.3 Muz Bitkisi Atıklarının Silajlanabilirliği	12
2.3.4 Muz Bitkisi Atıklarının Besin Değeri ve Enerji İçeriği	13
2.4. Kaba Yemlerin Sindirilebilirliğinin Ölçülmesinde <i>İn Vitro</i> Yöntemler	13
2.5. Daisy İnkübatör Yöntemi	15
3. GEREÇ ve YÖNTEM	17
3.1 Gereç	17
3.1.1 Hayvan Materyali	17
3.1.2 Yem Materyali	17
3.1.3 <i>İn vitro</i> Çalışmalarda Kullanılan Alet ve Ekipmanlar	18
3.2 Yöntem	18
3.2.1 Numunelerde gerçekleştirilecek olan Fiziksel analizler	19
3.3 Kimyasal Analizler	19
3.3.1 Kuru Madde	20
3.3.2 Ham Protein	20
3.3.3 Ham Yağ	22
3.3.4 Ham Selüloz	23
3.3.5 Ham Kül	24
3.3.6 Nötral Deterjan Fiber (NDF) Analizi	25
3.3.7 Asit Deterjan Fiber (ADF) Analizi	26
3.4 Numunelerin <i>İn vitro</i> Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi	28
3.4.1 Torbaların ve Örneklerin Hazırlanması	28
3.4.2 Tampon (Buffer) Çözeltilerin Hazırlanması	28
3.4.3 Rumen Sıvısının Hazırlanması	29
3.4.4 İnkübasyon Aşaması ve İnkübasyon Sonrası Uygulamalar	30
3.5. İstatistiksel Analiz	30
4. BULGULAR	32
4.1 Deneme gruplarının Fiziksel Değerlendirilmesi	32

4.2 Deneme Gruplarının Besin Madde İçerikleri	34
4.2.1 Anlamlı Fark Bulunan Parametreler	40
4.2.2 Anlamlı Fark Bulunmayan Parametreler	40
5. TARTIŞMA	41
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



ŞEKİLLER

Şekil 1.1.	Muz Bitkisi Atıkları	5
Şekil 2.1.	Muz Bitkisi Gövdesi	8
Şekil 2.2.	Muz Bitkisi Yaprakları	9
Şekil 2.3.	Muz Meyve Atıkları	10
Şekil 2.4.	Daisy İnkübatör Cihazı	16
Şekil 3.1.	Ham Protein Analizi	22
Şekil 3.2.	Ham Selüloz Analizi	25
Şekil 3.3.	Rumen Sıvısının Hazırlanması	31

TABLÖLAR

Tablo 2.1.	Muz Yapracağının Bazı Bileşenleri	9
Tablo 2.2.	Muz Bitkisi Atıklarının Besin Değeri ve Enerji İçeriği (Menya ve ark., 2024).	13
Tablo 3.1.	Muz Bitkisinin ve Arpanın Besin Madde Değerleri, KM'de %.	17
Tablo 3.2.	Deneme Düzeni	19
Tablo 3.3.	Tampon Solüsyonlarının içerikleri	30
Tablo 4.1.	DLG Tablosu	33
Tablo 4.2.	Deneme Gruplarının Kuru Madde İçeriği	35
Tablo 4.3.	Deneme Gruplarının Ham Protein İçeriği	36
Tablo 4.4.	Deneme Gruplarının Ham Yağ İçeriği	36
Tablo 4.5.	Deneme Gruplarının Ham Selüloz İçeriği	37
Tablo 4.6.	Deneme Gruplarının Ham Kül İçeriği	38
Tablo 4.7.	Deneme Gruplarının ADF İçeriği	39
Tablo 4.8.	Deneme Gruplarının NDF İçeriği	39
Tablo 4.9.	Deneme Gruplarının <i>İn Vitro</i> Değerleri	40

SİMGELER ve KISALTMALAR

<	Küçüktür
>	Büyüktür
°C	Santigrat derece
μ	Mikron
μm	Mikrometre
ADF	Asit deterjan fiber
AOAC	Resmi Tarım Kimyagerleri Derneği
ark.	Arkadaşları
C ₃ H ₆ O	Aseton
CA	Canlı ağırlık
Ca	Kalsiyum
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
CH ₃ COOH	Asetik asit
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondiyoksit
CTAB	Setil trimetil amonyum bromür
Cu	Bakır
D	Düzeltilme faktörü
DLG	Alman Tarım Birliği
Fe	Demir
g	Gram
H ₂ O	Su
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
H ₃ BO ₃	Borik asit
HK	Ham kül
HNO ₃	Nitrik asit
HP	Ham protein
HS	Ham selüloz
HY	Ham yağ
IVADFS	<i>in vitro</i> asit deterjan fiber sindirilebilirliği
IVGKMS	<i>in vitro</i> gerçek kuru madde sindirilebilirliği

IVGS	<i>in vitro</i> gerçek sindirilebilirliği
IVNDFS	<i>in vitro</i> gerçek nötral deterjan fiber sindirilebilirliği
IVGOMS	<i>in vitro</i> gerçek organik madde sindirilebilirliği
K	Potasyum
K₂SO₄	Potasyum sülfat
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
KH₂PO₄	Mono potasyum fosfat
KM	Kuru madde
KMI	Kuru madde tüketimi
L	Litre
m	Metre
m³	Metreküp
MAKÜ	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Mcal	Mega kalori
ME	Metabolik enerji
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
MgSO₄	Magnezyum sülfat
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
N	Normalite
na	Katkı maddesi ilavesi yapılmayan
Na	Sodyum
Na₂CO₃	Sodyum karbonat
Na₂S	Sodyum sülfid
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
NDF	Nötral deterjan fiber
NEL	Net enerji laktasyon
NFC	Yapısal olmayan karbonhidrat
NH₃	Amonyak

NH₃-N	Amonyak azotu
NÖM	Azotsuz öz madde
NPN	Protein yapısında olmayan azotlu maddeler
OM	Organik madde
P	Olasılık
pH	Hidrojen kuvveti
RFV	Nispi yem değeri
Se	Selenyum
SKM	Sindirilebilir kuru madde
TDN	Toplam sindirilebilir besin maddeleri
UK	Birleşik Krallık
USA	Amerika Birleşik Devletleri
Zn	Çinko

ÖZET

Muz Bitkisinin Besin Değeri, *In Vitro* Sindirilebilirlik Değerleri Silajlanabilme ve Alternatif Yem Maddesi Potansiyelinin Araştırılması

Bu çalışma, muz bitkisinin besin değeri, *in vitro* sindirilebilirlik özellikleri, silajlanabilirliği ve alternatif yem maddesi potansiyelini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Muz tarımı sırasında önemli miktarda atık materyal oluşmakta ve bu atıkların hayvancılık sektöründe değerlendirilmesi, sürdürülebilir hayvan besleme açısından büyük bir potansiyel sunmaktadır. Çalışmada, Antalya ili Alanya ilçesinde faaliyet gösteren bir muz işletmesinden temin edilen muz bitkisi atıkları kullanılmıştır. Araştırmada muz yaprağı ve yalancı gövdenin besin madde içerikleri analiz edilmiş, silajlanabilirliği ve *in vitro* sindirilebilirliği incelenmiştir. Besin madde analizleri sonucunda muz yapraklarının yüksek selüloz ve lignin içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Kaba yem yetersizliği nedeniyle alternatif yem kaynaklarına duyulan ihtiyacı karşılamak amacıyla muz atıklarının silajlanabilirliği araştırılmış ve farklı oranlarda (%5, %10, %20) arpa ezmesi ilavesinin silaj kalitesine etkisi değerlendirilmiştir. Fiziksel analizler sonucunda, arpa ezmesi ilavesinin silajın renk, koku ve strüktür gibi fiziksel özellikleri üzerinde belirgin bir değişiklik oluşturmadığı, ancak pH ve Flieg puanı açısından anlamlı iyileşmeler sağladığı tespit edilmiştir. Kimyasal analizlerde, arpa ezmesi ilavesinin silajın ADF ve NDF içeriklerini azalttığı, kuru madde ve ham protein içeriğini ise artırdığı belirlenmiştir. *In vitro* sindirilebilirlik analizleri, arpa ezmesi ilavesinin muz silajının sindirilebilirlik özelliklerini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Özellikle %10 ve %20 arpa ezmesi ilavesi, *in vitro* gerçek sindirilebilirlik (IVGS), *in vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliği (IVGKMS) ve *in vitro* gerçek organik madde sindirilebilirliği (IVGOMS) açısından en iyi sonuçları vermiştir. Sonuç olarak, muz bitkisi atıklarının hayvan beslemede alternatif bir yem kaynağı olarak kullanılabileceği, ancak besin değerinin artırılması için uygun katkı maddelerinin eklenmesinin gerekliliği ortaya konmuştur. Arpa ezmesi gibi katkılarla muz silajının kalite ve sindirilebilirlik özellikleri iyileştirilerek, hayvan besleme açısından verimli ve sürdürülebilir bir yem kaynağı oluşturulabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif yem, Hayvan besleme, Muz bitkisi, Silaj, Sindirilebilirlik.

ABSTRACT

Investigation of Nutritional Value, *In Vitro* Digestibility Values, Ensilability and Alternative Feed Potential of Banana Plant

This study was conducted to evaluate the nutritional value, *in vitro* digestibility characteristics, ensilability, and potential of banana plant waste as an alternative feed material. During banana cultivation, a significant amount of waste material is generated, and utilizing this waste in the livestock sector presents great potential for sustainable animal feeding. In this study, banana plant wastes were obtained from a banana enterprise operating in Alanya, Antalya. The nutrient composition of banana leaves and pseudostems was analysed, and their ensilability and *in vitro* digestibility were examined. Nutrient analysis results indicated that banana leaves have high cellulose and lignin content. Due to the scarcity of roughage, the ensilability of banana waste was investigated to meet the need for alternative feed sources, and the effect of different levels of barley grain addition (5%, 10%, 20%) on silage quality was evaluated. Physical analyses revealed that barley grain addition did not cause significant changes in the physical characteristics of the silage, such as color, odor, and structure; however, it significantly improved pH and Flieg scores. Chemical analyses showed that adding barley grain reduced the ADF and NDF content of the silage while increasing its dry matter and crude protein content. *In vitro* digestibility analyses demonstrated that barley grain supplementation positively affected the digestibility characteristics of banana silage. In particular, the 10% and 20% barley grain additions yielded the best results in terms of *in vitro* true digestibility (IVTD), *in vitro* dry matter digestibility (IVTDMD), and *in vitro* organic matter digestibility (IVTOMD). In conclusion, banana plant waste can be used as an alternative feed source in animal nutrition, but the addition of appropriate supplements is necessary to enhance its nutritional value. By incorporating additives such as barley grain, the quality and digestibility of banana silage can be improved, providing an efficient and sustainable feed source for animal nutrition.

Key words: Animal nutrition, Alternative feed, Banana plant, Digestibility, Silage.

1. GİRİŞ

Günümüzde toplumların refah düzeyinin artmasıyla birlikte, beslenme alışkanlıkları ve gıda taleplerinde önemli değişimler yaşanmaktadır. Bu değişim, hayvansal ürün tüketiminin artmasına ve dolayısıyla hayvan besleme sektörünün öneminin daha da vurgulanmasına yol açmaktadır. Hayvansal ürünler, insan beslenmesinde temel bir protein kaynağı olmanın yanı sıra, tekstil ve sanayi gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Bu nedenle, et ve süt ürünleri gibi hayvansal ürünlerin verimli bir şekilde üretimi, hayvan besleme sektörünün sürdürülebilirliği için kritik bir faktördür.

Ancak, hayvan besleme sektörünün karşılaştığı önemli zorluklardan biri, yem hammaddelerinin sınırlı olması ve bu hammaddelerin kullanımının çeşitli nedenlerle kısıtlanmasıdır. Özellikle son yıllarda, ekosistemlerin tahribatı, iklim değişikliği ve su kaynaklarının azalması gibi faktörler, geleneksel yem kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. Bu bağlamda, alternatif yem kaynaklarına yönelik araştırmalar ve çözüm önerileri büyük bir önem kazanmıştır. Türkiye'de, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2021 verilerine göre, 883 bin ton yerli muz meyvesi üretimi gerçekleştirilmiştir (Gülümser ve ark., 2022). Hasat edilen her bir ton muz meyvesi için yaklaşık 3 ton gövde, 150 kg kök ve 480 kg yaprak üretildiği, ayrıca 100 kg meyvenin reddedildiği bildirilmiştir (Çakmakçı ve Çeçen, 1996). Bu durumda, yaklaşık 3,5 milyon ton atık olduğu tahmin edilmektedir. Bu atık kaynağının değerlendirilmesi, hayvancılık sektörüne önemli katkılar sağlayabilir.

Türkiye gibi tarım ve hayvancılığın önemli bir bileşenini oluşturan ülkelerde, hayvan besleme sektörünün sürdürülebilirliği ve verimliliği, ulusal gıda güvenliği ve ekonomik kalkınma açısından kritik bir konudur. Bu noktada, sera ve örtü altı muz yetiştiriciliği gibi alternatif tarım yöntemleriyle elde edilen atıkların, hayvan besleme sektöründe yem kaynağı olarak kullanılması hem çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayabilir hem de yem kaynaklarının çeşitliliğini artırarak sektörün karşılaştığı zorlukları aşmada yardımcı olabilir.

Bu tez çalışması, sera ve örtü altı muz atıklarının hayvan besleme sektöründe kullanım potansiyelini ve bu alternatif yem kaynağının hayvan beslemede kullanılma potansiyelini araştırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma hem hayvancılık hem de tarım sektörlerinin sürdürülebilirliği açısından önemli bir adım olabilirken, aynı zamanda gelecekteki araştırmalara ve politika oluşturmaya da katkı sağlayacaktır. Türkiye'de tarım ve hayvancılık, ekonominin temel sektörlerinden biridir. Hayvancılık, et ve süt gibi hayvansal ürünlerin üretimi yoluyla hem insan beslenmesine katkı sağlar hem de çiftçilerden satın alınan yem maddeleri ve üretilen gübre ile tarım sektörüne destek olur. Hayvan besleme sektörünün karşılaştığı temel zorluklardan biri, yem kaynaklarının yeterli ve sürdürülebilir olmamasıdır.

1.1. Hayvan Beslemede Alternatif Yem Kaynaklarının Önemi

Kaba yemler, hayvanların temel beslenme ihtiyaçlarını karşılayan ve enerji sağlayan önemli yem kaynakları arasında yer almaktadır. Bu yemler, çoğunlukla insanın tüketmediği bitki kısımlarından elde edilmekte olup, hayvanların sindirim sisteminin sağlıklı bir şekilde çalışmasına katkı sağlamaktadır. Ancak, Türkiye'de artan hayvan popülasyonu ve tarım alanlarının azalması gibi faktörler, kaba yem üretiminde önemli zorluklar oluşturmuştur. Bu durum, hayvan besleme sektöründe olumsuz etkiler yaratarak, hayvanların sağlığı, büyüme performansı ve verimliliği üzerinde olumsuz sonuçlara yol açmaktadır.

Kaba yem yetersizliği, hayvanların beslenme gereksinimlerini karşılamalarını zorlaştırmakta ve zayıf büyüme, düşük üreme performansı ile hastalıklara yatkınlık gibi sorunları beraberinde getirebilmektedir. Aynı zamanda, kaba yem eksikliği hayvancılık faaliyetlerinin üretkenliğini azaltmakta, bu da üretim maliyetlerinin artmasına ve sektörün rekabet gücünün zayıflamasına neden olmaktadır. Ek olarak, kaba yem kaynaklarının yetersizliği, doğal kaynakların aşırı kullanımına ve çevresel dengelerin bozulmasına sebebiyet verebilmektedir.

Türkiye'deki kaba yem eksikliği sorunu, hayvan besleme sektörünün sürdürülebilirliği açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu sorunun çözümü yalnızca hayvan sağlığı ve verimliliği açısından değil, aynı zamanda gıda güvenliği,

çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik kalkınma için de kritik bir öneme sahiptir. Dolayısıyla, bu bağlamda yapılacak araştırmalar ve geliştirilecek politikalar, sektörel gelişimin sürdürülebilirliğini sağlamak için vazgeçilmezdir (Acar ve ark., 2020). Benzer şekilde, kaba yem kaynaklarının kullanımında yaşanan zorluklar, özellikle ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileriyle dikkat çekmektedir. İnsan tüketimine uygun olmayan bitki kısımlarından oluşan kaba yemler, hayvanların beslenmesinde kritik bir rol oynar. Ancak, tarım alanlarının azalması ve artan nüfus baskısı gibi sorunlar, bu kaynakların temininde çeşitli problemlere neden olmaktadır (Açıkgöz ve ark., 2005). Kaba yem yetersizliği hem ekonomik verimlilik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi gereken bir meseledir. Hayvancılık sektöründe bu yetersizlikle başa çıkabilmek için alternatif yem kaynaklarının araştırılması ve uygulanması gerekmektedir. Bu tür çalışmaların, hayvancılık sektörünün sürdürülebilir bir şekilde gelişmesine ve çevresel dengeyi korumaya katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Özkan, 2020). Alternatif yem kaynaklarına yönelik yapılacak araştırmalar ve geliştirilecek politikalar, hayvancılık sektörünün geleceği açısından önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmalar, yalnızca hayvan sağlığı ve verimliliğini değil, aynı zamanda gıda güvenliğini, çevreyi ve ekonomik kalkınmayı da destekleyecektir (İpçak ve ark., 2018).

1.2. Muz Bitkisinin Tarımsal ve Endüstriyel Önemi

Muz bitkisi (*Musa sp.*), dünya genelinde tarımsal ve endüstriyel açıdan büyük bir öneme sahiptir. Muz, pirinç, buğday ve mısırdan sonra en önemli dördüncü gıda ürünü olarak kabul edilir ve dünya çapında geniş bir tüketici kitlesine sahiptir (Ashokkumar ve ark., 2018). Muz meyvesi, yüksek besin değeriyle öne çıkar; özellikle karbonhidrat, vitamin ve mineral içeriği bakımından zengindir. Bu özellikleri sayesinde, muz, birçok toplumda temel gıda maddesi olarak tüketilir (Ashokkumar ve ark., 2018). Muz bitkisinin tarımsal üretimi sırasında, meyve dışında kalan kısımlar özellikle gövde, yaprak ve kabuk önemli miktarda atık oluşturur. Bu atıkların değerlendirilmesi hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik kazanç açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Örneğin, muz gövdesi, yüksek lif içeriği nedeniyle tekstil ve kâğıt endüstrilerinde hammadde olarak kullanılabilir (Pillai ve ark., 2024). Ayrıca, muz kabuğu, fenolik bileşikler ve antioksidanlar açısından zengin olup, gıda

endüstrisinde doğal katkı maddesi olarak değerlendirilebilir (Zaini ve ark., 2022). Muz bitkisinin farklı kısımlarının biyokimyasal profili, çeşitli endüstriyel uygulamalar için fırsatlar sunmaktadır. Örneğin, muz gövdesinde bulunan metabolitler, gıda ve ilaç endüstrilerinde kullanılabilecek potansiyele sahiptir (Deng ve ark., 2020). Ayrıca, muz kabuğundan elde edilen ekstraktlar, antioksidan özellikleri nedeniyle et ürünlerinde doğal koruyucu olarak kullanılabilir (Zaini ve ark., 2022).

1.3. Muz Bitkisi Atıklarının Değerlendirilme Potansiyeli

Muz bitkisi (*Musa sp.*) atıkları, tarımsal üretim süreçlerinde önemli miktarda ortaya çıkan ve genellikle yeterince değerlendirilmeyen biyokütle kaynaklarıdır. Bu atıkların etkin kullanımı hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik kazanç açısından büyük potansiyele sahiptir.

1.3.1. Biyogaz Üretimi

Muz bitkisi atıkları, yüksek organik madde içerikleri sayesinde biyogaz üretiminde kullanılabilir. Özellikle muz serası atıkları ve sığır gübresi karışımlarının mezofilik fermantasyon koşullarında biyogaz üretim potansiyeli araştırılmıştır. Yapılan bir çalışmada, sığır gübresine %30 oranında muz serası atığı eklenerek, organik kuru madde başına günlük 0,149 L metan üretimi elde edilmiştir. Bu sonuç, muz atıklarının biyogaz üretiminde değerlendirilebileceğini göstermektedir (Sözer ve Yıldız, 2011).

1.3.2. Kompost Üretimi

Muz bitkisi atıkları, kompost üretiminde de kullanılabilir. Sera bitki atıkları, kullanılmış kokopit ve atık mantar kompostu gibi materyallerle karıştırılarak kompostlanmış ve elde edilen kompostların toprakların besin içerikleri üzerine olumlu etkileri gözlemlenmiştir. Bu tür uygulamalar, tarımsal atıkların sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Sönmez ve ark., 2016).

1.3.3. Kâğıt ve Tekstil Endüstrisi

Muz bitkisi atıkları, selüloz ve lignin açısından zengin olup, kâğıt ve tekstil endüstrilerinde lif kaynağı olarak değerlendirilebilir. Bu bitki kısımlarından elde edilen lifler, biyobozunur ve çevre dostu özellikleriyle sürdürülebilir malzeme

retiminde kullanılabilir. Özellikle kâğıt üretiminde odun dışı yıllık bitkilerden ve tarımsal ürün atıklarından yararlanılması, hammadde ihtiyaını karşılamada alternatif bir çözüm sunmaktadır (Ondaral ve Kalyoncu, 2022).

1.3.4. Hayvan Yemi Olarak Kullanımı

Muz bitkisi atıkları, hayvan yemi olarak da değerlendirilebilir. Örneğin, muz yaprakları ruminant rasyonlarında sindirilebilirlik oranı yaklaşık %65 olarak bulunmuş ve özellikle süt ineklerine günlük %15 oranında verilebileceği bildirilmiştir. Ayrıca, ruminantlar, hayatlarının erken dönemlerinden itibaren muz yapraklarından toplam ihtiyaçlarının %60-80'ini karşılayabilirler. (akır ve Odabaşıoğlu, 2023).

1.3.5. Enerji retimi

Muz bitkisi atıklarının enerji üretiminde kullanımı da mümkündür. Özellikle biyogaz üretimi gibi enerji elde etme yöntemleri araştırılmaktadır. Bu tür uygulamalar hem atık yönetimi hem de yenilenebilir enerji üretimi açısından önem taşımaktadır (Szer ve Yaldız, 2011).



şekil 1.1. Muz Bitkisi Atıkları

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Muz Bitkisinin Yapısı ve Besin Değeri

2.1.1. Muz Bitkisinin Morfolojik Özellikleri

Muz bitkisi (*Musa sp.*), tropik ve subtropik bölgelerde yetişen, tarımsal ve endüstriyel açıdan önemli bir bitkidir. Bitki, genellikle 3-9 metre arasında değişen boylara sahip olup, yalancı gövde olarak adlandırılan bir yapıya sahiptir. Bu yalancı gövde, birbirine sıkıca sarılmış yaprak kınlarından oluşur ve bitkinin yapısal desteğini sağlar (Polat, 2019).

Muz bitkisinin yaprakları geniş, uzun ve dikdörtgenimsi bir formdadır; genellikle rüzgâr gibi çevresel faktörlere bağlı olarak yırtılmalar gözlenir. Bitki, toprak altı rizomları ve kök sistemi aracılığıyla su ve besin maddelerini etkin bir şekilde alır (Yılmaz ve ark., 2019).

2.1.2. Muz Bitkisinin Kimyasal Kompozisyonu

Muz bitkisi (*Musa sp.*), hem meyvesi hem de diğer kısımlarıyla zengin bir kimyasal kompozisyona sahiptir. Meyvesi, yüksek karbonhidrat içeriğiyle enerji sağlar ve diyet lifi, vitaminler (özellikle B6 ve C vitaminleri) ile mineraller (potasyum, magnezyum) açısından zengindir. Örneğin, 100 gram muz yaklaşık 358 mg potasyum içerir ve bu da kalp sağlığı ile kas fonksiyonları için önemlidir (Gurumayun ve ark., 2023). Muz bitkisinin diğer kısımları da değerli bileşenler içerir. Yapraklar ve gövde, yüksek selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriğiyle dikkat çeker. Bu lignoselülozik bileşenler, biyobozunur ve çevre dostu özellikleriyle kâğıt ve tekstil endüstrilerinde lif kaynağı olarak kullanılabilir (Vinay ve ark., 2024). Muz kabukları, yüksek lif içeriği ve antioksidan özellikleri nedeniyle gıda endüstrisinde fonksiyonel bileşenler olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, muz kabuklarından elde edilen pektin, gıda ürünlerinde jel oluşturucu ve stabilizatör olarak kullanılabilir (Gurumayun ve ark., 2023). Muz bitkisinin çiçekleri de besleyici bileşenler içerir. Potasyum, demir, çinko, fosfor ve C, B2, B6, B5, E ve A vitaminleri açısından zengin olan muz çiçekleri, sağlık açısından

faydalı biyolojik aktif bileşikler içerir. Bu bileşikler arasında kuersetin, lektin, alkaloidler, dopamin, flavonoidler ve tanenler bulunur (Gurumayun ve ark., 2023).

2.1.3. Muz Gövdesi

Bitkinin yapısı, yalancı gövde (*pseudostem*), yapraklar, çiçekler ve meyvelerden oluşur. Yalancı gövde, birbirine sıkıca sarılmış yaprak kınlarından oluşur ve bitkinin dik durmasını sağlar. Yapraklar geniş ve uzundur; uzunlukları 2,7 metreye, genişlikleri ise 60 cm'ye kadar ulaşabilir. Çiçekler, bitkinin tepesinden çıkan büyük bir salkım şeklinde düzenlenir ve hem dişi hem de erkek çiçekleri içerir. Meyveler, bu çiçeklerin olgunlaşmasıyla oluşur ve genellikle salkımlar halinde bulunur.

Muz meyvesi, besin değeri açısından zengin bir gıdadır. 100 gram muz, yaklaşık 89 kilokalori enerji sağlar ve bu enerjinin büyük bir kısmı karbonhidratlardan gelir. Muz, yaklaşık %74 su, %23 karbonhidrat, %1 protein ve %0,5 yağ içerir. Ayrıca, muz iyi bir B6 vitamini, potasyum, magnezyum, C vitamini ve manganez kaynağıdır. Örneğin, 100 gram muzda yaklaşık 358 mg potasyum bulunur; bu mineral, kalp sağlığı ve kas fonksiyonları için önemlidir. Muzun lif içeriği sindirim sağlığını destekler ve tokluk hissi sağlar. Ayrıca, muzun içerdiği antioksidan bileşenler, vücudu serbest radikallerin zararlı etkilerinden korur ve bağışıklık sistemini destekler.

Muz bitkisinin diğer kısımları da değerli bileşenler içerir. Yalancı gövde ve yapraklar, yüksek selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriğiyle dikkat çeker. Bu lignoselülozik bileşenler, biyobozunur ve çevre dostu özellikleriyle kâğıt ve tekstil endüstrilerinde lif kaynağı olarak kullanılabilir. Örneğin, muz yalancı gövdesinin kimyasal bileşenleri arasında %77,5 holoselüloz, %51,0 α -selüloz ve %12,7 lignin bulunmaktadır (Kalyoncu ve Ondaral, 2021).

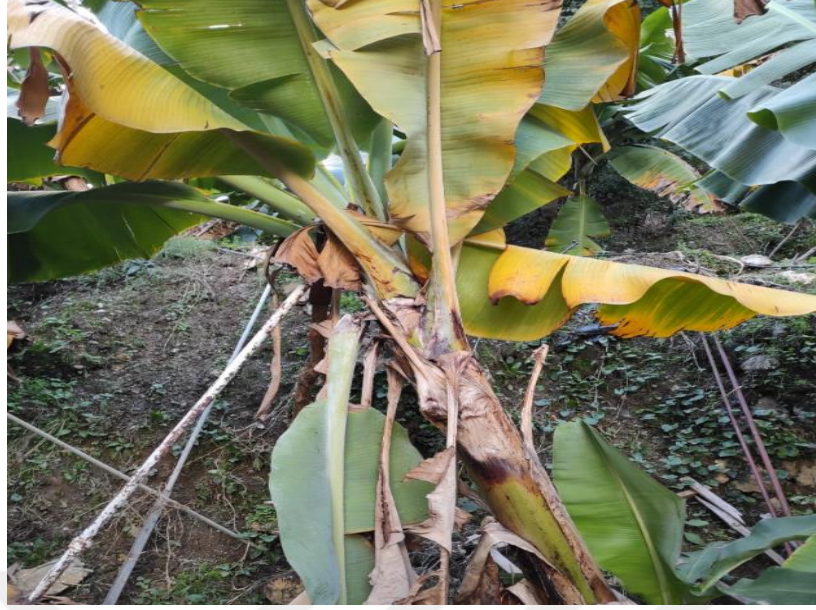


Şekil 2.1. Muz Bitkisi Gövdesi

2.2.2. Muz Yaprakları

Yapraklar, yüksek selüloz ve lignin içeriğiyle dikkat çeker; bu özellikleri sayesinde kâğıt ve tekstil endüstrilerinde lif kaynağı olarak değerlendirilebilirler. Örneğin, muz yalancı gövde atıkları, yüksek selüloz oranı ile yüksek mekanik özelliklere sahip kâğıt ve karton üretimi için hammadde olarak önem arz etmektedir (Ondaral ve Kalyoncu, 2022).

Ayrıca, muz yaprakları, biyobozunur ve çevre dostu özellikleriyle sürdürülebilir malzeme üretiminde kullanılabilir. Bu bitki kısımlarından elde edilen lifler, biyobozunur ve çevre dostu özellikleriyle sürdürülebilir malzeme üretiminde değerlendirilebilir (Ondaral ve Kalyoncu, 2022). Muz yapraklarının kimyasal bileşimi, onları çeşitli endüstriyel uygulamalar için uygun kılmaktadır. Yüksek selüloz ve lignin içeriği, kâğıt ve tekstil endüstrilerinde lif kaynağı olarak kullanılmalarını mümkün kılarken, biyobozunur özellikleri de çevre dostu malzeme üretiminde değerlendirilmelerini sağlamaktadır.



Şekil 2.2. Muz Bitkisi Yaprakları

Tablo 2.1. Muz Yaprığının Bazı Bileşenleri (Ulutaş ve Taşdemir, 2024).

Bileşen	Oran (%)
Selüloz	60-65
Hemiselüloz	6-19
Lignin	5-10
Nem	10-15
Silika	15-20

2.2.3. Muz Meyve Atıkları

2.2.3.1. Muz Kabukları

Muz kabukları, yüksek oranda karbonhidrat, lif, protein, vitamin ve mineral içerir. Özellikle potasyum, magnezyum ve kalsiyum açısından zengindir. Ayrıca, fenolik bileşikler ve antioksidanlar içerirler, bu da onları gıda takviyeleri ve fonksiyonel gıda ürünleri için potansiyel bir kaynak haline getirir. Muz kabuklarından elde edilen pektin, gıda endüstrisinde jel oluşturucu ve stabilizatör olarak kullanılabilir (Çakır ve Odabaşoğlu, 2023).

2.2.3.2. Muz Posası

Muz posası, meyve suyu üretimi sırasında ortaya çıkan bir yan üründür. Yüksek lif içeriği ve prebiyotik özellikleri nedeniyle gıda endüstrisinde değerlendirilebilir. Ayrıca, hayvan yemi olarak kullanımı da mümkündür. Muz posası, biyoetanol üretimi için de potansiyel bir hammaddedir (Akgün ve ark., 2019).

2.2.3.3. Muz Çekirdekleri

Muz çekirdekleri, yağ ve protein açısından zengindir. Elde edilen yağ, kozmetik ve gıda endüstrisinde kullanılabilir. Ayrıca, çekirdeklerden elde edilen proteinler, gıda takviyesi olarak değerlendirilebilir (Akgün ve ark., 2019).



Şekil 2.3. Muz Meyve Atıkları

2.3 Muz Bitkisinin Hayvan Beslemede Kullanımı

2.3.1 Muz Bitkisi Atıklarının Ruminant Beslemedeki Yeri

Gourdine ve ark. (2011), koçlar üzerinde gerçekleştirdiği bir çalışmada, taze yeşil muz meyvesi ve muz silajının kuru madde içerikleri sırasıyla %66,4 ve %68,2 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, muz kabuğunun ruminant rasyonlarında %7,5 oranına kadar kullanılabileceği öne sürülmektedir. Muz kabuklarına bitkisel yağ ilavesinin in vitro sindirilebilirliği artırdığı, rumen protozoa popülasyonunu ve metan gazı üretimini azalttığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, yemin içerdiği kondanse tanenlerin protozoa popülasyonunun azalmasında etkili olabileceğini düşünmektedirler (Kang ve ark., 2016).

El-Ghani'nin (1999), çalışmasında, muz yapraklarının ruminant rasyonlarında sindirilebilirlik oranı yaklaşık %65 olarak bulunmuş ve özellikle süt ineklerine günlük %15 oranında verilebileceği bildirilmiştir. Geoffroy (1985), ruminantların hayatlarının erken dönemlerinden itibaren muz yapraklarından toplam ihtiyaçlarının %60-80'ini karşılayabileceğini belirtmiştir. Mohapatra (2010), muz yapraklarının proteince zengin diğer yemlerle birlikte kullanılması durumunda ruminantların besin maddeleri ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabileceğini ifade etmiştir. Ancak, Marie-Magdeleine ve ark. (2010), kuzulara sınırlı düzeyde muz verilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Freitas ve ark. (2017), çalışmasında, ruminantlara yem olarak %75 ve %100 oranlarında muz yaprağı samanı verildiğinde toplam protozoa sayısının önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir.

Le Dividich ve ark. (1975), araştırmasında, muz ile beslenen hayvanlarda süt üretimi ve ağırlık artışının diğer gruplardan önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Chenost ve ark. (1971), büyüyen keçiler üzerinde yaptığı bir çalışmada, rasyona üre eklenerek (protein olmayan azot, toplam diyet azotunun yaklaşık %30'unu oluşturabilir), geleneksel konsantre yemlerin yarısının muz ile değiştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Poncet (1973), muzun hem süt üretimi hem de et amaçlı keçiler için arpa yerine iyi bir alternatif olabileceğini belirtmiştir. Muz nişastasının, arpa nişastasına göre daha

hızlı bir şekilde bağırsaklardan geçtiği, işkembedeki fermentasyonun daha az yoğun ve daha düzenli olduğu ve muz rasyonlarında arpa rasyonlarına göre daha az uçucu yağ asidi salınımı meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, ürenin hem muz bazlı hem de arpa bazlı diyetlerde etkin kullanımı ile tutarlıdır.

2.3.2 Muz Bitkisi Atıklarının Sindirilebilirlik Özellikleri

Muz bitkisi atıkları, özellikle yalancı gövde ve yapraklar, yüksek selüloz ve lignin içerikleri nedeniyle sindirilebilirlik açısından sınırlamalara sahiptir. Yapılan araştırmalar, muz yalancı gövdesinin kuru madde bazında yaklaşık %60-65 oranında selüloz ve %10-15 oranında lignin içerdiğini göstermektedir. Bu yüksek selüloz ve lignin içeriği, ruminant hayvanların sindirim sistemlerinde liflerin parçalanmasını zorlaştırarak sindirilebilirliği azaltmaktadır.

Muz yaprakları da benzer şekilde yüksek lif içeriğine sahiptir. Yapılan bir çalışmada, muz yapraklarının kuru madde bazında yaklaşık %30-40 oranında selüloz ve %5-10 oranında lignin içerdiği bildirilmiştir (Kalyoncu ve Ondaral, 2021). Bu yüksek lignin içeriği, sindirilebilirliği olumsuz etkileyerek hayvanların besin maddelerinden yararlanma oranını düşürmektedir. Ancak, muz bitkisi atıklarının sindirilebilirliğini artırmak için çeşitli ön işleme yöntemleri uygulanabilir. Örneğin, kimyasal ön işlemler, lignin yapısını bozarak selülozun daha erişilebilir hale gelmesini sağlayabilir. Bir çalışmada, muz yalancı gövde atıklarına NH₄OH-KOH yöntemi uygulanarak elde edilen kâğıt hamurunun kopma indisi, yırtılma indisi ve patlama indisi değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Ondaral ve Kalyoncu, 2022). Bu tür kimyasal işlemler, muz bitkisi atıklarının sindirilebilirliğini artırarak hayvan beslemede kullanım potansiyelini yükseltebilir.

2.3.3 Muz Bitkisi Atıklarının Silajlanabilirliği

Muz bitkisi atıkları, özellikle yapraklar ve yalancı gövde, yüksek su ve lif içerikleri nedeniyle silaj üretiminde potansiyel bir hammadde olarak değerlendirilmektedir. Ancak, bu materyallerin silajlanabilirliği, bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Muz bitkisi atıkları, yüksek nem içeriği (%80-90) ve düşük kuru madde oranıyla karakterizedir. Bu durum, silajlama sürecinde istenmeyen

fermantasyon ürünlerinin oluşumuna yol açabilir. Ayrıca, yüksek lif ve lignin içerikleri, silajın sindirilebilirliğini olumsuz etkileyebilir. Örneğin, muz yapraklarının kuru madde bazında yaklaşık %30-40 selüloz ve %5-10 lignin içerdiği bildirilmiştir. Muz atıklarının silajlanabilirliğini artırmak için çeşitli yöntemler ve katkı maddeleri kullanılmaktadır. Kuru madde oranını artırmak amacıyla, muz atıkları mısır veya sorgum gibi kuru materyallerle karıştırılabilir. Ayrıca, melas veya tahıl taneleri eklenerek fermentasyon süreci iyileştirilebilir. Bir çalışmada, muz yapraklarının mısırla karıştırılarak silajlanmasının, silaj kalitesini ve hayvanların besin maddelerinden yararlanma oranını artırdığı gösterilmiştir. Laktik asit bakterileri gibi mikrobiyal inokulantların kullanımı, muz atıklarının silajlanmasında fermentasyon sürecini iyileştirebilir. Bu bakteriler, pH düşüşünü hızlandırarak istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engeller ve silajın stabilitesini artırır. Bir araştırmada, *Lactobacillus plantarum* inokulantının muz yaprağı silajında laktik asit üretimini artırdığı ve pH seviyesini düşürdüğü bildirilmiştir (Rigueira ve ark., 2021).

2.3.4 Muz Bitkisi Atıklarının Besin Değeri ve Enerji İçeriği

Tablo 1.2. Muz Bitkisi Atıklarının Besin Değeri ve Enerji İçeriği (Menya ve ark., 2024).

Besin Bileşeni	Yapraklar (% Kuru Madde)	Yalancı Gövde (% Kuru Madde)
Ham Protein	10,0	3,0
Ham Selüloz	31,0	24,0
Ham Lignin	7,0	4,0
Kuru Madde	20,0	10,0
Metabolik Enerji (ME)	7,5 MJ/kg KM	6,0 MJ/kg KM

2.4. Kaba Yemlerin Sindirilebilirliğinin Ölçülmesinde *İn Vitro* Yöntemler

Yemlerin sindirilebilirliğinin doğru tahmini, etkili diyet formülasyonu ve hayvan performansının optimize edilmesi için kritik öneme sahiptir. *İn vivo* çalışmalar, zaman alıcı, maliyetli ve büyük miktarda yem kullanımını gerektiren süreçlerdir. Ayrıca, hayvanların doğal otlama davranışlarını ve yem seçimlerini doğru bir şekilde

belirlemek zordur. Bu nedenle, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen *in vitro* yöntemler, daha hızlı, ekonomik ve kontrollü sonuçlar sunarak tercih edilmektedir (Canbolat ve ark., 2013).

In vitro yöntemler, genellikle yemlerin sindirilebilirliğini veya fermantasyon kalıntılarını ölçmeye dayanır. Bu yöntemler arasında Daisy inkübatör, Goering ve Van Soest (1970), yöntemi, enzim yöntemi ve gaz üretim yöntemi bulunmaktadır (Kurt ve ark., 2022).

In vitro sindirim denemelerinin ilk uygulaması, Tilley ve Terry (1963), tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem iki aşamadan oluşur: İlk aşamada, yem örneği rumen sıvısı ve tampon çözeltilerle karanlık ve anaerobik koşullarda 39°C'de 48 saat inkübe edilir; bu süreçte ham selüloz sindirilir. İkinci aşamada ise, asit-pepsin ile 48 saat (pH=2) muamele edilerek çözünmeyen proteinler yıkımlanır. Yöntemin dezavantajları arasında uzun süresi ve zahmetli olması sayılabilir. Goering ve Van Soest (1970), asit-pepsin aşamasını nötr deterjan sindirim aşaması ile değiştirerek bu yöntemi modifiye etmişlerdir (Güney ve Aydın, 2024).

Rumen sıvısının değişkenliği ile ilgili sorunları aşmak için Czerkawski ve Breckenridge (1977), sürekli kültür sistemi olan 'Rumen Simulation Technique (Rusitec)'i geliştirmişlerdir. Bu sistem, rumen fermantasyonunun laboratuvar ortamında simüle edilmesine olanak tanır (Karaman, 2008).

Yemlerin besleme değerinin hızlı, kolay ve ekonomik bir şekilde belirlenmesi amacıyla *in vitro* gaz üretim tekniği geliştirilmiştir. Bu teknik, fermantasyon sırasında oluşan gazların (örneğin, metan ve karbondioksit) ölçülmesine dayanır ve yemlerin enerji içeriğinin tahmin edilmesinde kullanılır (Gürsoy ve ark., 2022).

Menke ve Steingass (1988), yemlerin enerji içeriğini tahmin etmek için gaz hacmi ve yem bileşimi verilerinin kullanılmasını önermiştir. Son yıllarda, Ankom RF Gaz Üretim Sistemi gibi otomatik yöntemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerde, numuneler belirli bir süre boyunca inkübe edilir ve sensörler aracılığıyla gaz basıncı ölçülerek sindirim kinetiği ve toplam sindirilebilirlik sonuçları elde edilir (Fulgueira ve ark., 2007). *In vitro* gaz üretim miktarı; yemin türü, hasat zamanı, yetiştirme

mevsimi, uygulanan işlemler, hayvanın türü ve rumen sıvısının elde edildiği hayvanlara verilen rasyon gibi faktörlerden etkilenir (Gül, 2019).

Numune işleme ve manuel filtrasyon adımlarındaki analitik hataları azaltmak ve geleneksel *in vitro* yöntemleri otomatikleştirmek amacıyla Ankom Daisy II inkübatörü geliştirilmiştir. Cismileanu ve Toma (2017), *in vitro* sindirilebilirlik yöntemlerinden olan Tilley-Terry yönteminin yeni versiyonu olan Daisy Inkübatör yöntemi arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir (Fulgueira ve ark., 2007).

Enzim yönteminde ise, yemler selüloz, hemiselüloz ve amilaz enzimleri ile inkübasyona tabi tutulduktan sonra pepsin çözeltisinde tekrar inkübe edilerek yemin sindirilebilirliği belirlenir

Enzim testinde kullanılan selüloz enzimi genellikle *Trichoderma viride*, *Trichoderma reesei* veya *Aspergillus niger*'den elde edilir. *In vitro* yöntemlerden enzim tekniği ile yapılan bir çalışmada, arpa ve mısırın organik madde sindirilme oranları sırasıyla %88,50 ve %92,20 olarak tespit edilmiştir.

Yemlerin *in vivo* sindirilebilirliği, maliyetli ve zaman alıcı olabilir. *In vitro* değerlendirmeler, besinlerin sindirilebilirliğini hızlı ve daha ekonomik bir şekilde değerlendirmeye olanak tanır ve daha fazla verinin zamanında analiz edilmesini sağlar (Gül, 2019).

2.5. Daisy İnkübatör Yöntemi

Daisy İnkübatör Yöntemi, yemlerin sindirilebilirliğini belirlemede kullanılan laboratuvar temelli bir tekniktir. Bu yöntem, *in vivo* sindirilebilirlik çalışmalarının yüksek maliyetli, zaman alıcı ve etik kısıtlamalara tabi olması nedeniyle alternatif bir çözüm olarak geliştirilmiştir. Daisy İnkübatör, yem örneklerinin rumen sıvısı veya enzimlerle inkübasyonunu sağlayarak sindirilebilirlik tahminleri yapar. Bu yöntem, iş gücü verimliliğini artırır ve numunelerin filtrelenmesi gibi manuel adımları ortadan kaldırarak ölçüm sürecini kolaylaştırır (Kılıç ve Abdiwali, 2016). Daisy İnkübatör, yemlerin *in vitro* kuru madde sindirilebilirliğini (IVKMS) belirlemek için geliştirilmiştir. Bu yöntem, geleneksel Tilley ve Terry (1963), yöntemine alternatif olarak tasarlanmış olup, iş gücü verimliliğini ve hassasiyeti artırdığı gösterilmiştir.

ANKOM *in vitro* gerçek sindirilebilirlik prosedüründe, rumen sıvısı sindirimi, nötr deterjan lifi (NDF) sindirimi ile takip edilir (Uzatici ve Canbolat, 2019). Daisy İnkübatör yöntemi, yem örneklerinin polyester keselere yerleştirilerek yalıtımlı bir bölmede döndürülen cam kavanozlarda inkübe edilmesini içerir. Bu yöntem, kavanozda birden fazla örneğin toplu inkübasyonuna izin vererek iş gücünü azaltır. İnkübasyon sırasında sıcaklık, $39 \pm 0,5$ °C'de sabit tutulur ve inkübasyon süreleri ayarlanabilir. Numuneler, belirli bir inkübasyon periyodundan önce ve sonra tartılır; kaybolan materyal sindirilebilir kuru madde olarak kabul edilir (Kılıç ve Abdiwali, 2016). Daisy İnkübatör yöntemi, geleneksel *in vitro* tekniklere göre zaman, verimlilik ve iş gücü açısından avantajlar sunar. Ancak, bazı çalışmalarda bu yöntemin farklı inkübasyon sürelerinde daha yüksek sindirilebilirlik değerleri verdiği bildirilmiştir. Bu nedenle, yöntemin sonuçları dikkatle değerlendirilmelidir (Uzatici ve Canbolat, 2019).



Şekil 2.4. Daisy İnkübatör Cihazı, Kese, Kavanoz ve Heat Sealer (Ankom Technology Corporation Fairport, New York, NY, USA).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1 Gereç

3.1.1 Hayvan Materyali

Rumen sıvısı alınan hayvanların, yaklaşık olarak 550 kg canlı ağırlıkta olup günlük olarak 7 kg besi yemi (%16 HP, 2600 kcal/ kg ME), 4 kg mısır silajı, 1 kg yonca, ad libitum buğday samanı (2-3 kg) içeren rasyon ile beslendiği bilgisi alınmıştır.

3.1.2 Yem Materyali

Muz bitkisi materyali, 14 Ocak 2024 tarihinde Antalya ili Alanya ilçesinde faaliyet gösteren doğal yetiştirilen bir muz işletmesinin atıklarının bulunduğu alandan temin edilmiştir. Numuneler, geneli temsil edebilmesi için bahçenin farklı bölgelerinden 4 farklı muz bitkisinden örnekleme yapılmıştır. MAKÜ Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Laboratuvarına bir gün sonrasında ulaştırılmıştır. Çalışmada kullanılacak olan muz bitkisi ve parçaları, araştırmanın amaçlarına uygun olarak seçilmiştir. Temin edilen materyaller, analizler öncesinde parçalanmış ve ardından homojenizasyon sağlanması amacıyla leğenlerde karıştırılmıştır. Oranlar doğrultusunda leğenlerdeki muz ve arpa karışımı 250 gram'lık silaj poşetlerine konulmuş ve vakumlanmıştır. Muz bitkisinin besin değeri, *in vitro* sindirilebilirlik değerleri, silajlanabilme özellikleri ve alternatif yem maddesi potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik olarak kimyasal analizler iki tekrar halinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.1. Muz Bitkisinin ve Arpanın Besin Madde Değerleri, KM'de %.

	Yaprak ve Gövde	Arpa
Kuru Madde	11,58	91,45
Ham Kül	11,84	2,77
Ham Yağ	1,21	9,11
Ham Selüloz	30,90	2,95
Ham Protein	7,40	9,71
ADF	38,88	5,15

3.1.3 *İn vitro* Çalışmalarda Kullanılan Alet ve Ekipmanlar

İn vitro gerçek sindirilebilirlik analizlerinin gerçekleştirilmesinde ANKOM DaisyII İnkübatör cihazı, torbalar (kese), torba kapatmak için kullanılan mühürleyici (bag sealer), farklı hacimlerde mezürler (500 ml ve 1000 ml kapasiteli), çelik termos, tülbent ve ANKOM Selüloz Analiz Cihazı (A220) kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan buffer solüsyonları (Buffer Solüsyonu A ve Buffer Solüsyonu B), ANKOM Daisy *in vitro* fermentasyon sistemi için protokollere uygun olarak hazırlanmıştır ve detayları ilgili tablolarda yer almaktadır.

3.2 Yöntem

Bu araştırmada, muz bitkisinin besin değerlerini ve silaj yapılabilirlik potansiyelini belirlemek için bütün haldeki bitki dalının (toprak üstü gövdesi) yaprak, filiz ve gövde kısımları beraberce parçalayıcıda parçalanıp karıştırılarak deneme materyali olarak kullanılmıştır. Besin değerlerinin belirlenmesi amacıyla kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), AOAC (2019) içerikleri analiz edilmiştir. Ham selüloz (HS) analizinde ise Crampton ve Maynard'ın (1938) metodu uygulanmıştır. NDF ve ADF analizlerinde Goering ve Van Soest (1970) tarafından geliştirilen metodlar kullanılmıştır. *İn vitro* sindirilebilirlik ve *in vitro* ham organik madde parçalanabilirliği analizleri, temin edilen materyaller üzerinde herhangi bir ön işleme tabi tutulmadan gerçekleştirilmiştir.

Muz bitkisinin silaj yapılabilirliğini değerlendirmek için kıyılmış muz bitkisi dört grup halinde hazırlanmıştır. Gruplar; muameleye tabi tutulmayan kontrol grubu, %5 arpa ezmesi ilave edilen 1. deneme grubu, %10 arpa ezmesi ilave edilen 2. deneme grubu ve %20 arpa ezmesi ilave edilen 3. deneme grubundan oluşmaktadır. Her bir grup için ayrı ayrı tartılan arpa ve kıyılmış muz bitkisi geniş plastik kaptaki homojen hale gelecek şekilde karıştırılmıştır. Bu silaj materyalleri, oksijen geçirmeyen torbalara tam 250g gelecek şekilde yerleştirilip vakumlanarak hazırlanmıştır. Silajlar 40 gün süreyle olgunlaşmaya bırakılmış ve bu sürenin sonunda analizler gerçekleştirilmiştir.

Her bir grup için *in vitro* gerçek sindirilebilirlik (IVGS), *in vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirlik (IVGSKM), *in vitro* ADF sindirilebilirlik (IVADFS) ve *in vitro* NDF sindirilebilirlik (IVNDFS) analizleri yapılmıştır.

In vitro sindirilebilirlik denemesi için her bir gruptan 8 adet örnek alınmış ve bu örnekler iki tekerrürlü olacak şekilde toplam 64 adet kese kullanılmıştır.

Tablo 3.2. Deneme Düzeni

Grup	Örneklem Sayısı
Kontrol grubu (katkı maddesi içermeyen)	8
1. Deneme grubu (%5 arpa ezmesi)	8
2. Deneme grubu (%10 arpa ezmesi)	8
3. Deneme grubu (%20 arpa ezmesi)	8
Toplam	32

3.2.1 Numunelerde gerçekleştirilecek olan Fiziksel analizler

Olgunlaşan silajlarda fiziksel kontroller 3 kişi tarafından yapılacaktır. Üç kişinin renk, koku ve tekstür (yapı) yönünden verdiği puanların ortalaması alınarak fiziksel değerlendirme yapılacak ve toplam puan fiziksel değerlendirme puanı olarak verilecektir. Koku, renk ve yapı gibi fiziksel özelliklerin değerlendirilmesinde Kara ve ark., (2009)'nın, yayınlarında belirttikleri DLG'nin silaj değerlendirme anahtarı kullanılacaktır.

3.3 Kimyasal Analizler

Bu araştırmada, muz bitkisi materyallerinin kimyasal analizleri için Weende analiz yöntemi kullanılmıştır. Muz bitkisi materyalleri (yaprak, filiz ve gövde) herhangi bir işlem yapılmadan önce parçalanmış ve belli oranlarda karıştırılıp silajlanmıştır. Sonrasında silajlar açılmış ve kurutulup, öğütülerek analiz için hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan muz bitkisi numuneleri üzerinde kuru madde (KM), ham kül (HK), ham yağ (HY), ham protein (HP), ham selüloz (HS), asit deterjan fiber (ADF), amilaz ilaveli nötral deterjan fiber (NDF) analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.3.1 Kuru Madde

Muz bitkisi materyallerinde kuru madde analizleri AOAC (2019) yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Silaj numuneleri, darası alınmış alüminyum kaplara 100 g olacak şekilde tartılmıştır. Numuneler öncelikle 65°C sıcaklıkta, sabit ağırlığa ulaşmaya kadar 48 saat etüvde kurutulmuştur. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra, alüminyum kaplar sabit ağırlığa ulaşana kadar tartılmış ve elde edilen sonuçlar üzerinden kuru madde düzeyleri hesaplanmıştır.

Kuru otlar ise analiz öncesinde öğütülmüş ve darası alınmış vezin kaplarında 105°C sıcaklıkta 8-12 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından vezin kapları, sabit ağırlığa ulaşmaları için desikatörde bekletilmiştir. Desikatörde sabit ağırlığa ulaşan kaplar, tartılarak kuru madde düzeyleri hesaplanmıştır. Tüm ölçümler için aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\% \text{Kuru Madde} = \frac{K - D}{N} \times 100$$

K: Analiz sonu tartım

D: Dara

N: Numune miktarı

3.3.2 Ham Protein

Ham protein analizi, (Kjeldahl, 1883) yöntemi kullanılarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir: yaş yakma, distilasyon ve titrasyon. Analizin yaş yakma aşaması Gerhardt KT 20s Azot Protein Tayin Cihazı, distilasyon ve titrasyon aşamaları ise Gerhardt VAPODEST® 50s Carousel Azot Protein Tayin Cihazı kullanılarak tamamlanmıştır.

İlk aşama olan yaş yakma işlemi için, muz bitkisi materyallerinden öğütülmüş numuneler alınarak Kjeldahl tüplerine yaklaşık 0,5 gram tartılmıştır. Her bir tüpün içerisine bir adet Gerhardt katalizör tableti (3.5 g K₂SO₄ + 0.0035 g Se) ve 25 ml konsantre H₂SO₄ eklenmiştir. Numuneler, yakma ünitesine yerleştirilmiş ve işlem 410°C sıcaklıkta üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir: 30 dakika ısınma, 1,5 saat

yakma ve 30 dakika soğutma. Bu aşama sonunda tüpler, distilasyon ünitesine aktarılmıştır.

İkinci aşamada, distilasyon işlemi yapılmıştır. Cihaz, numunelerin her birine otomatik olarak 80 ml distile su ve 120 ml NaOH çözeltisi eklemiştir. Bu sırada beherlere 78 ml borik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Distilasyon işlemi tamamlandıktan sonra numuneler, titrasyon için hazırlanmıştır.

Son aşamada, distilasyon işlemi tamamlanan numuneler 0,1 N sülfürik asit ile titrasyona tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler kullanılarak ham protein oranı hesaplanmıştır. Hesaplama, toplam azot miktarının 6.25 dönüşüm faktörü ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. Bu yöntem, muz bitkisinin yaprak, filiz ve gövde kısımlarından elde edilen numunelere uygulanmıştır.

$$\%Azot = \frac{(1,4007 \times M \times (V - Vb))}{E}$$

%Ham Protein = %Azot × Protein Faktörü

M: Titrasyon asitinin normalitesi; 0,1 mol/l

V: Örnekte harcanan titrasyon asiti miktarı (ml)

Vb: Kör numunede harcanan titrasyon asiti miktarı (ml)

E: Numune miktarı (g)

Protein Faktörü: 6,25



Şekil 3.1. Ham Protein analizi

3.3.3. Ham Yağ

Ham yağ analizi, AOAC (2019) yöntemine göre Gerhardt SOX-416 Otomatik Yağ Tayin Cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde yağ beherleri 105°C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa ulaşana kadar bekletilmiş ve ardından desikatöre alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Sabit ağırlığa ulaşan yağ beherlerinin daraları hassas terazide ölçülmüştür.

Soxhlet ekstraksiyon kartuşları, tartımı yapılan yağ beherlerinin içerisine yerleştirilmiştir. Öğütülmüş muz bitkisi numunelerinden yaklaşık 0,5 gram alınarak Soxhlet kartuşlarına tartılmıştır. Her bir beher içerisine, kartuşu kaplayacak şekilde 140 ml petrol eteri eklenmiş ve sistem, Soxhlet ekstraksiyon cihazına yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi tamamlandıktan sonra, beherler maşa yardımıyla cihazdan çıkarılmış ve kartuşlar içlerinden alınarak etüve yerleştirilmiştir.

Yağ beherleri, 105°C’de yaklaşık 2 saat etüvde kurutulmuş ve sabit ağırlığa ulaştıktan sonra desikatöre alınmıştır. Desikatörde oda sıcaklığına ulaşan beherlerin son tartımları yapılmış ve elde edilen veriler kullanılarak ham yağ oranı hesaplanmıştır.

Ham yağ yüzdesi, aşağıdaki formül ile belirlenmiştir:

$$\% \text{Ham Yağ} = \frac{K - D}{N} \times 100$$

K: Analiz sonu tartım

D: Dara

N: Numune miktarı

3.3.4 Ham Selüloz

Ham selüloz analizi, yemlerin asit ortamında kaynatılması, süzülmesi ve kül fırınında yakılması aşamalarını içeren Crampton ve Maynard’ın (1938) metodu uygulanmıştır. Analiz sırasında öğütülmüş muz bitkisi numunelerinden yaklaşık 1 gram tartılarak selüloz tüplerine alınmıştır. Tüplerin içerisine 12,5 ml glasiyel asetik asit (%100, Merck) ve 2,5 ml konsantre nitrik asit (%65, Merck) eklenmiştir.

Numuneler, içerisinde bir miktar su bulunan beherde yarım saat süreyle kaynatılmıştır. Kaynatma işlemi sırasında besin maddeleri asit yardımıyla bileşenlerine ayrılmıştır. Ardından, asitte kaynamış olan numuneler darası alınmış gooch krozelerine (40-100 µm gözenek boyutunda) süzülmüştür. Süzülen numuneler, 105°C sıcaklıkta kuru madde dolabında 8-12 saat süreyle kurutulmuş ve sabit ağırlığa ulaşana kadar desikatörde bekletilmiştir. Desikatörde oda sıcaklığına ulaşan numuneler hassas terazide tartılmıştır.

Tartım sonrasında, gooch krozeleri 600°C sıcaklıkta 5-6 saat süreyle kül fırınında (Carbolite Elf) yakılmıştır. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra krozeler desikatöre alınmış ve oda sıcaklığına gelene kadar bekletilip yeniden tartılmıştır.

Elde edilen veriler, Crampton ve Maynard (1938), tarafından bildirilen yöntemle göre hesaplanarak ham selüloz miktarları belirlenmiştir.

$$\text{Ham Selüloz} = \frac{(A - B)}{C} \times 100$$

A: Süzme sonrası tartım (Gooch krozesi+ Ham selüloz+ Ham kül)

B: Yakma sonrası tartım (Gooch krozesi+ Ham kül)

C: Numune miktarı



Şekil 3.2. Ham Selüloz Analizi

3.3.5 Ham Kül

Ham kül analizi, AOAC (2019) yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesinde porselen krezelerin daraları alınmış ve kayıt altına alınmıştır.

Öğütölmüş muz bitkisi materyalinden yaklaşık 1 gram numune, tartılarak porselen krozelere içerisine yerleştirilmiştir.

Numuneler, 600°C sıcaklıkta, kül fırınında sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar 5-6 saat süreyle yakılmıştır. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra, porselen krozelere oda sıcaklığına kadar soğuması için desikatöre alınmıştır. Oda sıcaklığına ulaşan krozelere yeniden tartılmış ve elde edilen değerler üzerinden numunelerin ham kül oranı hesaplanmıştır.

Hesaplama, aşağıdaki formüle göre yapılmıştır:

$$\% \text{Ham Kül} = \frac{K - D}{N} \times 100$$

K: Analiz sonu tartım

D: Dara

N: Numune miktarı

3.3.6 Nötral Deterjan Fiber (NDF) Analizi

NDF analizi, ANKOM (2002), Selüloz Tayin Cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz için gerekli olan NDF solüsyonu, 1,8 litre distile su içerisine 120 gram FND20C/1 ve 20 ml trietilen glikol FND20C/2 eklenerek, çözelti tamamen karışıp homojen hale gelene kadar manyetik karıştırmacıda hazırlanmıştır. Çözeltinin toplam hacmi 2 litreye distile su eklenerek tamamlanmıştır.

Filtre keseleri solvente dayanıklı kalem ile numaralandırılmış ve boş halde hassas terazide tartılarak kayıt altına alınmıştır. Numunelerden yaklaşık 0,5 gram ($\pm 0,05$ g) tartılarak her bir keseye yerleştirilmiştir. Kr kese de aynı şekilde hazırlanmış ve ağırlığı not edilmiştir. Hazırlanan filtre keselerinin ağızları, torba mühürleyici ile 0,4 cm mesafeden mühürlenmiştir.

Analiz için filtre keseleri, NDF solüsyonunun bulunduğu kutu ile 6,3 sulandırılmış alfa amilaz içeren beherin bulunduğu cihazın kompartımanına yerleştirilmiştir. Cihaz çalıştırıldığında, numunelere 20 gram sodyum sülfid ve 4 ml

alfa amilaz doğrudan cihaz haznesine eklenmiş ve cihazın kapağı kapatılmıştır. Analiz işlemi yaklaşık 75 dakika sürmüştür.

Analiz tamamlandıktan sonra cihaz kompartımanına 2000 ml sıcak su ve 8 ml sulandırılmış alfa amilaz eklenerek durulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Durulama işlemi iki kez tekrarlanmış ve son olarak sadece sıcak su kullanılarak bir durulama daha yapılmıştır. Numuneler akan suda iyice yıkanmıştır. Yıkanan filtre keseleri aseton içerisine yerleştirilmiş ve 3 dakika bekletilmiştir. Asetondan çıkarılan keseler, 10 dakika süreyle kurutulmaya bırakılmıştır.

Keseler daha sonra etüvde 105°C sıcaklıkta 2-4 saat kurutulmuş ve ANKOM MoistureStop'a (desikatör torba) alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Soğutma işleminin ardından keseler yeniden tartılarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Tartılan numuneler, darası alınmış porselen krozeler içerisine yerleştirilmiş ve 600°C ($\pm 15^\circ\text{C}$) sıcaklıkta 3 saat kül fırınında yakılmıştır. Fırından çıkarılan krozeler, desikatöre alınıp oda sıcaklığına geldikten sonra tekrar tartılmış ve veriler kayıt altına alınmıştır.

NDF oranı, elde edilen veriler aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır:

a. %aNDF (Kuru Madde Bazında) = $(T3 - (T1 \times D1)) \times 100 / T2$

b. %aNDF (Yaş Yem Bazında) = $[(T4 - (T1 \times D1)) \times KM \times 100] / T2$

T1: Torba ağırlığı

T2: Numune ağırlığı

T3: Ekstraksiyon sonrası ağırlık

D1: Boş torba düzeltme faktörü (etüvde kurutma sonrasındaki ağırlık / boş torbanın

3.3.7 Asit Deterjan Fiber (ADF) Analizi

ADF analizi, ANKOM (2002), Selüloz Tayin Cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analiz için kullanılan Asit Deterjan Solüsyonu (ADS), 2 litre 1,0 N H₂SO₄ içerisine 40 gr CTAB eklenerek hazırlanmıştır. Solüsyon, tamamen çözülene kadar karıştırılmıştır.

Filtre keseleri solvente dayanıklı bir kalemle numaralandırılmış ve boş halde tartılarak kayıt altına alınmıştır. Her bir keseye 0,5 g ($\pm 0,05$ g) öğütölmüş numune eklenmiş ve torba mühürleyici ile üst kısmından 0,4 cm mesafede mühürlenmiştir. Hazırlanan numune keseleri, üstünü tamamen kaplayacak kadar aseton doldurulmuş kapaklı kavanozlara yerleştirilmiş ve 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra aseton değiştirilmiş ve numuneler 12 saat bekletilmiştir.

Hazırlanan numune keseleri cihazın kompartımanına yerleştirilmiş ve üzerine 1900-2000 ml Asit Deterjan Solüsyonu eklenmiştir. İşlem 60 dakika sürdürölmüş ve bu sürenin sonunda cihaz boşaltılmıştır. Keseler, kaynar su ile üç kez 5'er dakika süreyle durulanmış ve son durulama soğuk su ile yapılmıştır. Yıkama işlemi tamamlanan keseler sudan tamamen arındırılmış, aseton içeren bir behere alınmış ve asetondan da arındırılmıştır.

Son aşamada, numuneler etüvde $102 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta 2-4 saat kurutulmuş ve ardından desikatöre alınarak sabit ağırlığa ulaşana kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ağırlık ölçümleri tamamlanan numunelerden elde edilen verilerle ADF oranı hesaplanmıştır.

a. Yaş yem bazında % ADF Değeri = $[W3 - (W1 \times C1)] \times 100 / W2$

b. Kuru madde bazında % ADF Değeri = $[(W3 - (W1 \times C1)) \times 100] / (W2 \times KM)$

c. Organik madde bazında % ADF Değeri = $[(W4 - (W1 \times C2)) \times 100] / (W2 \times KM)$

W1: Torba ağırlığı

W2: Numune ağırlığı

W3: Ekstraksiyon sonrası ağırlık

W4: Organik materyal ağırlığı (OM) (Numune dolu torbaların yakılması sonucu ortaya çıkan ağırlık kaybı)

C1: Boş torba düzeltme faktörü (etüvde kurutma sonrasındaki ağırlık / boş torbanın kendi ağırlığı)

C2: Boş torba kül düzeltme faktörü (yakma sonrasındaki boş torba ağırlığı / boş torbanın kendi ağırlığı)

KM: Kuru madde oranı (kuru madde miktarı %75 ise bu değer 0,75 olarak alınacaktır.

3.4 Numunelerin *İn vitro* Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi

3.4.1 Torbaların ve Örneklerin Hazırlanması

İn vitro gerçek sindirilebilirlik analizi için, kullanılacak torbalar önce asetonunda 3-5 dakika yıkanmıştır. Bu işlem, torbalardaki olası mikrobiyal sindirimi engelleyebilecek kalıntıları uzaklaştırmak amacıyla yapılmıştır. Aseton işleminin ardından torbalar, uçucu kalıntıların tamamen giderilmesi için oda sıcaklığında bekletilerek kurutulmuştur.

Kuruyan torbalar, asit ve alkali maddelere dayanıklı kalemle numaralandırılmış ve kuru madde dolabında 105 °C sıcaklıkta 8 saat bekletilmiştir. Kuru madde dolabından çıkan torbalar, oda sıcaklığına ulaşana kadar desikatörde bekletilmiş ve ardından hassas terazide daraları alınmıştır (T1).

Analiz için öğütülüp homojenize edilmiş yem örneklerinden her bir torbaya 0,5 g yem tartılmış (T2) ve ağızları torba mühürleyici ile kapatılarak analiz için hazır hale getirilmiştir.

3.4.2 Tampon (Buffer) Çözeltilerin Hazırlanması

Buffer solüsyonları, Tablo 3.2'ye göre hazırlanacaktır. Her kavanoza hazırlanan buffer solüsyonu A'dan 1330 ml, buffer solüsyonu B'den 266 ml CO₂ tüpü eşliğinde ilave edilecektir.

Tablo 3.3. Tampon Solüsyonlarının içerikleri

	Kimyasal Adı	Kimyasal Miktarı (1 kavanoz için)
Buffer Solüsyonu A (1 kavanoz= 1330 ml)	KH ₂ PO ₄	13,3 g
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,665 g
	NaCl	0,665 g
	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,133 g
	Üre	0,665 g
	Distile su	1330 ml
Buffer Solüsyonu B (1 kavanoz= 266 ml)	Na ₂ CO ₃	3,99 g
	Na ₂ S·9H ₂ O	0,266 g
	Distile su	266 ml

3.4.3 Rumen Sıvısının Hazırlanması

Kesim sonrası besi sığırlarından alınan rumen sıvısı, karbondioksit tüpü ile doyurularak oksijen içeriği en aza indirilmiş ve 39°C sıcaklıkta önceden ısıtılmış 2 litrelik bir termos içerisine aktarılmıştır. Rumen sıvısının laboratuvara transferi, 10 dakika içinde tamamlanarak sıcaklık ve mikrobiyal aktivitenin korunması sağlanmıştır.

Laboratuvara getirilen rumen sıvısı, dört kat tülbent yardımıyla süzölmüştür. Bu işlem, önceden 39°C'ye ısıtılmış ve su ile doldurulmuş 5 litrelik bir beher içerisine yerleştirilen mezür yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Süzme işlemi, sıvıdaki kaba partiküllerin ayrıştırılması amacıyla dikkatle yapılmıştır.

Süzölen rumen sıvısı, her bir inkübasyon kavanozuna 400 ml olacak şekilde eklenmiştir. Hazırlanan kavanozlara, yem örneği içeren torbalar eşit şekilde yerleştirilmiş ve 48 saat sürecek inkübasyon aşaması başlatılmıştır.



Şekil 3.3. Rumen Sıvısının Hazırlanması

3.4.4 İnkübasyon Aşaması ve İnkübasyon Sonrası Uygulamalar

Hazırlanan numune torbaları, oksijen içeriğini minimum seviyeye indirmek amacıyla karbondioksit tüpü eşliğinde inkübasyon kavanozlarına yerleştirilmiş ve 48 saat süreyle sabit sıcaklıkta inkübatörde bekletilmiştir. İnkübasyon süresi tamamlandıktan sonra, torbalar kavanozlardan çıkarılmış ve üzerlerindeki artıkların tamamen temizlenmesi amacıyla berrak su akana kadar dikkatlice yıkanmıştır. Yıkanan torbaların her alt gruptan iki tanesi, 105°C sıcaklıkta etüvde üç saat kurutulmuş ve kurutulan torbalarda kalan kalıntılar üzerinde besin madde analizleri yapılarak *in vitro* yıkılabilirliği değerleri hesaplanmıştır.

Her alt gruptan iki torba daha aynı sıcaklık ve süre koşullarında etüvde kurutulmuş, ardından selüloz tayin cihazına yerleştirilerek NDF analizi gerçekleştirilmiştir. NDF analizi tamamlandıktan sonra torbalar tekrar etüvde kurutulmuş ve ANKOM MoistureStop (desikatör torba) içerisine alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Soğuyan torbalar tartılarak kaydedilmiş, ardından ADF analizi için hazırlanmıştır. Analiz sonrası torbalar tekrar yıkanmış ve kurutulmuş, ardından elde edilen veriler kullanılarak *in vitro* gerçek sindirilebilirlik (IVGS), *in vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirlik (IVGSKM), *in vitro* asit deterjan lif sindirilebilirliği (IVADFS) ve *in vitro* nötral deterjan lif sindirilebilirliği (IVNDFS) değerleri hesaplanmıştır.

3.5. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada, deneme gruplarının çeşitli fiziksel ve kimyasal parametreler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Verilerin analizinde, farklı gruplar arasında anlamlı farklılıkların olup olmadığını değerlendirmek için Tek Yönlü Varyans Analizi (Fischer's One-Way ANOVA) uygulanmıştır. Verilerin varyans homojenliği Levene ve Bartlett testleri ile kontrol edilmiş; homojen olmayan varyans durumlarında Welch'in ANOVA testi tercih edilmiştir. Gruplar arasında fark tespit edilen durumlarda, hangi gruplar arasında fark olduğunu belirlemek için Tukey Post-Hoc testi uygulanmıştır. Ayrıca, normallik varsayımı Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov ve Anderson-Darling testleri ile

değerlendirilmiş ve varsayımın sağlandığı görülmüştür. Bulgular, her bir parametre için ortalama değerler ve standart sapmalarla birlikte sunulmuş, harflendirme yöntemi ile gruplar arasındaki anlamlı farklılıklar gösterilmiştir. Kullanılan istatistiksel analizler, verilerin grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarında güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Analizler, verilerin anlamlı bir şekilde yorumlanmasına ve deneme gruplarının etkilerinin belirlenmesine olanak tanımıştır. Analizler JAMOVİ 2.3.2 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Tüm testlerde anlamlılık düzeyi olarak $P < 0,05$ kabul edilmiştir (Zar,1996).



4. BULGULAR

4.1 Deneme gruplarının Fiziksel Değerlendirilmesi

Tablo 4.1. DLG Tablosu

Fiziksel özellikler	Deneme grupları				P
	Kontrol	%5 Arpa	%10 Arpa	%20 Arpa	
Renk	2	2	2	2	NaN
Koku	13,08 ± 0,71	13,62 ± 0,45	13,54 ± 0,47	13,46 ± 0,43	0,390
PH	3,64 ± 0,06 ^{ac}	3,71 ± 0,04 ^b	3,62 ± 0,04 ^c	3,69 ± 0,06 ^{ab}	0,002
Strüktür	4	4	4	4	NaN
DLG puanı*	19,08 ± 0,71	19,62 ± 0,45	19,54 ± 0,47	19,46 ± 0,44	0,390
Flieg Puanı**	84,32±4,03 ^a	89,77 ± 2,88 ^a	99,91 ± 5,77 ^b	115,41 ± 8,54 ^c	<0,001

DLG silaj Sınıfı: 18-20: Pekiyi, 14-17: İyi, 10-13: Orta, 5-9: Değeri az, 0-4: Kötü;

*DLG puanı = Renk + Koku + Strüktür; P<0,05. Flieg puanı= (220+(2 x % KM – 15) – 40 x pH)

Tablo 4.1’de bağımsız üç araştırmacı’nın deneme gruplarının fiziksel özellikleri üzerine yapılan analiz sonuçlarına göre, renk ve strüktür açısından tüm gruplar arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Renk değerleri tüm gruplarda aynı bulunmuş (2), strüktür ise yine tüm gruplarda aynı şekilde değerlendirilmiştir (4). Bu özellikler için yapılan istatistiksel analizde anlamlı bir fark bulunamamıştır. Koku ve DLG puanı değerlendirmelerinde de gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (P>0,05). Koku açısından gruplar benzer değerlere sahipken, DLG puanı da aynı şekilde gruplar arasında tutarlı bulunmuştur.

Buna karşın, pH ve Flieg puanı açısından gruplar arasında anlamlı farklar saptanmıştır. PH değerlerinde istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur (P=0,002). Sonuçlara göre, %5 Arpa grubu en yüksek pH değerine sahipken, %10 Arpa grubu en düşük pH değerine sahiptir. Kontrol ve %20 Arpa grubu ise bu iki grup arasında bir konumda bulunmuştur. Ancak pH değerleri doğal silaj fermentasyonundan elde edilebilecek en düşük değerler sınırındadır. Flieg puanı analizinde ise en yüksek değer %20 Arpa grubunda bulunmuş olup, bu grup istatistiksel olarak diğer tüm gruplardan anlamlı bir şekilde farklıdır (P<0,001). Flieg

puanı açısından, kontrol ve %5 Arpa grupları benzer bulunurken, %10 Arpa grubu bu gruplardan daha yüksek, ancak %20 Arpa grubundan daha düşük bir değer göstermiştir.

Bağımsız 3 araştırmacının DLG puan sistemine göre yaptığı değerlendirmelerde, renk ve koku özellikleri açısından kontrol grubu ile arpa ezmesi grupları (%5, %10 ve %20) arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Renk açısından gruplar arasında önemli bir fark bulunmamış olup, kontrol ve %20 arpa ezmesi gruplarının renk değerleri birbiriyle benzer puanlanmıştır ($P=0,001$).

Koku değerleri açısından da benzer bir durum gözlemlenmiş, kontrol grubu ile %5, %10 ve %20 arpa ezmesi grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($P=0,001$). Araştırmada tüm arpa gruplarının koku değerlerinin kontrol grubuyla uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Silaj numunelerine ait strüktür değerleri açısından da gruplar arasında herhangi bir istatistiksel farklılık gözlenmemiştir. Tüm gruplarda strüktür değerleri birbirine oldukça yakın olup, %5, %10 ve %20 arpa grupları kontrol grubuyla benzer puanlanmıştır ($P=0,001$).

Renk, koku ve strüktür değerlerinin toplamı ile hesaplanan DLG puanı açısından, kontrol ve tüm arpa grupları (%5, %10 ve %20) arasında herhangi bir fark gözlenmemiştir. Bu durum, tüm grupların DLG puanı ile değerlendirildiğinde "Peki" sınıfında yer aldığını göstermektedir (DLG puanı: 18-20).

4.2 Deneme Gruplarının Besin Madde İçerikleri

Tablo 4.2. Deneme Gruplarının Kuru Madde İçeriği

Grup	Kuru Madde (%)
Kontrol Grubu	13,46±2,38 ^a
%5 Arpa	17,82±1,36 ^{ab}
%10 Arpa	21,40±2,77 ^b
%20 Arpa	31,65±6,14 ^c
P<0,001	

Tablo 4.2’de deneme gruplarının kuru madde (%) içerikleri karşılaştırılmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar saptanmıştır (P<0,001). Kontrol grubu, en düşük kuru madde içeriğine sahip olup (13,46 ± 2,38), diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde farklıdır ve a harfi ile ifade edilmiştir. %5 Arpa grubu (17,82 ± 1,36), kontrol grubuyla benzerlik gösterirken, %10 Arpa grubundan farklı bulunmuş ve ab harfi ile ifade edilmiştir. %10 Arpa grubu (21,40 ± 0,77) kontrol grubundan farklı, ancak %20 Arpa grubundan daha düşük bir değere sahiptir ve b harfi ile gösterilmiştir. En yüksek kuru madde içeriği %20 Arpa grubunda (31,65 ± 6,14) ölçülmüş ve bu grup diğer tüm gruplardan farklı bulunarak c harfi ile ifade edilmiştir.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin kuru madde (KM) içeriği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Tabloya göre, kontrol grubunda KM içeriği %13,46 olarak tespit edilmiştir. Deneme gruplarında ise arpa ezmesi ilavesi arttıkça KM içeriğinin düzenli bir artış gösterdiği gözlenmiştir. %5 arpa ilavesi yapılan grupta KM içeriği %17,28, %10 arpa ilavesi yapılan grupta %21,36 ve %20 arpa ilavesi yapılan grupta %31,55 olarak ölçülmüştür.

Tablo 4.3. Deneme Gruplarının Ham Protein İçeriği

Grup	Ham Protein (%)
Kontrol Grubu(na)	7,19±0,42 ^a
%5 Arpa	7,41±0,29 ^a
%10 Arpa	8,30±0,29 ^b
%20 Arpa	9,21±0,40 ^c
P	<0,001

na: katkı maddesi ilavesi yapılmayan

Tablo 4.3'te deneme gruplarının ham protein (%) içerikleri karşılaştırılmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($P<0,001$). Kontrol grubu ($7,19 \pm 0,42$) ve %5 Arpa grubu ($7,41 \pm 0,29$) ham protein içeriği açısından birbirine benzer bulunmuş ve her iki grup a harfi ile ifade edilmiştir. %10 Arpa grubu ($8,30 \pm 0,29$) bu gruplardan anlamlı şekilde farklı bulunarak b harfi ile ifade edilmiştir. En yüksek ham protein oranı ise %20 Arpa grubunda ($9,21 \pm 0,40$) ölçülmüş ve bu grup diğer tüm gruplardan farklı bulunarak c harfi ile ifade edilmiştir.

Ham protein içerikleri kontrol grubunda 7,19 olarak belirlenmiştir. Deneme gruplarında ise %5 arpa grubunda 7,41, %10 arpa grubunda 8,30 ve %20 arpa grubunda 9,21 olarak ölçülmüştür. %10 ve %20 arpa grubunda ham protein içeriği kontrol grubuna kıyasla önemli derecede daha yüksek bulunmuş. Bu durum arpa ezmesi ilavesinin muz bitkisi silajının protein içeriğini arttırabileceğini göstermektedir.

Tablo 4.4. Deneme Gruplarının Ham Yağ İçeriği

Grup	Ham Yağ (%)
Kontrol Grubu	3,06±0,44 ^a
%5 Arpa	2,77±0,17 ^a
%10 Arpa	2,04±0,31 ^b

%20 Arpa	1,88±0,21 ^b
P	<0,001

Tablo 4.4’de deneme gruplarının ham yağ (%) içerikleri karşılaştırılmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($P<0,001$). Kontrol grubu ($3,06 \pm 0,44$) ve %5 Arpa grubu ($2,77 \pm 0,17$) ham yağ içeriği açısından birbirine benzer bulunmuş ve her iki grup a harfi ile ifade edilmiştir. %10 Arpa grubu ($2,04 \pm 0,31$) ve %20 Arpa grubu ($1,88 \pm 0,21$) ise kontrol ve %5 Arpa gruplarından farklı bulunmuş, ancak kendi aralarında benzerlik göstererek b harfi ile ifade edilmiştir.

Ham yağ içerikleri kontrol grubunda 3,03 olarak belirlenmiştir. Deneme gruplarından %5 arpa grubunda bu değer 2,84, %10 arpa grubunda 1,99 ve %20 arpa grubunda 1,93 olarak ölçülmüştür. Arpa ezmesi ilavesiyle ham yağ içeriklerinde kademeli bir azalma gözlenmiştir.

Tablo 4.5. Deneme Gruplarının Ham Selüloz İçeriği

Grup	Ham Selüloz (%)
Kontrol Grubu	27,03±1,41 ^a
%5 Arpa	21,98±2,50 ^b
%10 Arpa	19,09±1,87 ^b
%20 Arpa	12,24±2,71 ^c
P	<0,001

Tablo 4.5’de deneme gruplarının ham selüloz (%) içerikleri karşılaştırılmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($P<0,001$). Kontrol grubu ($27,03 \pm 1,41$), en yüksek ham selüloz içeriğine sahip olup diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde farklıdır ve a harfi ile ifade edilmiştir. %5 Arpa ($21,98 \pm 2,50$) ve %10 Arpa ($19,09 \pm 1,87$) grupları, kontrol grubundan daha düşük değerlere sahip olmakla birlikte kendi aralarında benzer bulunmuş ve b harfi ile ifade edilmiştir. En düşük ham selüloz içeriği, %20 Arpa grubunda ($12,24 \pm 2,71$) ölçülmüş ve bu grup diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde farklı bulunarak c harfi ile ifade edilmiştir.

Ham selüloz içerikleri kontrol grubunda 21,94 olarak belirlenmiştir. Deneme gruplarında bu değer %5 arpa grubunda 22,29, %10 arpa grubunda 18,31 ve %20 arpa grubunda 12,09 olarak ölçülmüştür. Ham selüloz içeriği, yüksek oranlarda arpa ezmesi ilavesiyle düşüş göstermiştir.

Tablo 4.6. Deneme Gruplarının Ham Kül İçeriği

Grup	Ham Kül (%)
Kontrol Grubu	10,49±0,81 ^a
%5 Arpa	8,61±0,47 ^b
%10 Arpa	6,83±0,48 ^c
%20 Arpa	5,13±0,51 ^d
P	<0,001

Tablo 4.6’da deneme gruplarının ham kül (%) içerikleri karşılaştırılmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($P<0,001$). Kontrol grubu, en yüksek ham kül içeriğine sahip olup ($10,49 \pm 0,81$), diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde farklıdır ve harflendirme sonucunda **a** grubu olarak belirlenmiştir. %5 Arpa ($8,61 \pm 0,47$), %10 Arpa ($6,83 \pm 0,48$) ve %20 Arpa ($5,13 \pm 0,51$) grupları sırasıyla istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuş ve sırasıyla b, c ve d harfleriyle ifade edilmiştir.

Kontrol grubunda ham kül içeriği 10,49 olarak belirlenmiştir. Deneme gruplarından %5 arpa grubunda bu değer 8,60, %10 arpa grubunda 6,83 ve %20 arpa grubunda 5,13 olarak ölçülmüştür. Muz bitkisinin potasyumca çok zengin olduğu bilinmektedir ve kül içeriği, arpa ezmesi ilavesiyle düzenli olarak azalma göstermiştir.

Tablo 4.7. Deneme Gruplarının ADF İçeriği

Grup	ADF (%)
Kontrol Grubu	30,76±2,17 ^a
%5 Arpa	20,29±4,57 ^b
%10 Arpa	18,61±1,71 ^b
%20 Arpa	13,38±1,78 ^c
P	<0,001

Tablo 4.7’de deneme gruplarının ADF (%) değerleri üzerine yapılan analiz sonuçlarına göre, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($P<0,001$). Kontrol grubu en yüksek ADF değerine ($30,76 \pm 2,17$) sahip olup, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde farklıdır ve harflendirme sonucunda a grubu olarak belirlenmiştir. %5 Arpa ($20,29 \pm 4,57$) ve %10 Arpa ($18,61 \pm 1,71$) grupları birbirine benzer bulunmuş ve her iki grup b harfi ile ifade edilmiştir. En düşük ADF değeri ise %20 Arpa grubunda ($13,38 \pm 1,78$) llmş ve bu grup diğer tüm gruplardan farklı olarak c harfi ile harflendirilmiştir.

Kontrol grubunda ADF değeri 30,76 olarak belirlenmiştir. Deneme gruplarından %5 arpa grubunda bu değer 20,29, %10 arpa grubunda 18,61 ve %20 arpa grubunda 13,38 olarak llmştir. ADF değerleri, arpa ezmesi oranının artmasıyla azalma göstermiştir. En düşük ADF değeri %20 arpa grubunda tespit edilmiştir.

Tablo 4.8. Deneme Gruplarının NDF İçeriği

Grup	NDF (%)
Kontrol Grubu	45,12±2,99 ^a
%5 Arpa	34,45±6,65 ^b
%10 Arpa	29,95±1,90 ^b
%20 Arpa	24,43±2,34 ^c
P	<0,001

Tablo 4.8’de deneme gruplarının NDF (%) içerikleri karşılaştırılmış ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir ($P<0,001$). Kontrol grubu, en yüksek NDF değerine ($45,12 \pm 2,99$) sahip olup diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde farklıdır ve harflendirme sonucunda a grubu olarak belirlenmiştir. %5 Arpa ($34,45 \pm 6,65$) ve %10 Arpa ($29,95 \pm 1,90$) grupları benzer bulunmuş ve her iki grup b harfi ile ifade edilmiştir. En düşük NDF değeri ise %20 Arpa grubunda ($24,43 \pm 2,34$) ölçülmüş ve bu grup diğer tüm gruplardan farklı olarak c harfi ile harflendirilmiştir. Kontrol grubunda NDF değeri 45,12 olarak belirlenmiştir. Deneme gruplarında bu değer sırasıyla %5 arpa grubunda 34,45, %10 arpa grubunda 29,95 ve %20 arpa grubunda 24,43 olarak ölçülmüştür. NDF değerleri, arpa ezmesi ilavesiyle kademeli olarak düşüş göstermiştir.

Tablo 4.9. Deneme Gruplarının *In Vitro* Değerleri

	Deneme grupları				
	Kontrol	%5 Arpa	%10 Arpa	%20 Arpa	P
IVGS	$68,61 \pm 2,28^a$	$72,80 \pm 1,64^b$	$79,93 \pm 1,38^c$	$82,77 \pm 2,59^d$	<0,001
IVGKMS	$66,12 \pm 2,22^a$	$70,91 \pm 1,70^b$	$78,37 \pm 2,08^c$	$81,27 \pm 2,60^c$	<0,001
IVGOMS	$67,54 \pm 2,16^a$	$72,17 \pm 1,65^b$	$79,44 \pm 1,90^c$	$82,40 \pm 2,55^d$	<0,001
IVNDFS	$34,67 \pm 3,66$	$36,05 \pm 7,96$	$39,39 \pm 4,11$	$37,12 \pm 5,37$	0,391
IVADFS	$38,01 \pm 1,72$	$38,79 \pm 7,13$	$40,86 \pm 5,14$	$36,66 \pm 7,13$	0,530

Tablo 4.9’da deneme gruplarının *in vitro* sindirilebilirlik değerleri karşılaştırılmış ve bu parametreler arasında anlamlı farklar olup olmadığı analiz edilmiştir.

4.2.1 Anlamalı Fark Bulunan Parametreler

IVGS (*İn vitro* gerçek sindirilebilirlik): Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($P<0,001$). Kontrol grubunda en düşük değer ($68,61 \pm 2,28$) ölçülürken, bu değer arpa oranı arttıkça anlamlı şekilde yükselmiş ve %20 Arpa grubunda en yüksek seviyeye ulaşmıştır ($82,77 \pm 2,59$). Harflendirme sırasıyla a, b, c ve d şeklinde yapılmıştır.

IVGKMS (*İn vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliği): Bu parametre için de gruplar arasında anlamlı fark bulunmuştur ($P<0,001$). Kontrol grubunda en düşük değer ($66,12 \pm 2,22$), %20 Arpa grubunda ise en yüksek değer ($81,27 \pm 2,60$) ölçülmüştür. Kontrol grubu a, %5 Arpa grubu b, %10 ve %20 Arpa grupları ise benzerlik göstererek c harfi ile ifade edilmiştir.

IVGOMS (*İn vitro* gerçek organik madde sindirilebilirliği): Gruplar arasında anlamlı fark vardır ($P<0,001$). Kontrol grubunda en düşük değer ($67,54 \pm 2,16$), %20 Arpa grubunda ise en yüksek değer ($82,40 \pm 2,55$) ölçülmüştür. Harflendirme sırasıyla a, b, c ve d şeklindedir. Yukarıda'ki üç değer arpa ilavesinden istatistik öneme sahip şekilde olumlu etkilenmiştir.

4.2.2 Anlamalı Fark Bulunmayan Parametreler

IVNDFS (*İn vitro* nötral deterjan lif sindirilebilirliği): Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($P=0,391$). Değerler kontrol grubunda ($34,67 \pm 3,66$) en düşük, %10 Arpa grubunda ($39,39 \pm 4,11$) ise en yüksek seviyede bulunmuştur, ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

IVADFS (*İn vitro* asit deterjan lif sindirilebilirliği): Bu parametre için de gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P=0,530$). Değerler kontrol grubunda ($38,01 \pm 1,72$) en düşük, %10 Arpa grubunda ($40,86 \pm 5,14$) en yüksek seviyede ölçülmüştür, ancak istatistiksel olarak anlamlılık gösterilmemiştir. Yukarıda'ki iki değerde ise istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmemiştir.

5. TARTIŞMA

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin silajın fiziksel özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, renk, koku, strüktür ve toplam DLG puanı açısından kontrol grubu ile arpa ezmesi ilave edilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını göstermektedir ($P=0,001$). Tüm grupların DLG puanları "Pekiyi" sınıfında yer almıştır (DLG puanı: 18-20). Benzer şekilde, Aykan ve Saruhan (2018), tarafından yapılan bir çalışmada, farklı oranlarda yem bezelyesi ve arpa karışımlarının silaj kalitesi üzerine etkileri incelenmiş ve tüm silajların "iyi" ve "çok iyi" kalite sınıflarına dâhil olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, arpa ezmesi ilavesinin silaj kalitesini olumsuz etkilemediğini desteklemektedir. Ayrıca, Alçiçek (1997), tarafından yürütülen bir araştırmada, çiftçi koşullarında yapılan mısır ve arpa katkılı silo yemlerinde silaj kalitesi değerlendirilmiş ve silajların fiziksel özellikleri (renk, koku, strüktür) açısından yüksek puanlar aldığı rapor edilmiştir. Bu da arpa bazlı silajların genel olarak iyi fiziksel özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Arpa ezmesi ilavesinin muz silajının fiziksel kalitesini koruduğunu ve DLG puanları açısından "Pekiyi" sınıfında kalmasını sağladığını göstermektedir. Bu durum, arpa ezmesi ilavesinin silaj kalitesini olumsuz etkilemediğini ve hatta uygun oranlarda kullanıldığında silajın besin değerini artırabileceğini düşündürmektedir.

Denemede %5 Arpa grubu en yüksek pH değerine sahipken, %10 Arpa grubu en düşük pH değerine sahiptir. Kontrol ve %20 Arpa grubu ise bu iki grup arasında bir konumda bulunmuştur. PH değerleri doğal silaj fermentasyonundan elde edilebilecek en düşük değerler sınırında ve birbirine çok yakın rakamlar olması sebebiyle pH değerlerindeki istatistik farklılığın pratik değer taşımayacağı görülmektedir. Ancak Flieg puanındaki farklılık pratik değer taşımaktadır. Arpa ilavesi ile Flieg puanı doğrusal olarak artmıştır. Araştırmamızın sonuçlarıyla benzer şekilde, Gürsoy ve ark. (2021), farklı biçim devresinin ve arpa kırması uygulamalarının tek yıllık yem bitkileri karışımının silaj özelliklerine etkilerini inceledikleri çalışmansında %15 arpa kırması ilavesinin en iyi sonuç verdiği kanaatine ulaşmışlardır.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin asit deterjan lif (ADF) içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, arpa ezmesi ilavesinin artmasıyla ADF değerlerinde belirgin bir azalma olduğunu göstermektedir. Kontrol grubunda ADF değeri %30,76 iken, %5 arpa grubunda %20,29, %10 arpa grubunda %18,61 ve %20 arpa grubunda %13,38 olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, arpa ezmesi ilavesinin ADF içeriğini düşürdüğünü ve dolayısıyla silajın sindirilebilirliğini artırabileceğini göstermektedir.

Benzer sonuçlar, Bozkurt Kiraz ve ark. (2016), tarafından yapılan bir çalışmada da rapor edilmiştir. Bu çalışmada, silajın ADF içeriği %32,15 olarak tespit edilmiştir. Arpa ezmesi ilavesi, silajın ADF içeriğini azaltarak yem değerini iyileştirebilir.

Ayrıca, Mut ve ark. (2020), tarafından yürütülen bir araştırmada, yem bezelyesi ile arpa ve buğdayın farklı oranlarda karıştırılarak elde edilen silajların kalitesi incelenmiş ve arpa ilavesinin silajın besin değerini artırdığı belirtilmiştir. Bu da arpa ezmesi ilavesinin silajın ADF içeriğini azaltarak sindirilebilirliği artırabileceğini desteklemektedir. Arpa ezmesi ilavesinin muz silajının ADF içeriğini azaltarak yem kalitesini ve sindirilebilirliğini artırdığını göstermektedir.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin nötr deterjan lif (NDF) içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, arpa ezmesi ilavesinin artmasıyla NDF değerlerinde kademeli bir azalma olduğunu göstermektedir. Kontrol grubunda NDF değeri %45,12 iken, %5 arpa grubunda %34,45, %10 arpa grubunda %29,95 ve %20 arpa grubunda %24,43 olarak ölçülmüştür.

Benzer şekilde, Wang ve ark. (2016), tarafından yapılan bir çalışmada, muz sapı ve yapraklarının yüksek lif içeriğine sahip olduğu (%58'in üzerinde) ve uygun işlemlerle iyi bir şekilde korunabileceği belirtilmiştir. Bu da muz bitkisi yan ürünlerinin silaj yapımında kullanılabilirliğini desteklemektedir. Ayrıca, Rahman ve ark. (2016), tarafından yürütülen bir araştırmada, muz yalancı gövdesinin silajının kimyasal bileşimi ve fermantasyon özellikleri incelenmiş ve silajlaşma süresinin uzamasıyla NDF içeriğinde azalma gözlemlenmiştir. Bu bulgu, muz yan ürünlerinin silaj yapımında uygun katkı maddeleriyle kombine edilerek yem kalitesinin

artırılabilirliğini göstermektedir. Arpa ezmesi ilavesinin muz silajının NDF içeriğini azaltarak yem kalitesini ve sindirilebilirliğini artırdığını göstermektedir.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin ham kül içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, arpa ezmesi ilavesinin artmasıyla ham kül içeriğinde düzenli bir azalma olduğunu göstermektedir; kontrol grubunda %10,49 olan ham kül içeriği, %5 arpa grubunda %8,60, %10 arpa grubunda %6,83 ve %20 arpa grubunda %5,13 olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, arpa ezmesi ilavesinin yüksek potasyum içeriği ile bilinen muzun silajının mineral içeriğini azaltabileceğini göstermektedir.

Benzer şekilde, Bozkurt Kiraz ve ark. (2016), tarafından yapılan bir çalışmada, arpa hasılı silajında ham kül içeriği %6,39 olarak tespit edilmiştir. Bu değer, arpa ezmesi ilavesiyle elde edilen silajların ham kül içerikleriyle uyum göstermektedir. Ayrıca, arpa'nın kuru besin madde içeriğinde ham kül miktarı hasılda %7, arpa tanesininse %2,5 civarındadır. Bu da arpanın ham kül içeriğinin muz silajına göre daha düşük olduğunu ve ilave edildiğinde toplam ham kül içeriğini azaltabileceğini göstermektedir. Arpa ezmesi ilavesinin muz silajının ham kül içeriğini azaltarak mineral konsantrasyonunu düşürdüğünü göstermektedir.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin kuru madde (KM) içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, arpa ezmesi ilavesiyle KM içeriklerinde düzenli bir artış olduğunu göstermektedir. Kontrol grubunda KM içeriği %13,46 olarak ölçülürken, %5 arpa grubunda %17,28, %10 arpa grubunda %21,36 ve %20 arpa grubunda %31,55 olarak tespit edilmiştir. Bu durum, arpa ezmesi ilavesinin muz silajının KM içeriğini artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle, %20 arpa grubunda KM içeriğinin kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olması, arpa ezmesinin kuru madde içeriği açısından zengin bir katkı maddesi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu artış, muz silajının enerji yoğunluğunu artırarak yem kalitesine önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu bulgular, muz silajının düşük KM içeriği probleminin arpa ezmesi gibi uygun katkılarla aşılabileceğini ve bu tür katkıların yem rasyonlarının etkinliğini artırabileceğini göstermektedir.

Bingöl ve ark. (2009), tarafından yapılan bir çalışmada, arpa hasılı ve korunga karışımı silajlara farklı düzeylerde melas ilavesinin silaj kalitesi ve sindirilebilirlik üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, melas ilavesinin silajların KM içeriğini artırdığını göstermektedir. Bu bulgu, mevcut çalışmadaki gibi arpa ezmesi benzeri kurumadde içeriği yüksek kaynaklarının silajlara ilavesinin KM içeriğini olumlu yönde etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin ham protein (HP) içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, %5 arpa grubunda HP içeriğinin kontrol grubuna kıyasla hafif bir artış gösterdiğini (%7,19'dan %7,41'e) ortaya koymuştur. %10 ve %20 arpa gruplarında ise bu artış daha belirgin olmuş ve HP içeriği sırasıyla %8,30 ve %9,21 olarak ölçülmüştür. Özellikle %20 arpa grubunda en yüksek HP içeriği tespit edilmiş ve bu değer kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($P<0,001$). Bu bulgular, artan arpa ezmesi ilavesinin muz silajının protein içeriğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Özellikle, %10 ve %20 arpa gruplarında gözlenen belirgin HP artışı, arpa ezmesinin protein bakımından zengin bir katkı maddesi olarak muz silajının besin değerini iyileştirebileceğini desteklemektedir.

Benzer şekilde, Gül (2022), tarafından yapılan bir çalışmada, şeker pancarı yaprağı silajına %10 arpa ezmesi ilavesinin ham protein içeriğini artırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, Rahman ve ark. (2016), tarafından yürütülen bir araştırmada, muz yalancı gövdesi silajına farklı katkı maddelerinin eklenmesinin ham protein içeriğini etkilediği ve uygun katkı maddelerinin protein içeriğini artırabileceği belirtilmiştir. Sonuç olarak, mevcut çalışma ve literatürdeki benzer araştırmalar, düşük düzeyde arpa ezmesi ilavesinin muz silajının ham protein içeriğini artırabileceğini, ancak daha yüksek düzeylerde bu etkinin sınırlı olabileceğini göstermektedir.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin ham yağ (HY) içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, arpa ezmesi ilavesiyle HY içeriklerinde kademeli bir azalma olduğunu göstermektedir; kontrol grubunda %3,03 olan HY içeriği, %5 arpa grubunda %2,84, %10 arpa grubunda %1,99 ve %20 arpa

grubunda %1,93 olarak ölçülmüştür. Bu durum, HY içeriği %2 civarında olan arpa ezmesi ilavesinin muz silajının HY içeriğini azaltabileceğini göstermektedir.

Bozkurt Kiraz ve Kutlu (2016), tarafından yapılan bir çalışmada, arpa silajında ham yağ içeriği %2,10 olarak tespit edilmiştir. Bu değer, arpa ezmesi ilavesiyle elde edilen silajların ham yağ içerikleriyle uyum göstermektedir. Ayrıca, Arslan ve ark. (2016), tarafından yürütülen bir araştırmada, zeytin posası ve mısır hasılı karışımlarından hazırlanan silajların ham yağ içeriklerinin, zeytin posası oranının artmasıyla yükseldiği belirtilmiştir. Bu da farklı katkı maddelerinin silajların ham yağ içeriği üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. Arpa ezmesi ilavesinin muz silajının ham yağ içeriğini azaltabileceğini göstermektedir.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin ham selüloz (HS) içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, kontrol grubunda HS içeriğinin %21,94, %5 arpa grubunda bu değer %22,29 olduğunu, ancak %10 ve %20 arpa gruplarında sırasıyla %18,31 ve %12,09'a düştüğünü göstermektedir. Bu bulgular, yüksek oranlarda arpa ezmesi ilavesinin, arpanın muz bitkisine göre nişastaca zengin, selülozca fakir olması sebebiyle muz silajının HS içeriğini azaltabileceğini göstermektedir. Ayrıca, Arslan ve ark. (2016), tarafından yürütülen bir araştırmada, zeytin posası ve mısır hasılı karışımlarından hazırlanan silajların ham selüloz içeriklerinin, zeytin posası oranının artmasıyla azaldığı belirtilmiştir.

Muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin *in vitro* sindirilebilirlik parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, arpa ezmesi ilavesinin muz silajının sindirilebilirlik özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Özellikle, %10 ve %20 arpa ilaveleri, *in vitro* gerçek sindirilebilirlik (IVGS), *in vitro* gerçek kuru madde sindirilebilirliği (IVGKMS) ve *in vitro* gerçek organik madde sindirilebilirliği (IVGOMS) değerlerinde anlamlı artışlar sağlamıştır. Bu bulgular, arpa ezmesi ilavesinin muz silajının besin değerini artırabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, Çotuk ve Önenç (2017), tarafından yapılan bir çalışmada, yonca silajına kepek ve puding ilavesinin silajların enzimde çözünen organik madde miktarını ve *in vitro* metabolik enerji içeriğini artırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, Bingöl ve ark. (2009), tarafından yürütülen bir araştırmada, arpa

hasılı ve korunga karışımı silajlara farklı düzeylerde melas ilavesinin *in vitro* organik madde sindirilebilirliğini artırdığı saptanmıştır. Bu bulgular, farklı katkı maddelerinin silajların sindirilebilirlik özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma ve literatür'deki benzer araştırmalar, arpa ezmesi gibi enerji açısından zengin katkı maddelerinin muz silajının *in vitro* sindirilebilirlik özelliklerini iyileştirebileceğini göstermektedir. Ancak, katkı maddesinin türü ve ilave oranının dikkatlice belirlenmesi, istenilen sindirilebilirlik düzeylerine ulaşmak için önem arz etmektedir. Hem muzun hem de arpanın NDF ve ADF içeriği en zor sindirilebilen kısımları temsil ettiği için yakın değerlerin elde edilmiş olması normaldir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, muz silajına farklı oranlarda (%5, %10 ve %20) arpa ezmesi ilavesinin silajın fiziksel, kimyasal ve sindirilebilirlik özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma bulguları, muz bitkisinin alternatif bir yem kaynağı olarak değerlendirilme potansiyelini ortaya koymakla birlikte, uygun katkı maddelerinin ilavesinin bu potansiyeli artırabileceğini göstermektedir.

Fiziksel Kalite: Muz silajına arpa ezmesi ilavesinin renk, koku ve strüktür gibi fiziksel özellikler üzerinde anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Kontrol grubunun çok yüksek su içeriğine rağmen silaj kalitesinin iyi çıkmasının sebebi, silajların oksijen geçirmez poşetlerde ve vakum altında yapılması olabilir. Saha şartlarında katkısız muz bitkisi silajı kalitesi düşük olabilir. Deneme gruplarının tamamı "Pek iyi" sınıfında yer almıştır. Bu durum, muz silajının fiziksel kalite açısından arpa ezmesi ile kombine edildiğinde yüksek standartlarda kalabileceğini göstermektedir.

Kimyasal İçerikler: Arpa ezmesi ilavesi, silajın ADF ve NDF içeriklerinde belirgin azalmalar sağlamıştır. Kontrol grubunda yüksek seyreden ham kül içeriği, arpa ezmesi ilavesi ile azalmış, bu da enerji yoğunluğunu artırmıştır.

Kuru Madde ve Protein İçeriği: Kuru madde içeriği açısından yapılan değerlendirmede, gruplar arasında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Kontrol grubunda

kuru madde oranı %13,46 olarak belirlenirken, %5 arpa grubunda bu oran %17,28'e, %10 arpa grubunda %21,36'ya ve %20 arpa grubunda %31,55'e yükselmiştir. Bu sonuçlar, arpa ezmesi ilavesinin muz silajının kuru madde içeriğini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Özellikle %20 arpa grubu, kontrol grubuna kıyasla yaklaşık daha yüksek bir kuru madde içeriği sağlamıştır.

Sindirebilirlik: *In vitro* analizler, %10 ve %20 arpa ezmesi ilavesinin *in vitro* gerçek sindirilebilirlik (IVGS), *in vitro* kuru madde sindirilebilirliği (IVGKMS) ve *in vitro* organik madde sindirilebilirliği (IVGOMS) üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermiştir. Ancak %5 arpa ilavesinde bazı sindirilebilirlik parametrelerinde düşüşler gözlenmiştir. Bu durum, uygun katkı maddesi oranının belirlenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlar doğrular doğrultusunda:

1. Muz silajının besin değerini artırmak için arpa ezmesi gibi katkı maddelerinin ilave oranlarının optimize edilmesi önemlidir. Özellikle %10 ve %20 arpa ezmesi, genel sindirilebilirlik ve enerji değerleri açısından etkili bir oran olarak görülmektedir.
2. Arpa ezmesi dışında, bölgesel olarak erişilebilir farklı yem katkı maddelerinin muz silajına etkileri araştırılmalıdır. Özellikle enerji ve protein içeriğini artıracak melas, şeker pancarı posası gibi alternatif katkıların etkisi incelenmelidir.
3. Muz bitkisi silajının hayvan performansı üzerindeki etkilerini daha iyi anlayabilmek için büyük ölçekli saha tipi paket ve dökme tip silajlar ve *in vivo* besleme denemelerinin yapılması önerilmektedir. Bu tür çalışmalar, silajın pratik kullanımındaki avantajlarını daha kapsamlı bir şekilde ortaya koyabilir.
4. Muz silajına yapılan katkıların maliyet-fayda analizleri, hayvan yetiştiricilerine ekonomik açıdan uygulanabilirlik hakkında yol gösterebilir. Özellikle düşük maliyetli katkı maddeleri ile yüksek besin değerine sahip silajlar üretilmesi, yem üretiminde sürdürülebilirliği artırabilir.

Bu çalışma, muz bitkisinin arpa ezmesi ile kombine edilerek kaliteli bir yem kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Ancak, katkı oranlarının optimizasyonu ve uzun vadeli hayvan besleme denemeleri, bu potansiyelin daha iyi

anlaşılması ve değerlendirilmesi için gereklidir. Gelecekteki çalışmaların, muz silajının farklı katkılarla kombinasyonunun ruminant beslenmesindeki etkilerini daha kapsamlı şekilde ele alması onerilmektedir.



KAYNAKLAR

Acar Z, Tan M, Ayan İ, Aşçı Ö, Mut H, Başaran U, Gülümser E, Can M, Kaymak G (2020). *Türkiye’de Yem Bitkileri Tarımının Durumu ve Geliştirme Olanakları.* Türkiye Ziraat Mühendisleri IX. Teknik Kongresi. 13-17 Ocak, Ankara/Türkiye, s:529-553.

Açıkgöz E, Hatipoğlu R, Altınok S, Sancak C, Tan A, Uraz D (2005). *Yem bitkileri üretimi ve sorunları.* Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi. 3-7 Ocak, Ankara/Türkiye, s:503-518.

Akgün B, Güzelsoy N A, Yavuz A, İstanbullu Y, Budakher A (2019). Alternative techniques for fruit and vegetable waste valorization in Turkey. *Gıda ve Yem Bilim. Tek. Derg.*, (22), 45-53.

Alçıçek A, Özdoğan M (1997). Çiftçi koşullarında yapılan mısır ve arpa silo yemlerinde silaj kalitesinin saptanması üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 37(1), 94-102.

Ankom (2002). Operator’s manual. Ankom 200/220 fiber analyzer. Ankom Technology Corporation, Fairport.

Anonim (2022). Muz, Ocak-2022 Tarım Ürünleri Piyasa Raporu. [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF Tarım Ürünleri Piyasaları/2022-Ocak Tarım Ürünleri Raporı/Muz, Ocak-2022 Tarım Ürünleri Piyasa Raporu ---.pdf](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF_Tarim_Urunleri_Piyasaları/2022-Ocak_Tarım_Ürünleri_Raporı/Muz,Ocak-2022_Tarım_Ürünleri_Piyasa_Raporu_---.pdf)

AOAC (2019). Official methods of analysis, 21st Edition. Association of Official Analytical Chemists International. Arlington, Washington DC, USA.

Arslan Duru A, Kaya Ş. (2016). Farklı oranlardaki zeytin posası-mısır hasılı karışımlarının silaj kalitesinin belirlenmesi. *Türk Tarım Gıda Bilim. Tek. Derg.*, 4(12), 1201-1206

Ashokkumar K, Elayabalan S, Shobana VG, Sivakumar P, Pandiyan M (2018). Nutritional value of cultivars of Banana (*Musa sp.*) and its future prospects. *J. Pharmacon. Phytochem.*, 7(3), 2972-2977.

Aykan Y, Saruhan V (2018). Farklı Oranlarda Silolanan Yembezelyesi (*Pisum sativum L.*) ve Arpa (*Hordeum vulgare L.*) Karışımlarının Silaj Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Dicle Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 11(2), 64-70.

Bingöl NT, Bolat D, Karşı MA, Akça İ (2009). Arpa hasılı ve korunga karışımı silaja farklı düzeylerde melas ilavesinin silaj kalitesi ve sindirilebilirliği üzerine etkileri. *Atatürk Üni. Vet. Bilim. Derg.*, 4(1), 23-30.

Bozkurt Kiraz A, Kutlu HR (2016). Farklı İnokulantların Arpa Silajlarının Yem Değerine Etkileri. *Harran Tarım Gıda Bilim. Derg.*, **20(4)**, 330-337.

Canbolat Ö, Kara H, Filya İ (2013). Bazı baklagil kaba yemlerinin in vitro gaz üretimi, metabolik enerji, organik madde sindirimi ve mikrobiyal protein üretimlerinin karşılaştırılması. *Uludağ Üni. Ziraat Fak. Derg.*, **27(2)**, 71-82.

Chenost M, Candau M, Geooffroy F, Bousquet P (1971). Utilisation de la banane et de l'urée dans l'alimentation des caprins en zone tropicale humide. Tenth International Congress on Animal Production. *Tenth International Congress on Animal Production*, 6-12 September, Versailles/France.

Cismileanu AE, Toma S (2017). Validation of the *in vitro* ruminal digestibility method applied on Daisy incubator. Scientific Papers. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, **50(2)**, 8-10.

Crampton EW, Maynard L 1938. The relation of cellulose and lignin content to nutritive value of animal feeds. *J. Nutr.*, **15**, 383-395.

Czerkawski JW, Breckenridge G (1977). Design and development of a long term rumen simulation technique (Rusitec). *Br. J. Nutr.*, **38**, 371-384.

Çakır A, Odabaşoğlu Mİ (Ed.) (2023). *Bahçe bitkileri faaliyetlerinde yenilikçi yaklaşımlar-3*. Ankara: İKSAD Publishing House, s:248-250.

Çakmakçı S, Çeçen S (1996). Türkiye’de Hayvan Varlığı ile Yem Bitkileri Üretimi Arasındaki İlişkiler ve Geliştirme Olanakları. *Akdeniz Univ. J. Fac. Agric.*, **9(1)**, 185-202.

Çotuk GM, Önenç SS (2017). Yonca silajına kepek ve puding ilavesinin silaj fermantasyonu, aerobik stabilite ve *in vitro* sindirilebilirlik üzerine etkileri. *J. Anim. Prod.*, **58(1)**, 13-19.

Deng GM, Sheng O, Bi FC, Li CY, Dou TX, Dong T, Hu CH (2020). Metabolic profiling in banana pseudo-stem reveals a diverse set of bioactive compounds with potential nutritional and industrial applications. *Phyton Int. J. Exp. Bot.*, **89(4)**, 1101–1130.

El-Ghani AAA (1999). Utilization of banana plant wastes by lactating Friesian cows. *Egypt. J. Nutr. Feeds.*, **2**, 29-37.

Ersoy Kalyoncu E, Ondaral M (2021). Muz yalancı gövde atığının kâğıt hamuru ve kâğıt üretimine uygunluğunun kimyasal ve morfolojik açıdan değerlendirilmesi. *Türk. J. For.*, **22(2)**, 143-150.

Freitas AS, Pozza EA, Moreira SI, De Oliverira Soares MG, Silva HR, Alves E (2017). Infection process of pseudocer cospora musae on banana leaf. *Phytoparasitica*, **45(3)**, 317-324.

Fulgueira CL, Amigot SL, Gaggiotti M, Romero LA, Basílico JC (2007). Forage quality: Techniques for testing. *Fresh Prod. j.*, **1(2)**, 121-131.

Geoffroy F (1985). Utilisation de la banane par les ruminants. *Revue de élevage et médecine vétérinaire des pays tropicaux*. **38**, 92-96.

Goering JK, Van Soest PJ (1970). Forage Fiber Analysis. Agricultural Hand Book. No: 379, Washington DC: Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, p: 1-20.

Gourdine JL, Fanchone A, Alexandre G, Marie-Magdeleine C, Calif E, Fleury J, Renaudeau D (2011). *Le bananier et ses produits dans l'alimentation animale. Systèmes durables de production et de transformation agricoles aux Antilles et en Guyane.* Carrefours de l'innovation agronomiques. 03 November 2011, Lamentin, Guadeloupe, France, p:181-192.

Gurumayum N, Sarma PP, Khound P, Jana UK, Devi R (2023). Nutritional composition and pharmacological activity of Musa balbisiana Colla seed: an insight into phytochemical and cellular bioenergetic profiling. *Plant Foods Hum. Nutr.*, **78(3)**, 520-525.

Gül S (2019). Hayvan beslemede kullanılan bazı yemlerin organik madde sindirilebilirliklerinin *in vivo* ve *in vitro* yöntemlerle belirlenmesi. *Doğu Fen Bilim. Derg.*, **34 2(2)**, 91-105.

Gül S (2022). The effect of barley paste, barley straw and wheat bran addition to sugar beet leaves silages on feed value, silage quality and *in vitro* organic matter digestibility. *Türk Tarım ve Doğa Bilim. Derg.*, **9(4)**, 951-956.

Gülümser E, Mut H, Başaran U, Çopur Doğrusöz M (2022). Kaba Yem Kaynağı Olarak Şerbetçi Otu (*Humulus lupulus L.*). *Bilecik Şeyh Edebali Univ. Fen Bilim. Derg.*, **9(1)**, 609-615.

Güney M, Aydın R (2024). Evelik Otu'nun (*Rumex acetosella*) Yem Değeri ve *İn vitro* Gerçek Sindirilebilirliğinin Belirlenmesi. *YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Derg.*, **29(2)**, 780-786.

Gürsoy E, Kara E, Sürmen M (2021). Farklı Biçim Devresinin ve Arpa Kırması Uygulamalarının Tek Yıllık Yem Bitkileri Karışımının Silaj Özelliklerine Etkileri. *Tarım Üret. Teknol. Araş. Derg.*, **8(3)**, 273-281.

İpçak HH, Özüretmen S, Alçiçek A, Özelçam H (2018). Alternatif Protein Kaynaklarının Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları. *J. Anim. Prod.*, **59(1)**, 51-58.

Kalyoncu EE, Ondaral M (2021). Muz yalancı gövde atığının kâğıt hamuru ve kâğıt üretimine uygunluğunun kimyasal ve morfolojik açıdan değerlendirilmesi. *Türk. J. Forestry*, **22(2)**, 143-150.

Kang S, Wanapat M, Viennasay B (2016). Supplementation of banana flower powder pelletand plantoil sources on in vitroruminal fermentation, digestibility, andmethane production. *Trop. Anim. Health Prod.*, **48 (8)**, 1673-1678.

Kara B, Ayhan V, Akman Z, Adıyaman E (2009). Determination of silage quality, herbage and hay yield of different triticales cultivars. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, **4(3)**, 167-171.

Karaman Ş (2008). *Devekuşu (Struthio camelus) kör bağırsak içeriği kullanılarak bazı yem hammaddelerinin in vitro yöntemlerle sindirilebilirliklerinin belirlenmesi.* Doctoral dissertation, Bursa Uludag University, Bursa/Turkey.

Kılıç Ü, Abdiwali MA (2016). Alternatif kaba yem kaynağı olarak şarapçılık endüstrisi üzüm atıklarının *in vitro* gerçek sindirilebilirlikleri ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, **22(6)**, 895-901.

Kjeldahl J (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, **22**, 366-382.

Kurt Ö, Kamalak A, Atalay Aİ, Kaya E (2022). Ruminant Beslemede Kullanılan Bazı Kaba ve Kesif Yemlerin *in Vitro* Gaz Üretimlerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilim. Derg.*, **9(2)**, 406-412.

Le Dividich J, Canope I (1975). *Chemical compositio enetgy valuean dutilization of banana in swine feeding in tropicalareas.* Seminer on the Utilization of Local Ingredients in Animal Feedings Stuffs. April 1975, Kingston/Jamaica.

Marie-Magdeleine C, Boval M, Philibert L, Borde A, Archimede H (2010). Effect of banana foliage (*Musa paradisiaca*) on nutrition, parasite infection and growth of lambs. *Livest. Sc.*, **131**, 234-239.

Menke KH, Steingass H (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *In vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.*, *Separate Print*, **(28)**, 7-55.

Menya E, Okello C, Storz H, Wakatuntu J, Turyasingura M, Okot DK, Olupot PW (2024). A review of progress on torrefaction, pyrolysis and briquetting of banana plant wastes for biofuels. *Biomass Conversion and Biorefinery*, **14**, 1-43.

Mohapatra D, Mishra S, Sutar N (2010). Banana and Its By-Product Utilisation: An Overview. *J. Sci. Ind. Res.*, **69**, 323-329.

Mut H, Gülümser E, Çopur Doğrusöz M, Başaran U (2020). Koca Fiğ ile İtalyan Çimi Karışımlarının Silaj Kalitesinin Belirlenmesi. *COMU J. Agric. Fac.*, **8(2)**, 391-396.

Ondaral M, Kalyoncu EE (2022). Muz Yalancı Gövde Atıklarından NH₄OH-KOH Yöntemi ile Kâğıt Hamuru Üretim Olanaklarının Araştırılması. *Afyon Kocatepe Univ. Fen Müh. Bilim. Derg.*, **22(3)**, 662-674.

Özkan U (2020). Türkiye Yem Bitkileri Tarımına Karşılaştırmalı Genel Bakış ve Değerlendirme. *Türk. J. Agric. Eng. Res.*, **1(1)**, 29-43.

Pillai GS, Morya S, Khalid W, Khalid MZ, Almalki RS, Siddeeg A (2024). Banana Pseudostem: An Undiscovered Fiber Enriched Sustainable Functional Food. *J. Nat. Fibers*, **21(1)**, 2304004(DOI).

Polat AA (2019). Türkiye muz yetiştiriciliğinde gelecek vadeden yeni bir üretim alanı: Arsuz, Hatay. *Harran Tarım Gıda Bilim. Derg.*, **23(4)**, 400-409.

Poncet C (1973). Comparative digestion of barley, green plantain and ensiled plantain by goats. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **13**, 776-778.

Rahman MS, Karmaker H, Basar MA, Karim MR, Rana MM, Mamun A, Hasan F, Hossain MI, Kamruzzaman M, Wadood MA, Hossain MG (2016). Body mass index of university students and gender differential: Survey in Rajshahi University, Bangladesh. *South Asian Anthropol.*, **16(1)**, 27-33.

Rigueira JPS, De Jesus NG, Júnior VRR, Monção FP, Costa NM, David GSS, Da Cunha Siqueira Carvalho C (2021). Effects of different banana crop wastes on nutrient intake and digestibility, microbial protein synthesis, feeding behavior, and animal performance of ¾ Holstein× Zebu heifers in a semiarid rangeland. *Trop. Anim. Health Prod.*, **53**, 1-13.

Sönmez İ, Kalkan H, Demir H, Külcü R, Kaplan M, Yıldız O (2016). Sera bitki atıkları, kullanılmış kokopit ve atık mantar kompostundan elde edilen kompostların toprakların besin içerikleri üzerine etkileri. *Çukurova Tarım Gıda Bilim. Derg.*, **31(3)**, 21-28.

Sözer S, Yıldız O (2011). Muz serası atıkları ve sığır gübresi karışımlarından mezofilik fermentasyon sonucu üretilebilecek biyogaz miktarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Akdeniz Univ. J. Fac. Agric.*, **24(2)**, 75-78.

Tilley JMA, Terry RA (1963). A two stage technique for the *In vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, **18**, 104–111.

Ulutaş E, Taşdemir M (2024). Muz ve pirinç kabuğu tozlarının polipropilenin fiziksel, termal ve tribolojik özelliklerine etkisi. *Müh. Bil. Tasar. Derg.*, **12(3)**, 466-475.

Uzatici A, Canbolat Ö (2019). Farklı sarımsak yağı dozlarının, korunga otunun *in vitro* gaz üretimi, rumen fermantasyonu ve metan üretimi üzerine etkisi. *Ank. Üniv. Vet. Fak. Derg.*, **66(3)**, 289-296.

Vinay GM, Modi RB, Prakasha R (2024). Banana Pseudostem: An Innovative and Sustainable Packaging Material: A Review. *J. Packag. Technol. Res.*, **8(1)**, 1-13.

Wang CF, Muhammad AUR, Liu ZY, Huang BZ, Cao BH (2016). Effects of ensiling time on banana pseudo-stem silage chemical composition, fermentation and in sacco rumen degradation. *J. Anim. Plant. Sci.*, **26**, 339–346.

Yılmaz E, Kadioğlu İ, Kitiş YE (2019). Antalya İli Muz (*Musa cavendishii* Lam. Ex. Payton) Bahçelerinde Görülen Yabancı Otların Yaygınlık, Yoğunluk ve Ekolojik Parametrelere Bağlı Olarak Dağılımının Belirlenmesi. *Turk. J. Weed Sci.*, **22(1)**, 81-97.

Zaini HM, Roslan J, Saallah S, Munsu E, Sulaiman NS, Pindi W (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. *J. Funct. Foods*, **92**, 105054(DOI).

Zar, J.H. (1996). *Biostatistical Analysis*. 3th ed. Upper Saddle River, N.J., USA: Prentice-Hall International, Simon and Schuster/Aviacom Company, p:190-229.